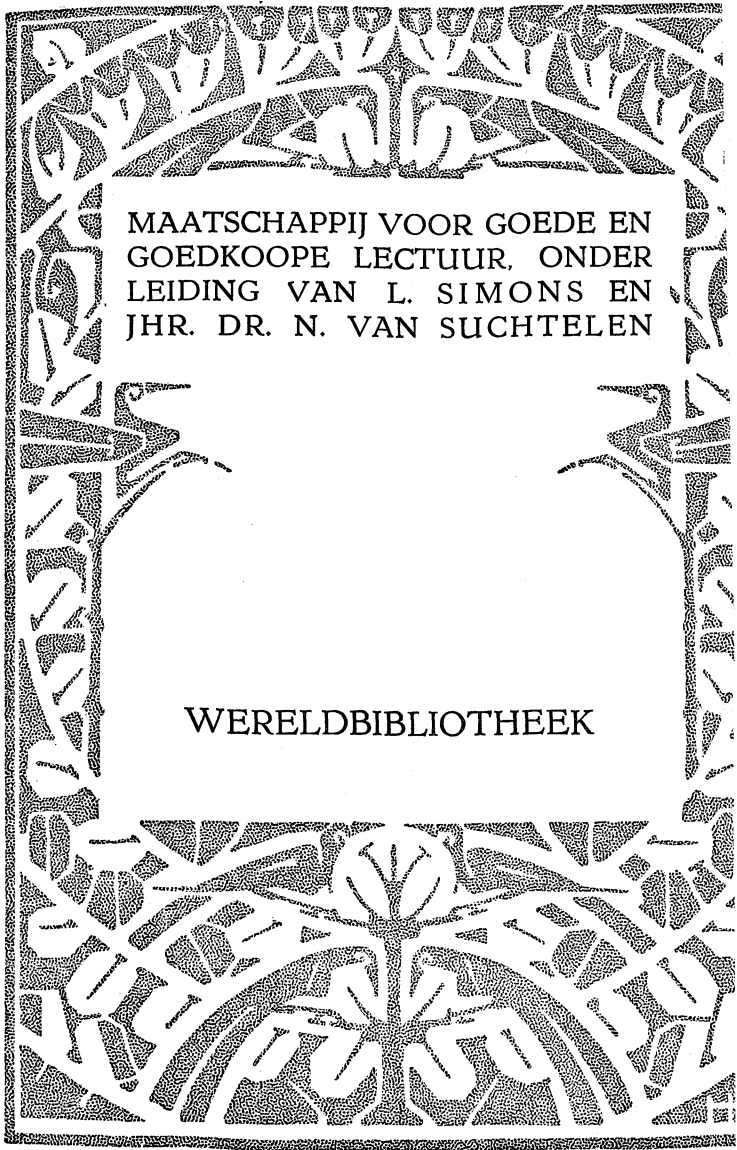


ONS LICHAAM

A decorative border surrounds the text, featuring stylized floral patterns at the top and bottom, and two birds perched on branches on the left and right sides.

MAATSCHAPPIJ VOOR GOEDE EN
GOEDKOOPE LECTUUR, ONDER
LEIDING VAN L. SIMONS EN
JHR. DR. N. VAN SUCHTELEN

WERELDBIBLIOTHEEK



ONS LICHAAM

TIJDSCHRIFT OVER BOUW, VERRICHTINGEN
EN ONDERHOUD

DOOR

DR. W. SCHUURMANS STEKHOVEN

Practiseerend Geneesheer te Utrecht



Non est vivere sed valere vita
(Embleem Royal Society of Medicine)

1928

Dit werk maakt een onderdeel uit van onze serie
ENCYCLOPÆDIE IN MONOGRAPHIEËN

DRUKKERIJ EN BINDERIJ VAN DE WERELDBIBLIOTHEEK

WOORD VOORAF

DEZE verhandeling, waarvan enkele hoofdstukken aanvankelijk als opstellen in „Voeding en Hygiëne” en in „Nosokomos” gepubliceerd zijn, heeft nog meer dan het bieden van een uit den aard der zaak beperkte hoeveelheid exacte kennis ten doel den leek te doordringen van de behoefte aan de noodige voorzichtigheid bij beoordeeling en waardeering van schijnbaar eenvoudige en schijnbaar duidelijke zaken en verhoudingen op medisch en hygiënisch gebied.

Collega Soer merkt in zijn „*Moderne Aphorismen uit de interne kliniek*” zeer snedig op: „Het medisch vak is even mooi als moeilijk. Het aantal leeken, dat van meening is er in te kunnen meespreken is verbijsterend groot. Blijkbaar verbaast het velen, dat zelfs de medische wetenschap moet geleerd worden.” Dit boek wil de leeken gezinszins leeren meespreken, hen er zelfs van overtuigen, dat ze dat nooit zullen leeren.

Dit inzicht is onmisbaar om verkeerde gevolgtrekkingen, ook uit de eenvoudigste nuchter-waargenomen feiten te leeren vermijden. En om de overtuiging bij te brengen van de behoefte aan deskundige voorlichting. Die toch alleen is door verdiepte waarneming menigmaal in staat even verrassend als schijnbaar onwaarschijnlijk verband aan het licht te brengen.

„De leek op welk gebied ook” — zoo heeft een bekend journalist eens gezegd — „moet door schade en schande leeren, dat hij zelfstandig oor-

deelend, meer doet, dan hij verantwoord kan. Er is een krachtige geestelijke discipline noodig om dit consekwent toe te passen."

Deze verhandeling wil den lezer dus wel tot nadenken, maar niet tot zelfstandig oordeelen brengen. Doordringen tot den grond der dingen, zoo al mogelijk, was bij den geweldigen omvang der stof, die voor behandeling als één geheel in dit boek in aanmerking kwam, uitgesloten. Een zekere mate van oppervlakkigheid, maar niet in den verkeerden zin des woords, was daardoor noodzakelijk. Zij alleen maakte het mogelijk den kijk op de beteekenis van het bosch als geheel niet onder de overstelpende hoeveelheden wetenswaardigheden over elken boom afzonderlijk verloren te doen gaan.

Utrecht, J. v. Scorelstraat 16
October 1928

STEKHOVEN

HOOFDSTUK I
LEVEN EN LEVENSVERRICHTINGEN

Inleiding. — **Leven en dood** zijn tegenstellingen, die den gemiddelden leek zeer gemeenzaam zijn. De wetenschap is echter nog verre van het doorgronden van het wezen dezer beide natuurverschijnselen. Wij kennen dat wezen niet. Ja de noodzakelijke beperktheid van der menschen kunnen en kennen, doet velen vreezen, dat we dat wezen nooit zullen kennen. Dat is echter meer een religieus getinte levensbeschouwing, dan een voorspelling der wetenschap. De wetenschap laat zich terecht liever niet met voorspellingen in. Hoe dit zij, niets vormt essentieeler deel van het tastende zoeken naar het wezen van 's levens raadselen, dan de studie van het wezen van het leven zelve. Deze verhandeling, hoofdzakelijk gewijd aan de levensverrichtingen van het menschelijk lichaam, zou dan ook al zeer onvolledig zijn, indien zij niet trachtte een kort overzicht van den stand van zaken van ons kennen en kunnen te geven, althans van ons weten met betrekking tot de grens, die leven en dood scheidt. Merkwaardig genoeg is het twijfelachtig, of die grens — in biologischen zin dan altijd — wel inderdaad bestaat. Zeker onttrekt het vaststellen van die grens zich nog steeds aan het exact natuurwetenschappelijk kenvermogen. Zeker is er meer dan één „iets” waarover felle strijd bestaat of wij het als „levend” of „dood” moeten bestempelen.¹⁾ Die strijd moet aan tweeërlei onvermogen, resp.

¹⁾ Het mooiste en reeds jaren actueele voorbeeld is de bacteriophage van d'Herelle.

- beperktheid der wetenschap worden toegeschreven:
- 1e bestaat er verschil van meening over de eigenschappen, die als betrouwbare criteria zouden kunnen gelden van leven en dood;
 - 2e onttrekt menig „iets” zich door zijn kleinheid en door andere bijzondere omstandigheden zoozeer aan de exacte natuurwetenschappelijke waarneming, dat het vooralsnog niet mogelijk is gebleken met zekerheid vast te stellen, of één of meer der eigenschappen, die men als karakteristiek voor leven en dood beschouwt, aanwezig zijn.

Een paar eenvoudige voorbeelden mogen dit illustreren. „Groeï” en „beweging” zullen zoo op het eerste gezicht door ieder leek aanvaard worden als eigenschappen, die „leven” kenmerken. Toch is dat slechts schijn. Wie een kristal van een bepaald zout werpt in een oplossing van bepaalde sterkte van hetzelfde zout, ziet onder bepaalde omstandigheden (hetzij met het gewapende, hetzij met het bloote oog) het kristal zich al groeiende verplaatsen en allerlei eigenaardige bewegingen uitvoeren. Wie zooiets voor het eerst ziet, gelooft zijn oogen en ooren niet, als men hem beduidt, dat hier toch van leven in biologischen zin geen sprake is. Ook tot zich nemen van stoffen uit, en weer afstaan aan, de buitenwereld zijn eigenschappen, die ook in de „doode” natuur niet ontbreken. Poreuse stoffen als plantaardige en dierlijke kool kunnen geweldige hoeveelheden vloeistoffen, opgeloste en gas-vormige stof tot zich nemen, door *aantrekking* (adsorptie) en *opslorping* (absorptie) en onder bepaalde omstandigheden weer afstaan.

Zelfs vermenigvuldiging is een biologisch begrip, dat ons zoo nu en dan in den steek laat (Bacte-

riophaag van d'Herelle). Misschien is er dan ook voorloopig slechts één complex van eigenschappen en mogelijkheden, die algemeen als inherent aan het leven, speciaal aan dat van den mensch, wordt beschouwd: n. l. het bewustzijn. Daartegenover staat wel, dat dit complex van eigenschappen en mogelijkheden — en de psyche, die daarop haar stempel drukt — biologisch gezien tot de meest duistere en in zeer onvoldoende mate natuurwetenschappelijk te benaderen kenmerken van de organisatie van het menselijk lichaam behooren.

Méer dan één levensverrichting afzonderlijk (of het complex van alle levensverrichtingen te zamen) is het de wijze, waarop deze in elkaar grijpen, op elkaar volgen, zich aaneenschakelen tot natuurlijke reeksen, die men gewoon is als *kringloop* te bestempelen, die het leven kenmerken. En dat vooral, als men het doel — het aardsche en stoffelijke doel dan altijd — naspeurt en in het oog houdt: n.l. instandhouding van enkeling en soort. Wij zullen nog in de gelegenheid zijn dieper op deze dingen in te gaan en bepalen ons dus thans tot een min of meer oppervlakkige analyse van de normale levensverrichtingen, die ieder afzonderlijk nu wel niet, maar allen te zamen in hun doelbewust ineen grijpen en op elkaar volgen, ook in hun onderworpenheid aan leidende beginselen buiten en boven hen — we laten nu daar of die van de zijde van schepsel, schepping of Schepper komen — ongetwijfeld het leven kenmerken. Althans een integreerend bestanddeel vormen van de *voorstelling*, die wij ons van „leven” vormen, dus van het „begrip” leven. Deze woordkeus — *levensvoorstelling* en *levensbegrip* — legt met voorbedachten rade allen nadruk op het feit, dat de biologie en

überhaupt de wetenschap schijn en wezen feitelijk niet kan onderkennen. Zij kan het samengestelde opbouwen uit het eenvoudige. Zij kan het innerlijk der dingen benaderen door waarneming van hun uiterlijk. Zij kan de volgorde der levensverschijnselen en levensverrichtingen beschrijven, maar niet verklaren. Geen enkel levensverschijnsel kan worden „verklaard” zonder het aanvaarden van een levenskracht als 't onnaspeurlijke.

De wetenschap maakt dan ook niet, zoals vele leeken meenen, opgeblazen, maar bescheiden. De tijd, dat de wetenschap meende meer dan ten deele te kennen, is lang voorbij. De kloof, die er tusschen geloof en wetenschap jaren geleden gaapte, bestaat nog slechts in de verbeelding van sommigen, die niet met hun tijd zijn mee gegaan.

Geloof is een vast vertrouwen in de realiteit van dingen, die niemand ziet — ook de wetenschap niet — zelfs niet kan zien of ontkennen. Per slot van rekening is het geloof niet minder reëel dan de wetenschap. Ook de laatste werkt ten slotte met voorstellingen en begrippen, waarvan zij de realiteit niet bewijzen kan. Het eenige verschil tusschen den geloovige en den man van wetenschap is, dat beiden „leven, levensverrichtingen en levensverschijnselen,” zien in verschillend licht en gericht op verschillend doel. Eenerzijds een stoffelijk en aardsch doel. Anderzijds een door eeuwigheidslicht beschenen geestelijk doel. Dat is ontegenzeggelijk een groot verschil. Maar even onmiskenbaar is het feit, dat de oogen, waarmee en de belichting waaronder men levensverrichtingen en verschijnselen beziet, aan het wezen daarvan niets veranderen kunnen. Beide levensbeschouwingen — de stoffelijke en de geestelijke — hebben dan ook eenzelfde beschrij-

ving der feiten gemeen. Beider verklaringen dier feiten kan een andere zijn (noodig is dat zelfs niet eens). Maar dat behoeft geen tegenstellingen te scheppen, zoolang degeen, die het terrein der beschrijving verlaat om zich aan de verklaring van het beschrevene te wagen, beseft, dat hij op dat zelfde oogenblik den bodem van de slechts *schijnbaar exacte wetenschap* verliet.

Levensverrichtingen en levensverschijnselen. — Iets levends is niet denkbaar zonder dat daaraan verrichtingen eigen zijn. Verrichtingen tot instandhouding van enkeling en soort. Verrichtingen tot aanpassing aan de omgeving. Het begrip „verrichting” sluit in zich ontplooiing van *energie*. Energie van rust (*potentieele energie*) wordt omgezet in energie van beweging (*kinetische energie*). Leven veronderstelt dus een onophoudelijke opstapeling van energie, om daaruit naar behoefte te kunnen putten voor alle volgende levensverrichtingen, zoowel die, welke voor het opstapelen der energie zorgen, als die, welke met energie-ontplooiing — warmte, beweging, celdeeling, enz. — gepaard gaan.

Als natuurwet, die de wetenschap heeft gedistilleerd uit alles, wat zij heeft waargenomen over dezen eeuwigen cirkelgang der energie zij genoemd: er gaat geen energie verloren, er vormt zich geen energie uit niets (wet van behoud van arbeidsvermogen).

Alle energetische processen vereischen in laatste instantie als bouwstoffen en brandstoffen verschillende voedingsmiddelen en zuurstof. Energie-ontplooiing moet dus gepaard gaan met *assimilatie* (spijsvertering), met opnemen van voedsel en met

respiratie (ademhaling), met voorzien in de behoefte aan zuurstof. Beide vormen op hun beurt de voorwaarden voor energie-productie door *dissimilatie* (stofwisseling). De geassimileerde stoffen verbinden zich met zuurstof, verbranden onder vorming van warmte en arbeidsvermogen. De brandstof moet dus brandbaar zijn, d.w.z. in staat om zich met zuurstof te verbinden, te oxydeeren. De verbrandingswarmte, die daarbij in het organisme gevormd wordt, is even groot als die, welke bij verbranding buiten het lichaam ontstaat. Ziedaar een der grondpeilers, waarop de bovengenoemde „wet” van behoud van arbeidsvermogen ¹⁾ berust.

Maar energie-ontplooiing, zij het een belangrijke levensverrichting, moet toch niet met het leven zelf vereenzelvigd worden. Dat leven zelf veronderstelt eenerzijds een kringloop van levens-processen — een worden, groeien, zich zelve onderhouden en voortplanten en te gronde gaan — en anderzijds een aanpassing aan omgeving en omstandigheden, m.a.w. *één voortdurenden strijd om het bestaan*. Alles wat leeft verkeert in een meer of minder wankelbaar evenwicht tusschen uitwendige omstandigheden en inwendige verhoudingen. Een evenwicht, dat door verandering in de uitwendige omstandigheden verbroken en door aanpassing van de inwendige verhoudingen aan de steeds wisselende omstandigheden telkens weer zoo goed mogelijk hersteld wordt.

¹⁾ Deze wet wordt ook wel aangeduid als de eerste wet der thermodynamica en sluit ook in, dat omzetting van de eene energie-vorm — van warmte, electriciteit, licht, bijv. — in de andere mogelijk is, maar deze omzetting niet met verlies van energie gepaard gaat. Voor het menschelijk lichaam is de belangrijkste omzetting die van de potentiële energie (die in de als brandstof fungerende voedingsmiddelen is opgestapeld) in de kinetische energie, die we als warmte, beweging en arbeid in hoofdstuk XII zullen leeren kennen.

Leven, aanpassing veronderstelt dus vermogen van de levende substantie zich op de hoogte te stellen van de uitwendige omstandigheden en van de wisseling dier uitwendige omstandigheden. Prikkelbaarheid en het vermogen op adequate prikkels doelmatig te reageren met aanpassing, — hetzij in den zin van wijziging van bouw en functie, hetzij in den zin van afweer, — moeten dus mede gerekend worden tot de meest essentieele eigenschappen van de levende stof. Maar daarmee zijn nog geenszins de eigenschappen van die stof uitgeput. Men beseffe, dat o.a. prikkelbaarheid in eerste instantie een eigenschap van de oppervlakte der levende stof is. Naar mate de eenheid van levende stof — de cel, waarmee we direct nader zullen kennis maken — groter wordt, wordt naar verhouding de oppervlakte kleiner. Dat stelt paal en perk aan de celgroei. Automatisch wordt dus als richting voor ontwikkeling van de levende stof de *veelcelligheid* voorgeschreven. Een veelcelligheid, die automatisch weer gepaard gaat met *differentiatie van bouw en functie* dier verschillende cellen. Met arbeidsverdeling dus, waarbij we nu maar in het midden laten wat het primaire bij die differentiatie is: de bouw of de functie. Met differentiatie van bouw en functie der verschillende cellen van eenzelfde organisme gaat hand in hand een toenemend vermogen op zeer verschillende prikkels (die door verschillende cellen worden opgevangen en doorgegeven) te reageren op zeer verschillende wijze, m.a.w. het *aanpassings-vermogen* neemt met toenemende differentiatie toe.

De voornaamste taak van den „bioloog” is met en door dit al de studie van wezen en verloop der verschillende reacties van de levende stof. En van

de wijzigingen, die daarbij bouw en functie van het substraat ondergaan. Hij moet de omstandigheden naspeuren, waaronder de verschillende reacties optreden. Hetzij door aanschouwing, waarneming van de levende cellen en organismen in natuurlijk milieu. Hetzij door bij proefondervindelijk onderzoek die verhoudingen naar willekeur te regelen en te wijzigen en dan de optredende verandering in bouw en functie waar te nemen.

Biologie is dus de leer der *levensverschijnselen*. Niet der volstrekte *levensverrichtingen*, maar der relatieve levens-verschijnselen. We hebben hier n.l. te doen met een leer, met een wetenschap, die als alle wetenschap de relativiteit van het menselijk kenvermogen tot uitgangspunt en eindpunt heeft. Waarnemen toch veronderstelt waarnemingsvermogen En dit op zijn beurt bewustzijn, een eigenschap van den menselijken geest, die wij wel beschrijven, maar niet ontleden kunnen. Die wij als hulpmiddel, als relatief en dus gebrekking hulpmiddel bij onze studie moeten aanvaarden. Hier is het, dat wij gewoonlijk den sprong wagen van het *zien* naar het *zijn*, van het waarnemen naar de veronderstelling, dat werkelijkheid en waarnemingsbeeld elkander dekken, gelijk althans gelijkvormig zijn. We zullen in hoofdstuk X bij de studie van het wezen der zintuigelijke waarneming nog gelegenheid hebben dieper in te gaan op wat die beide werelden scheidt en op elke wetenschap het stempel der relativiteit drukt. Niets is daaraan zoo zeer vreemd, als de spreekwoordelijke exactheid, waarop de natuurwetenschappen, in tegenstelling tot de geesteswetenschappen, aanspraak zouden mogen maken.

De cel als eenheid van leven en levensverrichtingen. — Die cel is een klompje levend eiwit, dat we gewoon zijn als oerlevensstof — „protoplasma” — te bestempelen. Dit klompje eiwit is over het algemeen van geringe vastheid, doch groote elasticiteit. De grenslaag — waarvan de celwand een deel vormt — pleegt van steviger consistentie te zijn. Zij bezit het vermogen de uitwisseling van vocht en daarin opgeloste stof tusschen protoplasma en omgeving mogelijk te maken.

Over de scheikundige samenstelling van het protoplasma willen we kort zijn. De uitvoerige behandeling van alle chemische vraagstukken, die met bouw en functie van cel en organisme samenhangen — de z.g. physiologische chemie — valt buiten het kader van deze verhandeling. Volstaan worde met de mededeeling, dat koolstof en koolstofverbindingen hier een belangrijke rol spelen. Door verbranding wordt hieruit koolzuur gevormd, dat op zijn beurt in de plantencel (met name door de bladgroen-lichaampjes onder gebruikmaking van geabsorbeerde zonne-energie) weer wordt omgezet in en opgestapeld als zetmeel, de zoo waardevolle brandstof van hooge energetische waarde voor het dierlijk organisme. Daarbij komt tevens zuurstof vrij, een niet minder onmisbare levensbehoefte voor menschen- en dieren-wereld. Er is dus een kringloop. Mensch en dier produceeren koolzuur en verbruiken zuurstof. De planten verbruiken koolzuur en produceeren zuurstof. In gelijke hoeveelheden, zoodat er een standvastig evenwicht bestaat tusschen zuurstof- en koolzuurgehalte van de atmosfeer? Ziedaar een dubbel belangrijk kosmologisch vraagstuk sedert vaststaat, dat ook koolzuur evenals kiezelzuur een belangrijk aandeel heeft in den bouw

van de aardkorst. Het wordt zelfs niet uitgesloten geacht, dat de strijd tusschen kool en kiezel om zich met de voornaamste bestanddeelen van aardkorst en atmosfeer te verbinden een zoodanige evenwichts-verplaatsing zal tengevolge kunnen hebben, dat het atmosferisch koolzuurgehalte verandering ondergaat, hetzij stijgt, hetzij daalt. We zullen hierbij echter niet stilstaan, te minder, omdat het leven van plant en dier bij sterk wisselend koolzuur- en zuurstofgehalte mogelijk is. Er moet al heel wat veranderen in de samenstelling van de atmosfeer, wil het leven op deze planeet daardoor niet meer mogelijk zijn.

Behalve koolstofverbindingen spelen waterstof, zuurstof en stikstof en hun verbindingen een belangrijke rol in de samenstelling van atmosfeer, milieu en protoplasma. Waterstof is in hoofdzaak in den vorm van water aanwezig, zuurstof in den vorm van vrije atmosferische zuurstof, terwijl stikstof ook in hoofdzaak als vrije atmosferische stikstof aanwezig is. In dien vorm is stikstof echter van weinig beteekenis, omdat het al heel weinig neiging vertoont verbindingen te vormen, die voor de levende organismen bruikbaar zijn. Toch zijn ook stikstofverbindingen, speciaal ammoniak en salpeterzure zouten, voor den opbouw van plantaardig en dierlijk protoplasma onmisbaar. Het zijn in hoofdzaak in de aardkorst aanwezige bacteriën, die de uit verschillende bron beschikbare ammonia en salpeterigzure zouten omzetten in salpeterzure zouten, die direct geschikt zijn voor de meeste planten. Ook bestaan er bacteriën, speciaal in de wortelknolletjes van de leguminosen (peulvruchten), die in symbiose met de cellen van de plant, waarop zij leven, instaat zijn atmosferische stikstof in den

vorm van salpeterzure zouten vast te leggen. Ook zwavel is een onmisbaar bestanddeel van alle protoplasma, speciaal voor de vorming van de zeer samengestelde eiwitten, die de celkern bevat.

De plantencel is in staat de in den bodem aanwezige zwavelzure zouten (speciaal van kalk) te assimileeren. Voor de meeste dieren en ook voor den mensch vormt plantaardig eiwit de voornaamste zwavelbron. In het dierlijk en plantaardig organisme wordt bij de eiwitstofwisseling de zwavel weer losgemaakt om als zwavelzure zouten het organisme te verlaten en aan den bodem ten goede te komen, die op zijn beurt weer de planten van zwavel voorziet.

Van de andere anorganische bestanddeelen, die zooal niet voor den opbouw van alle protoplasma toch onmisbaar zijn voor leven en stofwisseling, willen we alleen nog ijzer en phosphor noemen.

Ons geheele lichaam bevat slechts een gram of zes ijzer, dat zich bijna uitsluitend in de roode bloedkleurstof (haemoglobine) bevindt en daar, zooals we in hoofdstuk V zullen zien, een levensgewichtige rol bij zuurstofopneming en zuurstoftransport door het geheele organisme speelt.

Phosphor daarentegen, ook als phosphorzure zouten een bestanddeel van den bodem, is speciaal voor den bouw van het zoo hoog gedifferentieerde zenuwweefsel onmisbaar. Van daar het gevleugelde woord van een bekend geleerde: „Ohne Phosphor kein Gedanke”.

Uit en met behulp van al deze anorganische bestanddeelen vormt het plantaardig en dierlijk organisme in hoofdzaak drie groepen van organische stoffen: vetten, koolhydraten en eiwitten. Die vormen op hun beurt de voornaamste voedingsbestand-

deelen voor het menschelijk organisme. In het aan spijsvertering en stofwisseling gewijde hoofdstuk II zullen we zien op welke wijze deze stoffen geassimileerd worden en wat hun verder lot is. Hier zij alleen in het kort melding gemaakt van den bouw dezer stoffen en van hun herkomst.

Vetten dan zijn verbindingen (z.g. esters) van glycerine en vetzuur. De voornaamste vetzuren, die voor den opbouw van vetten in de natuur gebruikt worden zijn palmitinezuur, stearinezuur en oleinezuur. Dienovereenkomstig worden de glycerineverbindingen van deze vetzuren aangeduid als palmitine, stearine en oleine. De eerste twee zijn van vaste, de laatste is van vloeibare consistentie. De verschillende consistentie van de verschillende plantaardige en dierlijke vetten moet in hoofdzaak aan een verschillend oleine-gehalte worden toegeschreven. Vet is onoplosbaar in water, maar oplosbaar o.a. in alcohol, chloroform en aether. Verhit in tegenwoordigheid van water en geringe hoeveelheden zuur of alcali, splitsen zij zich onder opneming van water weer in glycerine en vetzuur. In het organisme geschiedt deze zelfde omzetting (hydrolysis) bij lage temperatuur met behulp van fermenten (zie blz. 41) waarbij fijne verdeeling (emulsiëvorming) met behulp van alcali (zeepvorming) een in hoofdstuk II uitvoeriger te bespreken rol speelt. We zullen dan tevens zien welke taak vet heeft als energie-leverancier, als reserve-voorraad en als beschermende, warmte-slecht-geleidende, laag.

Koolhydraten vormen een in de dierenwereld zeer verspreide groep van organische stoffen, die rijk aan koolstof zijn. Als de voornaamste representanten van deze groep, die voor het plantaardig,

dierlijk en menschelijk organisme van belang zijn mogen hier *druivensuiker* (glucose of dextrose, dat bij assimilatie van zetmeel gevormd wordt), *vruchtensuiker* (fructose en laevulose, in honig en vele vruchten) en *melksuiker* (galactose), genoemd worden. De levende cel zet al die suikersoorten in glucose om en maakt daarvan nuttig gebruik als brandstof voor de productie van energie, in den vorm van warmte en arbeidsvermogen. De plantenwereld vormt een onuitputtelijke bron van koolhydraten, die daar in hoofdzaak niet in den meer eenvoudigen suikervorm, maar in den vorm van meer samengestelde verbindingen van vele suiker-moleculen voorkomen: speciaal zetmeel, voorts ook cellulose of celstof.

Uit deze laatste, samengestelde, koolhydraatsoort bestaan de meeste plantencelwanden (o.a. ook hout, plantenvezels). Het menschelijke organisme is niet in staat cellulose te assimileeren. Planten-etende dieren bezitten dat vermogen wel.

Eiwitten ten slotte vormen de meest essentiele en ook de meest samengestelde bestanddeelen van alle protoplasma. Bij de energie-productie zijn ze naar verhouding tot vetten en koolhydraten minder belangrijk en ook van minder economische waarde.

Zij zijn rijk aan koolstof (ruim 50%), stikstof ($\pm 15\%$) en zuurstof (ruim 20%) en bevatten voorts waterstof, zwavel en phosphor. De toestand, waarin ze in planten- en dierenwereld voorkomen is in hoofdzaak de z.g. colloïdale staat. Dit is een eigenaardige fysisch-chemische toestand, waaraan zij allerlei eigenschappen danken, waarbij we thans even willen stilstaan.

De z.g. colloïden (zooals eiwitten) onderscheiden zich van de z. g. cristalloïden (zooals zouten en suiker), in hoofdzaak daardoor, dat de eerste in tegenstelling met de laatste zelden in kristallijnen vorm voorkomen, zelden gemakkelijk in water oplossen en voorts het vermogen missen om dierlijke membranen te passeeren. Men kan dus in een oplossing, waarin zich beide bevinden de colloïden achterhouden en daaruit de cristalloïden verwijderen door die oplossing te omgeven met een dierlijke membraan, zooals bijv. perkament papier, te hangen in een vat met schoon water: de cristalloïden diffundeeeren door die membraan heen, de colloïden niet. Verder bezitten colloïdale oplossingen nog een zeer bijzondere eigenschap nl. uit vloeibaren toestand (z.g. sol-toestand) in een min of meer vasten geleïachtigen (z.g. gel-toestand) over te gaan. Men spreekt dan van stollen of coaguleeren. Soms is die overgang omkeerbaar, soms niet. Physisch onderscheiden colloïden zich van cristalloïden door de grootte der moleculen. Bij de colloïden worden die omgeven, in z.g. emulsie of suspensie gehouden, door een vloeistof (meestal water). Deze emulsie of suspensie mist de homogeniteit der echte oplossingen. Dat de deeltjes blijven zweven en niet neerslaan, moet aan de electriche lading dier deeltjes worden toegeschreven. Daardoor stooten ze elkaar af. Dit heeft ten gevolge, dat we colloïdale vloeistoffen van verschillende lading onderscheiden. Toevoeging van zoutoplossing (of van een ander colloïdale oplossing van tegenovergestelde lading) heeft ten gevolge dat die lading geneutraliseerd wordt. De zwevende moleculen slaan dan neer (z.g. uitvloeken). De partikeltjes gaan dan vaak weer in colloïdale oplossing over, als men met behulp van een

dierlijk membraan, door z.g. *dialyse* (zie boven) het zout weer verwijderd.

Ook hitte en schudden doet vele „solen” in „gelen” overgaan. Van de bijzondere eigenschappen, die vele colloïdale stoffen gemeen is, noemen we nog de *zwellung* of het *wateropnemend vermogen*, welke met „in oplossing gaan” in den gebruikelijken zin des woords niets te maken heeft. Wanneer we bladgelatine in water brengen neemt het water op. Dit proces wordt door verwarming bevorderd. De z.g. „oplossing”, die dan ontstaat, is geen echte oplossing, maar een „sol”: bij afkoeling stolt de „sol” tot een „gel”. Men moet ook maar eens een schepje zout aan een bakje met „opgeloste” gelatine toevoegen, om zich er van te overtuigen, dat deze oplossing zich toch anders gedraagt dan vele andere oplossingen.

In de tweede plaats speelt bij de colloïden het oppervlak der zich in emulsie of suspensie bevindende partikeltjes een rol van beteekenis. Dit oppervlak is in verhouding tot de massa der partikeltjes geweldig groot. Ze gaat met oppervlakte-spannings-verschijnselen gepaard. Die oefenen groote aantrekkingskracht uit op allerlei, zich in de zelfde oplossing in opgelosten, of ook in colloïdalen staat bevindende partikeltjes: z.g. „*adsorptie*” is het gevolg. Om elk colloïdaal partikel vormt zich een laag, waarin die andere partikeltjes in sterke concentratie voorkomen, terwijl de tusschen de colloïdale partikeltjes bevindende vloeistof daaraan relatief armer wordt.

Op deze wijze ontstaat een wisselwerking tusschen de zich in de vloeistof in al dan niet colloïdalen staat bevindende partikeltjes, welke van groote beteekenis is bij tal van physiologische pro-

cessen. Vermoedelijk berust zoowel de ontledende als de opbouwende werking van fermenten en ook de werking van vitaminen, die we in verschillende hoofdstukken nader zullen leeren kennen, op adsorptie. Zoo alleen is het mogelijk, dat deze stoffen in geringe hoeveelheden een buitengewoon groote invloed op tal van omzettingsprocessen uitoefenen. Ook verklaart de wisselwerking tusschen electrisch geladen colloïdale partikeltjes bij tal van levens-verrichtingen het optreden van met fijne registratie-apparaten te meten electrische potentiaalverschillen. Dit is echter een te moeilijk vraagstuk om hier te worden besproken.

Wisselwerking tusschen cel en omgeving. — Dit geheele terrein is trouwens nog vol duistere problemen, die slechts op de vorderingen der geleidelijk zich ontwikkelende z.g. colloïd-chemie wachten om te worden opgelost. Die zal aan ons inzicht in het fijnere mechanisme der energetische processen in menschelijk en dierlijk organisme in hooge mate ten goede komen. Één ding weten we thans reeds n.l. dat deze verhoudingen belangrijk zijn bij de wisselwerking tusschen den protoplasmatischen celinhoud en de in de omgeving — aan de buitenzijde van de als dierlijke semipermeabele membraan fungerende celwand — aanwezige vloeistof, rijk aan daarin opgeloste resp. gesuspendeerde moleculen. Die zijn gedeeltelijk wel, gedeeltelijk niet in staat door die membraan te diffundeeren d. w. z. gedeeltelijk wel, gedeeltelijk niet oplosbaar in de samenstellende bestanddeelen van die membraan. Zeer samengestelde evenwichtsverhoudingen aan beide zijden van die membraan gaan daarmee gepaard. Terwijl de permeabiliteit voor water bijv.

schier onbeperkt is, kunnen zouten en suikers alleen in die hoeveelheden worden opgenomen, waarin de cel behoefte aan deze stoffen heeft, een behoefte die beperkt is. Dit moet daaraan worden toegeschreven, dat het levende protoplasma voor zijn functie een zekere moleculaire concentratie, een zeker zoutgehalte, noodig heeft. Zoowel bij een te véél, als bij een te kort aan stoffen, die in de cel de moleculaire concentratie bepalen, loopt de functie (en tevens ook het leven) van het protoplasma gevaar. De semipermeabiliteit van de grenslaag mag dus beschouwd worden als een hulpmiddel, waarover de cel beschikt om de moleculaire concentratie op peil te houden. Daarmede is tevens een streven verbonden om ook de spanning in de cel op peil te houden door een evenwichtige verhouding tusschen vocht- en zoutgehalte van het protoplasma. Bij gelijkblijvende hoeveelheid zout toch stijgt de moleculaire concentratie door wateronttrekking en daalt deze door opneming van water. En waar nu de doorlaatbaarheid van de cel voor water, zooals gezegd, onbeperkt is, zoo volgt daaruit in verband met de behoefte aan behoud van een zekere moleculaire concentratie, tevens de behoefte aan een milieu, waarvan de moleculaire concentratie even groot is als die van het protoplasma.

Die meest gewenschte (optimale) moleculaire concentratie is niet voor alle protoplasma van alle cellen gelijk, maar wisselt sterk. De veronderstelling ligt trouwens voor de hand, dat de oercel ook in dit opzicht een uitgesproken vermogen tot aanpassing aan zijn milieu bezat. Meerdere cellen kunnen zich dan ook aan langzame geleidelijke wijziging van de moleculaire concentratie van het milieu aanpassen en bijv. zoowel in zout, brak, als zoet

water leven, onverminderd het feit, dat ze plotse-
ling overgebracht van zout naar zoet water of
omgekeerd, snel te gronde gaan.

Ook speelt de permeabiliteit van de grenslaag
een belangrijke rol bij de opname van voedings-
middelen, die uit den aard der zaak in het milieu
in opgelosten vorm moeten voorkomen om voor
assimilatie in aanmerking te komen en tevens in
het protoplasma opgelost moeten kunnen worden.

In het aan de spijsvertering gewijde hoofdstuk
komen we daarop terug.

Aard en concentratie der ionen en moleculen, die
zich in en buiten de cel bevinden zijn van veel ge-
wicht, met name het gehalte aan waterstofionen,
dat de reactie van beide milieus bepaalt. We zullen
bij de bespreking van de evenwichtsverhoudingen
in het bloed (zie hoofdstuk V) nog iets dieper in
deze verhoudingen moeten doordringen en dan
speciaal kennis maken met de bijzondere inrichtin-
gen, waarover het organisme beschikt om de reactie,
dus de waterstofionen-concentratie, van bloed en
weefselvloeistof op een peil te brengen en te hand-
haven, dat voor een harmonisch verloop van veler-
lei levensverrichting gewenscht, zoo niet noodza-
kelijk is.

We moeten nu nog even terugkeeren naar de
eiwitten. De bouw van hun moleculen is zoo
samengesteld, dat ze niet zonder meer assimileer-
baar zijn en eerst met behulp van zuren en fermen-
ten afgebroken, gehydrolyseerd, moeten worden.
Er vormen zich dan z.g. amino-zuren in groot
aantal en groote verscheidenheid. Die worden bij
de resorptie weer tot bloedeiwit gecombineerd en
vervolgens in de verschillende organen, weefsels en
cellen voor groei en reparatie van het protoplasma

gebruikt. Daarbij heeft nog vorming van verschillende samengestelde eiwitstoffen plaats (o.a. van de vezelstof, waaruit alle bindweefsel is opgebouwd, van keratine, waaruit haren en nagels zijn vervaardigd en van neurokeratine, waaruit het steunweefsel van hersenen en zenuwen bestaat).

De celkern. — Thans nog iets over een zeer belangrijk, ook uit protoplasma bestaand, maar toch door vorm en bouw zich in niet geringe mate van het gewone protoplasma onderscheidend celbestanddeel.

Een afgerond deel der cel — de celkern — (zie fig. 1) fungeert n.l. als centrum, dat alle verrich-

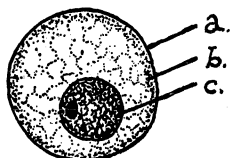


Fig. 1.

De Cel (sterk vergroot).

- a. de celwand;
- b. de grenslaag van 't protoplasma;
- c. de celkern.

tingen der cel regelt en de samenwerking tusschen de verschillende deelen van het protoplasma in juiste banen leidt. Ook die kern is uit protoplasma opgebouwd, maar van een eenigszins andere en meer complexe samenstelling. Het is die celkern, die ook de leiding bij de vermenigvuldiging der cel en bij de wisselwerking tusschen verschillende cellen van eenzelfde veelcellig organisme heeft. De fijnere bouw van het protoplasma van cel en celkern is feitelijk één groot raadsel. Bij de allersterkste vergroting kan men daarin nu eens de gevormde dan weer de vormlooze partikeltjes, korreltjes, draadjes, onderscheiden, wanneer men door kleuring het geringe verschil in lichtbrekend vermogen tusschen

cel en omgeving en tusschen verschillende deelen van de cel vergroot. Dat daarmede echter verandering in den fijneren bouw gepaard kan gaan en men gevaar loopt kunstproducten voor natuurlijke verhoudingen te verslijten is een maar al te reëel gevaar gebleken.

Terwijl dus velerlei functie van de cel verband houdt met scheikundige eigenschappen van het protoplasma, worden vorm en vormveranderingen bepaald door spanningsverhoudingen in dat protoplasma, vooral in de grenslaag. Bij beide speelt de celkern een leidende rol.

Van cel tot celstaat. — We zullen in de verschillende hoofdstukken, waarin de onderscheiden levensverrichtingen, zoowel analytisch als synthetisch worden besproken, er naar streven ook een denkbeeld te geven van den ontwikkelingsgang, dien al die levensverrichtingen doorloopen naarmate de bouw van het organisme gecompliceerder is. Men kan één, doorlopende, reeks van organismen opstellen, naar de samengesteldheid van hun bouw, te beginnen bij de eencellige oerdiertjes en te eindigen bij den mensch.

Bij vergelijkende studie van de verschillende levensverrichtingen van al die organismen, vallen drie dingen op:

1e dat de arbeidsverdeeling tusschen de verschillende cellen en celgroepen, die wij als weefsels en organen plegen aan te duiden toeneemt, naarmate het organisme op een hoogere trap van ontwikkeling staat;

2e dat omgekeerd de afzonderlijke functies zich gemakkelijker laten bestudeeren, naarmate de arbeidsverdeeling verder voortgeschreden is;

ze dat daarmee gepaard gaat de ontwikkeling van steeds meer orgaanstelsels, die geen andere functie hebben, dan de samenwerking tusschen de verschillende celgroepen, die met een bijzondere levensverrichting belast zijn te bewerkstelligen en te onderhouden.

Bij de hooger georganiseerde levende wezens mag men dan ook eigenlijk de *cel* niet meer als eenheid van leven beschouwen, omdat die cel losgemaakt uit het organisme onder natuurlijke verhoudingen ¹⁾ niet levensvatbaar is. De eenheid van

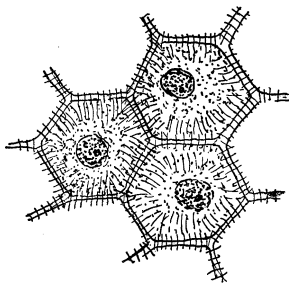


Fig. 2.

Anatomische continuïteit tusschen aangrenzende cellen (door protoplasmabruggetjes). Van boven gezien bij sterke vergroting.

leven in de hooger georganiseerde wereld is dus niet de *cel*, maar het *organisme*. De populaire voorstelling en aanduiding van het organisme is die van celstaat, een voorstelling en aanduiding, die feitelijk allerminst een juist beeld geeft van de verhoudingen. We zullen n.l. in meer dan één volgend hoofdstuk zien, hoe innig de samenhang der verschillende cellen is, hoe zeer hun aller functie ineen-grijpt. Ja er bestaat goede grond om aan te nemen,

¹⁾ In zeer speciale, feitelijk-onnatuurlijke verhoudingen kan men weliswaar talrijke celsoorten en organen uit menselijk en dierlijk organisme in het laboratorium in het leven houden, maar deze „kasplantjes” missen „leven” in dien zin, dat ze plaats noch taak hebben in de wisselwerking tusschen al het georganiseerde.

dat er behalve functioneele continuïteit van het geheele organisme ook anatomische continuïteit bestaat, in dien zin, dat het protoplasma van elke cel door fijne „bruggen”, (zie fig. 2) verbindingsstrengen, verbonden is met het protoplasma van alle naburige cellen, terwijl de nader te bespreken orgaanstelsels, die alle weefsels en organen verbinden de eenheid van bouw en functie nog op een hooger plan brengen.

HOOFDSTUK II

SPIJSVERTERING

Energiebronnen. — Leven en levensverrichtingen veronderstellen dus, zooals in het vorige hoofdstuk naar voren gebracht werd, ontwikkeling van energie resp. omzetting van energie van den eenen vorm in den anderen. We komen thans tot de studie der *energiebronnen*, waarover ons lichaam en in het algemeen de levende natuur beschikt. Resp. tot een uiteenzetting van de wijze, waarop die energie wordt omgezet in een vorm, waarin het organisme ze gebruiken kan voor eigen onderhoud en velerlei levensverrichting.

De voornaamste bron van energie, waaruit wij dagelijks putten, is ons voedsel. Planten- en dierenwereld vormen deze bron: het leven onderhoudt als het ware zich zelve. Want weliswaar nemen planten en dieren ook stoffen uit de ongeorganiseerde, anorganische wereld tot zich en kunnen zij ook zonder die niet leven. Maar dat verandert toch niets aan het feit, dat leven leven veronderstelt. De wetenschap kan het geheim daarvan niet benaderen, wij wezen daar reeds op.

Het voedsel — spijs en drank — bevindt zich slechts voor een zeer beperkt deel in een vorm, waarin het onveranderd door ons zoo samengestelde organisme opgenomen en verwerkt kan worden. Derhalve moet het in een vorm worden gebracht, waarin het voor zijn doel — brandstof, onderhoud, reserve-voorraad — geschikt is. En tevens op een dusdanige wijze en plaats aan het lichaam worden toegediend, dat het opneembare ook werkelijk opgenomen wordt.

Het spijsverteringsapparaat. — Voor dit dubbele doel beschikt elk organisme over een min of meer samengesteld z.g. spijsverteringsapparaat, dat de al dan niet toeberede spijszen en dranken verwerkt, zoodat de zich daarin bevindende voedende en andere bestanddeelen, die voor opname in het organisme in aanmerking komen, ter bestemder plaatse aangekomen, ook werkelijk opgenomen worden.

De samengesteldheid van het apparaat is afhankelijk van de indeeling van het organisme. Het eencellige oerdiertje, rondzwemmend in zijn voedselrijk element, kan met een zeer eenvoudig apparaat volstaan. Zijn lichaamswand of een deel van dien wand laat de uit de omgevende vloeistof benodigde stoffen door, resp. trekt die tot zich. De differentiatie in het inwendige dier cel maakt verwerking gemakkelijk. Bij de hooger georganiseerde organismen, ook bij den mensch, zijn de verhoudingen heel wat ingewikkelder.

De z.g. spijsvertering is daar de taak van een zeer samengesteld orgaan, dat vaak als maagdarmkanaal wordt aangeduid. Een aanduiding, die biologisch slechts kan worden aanvaard, indien men den mond, een deel van de neuskeelholte en den slokdarm ook tot het maagdarmkanaal rekent. Die toch spelen bij de spijsvertering een allerminst onbelangrijke rol en vormen een integreerend bestanddeel van het geheele apparaat. Ook anatomisch is er continuïteit: van den lippenzoom af tot daar, waar de endeldarm zich naar buiten opent (aarsopening) is dit geheele apparaat bekleed met z.g. slijmvlies.

Slijmvlies. — Dit vlies onderscheidt zich van de huid, waarvan we bouw en functie nog nader zul-

len leeren kennen in hoofdstuk XIII, niet alleen door de productie van slijm, maar ook door allerlei andere eigenschappen. De dikke, door hoornstofafzetting versterkte, beschuttende cellenlaag van de huid heeft hier plaats gemaakt voor een dunnere laag niet-verhoornde cilindrische dekcellen (epitheel), waaraan het daaronder gelegen fijnmazige haarvatennet een roode kleur verleent. (Zie fig. 3). Slijmvlies draagt geen haren, noch haarsmeer-

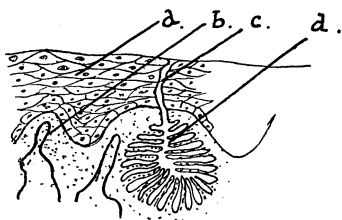


Fig. 3.

Slijmvlies op doorsnede (bij sterke vergrooting).

- a. meerlagig plat kernhoudend oppervlakteweefsel, dekcellen of epitheel; zie ook Fig. 4;
- b. haarvat (capillair) onder het epitheel;
- c. uitvoergang van slijmklier;

d. sterk vertakte slijmklier (zie ook Fig. 5).

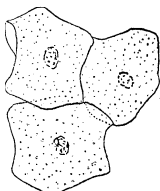


Fig. 4.

Plaveisel-epitheel van het mondslijmvlies bij zeer sterke vergrooting van boven gezien.

(talg-) en zweetklieren, maar een zeer groot aantal slijmklieren en andere klieren, die stoffen afscheiden, welke bij de spijsvertering een rol spelen. De door de slijmklieren geproduceerde stof heeft een niet onbelangrijke functie te vervallen:

te het glijden van den inhoud van het spijsverteringskanaal gemakkelijk te maken (vermijden van weerstand door wrijving);

ze zeker ook de dekcellenlaag te beschermen tegen de inwerking van de in een deel van het maagdarkanaal in de spijsbrij aanwezige stoffen (zoutzuur, eiwit-oplossende fermenten).

Nog belangrijker is uit physiologisch oogpunt bezien de functie der andere klieren. De sappen, die zij afscheiden bevatten n.l. als werkzaam bestanddeel verschillende in hun waren aard nog duistere stoffen — enzymen of fermenten — die in het dierlijk en menschelijk organisme een taak te vervullen hebben, die in het milieu, waarin zij werken, anders niet en in het laboratorium slechts met behulp van sterke chemicaliën en sterke verhitting gedurende langen tijd kan worden volbracht. Daarover direct nader.

Ingewandsspierstelsel. — De wand van het maagdarkanaal onderscheidt zich nog door een andere bijzondere eigenschap van de huid en zijn verschillende lagen en wat daaronder ligt, n.l. door het bezit van een dubbele spierlaag (zie fig. 17). Waar het een buis geldt, spreekt men gaarne plastisch van „spierrok”. De vezels van den eenen spierrok liggen overlans, van den anderen overdwars. Samentrekking van de eerste spierlaag heeft verkorting van het betrokken darmgedeelte tengevolge. Samentrekking van de tweede vernauwing. Plaatselijke vernauwing van lichten graad noemt men insnoering, bereikt zij hooger graad, dan spreekt men van afsnoering. Op verschillende plaatsen nu van het maagdarkanaal is de overdwarsche spierrok versterkt tot wat men met een woord, dat geen nadere commentaar behoeft, een sluitspier noemt. Dit is met name het geval bij den maagingang (cardia) en bij den maaguitgang (pylorus). Zie fig. 14 en 15 (blz. 59 en 61).

Ook de huid¹⁾ beschikt over dergelijke kring-sluitspieren, n.l. om mond, en oogspleet, om aars-opening en scheede-ingang. Het verschil tusschen huidsluitspieren en ingewandsluitspieren is evenwel, dat de eerste bewust (kunnen) worden geopend en gesloten, terwijl het geheele ingewandspierstelsel een bijzonderen van de gewone spieren afwijkenden bouw vertoont en niet direct onder invloed van bewustzijn en wil staat. De taak van dezen dubbelen spierrok²⁾ is het vervoer van de spijsbrei over de geheele lengte van het spijsverteringskanaal om het in de verschillende afdeelingen bloot te stellen aan de inwerking van verschillende spijsverteringssappen. Om een vergelijking te wagen: het is als het ware een Jacobs ladder, die de te bewerken stoffen de successievelijke afdeelingen van het geheele fabriekje doet passeeren. Nog juister is de vergelijking met een schudgoot, zooals die in de mijnen gebruikt worden om kolen te vervoeren van de eene etage naar de andere. De schudgoot toch blijft op zijn plaats, terwijl de Jacobs ladder zich mee verplaatst. Toch gaat ook deze laatste vergelijking mank, omdat door de schudgoot een deel van de taak aan de zwaartekracht wordt overgelaten, terwijl dat in het lichaam niet het geval is. In verschillende darmgedeelten wordt de inhoud tegen

¹⁾ Oorspronkelijk beschikt de huid ook over een uitgestrekt overlans huidspier-stelsel, dat ten doel had alle huidgedeelten afzonderlijk te kunnen bewegen (zie hoe het vee huidgedeelten beweegt, zoodra daar een insect op neerstrijkt). Bij den mensch zijn van dat huidspierstelsel alleen de aangezichtsspieren, die een zoo belangrijke rol spelen bij de gelaats-uitdrukking, overgebleven. Slechts enkele menschen kunnen hun behaarde hoofdhuid en hun ooren goed bewegen.

²⁾ Een overeenkomstig ingewandspierstelsel bekleedt ook de holle gedeelten van het urogenitaal-apparaat (urine-wegen en afvoerende kanalen van de geslachts-organen) en beschikt ook daar over sluitspieren (sluiter van de urineblaas), terwijl ook de bloedvaten tot op zekere hoogte vergelijkbare spierrokken bezitten.

de werking van de zwaartekracht in voortbewogen.

Ingewandszenuwstelsel. — In aansluiting aan het bijzondere ingewandsspierstelsel moet het nauw daarmee samenhangende ingewandszenuwstelsel genoemd worden, dat ook in hooge mate onafhankelijke is van wil en bewustzijn. Wij kunnen n.l. geen invloed uitoefenen op de beweging van de spijsbrij in maag of darmen. Het allermerkwaardigst is, dat de wand van het maagdarmkanaal niet over gevoelszenuwen beschikt in den gebruikelijken zin van het woord in vergelijking tot de huid. Wanneer men onder plaatselijke gevoelloosmaking den buik van mensch of dier opent, kan men in maag en darmwand naar believen snijden, knippen en branden, zonder dat de patient daar iets van merkt. Maar zoo gauw trekt men niet aan de ingewanden, of het is mis: heftige pijnreactie. Op dat trekken reageert de darmwand met krampachtige samentrekking zijner spierrokken. Een krampachtige samentrekking van ingewand — hetzij van maag of darm, hetzij van galblaas of nierbekken — is heftig pijnlijk (koliek). Die pijn is niet gelocaliseerd in het krampachtig samengetrokken ingewandsdeel, maar in een deel van de huid.

Klieren en klierfunctie. — Onder „klier” wordt hier niet verstaan, wat de leek daarmee gewoonlijk bedoelt, n.l. de speciaal in oksel, lies en hals onder de huid voelbare en zich bij z.g. klierachtige personen door zwelling en etterbuil- (absces-) vorming verradende knobbeltjes, (dat zijn lymphklieren, wier taak nader aan de orde komt in hoofdstuk VI).

Onder „klier” wordt hier in het algemeen ver-

staan een bol orgaan, dat hetzij naar de huid, hetzij naar eenige met slijmvlies bekleede holte of buis „iets” afscheidt. In de physiologie vat men beide samen als klieren met *uitwendige afscheiding*. Juister zou 't zijn te spreken van „*afscheiding naar buiten*,” of van „*klieren, die hun afscheidingsproduct door een buis naar elders afvoeren*”. Zulks ter onderscheiding van z.g. klieren met „*inwendige afscheiding*”. Juister zou zijn hier te spreken van „*afscheiding naar binnen*,” of van „*klieren, die hun afscheidingsproduct niet door een buis naar elders afvoeren*” (dat afscheidingsproduct wordt door het haarvatennet opgenomen — geresorbeerd — en dus langs de bloedbaan afgevoerd).¹⁾

De leek is geneigd al die kliertjes — vooral de groote, zooals lever en alvleeschklier — als geheel afzonderlijke organen te beschouwen, die een onafhankelijk bestaan voeren. Dit is geenszins het geval en het best te illustreeren door de mededeeling van het feit, dat die klieren tijdens de ontwikkelingsgeschiedenis van het vruchtje niet afzonderlijk, maar uit den wand van het maagdarkanaal zelf ontstaan zijn als *instulpingen* of zoo men wil *uitstulpingen* van dien wand, met name van de dunne dekcellenlaag. In zijn eenvoudigsten vorm is een klier een tot een „buisje” of „holletje” verdiept putje in het slijmvlies. Die buisjes en holletjes kunnen zich op verschillende wijze uitbreiden door regelmatige of onregelmatige vertakkingen. Een schema daarvan geeft fig. 5.

Een deel van de dekcellenlaag, die het spijsver-

¹⁾ Wij beperken ons hier tot de in het maagdarkanaal afvoerende klieren met uitwendige afscheiding. De naar de huid afvoerende met uitwendige afscheiding zullen in hoofdstuk XIII, de klieren met inwendige afscheiding in hoofdstuk VIII besproken worden.

teringskanaal van binnen bekleedt, is als het ware afgezonderd voor een bijzondere functie n.l. voor afscheiding. Het vocht en de bouwstoffen, die de aldus van dek-cel tot klier-cel gepromoveerde cellen behoeven voor het samenstellen van het af te scheiden product, zijn in laatste instantie uit het bloed afkomstig. Meestal gaan ze niet regelrecht van de fijne haarvaten in de kliercellen over, maar bevindt

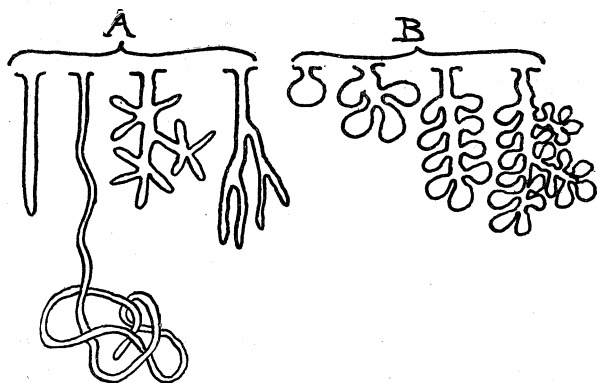


Fig. 5. Schematisch overzicht der verschillende kliervormen.

- A. buisvormige of tubulaire klieren (onvertakt, gewonden, op verschillende wijzen vertakt).
 B. blaasvormige of alveolaire klieren (onvertakt en op verschillende wijzen vertakt).

zich tusschen haarvat en kliercel een met weefselvocht (lymphe) gevulde weefselspleet (zie fig. 6).

Sommige klieren functioneeren ononderbroken, hetzij dan gelijkmatig, hetzij naar omstandigheden nu eens sterker, dan weer minder. Andere klieren functioneeren alleen als er behoefte bestaat aan de betrokken spijsverteringssappen. De regeling der hoeveelheid secret berust in hoofdzaak op reflex-

werking. Als prikkel fungeeren de stoffen, die door de spijsverteringsverteringssappen in kwestie moeten worden aangetast. En dat vaak reeds, voordat zij het gedeelte van het spijsverteringskanaal hebben bereikt, waarin ze aan de inwerking daarvan blootgesteld worden. Om een paar voorbeelden te noemen, waarop bij de bespreking van de betrokken gedeelten van het maagdarmkanaal nog dieper zal worden ingegaan. De speekselafscheiding wordt niet alleen aangezet door het contact tusschen de hap of slok met het slijmvlies van den mond. Maar ook door den reuk van het voedsel. Ja zelfs door

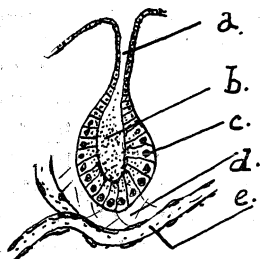


Fig. 6.

Klier en bloedverzorging

- a. klierbuisje;
- b. holte in klierbuisje;
- c. kernhoudende kliercel;
- d. lymfspleet;
- e. haarvat.

de voorstelling van een fijn maal of van een lekkere slok. Ook de maagsapafscheiding kan reeds beginnen voor de spijzen of dranken de maag bereikt hebben.

Het wezen dezer reflexwerking zullen we nu nog iets nader moeten bespreken. We bestudeeren daarom nog even fig. 6 hiernevens. Onmiddellijk rijst dan de vraag, hoe toch eigenlijk de overgang van de vloeistof van de bloedbaan via de lymfspleet in de kliercel, in zijn werk gaat. Daarbij moet de vloeistof respectievelijk en successievelijk passeeren: de haarvaatwand (uiterst dunne cellenlaag;

capillair-endotheel), de lymphspleet, de buitenwand van de kliercel, die kliercel zelf om ten slotte in de holte van de klierbuis te worden uitgestort. „Van-zelf” gebeurt dit niet, gebeurt er trouwens nooit en nergens iets. Ook de veronderstelling, dat deze overgang op eenvoudige filterwerking (filtratie) berustte, was niet houdbaar. O.a. al niet, omdat zij niet in staat was de wisselende snelheid der secretie te verklaren. Wat die snelheid betreft, nam men spoedig waar, dat verhoogde secretie altijd gespaard ging met verhoogde bloedtoevoer. Het bloed stroomt sneller door de haarvaten. Een stroomversnelling, die alleen mogelijk is door wijder worden van de haarvaten. Dat wijder worden der haarvaten — zooals we zien zullen, reflectorisch bepaald — gaat gepaard met een verhoogde doorlaatbaarheid van den haarvatwand. Het merkwaardige van die verhoogde doorlaatbaarheid evenwel is het feit, dat niet het bloed als zoodanig en ook niet het bloedserum (bloed minus bloedlichaampjes) door den bloedvaatwand gaat „doorzweeten”. Maar een vloeistof met een veel geringere moleculaire concentratie en dus van een veel geringer osmotischen druk dan het bloed. Hier is dus geen sprake van doorlaatbaarheid — permeabiliteit — zonder meer. De bloedvaatwand fungeert als een vlies, dat slechts voor vocht van bepaalde moleculaire concentratie doorlaatbaar is. Zij fungeert als z.g. „semi-permeabele membraan”. Maar de druk in de haarvaten is lang niet zoo groot als noodig zou zijn om alleen de benoodigde hoeveelheden vloeistof door die semi-permeabele membraan te persen en de spanning in de lymphruimte zoo hoog op te voeren, dat als het ware het vocht door den klier-celwand heen geperst wordt. Zoo is men ten slotte

tot de gevolgtrekking gekomen, dat de primaire secretorische werking niet een functie der haarvaten, maar van de klierzellen zelf was. De klierzellen nemen actief vocht uit de omgevende lymfhe tot zich. De zuiging, die er dan — om het plastisch uit te drukken — ontstaat, heeft haarvaatverwijding, bloedstroomversnelling en verhoogden toevoer van vocht door den verhoogd doorlaatbaren vaatwand heen tengevolge. Het vocht, dat de kliercel uit de naburige lymfhe tot zich genomen heeft, wordt niet onveranderd afgescheiden. Anders zouden speeksel en maagsap eenzelfde samenstelling moeten hebben. De bijzondere aard van elke kliercel, drukt zijn stempel op den aard van elk secreet

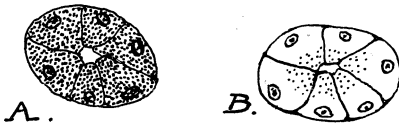


Fig. 7.
Klierzellen in actie.
A. gevuld met korrelvoorraad (rust).
B. bijna zonder korrelvoorraad (uitgeput).

door daaraan de werkzame stoffen toe te voegen, die de kliercel zelf in korrelvorm bevat in een voorraad, dien zij geregeld aanvult. De korrels zwellen onder invloed van de opgenomen vloeistof op, vervloeien en vormen samen met die vloeistof het afscheidings-product van de kliercel. Bij microscopisch onderzoek ziet een kliercel in rust er dan ook anders uit dan een kliercel, die begint te secerner en deze weer anders dan een kliercel, die uitgeput is. De eerste bevat veel — de laatste heel weinig korrels (zie fig. 7). Twee eigenschappen van alles overheerschende beteekenis vragen dus bij de studie van den bouw en van de verrichtingen der verschillende klieren de aandacht:

1e het kernhoudende levende protoplasma van

de kliercel vormt een voorraad korrels van specifieke samenstelling, die het karakteristieke en werkzame bestanddeel uit het secreet zullen vormen;

ze de kliercel verschafft zich uit de omgevende lymfhe de benodigde hoeveelheid uit de bloedbaan afkomstig vocht, waarin de sub 1 genoemde korrels worden opgelost en waaruit de kliercel tevens de bouwstoffen betreft voor de productie der korrels. Den aard der werkzame bestanddeelen van de korrels zullen we spoedig nog nader moeten bestudeeren. Hier zij volstaan met de vaststelling van het feit, dat de klierfunctie dus allesbehalve een eenvoudig of mechanisch proces, maar een zeer samengestelde fysisch-chemische functie is. Een fysisch-chemische functie, die bovendien met uitgesproken elektrische veranderingen (optreden van potentiaalverschillen) gepaard gaat. Ook die elektrische veranderingen spelen, evenals de veranderingen in moleculaire concentratie op den weg, die de vloeistof moet afleggen — bloed → lymfhe → kliercel — een niet onbelangrijke rol bij het secretie-proces. In dezelfde richting als hier is aangegeven neemt door afscheiding van een secreet van lage moleculaire concentratie die moleculaire concentratie in de achterblijvende vloeistof toe. Een concentratieverhooging, die op haar beurt verhoogden en versnelden vochtstroom tengevolge heeft. Die concentratie wordt in den loop van het secretie-proces bovendien verhoogd door ophooping van de stofwisselingsproducten, die in de kliercel ontstaan onder invloed van het met veel zuurstofverbruik gepaard gaande oxydatieve secretie-proces. Proefondervindelijk heeft men dan ook kunnen vaststellen, dat een functioneerende klier aanzienlijke hoeveelheden zuurstof verbruikt en dienovereen-

komstig aanzienlijke hoeveelheden koolzuur produceert. Ook de geproduceerde hoeveelheid warmte is niet onaanzienlijk.

Reflectorische regeling van het secretie-proces. —

Het is goed over die regeling, vooruitlopende op de in hoofdstuk IX nader te beschrijven bijzonderheden over voorwaardelijke en onvoorwaardelijke reflexen, iets naders mee te deelen.

Daaronder verstaan we, dat automatisch een doelmatige prikkel ter bestemder plaatse ontvangen, langs bepaalde wegen wordt geleid naar de klier en daar de functie in gang brengt resp. op hooger peil brengt. De voor ontvangst der prikkels bestemde plaats is practisch in het geheele spijsverterings-kanaal gelegen in daarvoor gevoelige eindorgaantjes van het ingewandzenuwstelsel — zie daarover nader hoofdstuk IX, — die langs den omweg van dit zenuwstelsel (dat bovendien een nu eens verzwakkenden, dan weer versterkenden invloed van het centrale zenuwstelsel ondergaat) de prikkel overbrengt naar de klieren in kwestie.

Naast deze nerveuse prikkel en prikkelgeleiding is bovendien een chemische prikkel, die niet langs den weg van het zenuwstelsel, maar langs den bloedbaan wordt overgebracht van beteekenis; we zullen die nader bij de bespreking van de regeling der maagsap- en darmsapafscheiding leeren kennen. Eerst echter iets over de werkzame bestanddeelen der spijsverteringssappen.

Enzymen of fermenten. — Terwijl de mensch in fabriek en laboratorium bij het bewerkstelligen van scheikundige omzettingen, bij afbraak (analyse) en opbouw (synthese) van scheikundige stoffen steeds

een beroep doet op sterkwerkende middelen — sterk zuur of loog, verhitting op hooge temperatuur gedurende langen tijd — hebben in de natuur niet minder samengestelde processen plaats, men zou haast zeggen, *spelenderwijs* met een verwonderlijke snelheid en met hulpmiddelen, die na tientallen jaren van onderzoek nog in meer dan één opzicht raadselachtig zijn. Van die hulpmiddelen verdienen bij de bestudeering van het spijsverteringsapparaat in de eerste plaats de z.g. enzymen en fermenten belangstelling. We zullen er enkele eigenschappen van opsommen.

Hun werkelijke aard, hun juiste chemische samenstelling, inzicht in de wijze, waarop zij werken, hun herkomst zelfs, onttrekt zich nog steeds aan ons onderzoek. Wij weten alleen, dat ze in zoo geringe hoeveelheden hun werkzaamheid ontvouwen, dat men er wel door ingewikkelde zuiveringsmethoden in geslaagd is steeds meer geconcentreerde ferment-oplossingen te bereiden (Willstätter). Maar men koestert niet eens de illusie er in te zullen slagen ze in voldoende hoeveelheid in volstrekt zuiveren staat af te zonderen. Het is trouwens best denkbaar, dat dat ook niet mogelijk is zonder ze hun werkzaamheid te doen verliezen. Zoo gering zijn de werkzame hoeveelheden, dat hun werking bij toevoeging aan een mengsel van twee stoffen, die bij hun afwezigheid nauwelijks en bij hun aanwezigheid snel op elkaar inwerken, niet op ont-plooiing van energie in meetbare hoeveelheden berust. Bovendien heeft men den indruk, dat de voorraad van deze raadselachtige stoffen bij de bedoelde omzettingsprocessen niet afneemt. Er is trouwens geen aanknooppingspunt voor de veronderstelling, dat er een verbinding van de fermenten met de te

bewerken stof ontstaat. Niet minder merkwaardig, maar overigens in overeenstemming met de vorige eigenschappen, is het feit, dat men er niet in geslaagd is een kwantitatieve verhouding tusschen de aanwezige hoeveelheid ferment en de hoeveelheid om te zetten stoffen (resp. den voor die omzetting benoodigden tijdsduur) vast te stellen. Het aantal fermenten, zoowel in de spijsverteringssappen in het maagdarmkanaal als in alle weefsels en organen is groot. Ja, een bekend physioloog merkt terecht op: „zoo groot is hun arbeidsveld in de scheikundige omzettingsprocessen der cel, dat vele physiologen als hun oordeel hebben uitgesproken, dat *het geheele leven feitelijk één doorlopende reeks van fermentatieve processen is.*”

Inderdaad is er bijna geen omzettingsproces bekend of denkbaar, waarbij niet één of meer fermenten in het spel zijn.

We komen daarop nog wel nader terug bij de afzonderlijke bespreking van de verschillende stadia, die de spijsvertering in het maagdarmkanaal doorloopt. En trouwens ook bij de stofwisselingsprocessen, die zich in de verschillende weefsels en organen afspelen. Daarover is ondertusschen om voor de hand liggende redenen minder bekend, dan over de omzettingen in maag en darmen. We zullen daarbij zien, dat al die fermenten een uitgesproken specifieke werking ontvouwen. Pepsine en trypsine b.v., die eiwit en eiwitontledings-producten aantasten, laten suiker en vet ongemoeid. De fermenten, die suikers en vetten helpen veranderen in assimileerbare en resorbeerbare producten, werken weer niet op eiwit en eiwitontledings-producten enz.

Natuurlijk heeft men getracht zich een voorstel-

ling van de fermentwerking te maken en gezocht naar punten van overeenkomst en verschil tusschen deze stoffen en ook in de scheikunde wel voor het vereenvoudigen en versnellen van omzettingsprocessen gebruikte stoffen. Daarbij heeft men eerst recht de overtuiging gekregen, hoe samengesteld het fermentvraagstuk is. Want ook in de scheikunde kent men wel dergelijke stoffen, z.g. catalysatoren. Maar de punten van verschil zijn grooter dan de punten van overeenkomst.

Kleine hoeveelheden zuur (waterstofionen!), zoo ook b.v. fijn-verdeeld platinapoeder zijn in staat de snelheid, waarmede sommige scheikundige processen (onder overigens gelijke omstandigheden) verlopen, geweldig te vergrooten. Volstrekte specificiteit, zooals men die bij de fermenten kent, ontbreekt hier echter. Eenzelfde catalysator bewerkstelligt en bevordert zeer verschillende omzettingsprocessen. Toch zijn er ook catalysatoren, die slechts, voor zoover bekend, één bijzondere werking bij één scheikundige omzetting ontvouwen. De meerdere of mindere specificiteit is dus slechts een gradueel verschil tusschen de fermenten en catalysatoren.

Een ander verschil is van principieele beteekenis. De werkzaamheid der gebruikelijke catalysatoren neemt snel en zeer belangrijk toe bij temperatuursverhooging, zonder dat men daarbij aan grenzen gebonden is. Daarentegen is de werkzaamheid der fermenten aan zeer enge temperatuurgrenzen — zooals trouwens de levende stof zelve — gebonden. De werkzaamheid begint bij een niet scherp te bepalen minimum-temperatuur om dan via een ideale (optimum) temperatuur te stijgen tot een bepaalde waarde. Boven die temperatuur wordt de werk-

zaamheid minder. Bij overschrijden van een niet ver van de optimum-temperatuur gelegen maximum-temperatuur houdt niet alleen de werkzaamheid op, maar blijken ook de fermenten, gevoelig als ze voor verhitting zijn, te gronde te gaan.

De werking van fermenten wordt vrij algemeen toegeschreven aan den verondersteld colloïdalen aard dezer stoffen, waarbij zooals we op blz. 20 e.v. zagen adsorptie-verschijnselen een belangrijke rol spelen.

Adsorptie geeft n.l. tot sterk verhoogde concentratie aan de oppervlakte der adsorbeerende stoffen aanleiding. In de tweede plaats schijnen al deze omzettingsprocessen in twee of meer etappes te verlopen en ook de ophooping van z.g. intermediaire omzettingsproducten bij het verloop van het proces van groot gewicht te zijn, zoowel in versnellenden, als soms ook in remmenden zin.

Deze meest door fermenten bewerkstelligde omzettingen verlopen slechts in één richting d.w.z. eenzelfde ferment X is alleen in staat stof A in stof B te veranderen. Onder bijzondere omstandigheden echter komt het ook voor, dat ditzelfde ferment ook stof B in stof A verandert (*reversibele fermentwerking*).

Hier zien we reeds een aanduiding van de eigenschap, die sommige fermenten inderdaad bezitten, n.l. dat ze behalve een ontledende (*analytische*) ook een opbouwende (*synthetische*) werking kunnen ontvouwen. Onder die synthetische werking is echter nog minder bekend dan over de analytische. Of die synthetische werking minder belangrijk is dan de analytische, is een andere vraag? Men is geneigd die met betrekking tot de stofwisseling in het menschelijk lichaam ontkennend te beantwoor-

den. Afbraak van de samengestelde bestanddeelen van ons voedsel alleen is niet voldoende. De gere-sorbeerde bouwstoffen moeten ook weer een doel-matige bestemming vinden voor onderhoud en reparatie van ons lichaam en die zijn zonder op-bouw niet denkbaar. Het levend protoplasma maakt daarvoor vermoedelijk gebruik van te zijner be-schikking staande synthetische fermenten.

Thans wordt het tijd iets meer systematisch de afzonderlijke gedeelten van het maagdkanaal en de bijzondere rol, die al die gedeelten bij de spijs-vertering in engeren zin spelen, te bespreken.

De mond heeft om te beginnen tot taak het voed-sel te *keuren* (de functie van reuk- en smaakzin-tuig wordt in hoofdstuk X besproken), *fijn te malen en met speeksel te vermengen*. Laatst ge-noemde vermenging heeft ten doel:

1e het fijngemalen voedsel te bevochtigen en daardoor dik vloeibaar te maken, zoodat het ge-makkelijk naar de volgende etappe in het spijsver-teringskanaal (in casu naar de maag) kan worden vervoerd;

2e alle deelen van het voedsel innig in aanraking te brengen met het werkzame bestanddeel van het speeksel: een zetmeel-oplossend (amylo-lytisch) enzym of ferment. In den mond begint dus reeds de spijsvertering in engeren zin, het in een vorm bren-gen van het voedsel, waarin het voor opname in den bloedsomloop geschikt wordt. De physioloog concentreert dan ook, wat de functie van den mond betreft, zijn belangstelling bijna geheel op de speek-selafscheiding en op de omzettingsprocessen, die de spijzen onder invloed van het werkzame bestand-

deel uit het speeksel ondergaan. Van breed algemeen medisch en vooral hygiënisch standpunt is die eenzijdige belangstelling van de physiologen voor het speeksel zeker niet ten volle gerechtvaardigd. Daar kunnen en moeten in de eerste plaats de mond- en tandartsen over mee praten. Die zullen U vertellen, dat een gezond gebit van grooter beteekenis voor de spijsvertering is dan de speeksel-

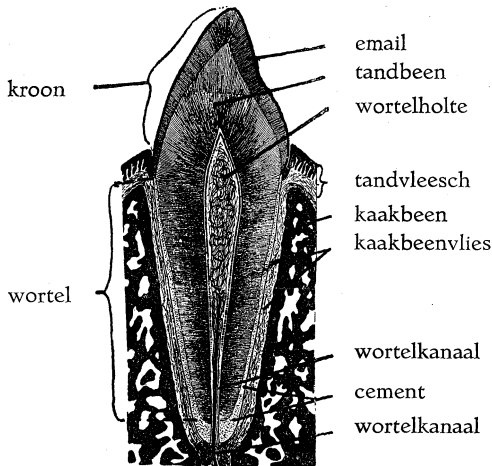


Fig. 8. Doorsnede tand en tandkas (bij [zwakke vergrooting]).

afscheiding. En dat is inderdaad zoo, want de mechanische functie van het speeksel (bevochtiging van het voedsel, zoodat het gemakkelijk verwerkt en langs den slokdarm vervoerd kan worden) kan zonder bezwaar door bevochtiging op andere manier (drinken bij het eten) worden vervangen. Terwijl de physiologisch-chemische functie van het speeksel (de omzetting van zetmeel in suiker on-

der invloed van een enzym) ook door andere deelen van het maagdarmkanaal kan worden overgenomen.

Een goed gebit is niet alleen (misschien niet eens in de eerste plaats) van beteekenis door de goede kauwfunctie, die het waarborgt. Want ook de mechanische functie van het gebit — het fijn maken van het voedsel — kan wel buiten het menschelijk lichaam worden bewerkstelligd, zij het dat daaronder niet zelden de smakelijkheid van het voedsel en daardoor de eetlust lijdt (het idee kauw-machine is niet zeer appetijtelijk).

Van de nadeelen aan een slecht gebit verbonden, is zonder twijfel de aanwezigheid van ontstekingshaarden in en om de tanden en kiezen het verderfelijkt. Dergelijke ontstekingshaarden toch kunnen ziektekiemen en vergiftige stofwisselingsproducten naar twee richtingen uitstorten:

1e naar lymphstroom en bloedbaan en zoo tot ontstekingsprocessen op afstand (o.a. in de nieren) aanleiding geven;

2e naar de mondholte en zoo in het maagdarmkanaal terecht komen, waar zij ook, zoo zij al geen ziekelijke afwijking van dit orgaan ten gevolge hebben, toch de spijsvertering bederven kunnen.

Van daar het groote belang, dat een goede mond- en tandverzorging voor de volksgezondheid heeft.

Een denkbeeld van den bouw van het gebit geeft fig. 8.

Speekselafscheiding en speeksel. — Speeksel is een slijmerig waterig spijsverteringssap, dat in den mond wordt uitgestort door de speekselklieren, die in de nabijheid van de mondholte onder de tong, onder

de onderkaak en voor het oor liggen. Hun ligging en het verloop der buis, die het afgescheiden speeksel naar de mondholte afvoert moge uit fig. 9 blijken, terwijl fig. 10 de kwabjes van de oorspeekselklier ($\frac{3}{4}$ natuurlijke grootte) en fig. 11 een microscopische doorsnede van de onderkaaksspeekselklier bij sterke vergrooing voorstelt.

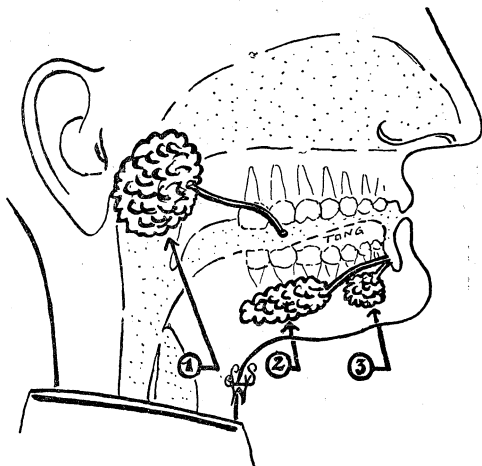


Fig. 9. Onze speekselklieren. 1. de oorspeekselklier (glandula parotis); 2. de onderkaaksspeekselklier (glandula submaxillaris); 3. de ondertongsspeekselklier (glandula sublingualis).

De reactie van speeksel is meestal licht alcalisch. Het S. G. is buitengewoon laag (1002—1008) overeenkomende met een gehalte aan vaste stoffen van 0,5—1,0%. Als merkwaardigheid wordt onder die vaste stoffen altijd een verbinding van zwavel en cyaan genoemd. Uit physiologisch oogpunt staat het zetmeel-omzettende — z.g. amyolytische — enzym of ferment, dat naar den naam

ptyaline luistert, in het middelpunt der belangstelling.

Houdt men een slok van een warme zetmeel-

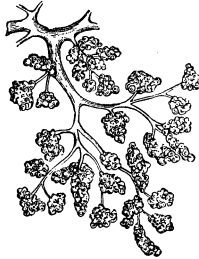


Fig. 10. Kwabje van oorspeekselklier (op $\frac{3}{4}$ der natuurlijke grootte).

oplossing — bijv. van door toevoeging van kokend water of door opkoken gaar geworden stijfsel,

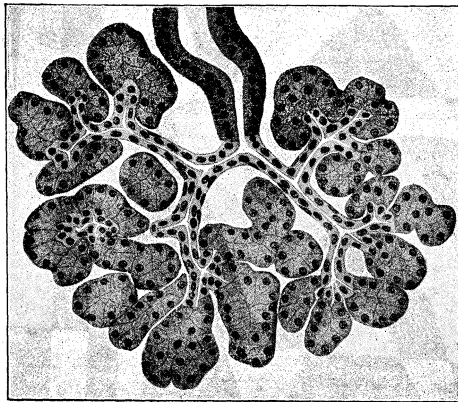


Fig. 11. Kwabje van onderkaakspeekselklier (microscopische doorsnede bij sterke vergroting, naar v. Möllendorf).

aardappelmeel, rijstemeel of maizena — korten tijd in den mond (één minuut is vaak al voldoende) en

spuwt men die weer uit, dan blijkt bij onderzoek, dat een zeer groot gedeelte van het zetmeel zijn typische zetmeeleigenschappen (o.a. het vermogen met jodium een blauwe kleur te geven) verloren heeft en is omgezet gedeeltelijk in dextrine, gedeeltelijk in een bepaalde suikersoort (maltose). Bij lagere temperatuur gaat dit omzettingsproces niet zoo snel, om bij vriestemperatuur practisch op te houden. Bij hogere temperatuur neemt de werkzaamheid van ptyaline ook snel af, het enzym wordt (zooals dat met de meeste enzymen het geval is) bij omstreeks 60° C vernietigd.

Behalve door hooge temperatuur wordt het enzym ook door vrij zuur in bepaalde concentratie vernietigd. Dientengevolge houdt de werkzaamheid ervan, als eenmaal de spijsbrij in de maag is aangeland, te sneller op, naarmate die brij sneller met maagsap vermengd wordt. Die snelheid is voor een belangrijk deel van de consistentie van de spijsbrij afhankelijk. Is die zeer stevig (zooals vaak van gekauwd brood) dan kan het wel een uur duren, voordat het maagzuur tot het inwendig van de massa is doorgedrongen. Meestal echter duurt het niet langer dan een half uur en houdt de zetmeelomzetting in suiker in de maag na verloop van dien tijd op.

De hoeveelheid speeksel, die per dag afgescheiden wordt bedraagt om en nabij een liter. Deze afscheiding is continu. Het komen van voedsel in den mond, resp. andere zintuigelijke waarnemingen van voedsel (zien, ruiken), ja zelfs ook het denken aan „een lekker hapje”, heeft overvoedige speekselsecretie ten gevolge. Men krijgt „het water er van in den mond”. We hebben hier met een meer of minder samengestelde onvoorwaardelijke of voor-

waardelijke reflex te doen. Zij is *onvoorwaardelijk*, als het contact tusschen voedsel en mondslijmvlies de prikkel vormt, die reflectorisch de secretie der speekselklieren aanzet. Zij is *voorwaardelijk*, indien een andere zintuigelijke waarneming of gedachte, die prikkel verschaft. Het afgescheiden speeksel is overvloediger en minder geconcentreerd, naar gelang het voedsel droger is. Dat is dus wel zeer doelmatig. Naar verhouding is de hoeveelheid afgescheiden speeksel bij planten-etende dieren dan ook veel grooter, dan bij vleeschetende. Merkwaardig is ten slotte, dat de samenstelling van het speeksel van de verschillende speekselklieren verschillend is.

Met name is het ptyaline-gehalte van het oorspeekselkliersecret bij den mensch het grootst. Terwijl bij den hond — een vleeschetend dier — het speeksel van beide kliersoorten vrij van ptyaline is. Ten slotte moet hier promemorie nog van een zeer belangrijke functie van den mond gewaagd worden: n.l. de taak, die zij bij de spraak te vervullen heeft. Daarop komen we in hoofdstuk XI terug.

De slokdarm heeft bijna uitsluitend een mechanische, maar daarom nog geen onbelangrijke taak te vervullen in dienst der spijsvertering. De spijsen en dranken, die door den mond zijn opgenomen, moeten naar de maag worden gestuwd. Dat nu is minder eenvoudig, dan het zoo op het eerste gezicht lijkt. Want zij moeten een weg passeeren, die gedeeltelijk ook door de voor de longen bestemde lucht gebruikt wordt: de keelholte, waar luchtbaan en voedselweg elkaar kruizen. Dat lucht de verkeerde kant uit — in den slokdarm — verzeild raakt is zoo erg niet. Maar spijs en drank mogen tot geen prijs in de lagere luchtwegen geraken. Terwijl het

ook allesbehalve aangenaam is, wanneer zij in tegenovergestelde richting n.l. in de bovenste luchtwegen (c.q. in den neus) terecht komen. Dus moeten, wanneer spijs en drank de keelholte veilig wil kunnen passeeren, zoowel de bovenste als de lagere luchtwegen een oogenblik worden afgesloten. Het op twee plaatsen stremmen van de passage der lucht door de luchtwegen nu, ziedaar het belangrijke gedeelte van het zoo ingewikkelde reflex-mechanisme, dat men „slikken” noemt. Van veel eenvoudiger aard is naar verhouding de andere helft van dit mechanisme, dat meer in het bijzonder het voortstuwen van spijs en drank door de gevormde ononderbroken spijsbaan beoogt.

Slikken. — Het geheele mechanisme verloopt on-eindig veel vlugger, dan men het beschrijven kan. Toch is die beschrijving nuttig en noodig: men bestudeeren daartoe fig. 12 en 13 op blz. 54 en 55. De eerste daarvan stelt den toestand gedurende rust, de tweede den toestand bij slikken voor.

De „luchtweg” is gearceerd, de weg voor spijs en drank („voedselweg”) door bolletjes aangegeven. Gedurende de rust is er eigenlijk geen sprake van een „voedselweg”, de bolletjes op de fig. 12 geven uitsluitend de richting aan. Zelfs kan een grooter of kleiner deel van de lucht inplaats van de neusholte de mond passeeren. Wel is de slokdarm samengevallen en daardoor voor luchtpassage geblokkeerd. De afstand tusschen strottenklepje en huigpunt is betrekkelijk klein, de afstand tusschen de punt van het strottenklepje en de achterkant van het strottenhoofd groot.

Bezien we nu fig. 13. Achter op de tong, die als het ware een hooge rug maakt, die herinnert

aan die van een nijdige kat, bevindt zich een spijsbrok op punt naar beneden te glijden.

Op het zelfde oogenblik trekken reflectorisch verschillende spieren zich samen:

1e de huig wordt omhoog getrokken en legt zich tegen den achterwand van de neuskeelholte, zoo-

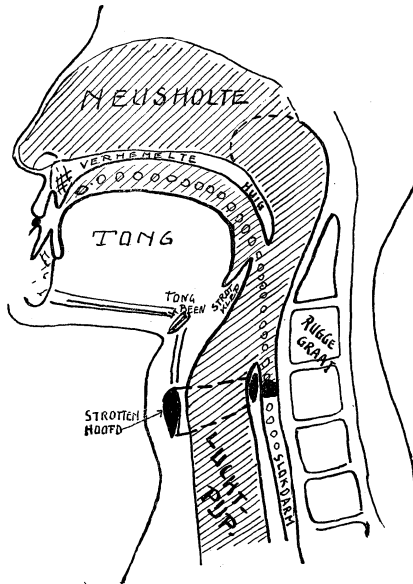


Fig. 12. Slikmechanisme (Phase I).

dat daar de passage van de lucht wordt afgesloten;

2e het strottenhoofd wordt omhoog getrokken, terwijl terzelfder tijd het strottenhoofd klepje naar achter om slaat: zoo wordt de luchtpassage naar beneden afgesloten.

Nu geeft de hooge tongrug spijsbrok of slok

nog een flinken duw en deze komt onverwijld in den open staanden slokdarm terecht. Daarna ontspannen de genoemde spieren zich weer en de rusttoestand wordt hersteld.

Voortschrijdende samentrekking van den slokdarmwand strijkt als het ware de inhoud naar lager

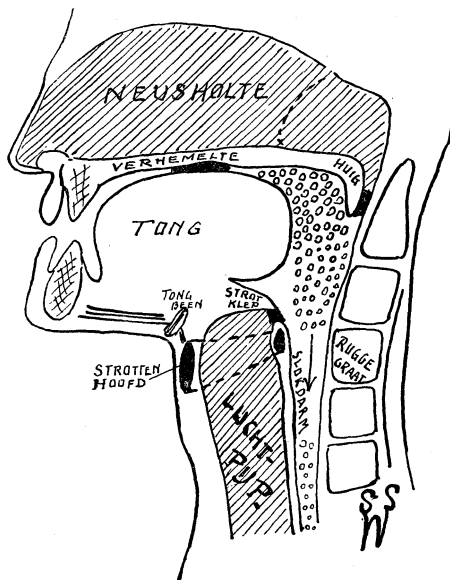


Fig. 13. Slikmechanisme (Phase II).

regionen, in dit geval naar de maag toe. De zwaartekracht heeft hier geen beslissenden invloed. Ook iemand, die op zijn hoofd staat of aan zijn beenen in de lucht hangt, kan slikken. Terwijl ook dan de slokdarm-inhoud tegen de zwaartekracht in naar de maag doorgestuwd wordt. Wat de tijds-

duur betreft, die deze passage vereischt: het slikken in engeren zin (de passage van den mond naar den slokdarm) duurt slechts een paar seconden, de passage door den slokdarm naar de maag kan aanmerkelijk langer duren en is onder andere afhankelijk van de consistentie van den slokdarminhoud. Vloeistof bereikt sneller de maag dan een stevig en droog, onvoldoend met speeksel vermengd, spijsbrok.

Ook de leek kan zich van den tijd, die dit proces vereischt een aardigen indruk vormen, door zijn oor op iemands ontbloote rug te leggen, ter hoogte van de bovenzijde der schouderbladen om dan den proefpersoon op te dragen een slok uit een glas water te nemen.

Op het oogenblik van het slikken hoort men een gietend geruisch: de slok wordt in de slokdarm geperst. Blijft men nu rustig luisteren, dan hoort men een tel of tien later (na 4-6 seconden) weer een gietend geruisch: de slok wordt uit den slokdarm in de maag geperst. Ook Roentgenologisch is een en ander te volgen. Als spijsbrok of slok onder in de slokdarm belandt, is de maagmond nog gesloten, deze ontspant zich nu om de inhoud van den slokdarm door te laten.

Keeren we echter nog even terug tot de slikfunctie als zoodanig. Zij is geheel van reflectorischen aard. De druk van het spijsbrok tegen het achtereinde van de tong heeft onvermijdelijk het opgangbrengen van het slikmechanisme ten gevolge. Niet alleen worden op de beschreven wijze de bovenste en onderste luchtwegen afgesloten. Maar ook wordt reflectorisch de ademhaling stopgezet. Dat is niet het zelfde. Als longen en borstkas zich wel ontplooien, zou er bij afsluiting der

luchtwegen een sterke verdunning van lucht in de lagere luchtwegen plaats hebben en de zuiging zoo groot zijn, dat ook bij ontspanning van de spieren, die het strottenklepje doen kantelen, de afsluiting niet zou worden opgeheven. Ook zou de luchtverdunning in de longen niet bepaald gunstig voor de longen zelf zijn. ¹⁾

De maag. — Om zich rekenschap te geven van ligging en bouw van dit orgaan bestudeere men het schematische overzicht, dat fig. 14 geeft van de verhoudingen in borst- en buikholte in verband met de details, die fig. 15 geeft over een gedeelte daarvan. Met name over de verhoudingen vlak onder het middenrif, waar lever en maag elkander, en op hun beurt weer den twaalfvingerigen darm en de alvleeschklier, bedekken.

De slokdarm loopt niet zooals op de schematische fig. 14 is aangegeven *naast*, maar *achter* den

¹⁾ In aansluiting aan het slikmechanisme, enkele gegevens over het zeer verwante braakmechanisme. Het is eigenlijk hetzelfde reflexmechanisme. Alleen gaat nu de spijsbrijgolf in omgekeerde richting. De maagmond opent zich. De ingang van het strottenhoofd en daarmee de lagere luchtwegen en meestal ook de bovenste luchtwegen worden afgesloten. Het ademhalingsmechanisme wordt geremd, zoodat de adembaling stil staat. De maag trekt zich krampachtig samen, terwijl ook de buikspieren en het middenrif zich samentrekken en daardoor mee helpen om den druk in de buikholte te verhoogen en het omhoog persen van den maaginhoud te bevorderen. Deze wordt ten slotte met vrij groote kracht naar boven geslingerd. Deze reflex kan zoowel in werking worden gesteld door een prikkel, die den maagwand treft (mosterd, diverse braakmiddelen), door een prikkel, die de neus-keelholte treft (vinger in de keel steken) als door een centrale oorzaak (prikkelings-toestand in het centrale zenuwstelsel bijv. bij hersenschudding, bij hersenziekte enz.) terwijl bovendien de psyche een groote rol speelt; sommige overgevoelige personen, keeren bij het zien van iets, dat hun walging opwekt, onmiddellijk hun maag om. Ook abnormale verhoudingen in andere organen (baarmoeder, middenoor, nieren, oogen) kunnen reflectorisch braken opwekken.

slokdam in de ruimte tusschen beide longen en achter het hart. Om de buikholte te bereiken moet de slokdarm het middenrif doorboren. Tot zoover zijn de verhoudingen nog betrekkelijk eenvoudig. Nu komen er veel ingewikkelder en samengestelder verhoudingen. In den bovenbuik beheerscht de massale links gelegen, maar zich tot ver over de middellijn naar rechts uitstreckende bruinpaars-roode lever het beeld. Soms, maar niet altijd, steekt een klein puntje van de galblaas en voorts een gedeelte van de maag, onder de lever uit, terwijl de dikke darm zoowel over de onderpunt van de lever, als over de onderpunt van de maag pleegt te loopen. We bepalen ons nu even tot alles wat daarboven in de buikholte ligt: maag, twaalfvingerige darm, lever en bijbehorende organen.

Zoowel de ingang (1) als de uitgang van de maag (2) gaan achter de lever schuil, zoo ook het eerste en belangrijkste stuk van den twaalfvingerigen darm, waarin op een gegeven oogenblik (3) een buisje uitmondt, dat zoowel de uit lever en galblaas (4) afkomstige gal, als het (uit de geheel achter de maag gelegen alvleeschklier afkomstig) pancreas-sap in den twaalfvingerigen darm loost. Deze verhoudingen worden eerst geheel duidelijk, als men niet het schema der natuurlijke verhoudingen op fig. 14 maar het vergrootte schema op fig. 15 beziet.

De lever is daar los gemaakt en op zij geschoven naar links, de alvleeschklier is ook los gemaakt en van achter de maag te voorschijn gebracht, overigens zijn in deze figuur de zelfde nummers aangebracht als op fig. 14. Het beeld dat deze fig. geeft van de verhoudingen in den bovenbuik, is wel

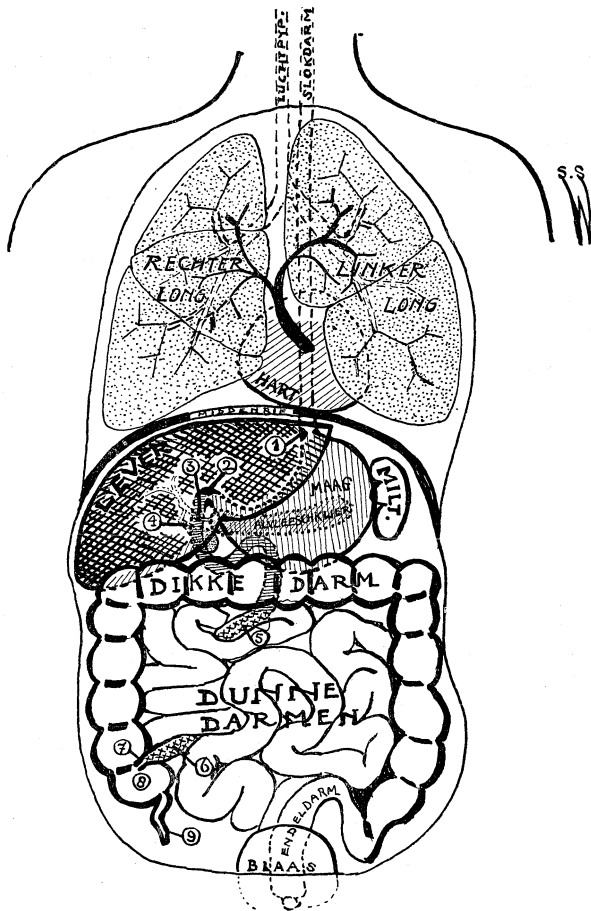


Fig. 14. Schematisch overzicht van den inhoud van borst- en buikholte (verklaring der cijfers in den tekst).

duidelijk genoeg om nadere verklaring, na het bovenstaande, overbodig te maken, zoodat we thans tot de studie van de maag en van de functie van dit gewichtige orgaan kunnen overgaan.

Ter inleiding eerst nog iets over de ligging van maag en ingewanden in de buikholte. Het is niet zoo gemakkelijk zich daar een goede voorstelling van te maken. De wijze toch, waarop al deze ingewanden bevestigd zijn schijnt op het eerste gezicht vrij ingewikkeld. Ondertusschen werpt de ontwikkelings-geschiedenis een helder licht op de verhoudingen bij den volwassene. In een vroeg stadium van de ontwikkeling der vrucht is er van differentiatie in maag en verschillende darmgedeelten nog geen sprake. In dat stadium wordt, om het zoo eenvoudig mogelijk voor te stellen, de lichaamsholte doorsneden door een rechte buis, die niet geheel vrij is opgehangen, neen, heelemaal niet vrij is opgehangen, maar door het buikvlies aan alle zijden, behalve aan de achterzijde, bedekt wordt op de wijze als in fig. 16 is aangegeven. Die figuur stelt een dwarsche doorsnede van de buikholte in den oorspronkelijken staat op zeer schematische wijze voor. Het geheel is omgeven door de huid van buik en rug (1). Daaronder ligt aan de achterzijde (zwart) de ruggegraat met uitsteeksels, die gedeeltelijk tot ribben uitgroeien, vóór de groote bloedvaten (2), die ook de darmen (4) van bloed voorzien door de plooi (3), die daar het buikvlies (5) vormt. De darm is naarmate die plooi (3) langer is, bewegelijker in de vrije buikholte (6), maar ligt daarom nog niet vrij. Zoowel de maag als de ingewanden nu zijn door een dergelijke plooi van het hen bedekkende buikvlies als het ware aan de achterzijde van de buikholte opgehangen. Prac-

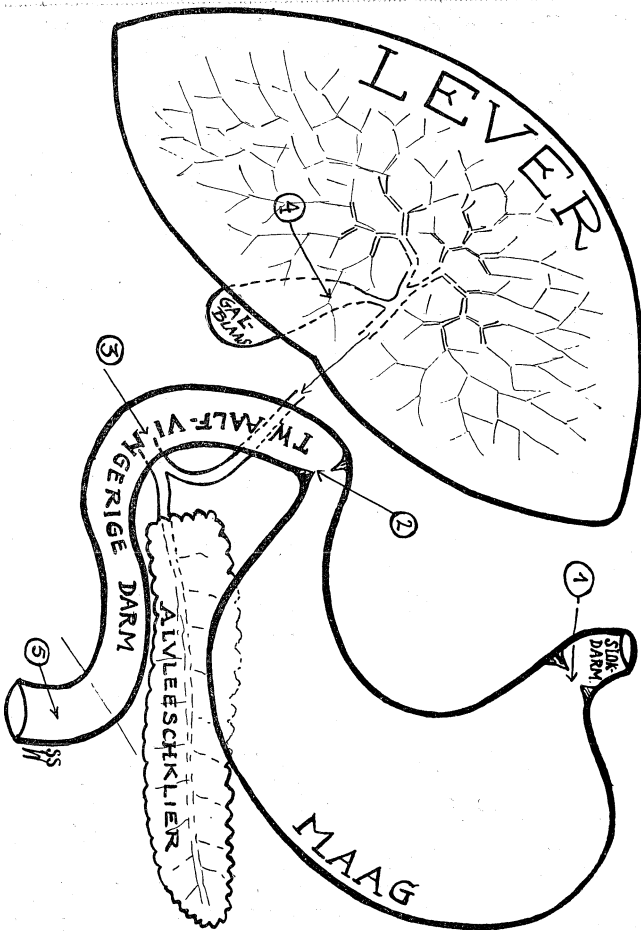


Fig. 15. De verbodungen "vlak" onder 'het middenrif (verklaring der cijfers in den tekst)

tisch liggen al deze organen in, theoretisch achter de met buikvlies bedekte buikholte.

Die plooi (mesenterium) herbergt de bloedvaten, die van uit de groote lichaamsslagader naar maag en darmen loopen. Die plooi blijft gedurende de ontwikkelingsgeschiedenis niet zuiver in voor-achterwaartsche richting loopen, maar gaat zich naarmate de lengte der darmen onevenredig tot de beschikbare rechte afmeting (van waar de slokdarm de buikholte binnenkomt, tot daar, waar de endeldarm het lichaam verlaat) toeneemt, opvouwen en kronkelen. Maar dat verandert niets aan den oor-

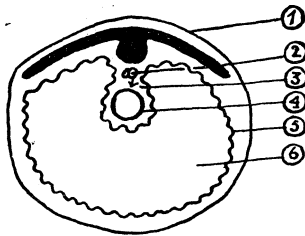


Fig. 16.
Dwarsche doorsnede der buikholte in een vroeg stadium der ontwikkeling.

1. huid;
2. bloedvaten;
3. plooi van het buikvlies waarin de darm ligt;
4. darm;
5. buikvlies;
6. vrije buikholte.

spronkelijken opzet. Noch aan het feit, dat de plooi er is en blijft bestaan, al was het alleen maar om de eenvoudige reden, dat anders de takken der aorta den darm niet zouden kunnen bereiken. Terwijl ook de afvoerende lymph- en bloedvaten rechtstreeks of langs een omweg ook weer in de holle lichaamsader moeten loozen.

Langs een omweg: omdat dit met in den darm geresorbeerd voedsel beladen bloed eerst nog de ook in een dergelijke plooi liggende en overigens aan het middenrif bevestigde lever (ontstaan evenals de alvleeschklier als een uitstulping uit den

darmwand) moet passeeren (zie beneden bij de lever).

Bestudeeren we nu den bouw van den darmwand nader aan de hand van fig. 17. Hier is de darm aan een vrij lange peritoneale plooi of mesenterium (1) opgehangen. Het peritoneum (2) zelf omgeeft den heelen darm en scheidt die van de vrije buikholtte (7). Aan den darmwand zelf onderscheidt men, behalve het buikvlies (2), nog drie lagen: een dunne buitenste in de lengterichting der darmen verloopende spierlaag (3), een dikke binnenste, overdwarsche (circulaire) spierlaag (4)

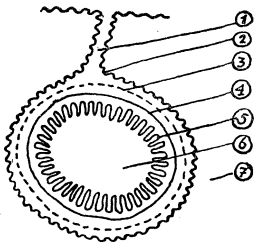


Fig. 17.

De bouw van den darmwand (schematische doorsnede) 1. buikvliesplooi (mesenterium), waaraan de darm is opgehangen; 2. buikvlies (peritoneum), dat alle ingewanden en de binnenzijde van den buikwand bekleedt; 3. overlangsche spierrok; 4. overdwarsche spierrok; 5. sterk geplooid slijmvlies; 6. darmholte; 7. vrije buikholtte.

en het den darm van binnen bekleedende slijmvlies (5), waarbinnen zich de holte van den darm (6) bevindt. Tusschen het slijmvlies (5) en de binnenste spierlaag (4) verloopende de meeste takken der bloed- en lymfheaven. Het slijmvlies zelf is ook nog voorzien van een dunne overlangsche spierlaag, die we echter op fig. 17 maar buiten beschouwing hebben gelaten.

Het slijmvlies is op die fig. met voorbedachten rade zoo sterk geplooid geteekend: dat is zij ook inderdaad. Die fijne plooien kan men ook als uitstulpingen beschouwen, wat per slot van rekening

op het zelfde neerkomt: hun wand bestaat uit cellen, die een secretorische functie hebben. Maag- en darmsap worden door dergelijke klieren afgescheiden. Ook zijn, zooals gezegd, lever en alveeschklier, die zich tot groote afzonderlijke secretorische organen gedifferentieerd hebben, oorspronkelijk door uitstulping van deze laag uit den darmwand ontstaan. De rangschikking, de afmetingen en de fijnere bouw, die bij microscopisch onderzoek waarneembaar is, vertoonen voor de maag en ook voor verschillende darmgedeelten onderling wel aanmerkelijke verschillen, maar dat zijn allemaal variaties met eenzelfden schematischen opzet.

Functies van maag en ingewanden. — Functioneel staan in verband met dezen bouw drieërlei verrichtingen van maag en ingewanden, nu eens meer, dan weer minder, op den voorgrond:

1e *Een mechanische functie*: kneden en voortstuwen. Dat is de taak van de beide spierlagen. Vooral van de circulaire, die dan ook het krachtigst ontwikkeld is (een paar millimeter). Het kneden wordt bewerkstelligd door afwisselende samen-trekkingen en ontspanning van reeksen darmstukjes. Zoo zijn b.v. op fig. 18a (Phase I) alle even genummerde stukjes samengetrokken en alle oneven genummerde ontspannen, de spijsbrij wordt dus in ballen van gelijke grootte verdeeld. Even later — fig. 18b (Phase II) — trekken alle oneven genummerde stukjes zich samen en ontspannen alle even genummerde zich: alle gedurende phase I gevormde spijsballen worden nu door midden geknepen en twee aan twee tot nieuwe spijsballen samengevoegd. Dit rhythmisch contractiespel be-

werkstelligt een zeer zorgvuldige vermenging van de spijsbrij met de spijsverteringssappen.

Het voortstuwten wordt bewerkstelligd door z.g. voortschrijdende contractiegolven, die we reeds bij den slokdarm hebben leeren kennen. Een dergelijke

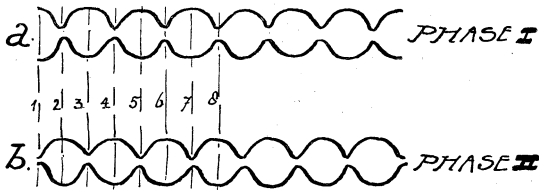


Fig. 18. Het kneedmechanisme van den darm (verklaring in den tekst).

golf is op fig. 19 en op de roentgenfoto van de maag (fig. 20) afgebeeld. Terwijl bij het kneden de spijsbrijkolom stilstaat, wordt die door de op-eenvolgende contractiegolven voortgeschoven.

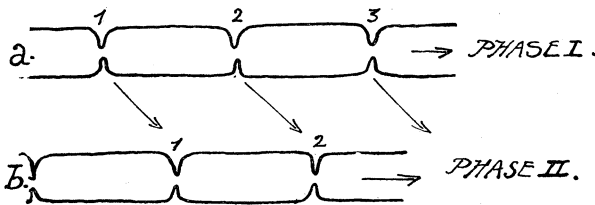


Fig. 19. Het stuwmechanisme van den darm (verklaring in den tekst).

2e Een *secretorische functie*: afscheiden van spijsverteringssappen. Voor deze functie heeft het slijmvlies van het maagdarmkanaal zich door uitstulping en plooiing gedifferentieerd tot een welhaast ononderbroken klierapparaat. De wand van

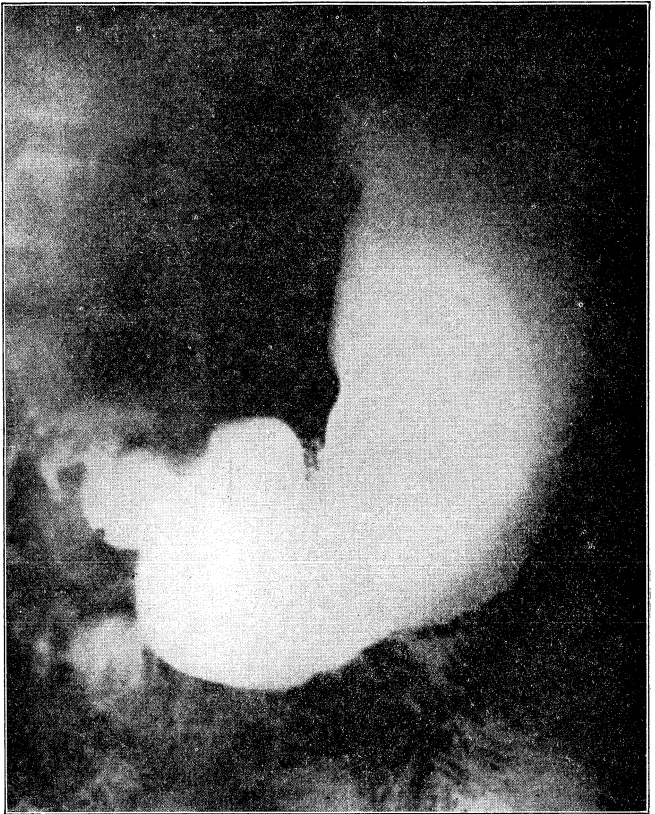


Fig. 20. Roentgenfoto van de maag na proefmaaltijd met barium-
pap (Dr. C. H. Kok).

het maagdarmkanaal is als het ware bezaaid met duizenden fijne kliertjes en loozingsbuisjes, die met hun allen een enorm secretorisch oppervlak vormen,



Fig. 21.

Het slijmvlies van den maagwand
(onder de loupe).

men, dat honderdmaal grooter is dan het inwendige darmoppervlak zelf.

Een beeld van het inwendig maagoppervlak bij sterke vergrooting geeft fig. 21.

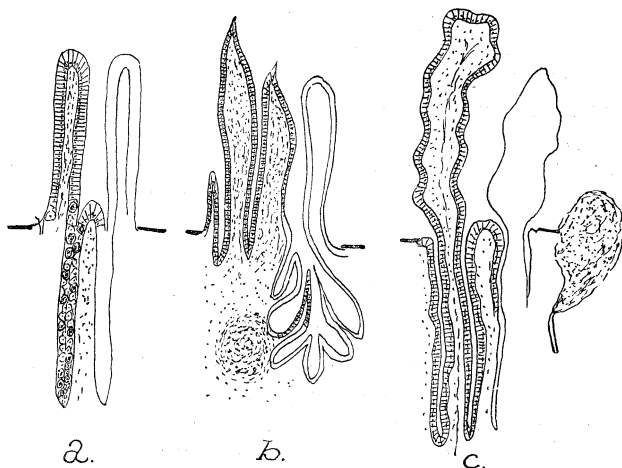


Fig. 22. De microscopische bouw van het slijmvlies in verschillende deelen van het maagdarmkanaal, a. slijmvlies van de maag bij den maagingang, b. idem bij den maaguitgang, c. idem van den dunnen darm.

Een paar schematische teekeningen van den bouw van het klierapparaat van maag en darm, geven fig. 22a, b en c. Op fig. 22a en 22c zijn de klierbuisjes *niet*, op fig. 22b *wel* vertakt. Op fig. 22c zijn de in de darmholte zelf uitstekende slijmvliesplooien bijzonder groot: men noemt ze nu (*darm-*) *vlokken*. Bij deze vlokken is de secretorische functie op den achtergrond gekomen en de nog te bespreken 3e functie van den darmwand: de resorptie op den voorgrond gekomen. Een mooi beeld van de vlokvorming zullen we later nog geven (zie blz. 93).

De secretorische functie van lever en alvleeschklieren zullen we nog afzonderlijk bestudeeren. Hier zij er alleen op gewezen, dat de secretorische functie van de klieren in maag- en darmwand en ook van lever en alvleeschklier reflectorisch geregeld wordt op zeer gecompliceerde wijze: n.l. zowel langs nerveuzen weg als langs de bloedbaan. De nerveuze prikkel tot afscheiding in een bepaald gedeelte van het maagdarmkanaal wordt gevormd door de komst resp. aanwezigheid van spijsbrij in hetzelfde resp. in een hooger gelegen gedeelte.

De chemische prikkel ontstaat, doordat bij de secretie in een bepaald gedeelte stoffen gevormd worden, die door het slijmvlies ter plaatse worden geresorbeerd. Bij overbrenging langs de bloedbaan brengen ze in lager gelegen darmgedeelten de secretieprocessen op gang. Al deze processen heeft men bestudeerd door bij proefdieren bepaalde darmgedeelten in een in de huid gemaakte opening vast te naaien en dan een kleine opening in den darm te maken. Zoo ontstaat wat men een „fistel” noemt. Op deze wijze is het mogelijk het in dat gedeelte zich vormende darmsap op te vangen en

te bestudeeren. Ja zelfs ook om de functie met het blootè oog waar te nemen. De bouw van een dergelijke fistel is zonder meer duidelijk als men fig. 16 en 17 vergelijkt met fig. 23.

3e *Een resorbeerende functie*: de door de spijsverteringssappen uit de spijsbrij in opgelosten staat gebrachte voedingsbestanddeelen moeten ook worden opgenomen in bloed en lymfstrom. In de maag ontbreekt deze functie. In den dunnen darm viert zij hoogtij. In dit darmgedeelte is dan ook

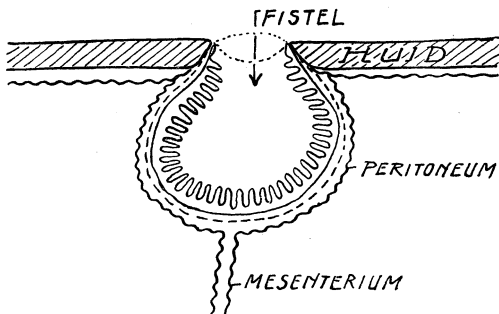


Fig. 23. Darmfistel.

door vlokvorming het resorbeerend oppervlak grooter dan het secernerend. Bij de bespreking van de processen, die zich in dit darmgedeelte afspelen, komen we wel iets meer uitvoerig op deze functie terug.

We kunnen nu in een wat vlotter tempo den bouw en de verrichtingen van de afzonderlijke gedeelten van het maagdarmkanaal behandelen, met name de omzettingen, die de in de spijsbrij aanwezige voedingsbestanddeelen ondergaan.

In de maag overwegen de mechanische en secretorische functie: resorptie heeft hier niet plaats. De mechanische functie wordt vervuld door de hier bijzonder sterk ontwikkelde, in verschillende richtingen elkander kruisende, spierlagen. Deze functie heeft men in de latere jaren door roentgenologisch onderzoek na het gebruik van een barium- of bismuthzouten-houdende, z.g. contrastmaaltijd leeren ontleden, (zie fig. 20). Daarbij bleek, dat hier niet het bovengenoemde kneedmechanisme (fig. 18) plaats had, maar het stuwmechanisme (fig. 19). Door dat mechanisme wordt hetzelfde doel — kneden en mengen — bereikt, zoolang voortstuwning onmogelijk is, d.w.z. zoolang de maaguitgang (pylorus: fig. 14 en 15, No. 2) gesloten is. Van maagmond naar maaguitgang loopen dus voortschrijdende contractiegolven over den maagwand met tusschenpoozen van 15 a 20 seconden. Er zijn er steeds 3 of 4 tegelijk aanwezig. Uit het beeld op de roentgenfoto is zoodoende niet uit te maken of het kneed- of stuwmechanisme plaats heeft. Bij doorlichting onder contrôle van het oog ziet men echter de contractiegolven als het ware voortloopen. Is het spijsverteringsproces in de maag ver genoeg gevorderd, dan bewerkstelligt elke contractiegolf, die den maaguitgang bereikt, dat deze zich een oogenblik opent en een gedeelte van den maaginhoud uitgestort wordt in den twaalfvingerigen darm. Ten slotte is de maag een à twee uur na het eten, naar gelang van omvang en samenstelling van het genotene, leeg. Warme dranken passeeren de maag veel en veel sneller: reeds na enkele minuten. Deze mechanische functie van de maag gaat geheel buiten het bewustzijn en het centrale zenuwstelsel om

en wordt door het onafhankelijk ingewandstenuwstelsel geregeld.

Merkwaardig en vermeldenswaard is de invloed, dien de reactie in maag en twaalfvingerigen darm heeft op den spannings- en dus op den sluitings-toestand van den maaguitgang (pylorus). Normalerwijs is bij maagsapafscheiding de maaginhoud zuur, terwijl de inhoud van den twaalfvingerigen darm alcalisch is tengevolge van de alcaliciteit van de gal en van de andere spijsverteringssappen in den darm (darmsap, alvleeschkliersap). Bij normale, zure reactie in de maag en alcalische reactie in den twaalfvingerigen darm is de pylorus stevig gesloten. Zij opent zich echter, zoodra òf het zuurgehalte in de maag te hoog stijgt (het door de geopende pylorus binnenstroomende darmsap brengt dat zuurgehalte dan snel terug tot den norm en de pylorus sluit zich weer), òf dat zuurgehalte in de maag te laag daalt.

Daarentegen doet een zure reactie in den twaalfvingerigen darm den pylorus zich weer stevig sluiten. Een en ander heeft een wisselend spel van openen en sluiten van den pylorus gedurende het digestieproces tengevolge, een spel dat net zoolang duurt als er nog spijsbrij in de maag is en ten slotte eindigt als de geheele maaginhoud naar den darm is doorgezonden.

Het maagsap. — De secretorische functie van de maag bestaat in het afscheiden van maagsap. Deze afscheiding wordt reeds weinige minuten na het in den mond nemen van voedsel reflectorisch op gang gebracht. Ook de gedachte aan eten wekt maagsapafscheiding op. Vandaar de groote invloed, dien de psyché op den eetlust heeft. Behalve door

deze reflexwerking op afstand wordt de maagsapafscheiding ook reflectorisch opgewekt door den sterkeren en zwakkeren prikkel, dien de spijsbrij, al naar de samenstellende bestanddeelen, in de maag op den maagwand uitoefent. Deze verhoudingen zijn met name uitvoerig bestudeerd door den bekenden Russischen physioloog Pawlof. Deze heeft bij honden een maagfistel en een slokdarmfistel aangelegd. Het door het dier opgeslokte voedsel kwam dan niet in de maag, maar aan den hals weer te voorschijn. Het maagsap kon voorts door de fistel naar buiten worden opgevangen. Het sterkst wordt de maagsapafscheiding aangezet door vleesch en vleeschextract; vandaar de eetlust-opwekkende werking van een kop bouillon of een bord soep. (Maggi's aroma).

Deze plaatselijke prikkel werkt echter op samengestelder wijze dan men aanvankelijk meende. De maaginhoud prikkelt niet de in den maagwand aanwezige einden van het ingewands-zenuwstelsel. Maar zij heeft de vorming van een stof ten gevolge, die door het maagslijmvlies geresorbeerd wordt en langs de bloedbaan de maagwandklieren bereikt en tot verhoogde functie aanzet. Men stelt zich de zaak zoo voor, dat een der omzettingsproducten, die bij de inwerking van het zoutzuurpepsine-mengsel op de spijsbrij ontstaan, door inwerking op zijn beurt op het slijmvlies de vorming van dezen chemischen reflexprikkel (secretine of maaghormoon) tengevolge heeft.

Terwijl hoeveelheid en gehalte aan werkzame bestanddeelen van het maagsap, dat door reflexwerking op afstand (zien en in den mond nemen van voedsel) afgescheiden wordt, vrijwel constant is, wisselen samenstelling en hoeveelheid van het

maagsap, afgescheiden onder invloed van secretine-resorptie, zeer. De maagsapafscheiding wordt dus ook door den aard van het voedsel bepaald en niet alleen door het feit, dat er voedsel in aantocht is.

De beide voornaamste werkzame bestanddeelen bestaan uit zoutzuur en een eiwitoplossend (proteo-lytisch) ferment. De concentratie van de eerste is normalerwijs 0,2-0,4%. In combinatie met pepsine oefent zoutzuur een krachtige eiwitoplossende werking uit. Sommige opgeloste eiwitsoorten, zoo b.v. melkeiwit, ongekookt kippeneiwit, worden eerst neergeslagen in vasten vorm (onder invloed van het ook in het maagsap aanwezige stremmende lebferment) en vervolgens opgelost. Andere vaste eiwitstoffen (vezelstof b.v.) zwellen eerst op en worden dan successievelijk opgelost. Dit proces is ook met het bloote oog en met den microscoop te volgen. Daarop berust de methode van Mett om het eiwitoplossend vermogen van een bepaald maagsap (resp. van een bepaald pepsine-zoutzuurmengsel) te meten. Fijne capillaire glasbuisjes worden voor dat doel volgezogen met vloeibaar kippeneiwit. De gevulde capillairen worden in een bak met kokend water ondergedompeld. Onmiddellijk stolt de capillaire eiwitzuil in de buisjes. Nu is het mogelijk van een dergelijke capillaire buis van b.v. 10 c.M. 10 stukjes van 1 c.M. af te breken (met diamant). Deze stukjes worden in het te onderzoeken mengsel van pepsine en zoutzuur (resp. maagsap) gedaan. De oplossing van de capillaire gestolde eiwitzuil begint nu vanaf de uiteinden en kan onder een microscoop bij geringe vergrooing gemeten worden. Daar de capillairen overal even wijd (juister gezegd even nauw) zijn, is de lengte der opgeloste zuil per eenheid van tijd

een betrouwbare maatstaf voor het eiwitoplossend vermogen van het onderzochte maagsap of pepsine-zoutzuurmengsel.

Pepsine zonder zoutzuur en zoutzuur zonder pepsine mist een dergelijk oplossend vermogen. Voor de bepaling van de zoutzuurconcentratie is echter de methode van Mett te omslachtig en ook niet noodig. Het zuurgehalte van een vloeistof kan met eenvoudige fysisch-chemische middelen worden bepaald. Het oplossingsproces, dat eiwit onder inwerking van zoutzuur en pepsine bij lichaamstemperatuur ondergaat, doorloopt verschillende stadia. De verschillende eiwitstoffen worden met verschillende snelheid trapsgewijs afgebroken. Uit samengestelde eiwitstoffen worden eenvoudiger, resorbeerbare, producten gevormd. Bij sommigen is dit proces reeds voltooid als de spijsbrij de maag verlaat. Bij anderen nog niet en moet het proces door de proteolytische processen in den darm worden voltooid.

Op de andere voedingsbestanddeelen, met name op koolhydraten en vet, werkt het maagsap niet of nauwelijks. Wel kan, zooals reeds bij de bespreking van de spijsvertering in den mond werd meegedeeld, de ptyaline-werking in de spijsbrij nog geruimen tijd duren vóór dit ferment door het zure maagsap vernietigd wordt. Ook bevat het maagsap wel een geringe hoeveelheid van een vetsplitsend enzym, maar naar verhouding heeft toch verreweg het grootste gedeelte van de vetsplitsingsprocessen in den darm plaats.

De darmen vormen uit een oogpunt van spijsvertering geen geheel, in dien zin, dat zich in alle deelen van deze vele meters lange buis, dezelfde

physiologische processen afspelen. Het tegendeel is het geval. Weliswaar zijn er geen scherpe grenzen aan te geven, waar bepaalde processen ophouden resp. beginnen. Maar de verandering, die het karakter der darmfunctie tusschen maag-uitgang (pylorus) en darm-uitgang (anus) ondergaat is er niet minder groot om. In groote trekken, kan men zeggen, dat in het eerste darmgedeelte de afscheiding van spijsverteringssappen en de omzetting van verschillende voedingsbestanddeelen in oplosbaren, resorbeerbaren vorm geheel op den voorgrond staat. In een volgend gedeelte domineert de resorptie der aldus daarvoor geschikt gemaakte stoffen. Terwijl in de rest van den darm alleen nog indikking door resorptie van vocht plaats heeft. Ten slotte heeft het allerlaatste gedeelte van den darm een zuiver mechanische functie: het speelt de rol van reservoir, waarin de gevormde ontlasting bewaard wordt totdat ze uit het lichaam verwijderd wordt.

Het eerstgenoemde gedeelte is de z.g. twaalfvingerige darm (duodenum). Daarin loozen lever en alvleeschklier hun krachtige eiwit- en vet-oplossende spijsverteringssappen. Het tweede is de rest van den dunnen darm, het derde de dikke darm, het laatste de endeldarm.

Vooreerst dus de *twaalfvingerige darm*: physiologie en spijsvertering worden hier beheerscht door de uitstorting in dit darmgedeelte van gal en alvleeschkliersap door een gemeenschappelijke buis (zie no. 3 op figuur 10 en 11). We zullen hier dus alvorens die processen in den twaalfvingerigen darm te bespreken, een hoofdstukje in moeten schakelen over bouw en functie van lever en alvleeschklier.

De lever is een merkwaardig samengesteld orgaan van vrij ingewikkelden bouw. We zullen trachten daarvan een zoo helder mogelijk schematisch beeld te geven. Dat toch is voor een goed begrip van het geheele spijsverteringsproces volstrekt onmisbaar. Want de lever speelt een dubbele rol bij de spijsvertering:

1e produceert zij een belangrijk spijsverterings-sap, de gal, dat van de lever via de galwegen, den darm bereikt.

2e fungeert zij als filter voor uit de darmen afkomstig, rijk met daaruit geresorbeerde voedingsbestanddeelen beladen, aderlijk bloed, dat de lever langs de z.g. poortader bereikt. Wat bij de filtratie door de lever wordt achtergehouden zullen we straks zien.

Er is dus een belangrijke *sapstroom in twee richtingen*; dit reeds op zich zelf onderscheidt de lever van alle andere klieren.

Ook is er een *dubbele bloedvoorziening*:

1° de met voedingsbestanddeelen beladen stroom van aderlijk bloed uit de ingewanden,

2° het bloed uit de leverarterie (een zijtak van de groote buikslagader).

Die bloedstroomverhoudingen zijn op fig. 24 (details fig. 25) in beeld gebracht: het aderlijk bloed uit den darm stroomt door de darmader in de z.g. *poortader* (1) naar de lever. Spoedig voegt zich bij deze darmader de *leverarterie* (2), waarin de bloedstroom in dezelfde richting naar de lever toe gaat. Vlak in de nabijheid van deze twee bloedvaten ligt de *grootte galbuis* (3), die in tegenovergestelde richting, de gal uit lever en galblaas naar den twaalfvingerigen darm voert. Terwijl de lever dus van twee zijden bloed krijgt, voert het slechts

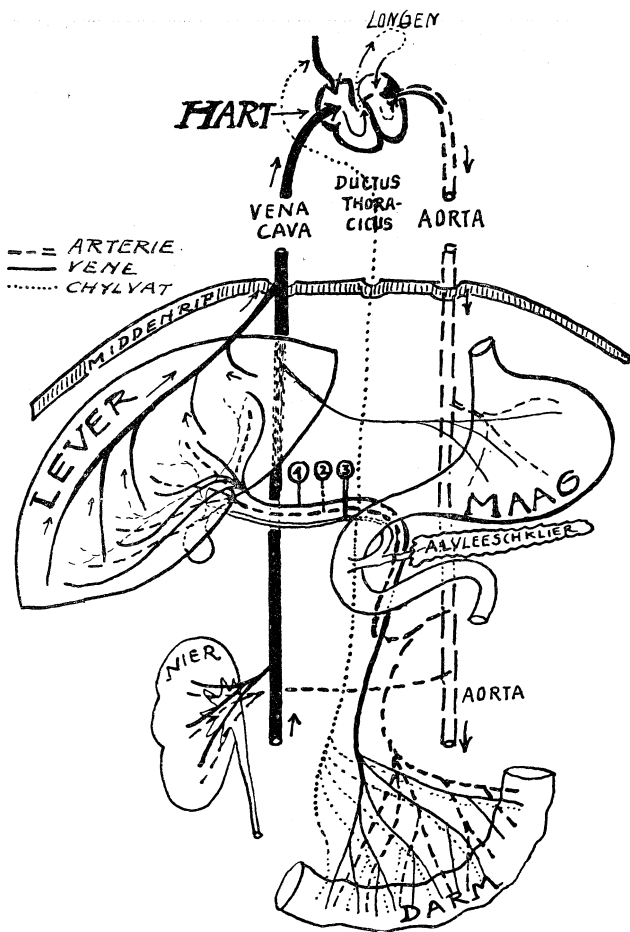


Fig. 24. De bloed- en lympe-stroomverboudingen in de buikholte in het algemeen en in de leverpoort in het bijzonder.
 1. poortader, 2. leverader, 3. de groote galbuis.

naar één kant — naar de holle lichaamsader (dus in de richting van het hart) — bloed af (door de leverader). In diezelfde holle lichaamsader stort zich ook de nierader uit. Het afvoerende bloed uit

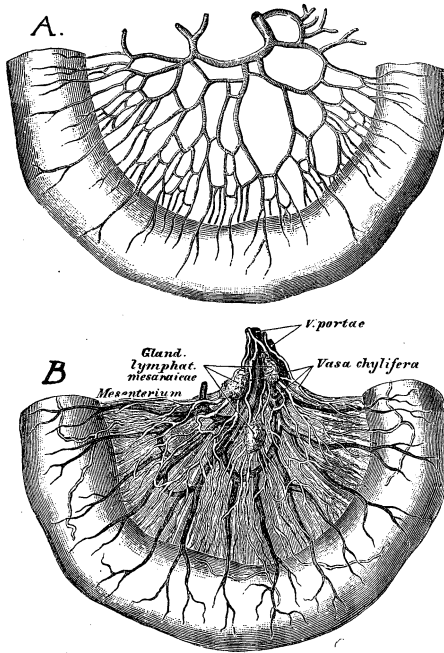


Fig. 25. De verzorging van den dunnen darm met arteriën (A),
venen en chylvaten (B).

de nier passeert de lever dus niet. Op fig. 25 ziet men het sterk vertakte net van arteriën, venen en chylvaten, dat één darmlis voorziet.

En nu de fijnere bouw van de lever zelf. We be-

handelen die niet vóór, maar nà de bespreking van de af- en toevoer van bloed, omdat deze zoo nauw samenhangen. De lever van den mensch is opgebouwd uit een groot aantal betrekkelijk onregelmatige lever-*kwabjes*. Toch valt bij onderzoek van microscopische doorsneden den oorspronkelijken, nog bij verschillende dieren zeer duidelijken bouw op n.l. — zooals fig. 26 schematisch in beeld brengt — uit zeshoekige kubussen (honingraatbouw).

De opstaande ribben dier kubussen scheiden dus steeds drie aangrenzende kwabjes. Waar die kwabjes niet scherp hoekig, maar iets afgerond zijn, is de met bindweefsel gevulde spleet tusschen de kwabjes het ruimst langs die opstaande ribben; vandaar dat daar de bloedvaten en galbuisjes loopen. Men bestudeere nu fig. 27. Het uit de poortader afkomstige bloed bereikt elk kwabje langs de tusschenkwabsaderen. Vanuit die tusschenkwabsader stroomt het bloed door fijne capillairen naar de in het centrum der leverkwab gelegen centrale leverkwabsader. Die stort zijn inhoud uit in de afvoerende ader, die op zijn beurt in de leverader loost (richting vena cava). Die centrale leverkwabsader ontvangt het bloed dus uit alle 6 op de opstaande ribben van het kwabje verloopende tusschenkwabsaderen.

Waar bevinden zich al die fijne bloedcapillairen nu tusschen tusschenkwabsader en centrale leverkwabsader, respectievelijk wat gebeurt er in dat capillaire stroomnet? Om dat te begrijpen bestudeere men fig. 28 (waarop een sterk vergrootte schematische dwarsche doorsnede van een zoo'n leverkwabje is afgebeeld). Met name het rechter ondergedeelte (waarop de fijnere cellenstructuur der lever schematisch is aangegeven). Elke leverkwab

is nl. opgebouwd uit een zeer groot aantal — straalsgewijze van de periferie naar het door de centrale

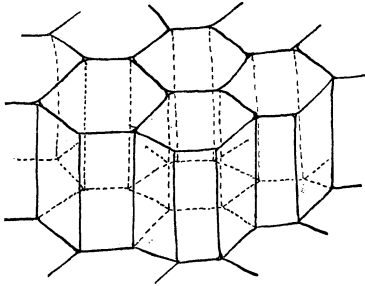
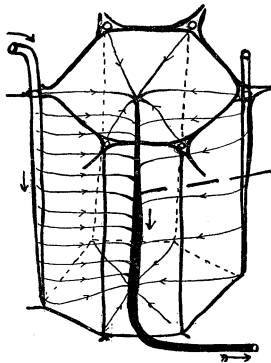


Fig. 26.

Vorm der leverkwabben (schema).

leverkwabsader gemarkeerde centrum verloopende — zuilen levercellen. Het is tusschen en door die lever-

tusschen-
kwabsader uit
poortader



centrale lever-
kwabsader.

afvoerende lever-
adertak naar vena
cava.

Fig. 27. Bloedstroomverhoudingen in een leverkwabje (schematisch).

celzuilen, dat het fijne bloedcapillairen-net . . . en ook het fijne galcapillairen-net zich uitspant. Het zijn die levercellen, die hun dubbele functie als

boven aangeduid vervullen. Die galcapillairen ver-
loopen nu naar de periferie toe en vereenigen zich
daar ten slotte in door de tusschenkwastruimten
stroomende, afvoerende galbuisjes, die hun voor-
raad in grootere galbuizen en ten slotte in de groote
galbuis, die naar den twaalfvingerigen darm ver-
loopt, loozen. Elke levercelzuil — ja elke lever-
cel — ontvangt dus „iets” uit tweeërlei richting en
uit tweeërlei fijn haar omspinnend haarvat n. l.

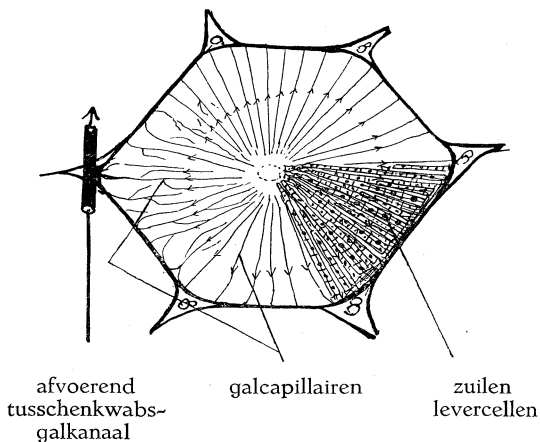


Fig. 28. Fijnere bouw van een leverkwabje (op doorsnede bij sterke vergrooting).

voeding voor de cel en de zuil zelf uit een arterieele capillair (afkomstig uit de lever-arterie) en met voedingsbestanddeelen beladen aderlijk bloed uit de poortader-capillairen. Elk levercelzuil — ja elke levercel — geeft ook „iets” in tweeërlei richting naar tweeërlei fijn haar omspinnend haarvat af n.l.: gefiltreerd aderlijk bloed naar de aderlijke

capillairen, die hun inhoud in leverader en holle lichaamsader zullen uitstorten en gal naar de galcapillairen, die in galbuizen en ten slotte in den twaalfvingerigen darm loozen. Een en ander schematisch op fig. 29. Zoo is de vraag naar de functie van de lever als geheel ten slotte teruggebracht tot de vraag naar de functie van elke afzonderlijke levercel ¹⁾.

Van die functie willen we nu trachten een denkbeeld te geven. In dit aan de spijsvertering gewijde hoofdstuk, allereerst iets naders over de boven reeds genoemde dubbele taak ten behoeve van deze belangrijke levensverrichting n.l. de galproductie en

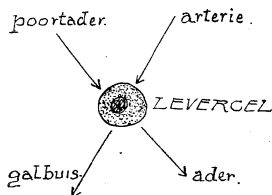


Fig. 29.

Leverzelffunctie.

Ontvangst en afgifte van „iets”
in 4 richtingen.

de filtratie van het met gesorbeerde voedingsbestanddeelen beladen darmbloed.

De gal is gedeeltelijk zuiver *spijsverteringssap*. Het heeft als zoodanig een belangrijke functie (gedeeltelijk gemeenschappelijk met het door éézelfde opening in den darm geloosde alvleeschkliersap). Anderdeels is het een *uitscheidingsproduct*. De lever toch scheidt met de gal de in zijn samenstelling niet

¹⁾ Om een denkbeeld te geven van de afmetingen, die hier een rol spelen, zij vermeld, dat elke levercel ongeveer 20—25 duizendste m.M. meet, elke gal-capillair 1 à 2 duizendste m.M., elk leverkwabje 1 à 2 m.M. in doorsnede, elke bloedcapillair de gewone afmetingen van haarvaten bezit.

onaanzienlijk gewijzigde bloedkleurstof, afkomstig van de geregeld te gronde gaande roode bloedcellen, af.

Wat de spijsverteringsfunctie betreft, zij volledigheidshalve de aanwezigheid in de gal vermeld van geringe hoeveelheden zetmeel-omzettende (amylo-lytische) en eiwit-omzettende (proteo-lytische) fermenten. De belangrijkste functie richt zich echter op het vet, dat het voedsel bevat. Die functie is echter niet van fermentatieven, maar van fysisch-chemischen aard. De bijzondere samenstelling van de gal heeft een belangrijke verandering van de oppervlaktespanning in den vloeibaren inhoud van den twaalfvingerigen darm ten gevolge. Daardoor wordt de werkzaamheid van het vetoplossende (lipolytische) ferment uit het alvleeschkliersap verdrievoudigd. Tevens gaan de onder invloed daarvan zich uit vet vormende vetzuren en zeepen (vetzuur-alkali-verbindingen, men herinnere zich, dat de inhoud van den twaalfvingerigen darm sterk alcalisch is) in oplossing. Op zijn beurt bevordert dit door fijne verdeling van het vet een snel en voorspoedig verloop van het vetsplitsings-proces. Bovendien kunnen de aldus ontstane opgeloste stoffen gemakkelijk worden geresorbeerd. Feitelijk heeft de gal bij dit alles een zuiver mechanische functie: de galbestanddeelen worden niet verbruikt, noch gebonden. Ze worden voor een niet onbelangrijk deel onveranderd geresorbeerd en met het aderlijke darmbloed door de poortader weer naar de lever gevoerd . . . om daar opnieuw door de levercellen voor de galproductie te worden gebruikt. Zonder overdrijving kan men dus van een „galkringloop” spreken. Met dien verstande, dat de galkleurstof, omgezet uit bloedkleurstof door de

levercellen, die kringloop niet mee maakt. Maar in den darm verder ontleed wordt en met de ontlasting — die aan deze kleurstof zijn kleur dankt (bij afsluiting der galwegen is de ontlasting leem- of stopverf-kleurig) — uit het lichaam wordt verwijderd. Wat dus aan dezen kringloop deelneemt zijn de werkzame bestanddeelen uit de gal, met name de zeer bittere galzure zouten.

En wat nu de galafscheiding — ongeveer een liter per dag — betreft, deze is continu. Met dien verstande, dat reflectorisch onder invloed van de reeds op bldz. 72 beschreven secretine-productie, na de maaltijden verhoogde galafscheiding — en trouwens ook alvleeschkliersap-afscheiding — plaats heeft. Vooral als de vetrijkdom van den maaltijd de behoefte aan beide spijsverteringssappen groot maakt. De komst van de zure spijsbrij in den twaalfvingerigen darm is de directe aanleiding tot deze vorming van secretine, die langs de bloedbaan lever en alvleeschklier bereikt en die ook tot verhoogde functie prikkelt. Ondertusschen verklaart de continuïteit der galscheiding en de discontinuïteit der behoefte aan gal, de aanwezigheid van een galreservoir: de galblaas (zie fig. 30 en 31). In die blaas hoopt zich de gal op, die afgescheiden wordt tijdens de uren, waarin de twaalfvingerige darm geen voedsel bevat. De inhoud van die blaas wordt door reflectorische samentrekking van den galblaaswand in den twaalfvingerigen darm uitgestort, zoodra de komst van de spijsbrij in dit darmgedeelte daartoe het sein geeft. Dit is dus wel een zeer doelmatig mechanisme om den darm op elk gewenscht oogenblik te doen beschikken over de hoeveelheid gal, die de in den darm zich afspelende spijsverteringsprocessen behoeven. Nuchtere gal

(uit de galblaas) heeft niet precies de zelfde samenstelling als de gal, die tijdens de spijsverterings-processen regelrecht naar den darm wordt afgeschei-

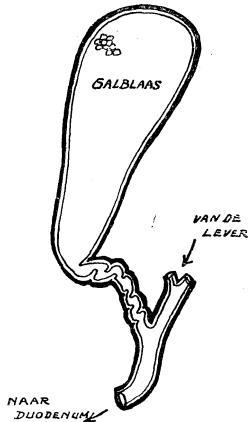


Fig. 30.

De galblaas
(naar boven omgeslagen).

den. De eerste is dikker en geconcentreerder (een deel van het vocht wordt door den galblaaswand

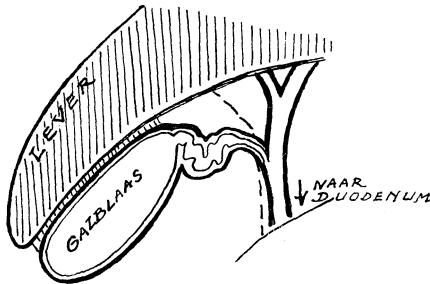


Fig. 31.

De galblaas
(op zijn natuur-
lijke plaats onder
tegen de lever).

geresorbeerd), de tweede dunner en minder geconcentreerd.

En nu de tweede niet minder belangrijke func-

tie, die de levercellen op het gebied van spijsvertering, juister op dat van de stofwisseling, te verichten hebben. Ze bevrijden n.l. het met geresorbeerde voedingsbestanddeelen beladen, uit den darm afkomstige, poortaderbloed van een belangrijk gedeelte van de zich daarin bevindende suiker. Die suiker wordt in een samengestelde koolhydraatverbinding (glycogeen) omgezet en in de levercellen zelf opgestapeld. Men kan dat aantoonen door op fijne doorsneden van een lever bepaalde kleurstoffen, die de glycogeenkorrels selectief kleuren, te laten inwerken. In een lever van een nuchter dier, vooral van een hongerlijder is het aantal glycogeenkorrels klein, na een maaltijd met voldoende koolhydraten is het aantal glycogeen-korrels enorm en zijn die korrels zeer groot. Er is dus voortdurend aanvoer en afvoer van koolhydraten: de lever fungeert als het ware als „suiker-fabriek” en „suiker-silo”. De omzet wordt overeenkomstig de suikerbehoefte van de diverse organen geregeld door het intern secreet van de alvleeschklier (insuline). Bij onvoldoende insulineafscheiding is dit proces in de war en wordt het bloed overstroomd met suiker. Met dit gevolg, dat snel de z.g. drempelwaarde van het bloedsuikergehalte bereikt en overschreden wordt en de nieren hun best doen al het overtollige te verwijderen. Het vol-ontwikkelde ziektebeeld der suikerziekte is het gevolg. Daar kunnen we ondertusschen niet bij stilstaan. Alleen zij er de aandacht op gevestigd, dat ook voor deze functie lever en alvleeschklier op elkander zijn aangewezen en samenwerken moeten.

Zeker is met dit alles wat er over de functie van de lever te zeggen valt nog geenszins uitgeput. Wat ondertusschen nog niet wil zeggen, dat ons

voldoende objectieve en wetenschappelijk vaststaande gegevens dien aangaande ten dienste staan. We weten alleen, dat de lever een belangrijke rol bij de ureum-synthese speelt, terwijl we ook wel moeten aannemen, dat de lever een intern secreet produceert, dat niet alleen voor de stofwisseling, maar met name ook voor de nieuwvorming van een voldoende aantal roode bloedcellen ter vervanging van normale of abnormale hoeveelheden te gronde gegane bloedcellen zorgt. Verschillende vormen van bloedarmoede luisteren in ieder geval met merkwaardige, ongedachte, snelheid naar toediening door den mond van versche of gekookte lever van dierlijke herkomst. Waarop deze werking op de bloedvormende organen berust, is evenwel nog duister.

De alvleeschklier — het pancreas — is een heel gewone vertakte alveolaire klier, van het type, waartoe ook de speekselklieren behooren (de Duitschers noemen deze dan ook de „buikspeekselklier”) met nog iets bijzonders, n.l. de aanwezigheid tusschen de gewone klierkwabjes van kleine, eigenaardige, onregelmatig-gevormde celgroepen, celeilanden, zie fig. 32, die geen gewone klierstructuur, noch een afvoerbuis bezitten. Het zijn deze celeilandjes van Langerhans, die het intern secreet van de alvleeschklier produceeren. Dit is het bekende insuline („eilandstof”), dat bij de suikerstofwisseling een zoo buitengewoon belangrijke en levensgewichtige rol speelt.

Thans vraagt echter meer in het bijzonder het extern secreet van de alvleeschklier, met betrekking tot de spijsvertering in den darm, de aandacht. Dit sap kan men, eveneens bij proefdieren, door een

fistelopening aftappen en op samenstelling onderzoeken. Dan blijkt, dat de reactie van dit sap sterk alcalisch is (even alcalisch als maagsap zuur is, zoodat bij vermenging van ongeveer gelijke hoeveelheden van beide, zooals dit in den twaalfvingerigen darm pleegt te geschieden, de reactie ongeveer neutraal wordt). In den darm ontwikkelt dit sap een sterk eiwit-splitsende (proteo-lytische), vet-oplossende (lipo-lytische) en zetmeel-omzettende (amylo-lytische) functie, resp. door de aanwezigheid van de navolgende fermenten: trypsine, lipase en diastase. Merkwaardig is dat de tryptische —

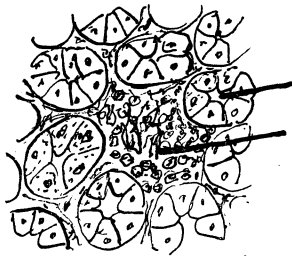


Fig. 32.

a. Microscopische bouw van de alvleeschklier

b. (sterke vergrooting)

a. gewone klierkwabjes,
b. eilandjes van Langerhans.

eiwitsplitsende — werking bij onderzoek van door een fistel opgevangen alvleeschkliersap niet wordt gevonden. De oplossing van dit raadsel is betrekkelijk eenvoudig. Het ferment komt er wel in voor, maar in een niet werkzamen vorm, die eerst bij uitstorting in den darm onder invloed van een zich in het darmsap bevindend ferment (entero-kinase) in het zoo werkzame ferment wordt omgezet. Deze gang van zaken is daarom zoo doelmatig, omdat de aanwezigheid van een zoo werkzaam ferment in de alvleeschklier zelf niet denkbeeldige gevaren voor aantasting van het klierweefsel zelf met zich bren-

gen zou. (Onder abnormale omstandigheden wordt het ferment in de klier gestuwd en werkzaam, waarvan het gevolg is te gronde gaan van de geheele klier met den dood van den persoon in kwestie).

Trypsine voltooit de door de pepsine in de maag begonnen omzetting van de zoo samengestelde en slecht resorbeerbare eiwitten in verbindingen van eenvoudiger samenstelling, die wel geresorbeerd kunnen worden (z.g. albumosen en peptonen) en dan weer als bouwstoffen voor de lichaamseiwitten gebruikt worden.

Lipase, het vetsplitsende ferment uit het alvleeschkliersap, is niet minder belangrijk. Samen met gal zet het met zeer groote snelheid vet om in de oplosbare bestanddeelen, waaruit het is opgebouwd (vetzuren en glycerine). De zetmeel-oplossende fermenten uit het pancreassap ten slotte voltooiën de eventueel nog niet door de ptyaline uit het speeksel voldoende ontplooid amylolytische werking, terwijl die werking hier ook verder gaat (moutsuiker wordt nog verder omgezet, n.l. in druivensuiker). Ook deze omzetting loopt, evenals die van zetmeel door het speeksel, met verwonderlijke snelheid van stapel. In het reageerbuisje ten minste zetten een paar druppels pancreassap het zetmeel uit een gekookte stijfseloplossing binnen enkele seconden om. Uit den aard der zaak verloopt een en ander in den twaalfvingerigen darm niet zoo snel. De daar aanwezige spijsbrij is wel dun vloeibaar. Maar de fijne verdeling van de spijsverteringssappen over de spijsbrij vereischt toch eenigen tijd, al duurt het ook hier niet lang.

In tegenstelling tot de lever secerneert de alvleeschklier niet continu. Samen met de lever wordt de alvleeschklier reflectorisch geprikkeld tot afschei-

ding onder invloed van de secretine, die in de maag gevormd wordt door inwerking van het maagsap op het maagslijmvlies en vervolgens geresorbeerd wordt om langs de bloedbaan lever en pancreas te bereiken.

Deze afscheiding begint reeds enkele minuten nadat mensch en dier met hun maaltijd begonnen zijn, om dan enkele uren — totdat de twaalfvingerige darm leeg is — ononderbroken voort te duren.

Behalve gal en alvleeschkliersap, die van op eenigen afstand van den darm gelegen groote klieren afkomstig zijn en in den twaalfvingerigen darm worden uitgestort, beschikt dit en het naastbij gelegen darmgedeelte nog over een eigen apart spijsverteringssap, dat in de tallooze, fijne, in den darmwand gelegen kliertjes bereid wordt (darmsap). De afscheiding van dit sap wordt op dezelfde wijze als die van gal en alvleeschkliersap geregeld. Ook hier is het weer de zure spijsbrij, die bij uitstorting in den twaalfvingerigen darm uit de darmwandcellen secretine oplost, een hormoon, dat door de bloedbaan opgenomen de betrokken klieren bereikt en hun functie op gang brengt. Dit darmsap bevat allereerst het reeds bovengenoemde ferment enterokinase. Dat maakt het in het alvleeschkliersap in niet-werkzamen staat aanwezige eiwitsplitsende ferment trypsine werkzaam — of, zooals men dat pleegt te noemen „activeert” het. Bovendien bevat darmsap nog verschillende andere fermenten, die deels de fermenten uit het alvleeschkliersap ondersteunen, deels nog andere omzettingen bewerkstelligen. Vermeldenswaard is het feit, dat ook reeds opgeloste en resorbeerbare stoffen, zooals verschillende suikers, nog verder door deze fermenten omgezet worden. Dat maakt de strijdvrage verklaar-

baar of deze omzettingen wel in den darm zelf plaats hebben resp. of het ook niet mogelijk is, dat ze zich afspelen in de cellen van den darmwand, wier taak het is de opgeloste en resorbeerbare voedingsproducten tot zich te nemen en door te zenden? Vast staat nl., dat deze cellen geen zuiver mechanische functie bezitten en niet volstaan met het uit den darm opnemen en onveranderd doorgeven dier opgeloste stoffen. Zoo zijn we van zelf aanbeland bij het mechanisme der resorptie, dat thans van wat naderbij moet worden gezien.

De resorptie in den darm. — Verdund met maagsap, gal, alvleeschkliersap en darmsap, is de spijsbrij onder de bedrijven door bepaald dun vloeibaar geworden. ¹⁾)

Alle onder invloed van die spijsverteringssappen oplosbaar gemaakte voedingsbestanddeelen zijn in oplossing gegaan. Het komt er nu dus op aan, dat die opgeloste stoffen in het lichaam worden opgenomen. De darmwand is daarvoor op bepaalde wijze ingericht. Ter vergrooting van het resorbeerende oppervlak is het slijmvlies sterk geplooid en bovendien van vlokken voorzien. Het verschil tussen een *plooi* en een *vlok* bestaat hierin, dat bij plooivorming het slijmvlies in al zijn lagen in-, resp. uitgestulpt wordt, terwijl bij vlokvorming alleen het oppervlakkigste gedeelte van het slijmvlies in-, of uitgestulpt wordt. Fig. 35 brengt dit in beeld.

¹⁾) De vergrooting van volumen is mede afhankelijk van den aard der spijzen. Om echter een indruk te geven, nemen we hier de cijfers over, die Starling geeft voor de hoeveelheden spijsverteringssap, die worden afgescheiden b.v. na gebruik van 200 gr. brood, n.l. resp. 20 gr. speeksel, 325 gr. maagsap, 130 gr. gal, 140 gr. pancreassap, samen 600 gram sap.

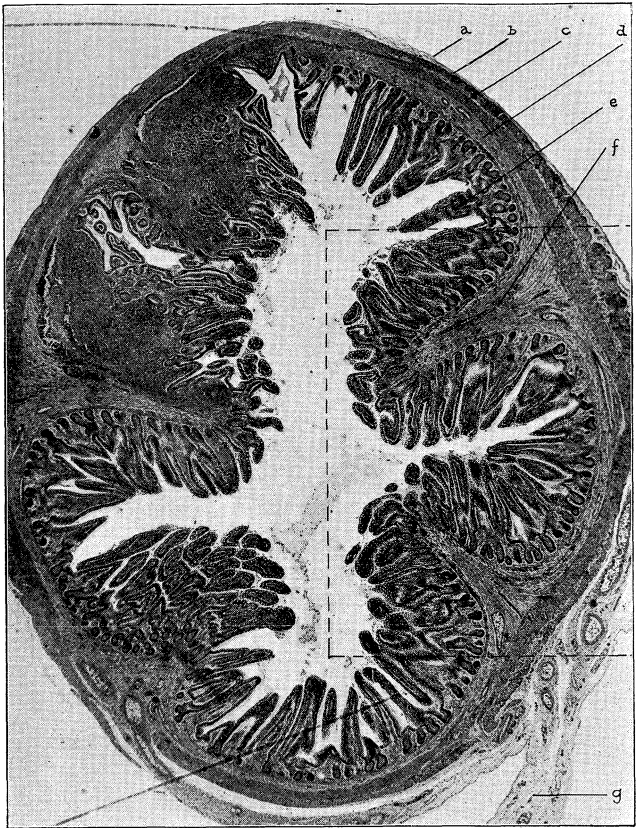


Fig. 33. Microfoto doorsnede darmwand (J. C. Mol), a buikvlies (peritoneum); b en c overlangsche en dwarsche spierlagen; d bindweefsellaag; e slijmvlies; f slijmvliesplooi; g buikvliesplooi (mesenterium).



Fig. 34. Microfoto (J. C. Mol) doorsnede darmwand (bij sterke vergrooting, stuk van Fig. 33).

De plooien in den darm liggen overdwars en omgeven den geheelen darm (zie de microphotos: fig. 33 en 34), hun aantal bedraagt een 1000 tal. Het

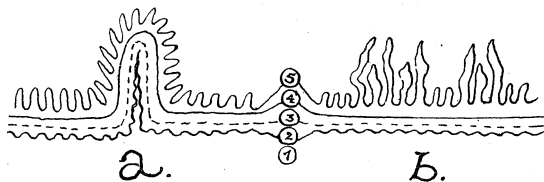


Fig. 35. Ploovorming (a) en vlokvorming (b) van den darmwand (voor de verklaring der cijfers zie fig. 16 blz. 62).

aantal vlokken is nog veel grooter. Deze zijn dan ook zooveel kleiner (hoogstens 1 m.m. lengte.) Ook liggen ze buitengewoon dicht opeen (15-40 per

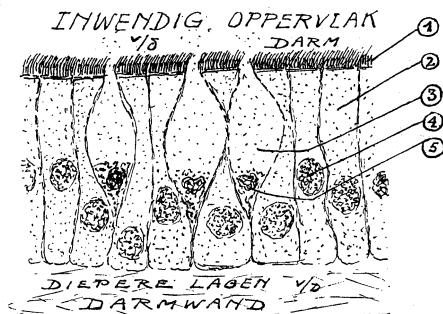


Fig. 36. De verschillende dekcellensoorten van den darmwand (microscopische doorsnede bij sterke vergrooting), 1. trilhaar; 2. cilindercel; 3. bekercel; 4. kern van cilindercel; 5. kern van bekercel.

m.M²), waardoor het inwendige darmoppervlak er op het bloote oog fluweelachtig uitziet. Het oppervlak is zoodoende verveelvoudigd (3-12). Een der-

gelijke vlok werd reeds op fig. 22 afgebeeld. Tusschen die vlokken bevinden zich de darmkliertjes.

Bij sterke vergrooing onderscheidt men aan zoo'n darmvlok allereerst een laag langgerekte cilindrische dekweefselcellen, die aan de oppervlakte van een fijne franjezoom voorzien zijn; fig. 36 geeft van die cellen een ongeveer 1000-voudig vergroot beeld. Direct vallen twee soorten cellen op, de reeds genoemde cilindrische en eigenaardige kelkvormige cellen (z.g. bekerzellen). Alleen de eerste z.g. cilindrische cellen spelen een rol bij de resorptie. De bekerzellen produceeren slijm ter vergemakkelijking van het glijden van den darminhoud; ook beschermen zij den darmwand tegen de inwerking der spijsverteringssappen.

Onder resorptie verstaat men het opnemen van stof uit den darm en het afstaan van het opgenomene — al of niet onveranderd — aan de onder de dekweefselcellenlaag gelegen bloed- en lymfivaten. Feitelijk heeft hier dus het omgekeerde proces — juist het zelfde proces in omgekeerde richting — plaats als bij de secretie. De klierzellen nemen stoffen uit de ondergelegen bloed- en lymfivaten op en scheiden ze naar de oppervlakte van het slijmvlies af. De resorbeerende dekweefselcellen nemen stoffen, die zich aan de oppervlakte van het slijmvlies bevinden op en staan die aan de ondergelegen bloed- en lymfivaten af. Er is trouwens weinig verschil in bouw tusschen klier- en dekweefselcellen. In den darmwand gaan ook de vlokken — de heuvels — ongemerkt over in de klieren — de dalen — van het darmslijmvlies.

We hebben hier dus te doen met een uitgesproken, en zeer doelmatige, arbeidsverdeling tusschen overeenkomstig gebouwde, deels secernerende, deels

resorbeerende cellen. Er is trouwens een uitgesproken samenwerking tusschen beide. Resorptie van opgeloste stoffen is n.l. alleen mogelijk bij bepaalde concentratie. Is de concentratie kleiner, dan wordt eerst net zooveel water geresorbeerd tot die concentratie — die overeenkomt met die, waarin de verschillende bestanddeelen zich in het levende eiwit der cel bevinden — bereikt is. Is de concentratie grooter dan scheidt de darmwand eerst zooveel vocht af, totdat de beoogde verdunning bereikt is. Niet alle zouten zijn resorbeerbaar; ook zij, die niet resorbeerbaar zijn, trekken zooveel water tot zich tot het physiologisch evenwicht weer bereikt is. Vandaar dat ze afvoerend werken (de darm-inhoud blijft vloeibaar).

Onder deze dekweefselcellenlaag ligt nu tweeërlei capillair net:

a een *capillair bloedvatennet*, uitgespannen tusschen den aanvoerende darmslagadertak en den afvoerende darmadertak (die het bloed via de poortader naar de lever voert);

b een *capillair weefselvocht- (lymphvaten) net*, uitgespannen tusschen de dekweefselcellenlaag zelf en een centraal in de vlok gelegen lymph- of chylvat. Deze vaten bezitten klepachtige vormsels, zoodat de inhoud slechts in één richting stroomen kan.

Beide netten zijn in verschillende vlokken in fig. 37 duidelijk in tekening gebracht.

Tenslotte dringt in al die vlokken nog een, zich fijn vertakkende, uitlooper van het ingewandszenuwstelsel door, die de samenwerking van de verschillende zich in de vlok bevindende functioneele eenheden bewerkstelligt. Met name ook de fijne spiervezels, die zich in elke vlok bevinden

innerveert. Een belangrijk deel van de geresorbeerde stoffen wordt nu door de genoemde dekcellen opgenomen. Een ander deel (zouten en suiker) schijnt door de fijne spleetjes, die zich tusschen die dekcellen bevinden, regelrecht te kunnen worden opge-

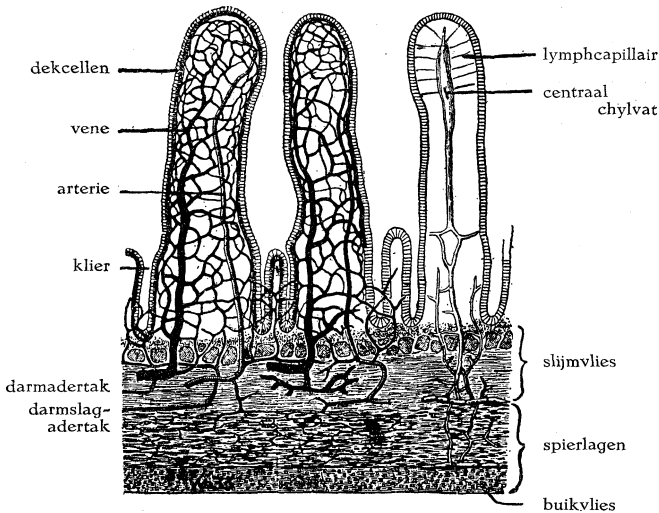


Fig. 37. *Fijnere bouw darmvlokken* (naar Starling, Principles of Physiology).

nomen (daarover bestaat echter nog verschil van meening).

Of nu de geresorbeerde voedingsbestanddeelen zullen worden doorgezonden naar bloed- of lymphbaan, hangt af van den aard der bestanddeelen. Het vet gaat naar de lymphbaan. De rest gaat naar de bloedbaan, kan men grofschematisch zeggen. Microscopisch onderzoek van op bepaalde wijze

gekleurde cylindercellen van den darmwand na een vetrijken maaltijd doet ons een opeenhooping van steeds grooter wordende bolletjes vet zien, die daar voorheen niet waren (zie fig. 38). Dat vet is niet als zoodanig uit den darminhoud opgenomen, want daarin bevinden zich in een gegeven stadium van het spijsverteringsproces geen vetbolletjes meer: alle vet is ontleed tot vetzuur en glycerine.

Deze bestanddeelen van de spijsbrij zijn het, die door de cylindercellen worden opgenomen en onder invloed van de in die cellen aanwezige fermenten weer worden samengevoegd tot bolletjes neutraal

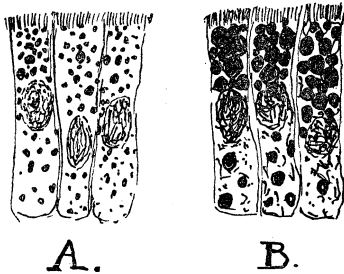


Fig. 38.

Vetresorptie door de cellen van den darmwand.

A. 5 uur na een vetrijke maaltijd.

B. 3 uur later.

vet, die aan de lymph- of chylvaten als een fijne emulsie — de chyl — worden afgegeven. Bij deze vetsynthese — in de cylindercellen — komen de galzure zouten, met behulp waarvan de vetzuur-alcaliverbinding (zeep) opgelost is, weer vrij. De cylindercellen geven deze zouten niet terug aan den darm, maar geven die door aan de aderlijke capillairen, die ze terugvoeren naar de lever, die ze produceerde.

Dat galzure zouten van groote beteekenis zijn voor vetdigestie en vetresorptie en vetbolletjes zelf niet kunnen worden geresorbeerd, blijkt bij ziekten, die

met afsluiting der galwegen gepaard gaan. De vet-resorptie daalt dan onmiddellijk tot beneden de helft; het niet geresorbeerde vet verschijnt in de ontlasting.

Bij de lediging van de chylvaten van den darm in de groote lymphwegen, die langs een omweg de bloedbaan toch ten slotte weer bereiken (buiten de lever om) spelen ook de reeds genoemde onwillekeurige spiervezels in elke darmvlok een rol. Die spiervezels trekken zich nl. rhythmisch samen; bij elke samentrekking wordt de inhoud der lymphvaten uit de vlok geperst, terwijl de aanwezigheid van klepachtige vormsels in deze vaten het terugvloeien voorkomt. Het is mogelijk deze samentrekking onder de microscoop waar te nemen, mits men een uitgesneden stukje levende darm brengt in een druppel warme physiologische zoutoplossing. Dan neemt men tevens waar, dat de vlokken golven bij wijze van een korenveld. Deze golvende beweging, ondersteunt de voortstuwing van den darminhoud in de aangewezen richting. Op de reeds genoemde voortstuwing door voortschrijdende contractiegolven, voortlopend over den darmwand zelf, komen we direct nog terug.

En nu de resorptie van koolhydraten en eiwit.

Bij de koolhydraten zijn de verhoudingen nog al eenvoudig. Onder invloed van de verschillende zetmeel- en suikersplitsende fermenten zijn in den darm alle suikers omgezet in gemakkelijk oplosbare en resorbeerbare suikersoorten. Deze passeeren den darmwand onveranderd en worden door de cilindercellen aan het fijne capillaire bloedvatennet in de vlokken afgegeven om leverwaarts gevoerd te worden. Het bovenstaande geldt, wat de darm van den mensch betreft, niet voor de z.g. cellulose, een

samengestelde koolhydraat, waaruit als het ware het geraamte van alle plantaardige cellen en weefsels is opgebouwd: hout, plantenvezels, plantencelwanden. Voor het omzetten van cellulose is, behalve de aanwezigheid van bepaalde fermenten, ook nog al wat tijd noodig. Planteneters hebben dienovereenkomstig een veel langeren darm dan vleescheters. In de meeste leerboeken worden met betrekking tot die lengte van den darm in verhouding tot de lengte van het lichaam van het betrokken dier, de volgende cijfers opgegeven: bij de kat is de darm 3 maal zoo lang als het dier zelf, bij de hond 4-6 maal, bij den mensch 7-8 maal, bij het varken 14 maal, bij het schaap 27 maal.

Te oordeelen naar de darmlengte en de afwezigheid van cellulose-splitsend ferment, behoort de mensch dan ook tot de vleescheters en niet tot de planteneters. Ook het gebit is daarop ingericht.

Bij de eiwitresorptie zijn de verhoudingen heel wat ingewikkelder. Eiwitten zijn trouwens heel wat samengestelder stoffen, die in dien vorm niet geresorbeerd en in den vorm waarin ze geresorbeerd worden weer niet onveranderd kunnen worden gebruikt tot opbouw, groei en herstel van cellen en weefsels. In den darm worden ze dus afgebroken tot eenvoudiger stoffen, die in opgelosten staat door de cilindercellen worden opgenomen en in die cellen weer worden opgebouwd tot bloedeiwit. Het is in dien vorm, dat zij aan de capillaire bloedvaten van den darmwand worden afgegeven en in de circulatie worden gebracht. De verdere opbouw heeft in de verschillende cellen en weefsels plaats. Bij dezen opbouw van aan de behoeften van het lichaam als geheel, resp. van deelen van het lichaam voldoende eiwitstoffen, spelen weer de in de cylin-

dercellen van den darmwand, resp. in de cellen in verschillende organen en weefsels aanwezige fermenten een toonaangevende, maar in zijn aard niet nader bekende, rol. Zoowel bij de eiwitstofwisseling in den darmwand als in de verschillende organen worden verschillende voor het lichaam vergiftige, z. g. intermediaire, stofwisselings-producten gevormd. Die moeten natuurlijk liefst zoo spoedig mogelijk in een min of meer onschuldigen vorm worden omgezet en uit het lichaam worden verwijderd. Die *omzetting* wordt in hoofdzaak door de levercellen bewerkt, die *verwijdering* in hoofdzaak door de nieren. De nieren zelf bepalen zich, zooals we nog zien zullen, bijna zonder uitzondering tot uitscheiding van elders gevormde en vervormde stoffen: in de nieren zelf heeft geen vorming of omvorming van stofwisselingsproducten van eenige beteekenis plaats.

Bij deze eiwitstofwisseling mag nog wel worden aangeteekend, dat en waarom het lichaam zoo zorgvuldig alle in het voedsel aanwezige eiwitstoffen eerst afbreekt en dan weer tot bloedeiwit opbouwt, terwijl dat bij suiker en vet nauwelijks (of ten minste in veel mindere mate) het geval is.

Verschillende suikers worden onveranderd opgenomen en op nuttige en doeltreffende wijze door het lichaam verwerkt, niet alleen wanneer ze in den darm worden gebracht, maar zelfs ook wanneer we ze onder de huid of direct in de bloedbaan spuiten. Ook met verschillende vetten is dat het geval. Kiemvrije olijfolie kan men bijv. gerust onder de huid en in de spieren spuiten. Dat men ze echter niet in de bloedbaan kan spuiten, heeft geen chemische, maar een zuiver mechanische reden. De vetdruppeltjes zijn te groot om de haarvaten van de

longen te passeeren en kunnen tot verstopping van die vaten aanleiding geven. Dit bezwaar kan worden ondervangen door het vet zeer fijn te verdeelen of in bepaalde middelen op te lossen.

Bij de vetresorptie door de cilindercellen van den darmwand wordt een niet onbelangrijk deel van het vetzuur en de glycerine weer samengevoegd in dezelfde verhoudingen, waarin zij ook in het oorspronkelijke vet gecombineerd waren.

Men kan dus niet zeggen, dat het vet in het bloed en in de vetdepots van het lichaam een vaste samenstelling heeft. Die samenstelling is in hooge mate afhankelijk van de samenstelling van het voedselvet. Het vet uit bloed en vetdepots van iemand, die veel varkensvet eet, lijkt veel op varkensvet, van iemand die nooit varkensvet, maar wel rundvet eet, op rundvet, enz. Maar bij de eiwitstofwisseling is de zaak heel anders. Alle uit de afbraak van voedingseiwitten afkomstige steentjes worden op dusdanige wijze samengevoegd, dat de nieuwgevormde eiwitten van dezelfde samenstelling zijn als die, welke zich normalerwijs in het bloed bevinden, onverschillig of men veel plantaardige of dierlijke eiwitten, kippen-eiwit, melk of sanatogen, vleesch of visch gebruikt. Vanwaar dit zoo groote verschil? In antwoord op deze vraag zij een feit naar voren gebracht, dat dit verschil wel niet zonder meer verklaart, maar toch wijst op het bestaan van een bijzondere verhouding van lichaam en lichaamscellen tot vreemde — van buitenaf in het lichaam komende — eiwitten.

Op inbrenging door (en vooral door meermaalen herhaalde) inspuiting onder de huid, in de spieren of in de bloedvaten van vreemd eiwit, d.w.z. van eiwit, dat niet denzelfden bouw en dezelfde

samenstelling heeft als de lichaamseiwitten reageert het lichaam van den mensch met bij elke volgende inspuiting toenemende overgevoeligheids- en vergiftigings-verschijnselen, die als een afweer- of verdedigings-reactie van het lichaam moet worden beschouwd. Alleen langs den weg der spijsvertering is het lichaam bereid en in staat eiwitten op voor het lichaam ongevaarlijke en nuttige wijze te assimileren.

Spijsvertering in den dikken darm. — Ondertuschen staat de spijsbrij op het punt den dunnen darm te verlaten — waar eerst de spijsverteringsprocessen onder invloed van alvleeschkliersap, gal en darmsap in het middelpunt der belangstelling stonden en even later, nadat alle gewenschte omzettingsprocessen vlot van stapel waren geloopt en opgelost hadden en resorbeerbaar gemaakt, wat maar op te lossen was en voor resorptie in aanmerking kwam, de fermentwerking op den achtergrond en de resorptie op den voorgrond kwam. Geheel ophouden doet de fermentatie echter niet. Onder invloed van de rijke darmflora, bestaande uit verschillende bacteriënsoorten, hebben tot het laatste oogenblik, dat de spijsbrij nog in den darm verkeert en zich in „ontlasting” verandert, nog omzettingsprocessen plaats. Maar de hoeveelheden, die daarbij omgezet worden, zijn gering. Ook kan men practisch gesproken zeggen, dat de resorptie reeds bijna voltooid is, tegen dat de inhoud uit den dunnen darm zich door de klep van Bauhin (zie fig. 39) uitstort in den dikken darm. Het eenige wat later nog geresorbeerd wordt is water. Van de 500 c.M.³ vocht, die de per dag door de klep van Bauhin passerende spijsbrij nog bevat,

wordt nog een 400 c.M.³ op den weg door den dikken darm geresorbeerd. Verder is de dikke darm wel in staat kleine hoeveelheden suiker te resorbeeren, maar practisch gesproken geen eiwit en vet. Vandaar, dat het practisch onmogelijk is, iemand door z.g. voedingsclysmata in het leven te houden. De hoeveelheden, die op deze wijze per lavement worden opgenomen, zijn daarvoor veel te gering. Voorts heeft de dikke darm nog een rol op het gebied van de uitscheiding te vervullen, met name ten aanzien van phosphaten, magne-

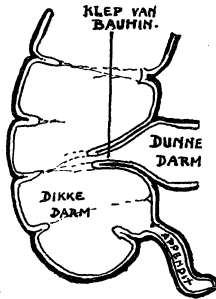


Fig. 39.

De overgang tusschen dunnen en dikken darm (de klep van Bauhin) en de appendix.

sium- en kalkzouten, die het lichaam niet langs de nieren verlaten kunnen.

Ook willen we hier nog even terugkomen op de wijze, waarop de spijsbrij in dunnen en dikken darm vermengd en verder voortgestuwd wordt. De overdwarsche spierlaag van den darm trekt zich rhythmisch samen, een keer of 12 per minuut. De contractie loopt als een golf voort in de lengte van den darm. Ook de overlangsche spierlaag trekt zich met hetzelfde rythme gelijktijdig samen. Op de hiernevens gereproduceerde Roentgenfoto vervaardigd na het inlaten van een lavement van barium-

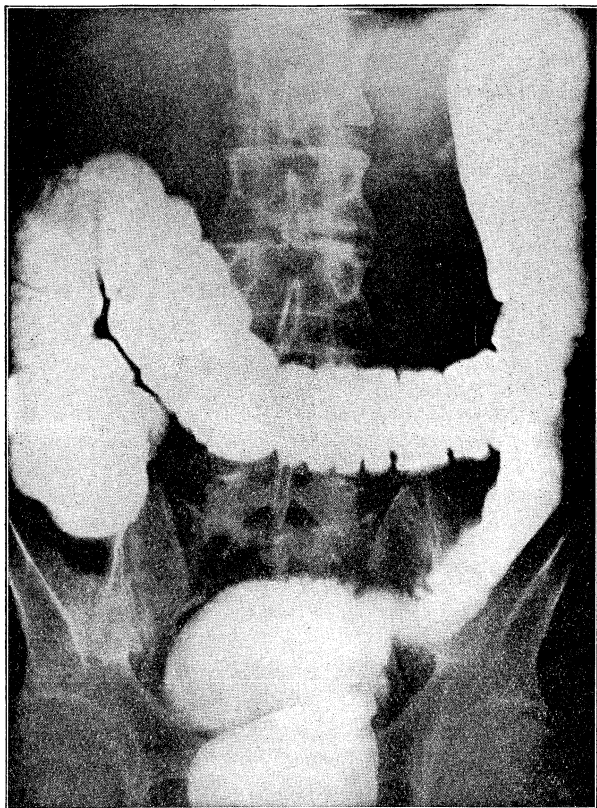


Fig. 40. Roentgenfoto van den dikken darm na barium-clysm
(Dr. C. H. Kok).

pap kan men een groot aantal insnoeringen zien en ook een denkbeeld krijgen van de ligging van den dikken darm en van de capaciteit van den endeldarm (fig. 40).

De snelheid, waarmede deze contractie-golven over den darm voortloopen, bedraagt pl. m. 5 c.M. per seconde.

Wij bespraken op blz. 65 reeds de wijze, waarop zoowel menging als voortstuwung kan worden bereikt, de eerste door afwisselende spanning en ontspanning van reeksen darmstukjes, de tweede door voortschrijdende z.g. peristaltische contractie-golven. De laatsten zijn het gemakkelijkst te verklaren. Prikkeling toch van een bepaald darmgedeelte heeft samentrekking van een hooger gelegen darmgedeelte en ontspanning van een lager gelegen darmgedeelte ten gevolge. Deze combinatie „spanning-ontspanning” geeft de spijsbrijkolom een duw in de richting van den geringsten weerstand en naar beneden voortschrijden zoowel van de plaats van prikkeling, als van die van samentrekking. Deze functies staan allen onder controle van het ingewandszenuwstelsel.

In den dikken darm wordt deze z.g. peristaltische voortstuwende darmbeweging nu en dan onderbroken en afgewisseld door een periode van z.g. anti-peristaltische, terugstuwende darmbeweging. Dit heen en weer schuiven van de spijsbrijkolom bevordert de beoogde resorptie van het overtollige water, waarbij de spijsbrij meer en meer het karakter van ontlasting aan gaat nemen. Fig. 41 geeft een denkbeeld van het aantal uren, dat de spijsbrij in den dikken darm blijft.

De ontlasting. — De hoeveelheid slinkt steeds verder. Men rekent, dat er pl.m. 150 gram per dag overblijft. Daarmede wordt ten slotte het laatste gedeelte van den darm, de endeldarm, gevuld, welke vulling vroeg of laat, — naar gelang van de prikkelbaarheid in dit darmgedeelte en de gewoonte van den persoon in kwestie om acht te slaan op de gewaarwordingen, die bij prikkeling

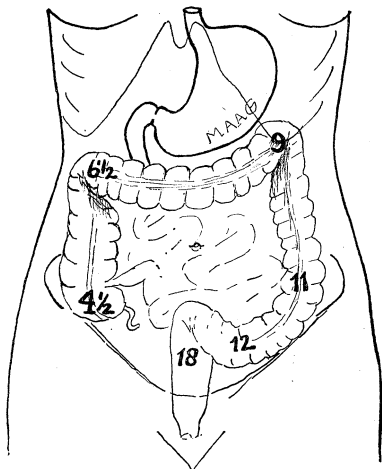


Fig. 41.

Schematisch overzicht van den duur van het verblijf van de spijsbrij in den dikken darm.

(De cijfers geven het aantal uren aan, dat na de maaltijd verloopt voor dat de contrastmaaltijd ter plaatse aangeland is).

van dit darmgedeelte opgewekt worden — als een gevoel van spanning of vulling resp. aandrang tot ontleding tot het bewustzijn komt.

Bij de ontleding van den darm — ontlasting, stoelgang of defaecatie — zelf speelt de endeldarm een vrijwel passieve rol. Door samentrekking der buikspieren wordt de druk in buik- en bekkenholte aanzienlijk verhoogd. De endeldarm-sluitspier (anus of aars) ontspant zich. En de inhoud

wordt naar buiten geperst met meer of minder moeite, afhankelijk van de consistentie, terwijl die op haar beurt afhankelijk is van de gelegenheid, die de faeces had om in te dikken.

Bij vele normale personen, die gewend zijn geregeld hun darm te ontledigen en direct gevolg te geven aan den aandrang daartoe, is de endeldarm steeds ledig, op den korten tijd na, die er verloopt tusschen de direct met aandrang gepaard gaande uitstorting van den inhoud van den hooger gelegen darm in den endeldarm en de defaecatie.

Geeft men echter niet steeds direct aan „*de roepstem van den endeldarm*” gehoor, dan neemt de prikkelbaarheid van dit darmgedeelte af en komen eerst hogere graden van vulling als aandrang tot het bewustzijn. Deze *verkeerde gewoonte* heeft dan een te langdurig verblijf van de faeces-massa's in den endeldarm en voortgaande indikking, dus hardlijvigheid ten gevolge. Behalve water worden bovendien vergiftige stofwisselingsproducten, die zich onder invloed van de bacterieele fermentatie in dit darmgedeelte ontwikkelen, geresorbeerd. Ook wie de daaruit voortvloeiende kans op vergiftiging van het lichaam niet overschat, miskent toch de groote hygiënische beteekenis van een geregelden stoelgang niet. Meer zullen we er hier maar niet van zeggen.

En nu nog iets naders over de samenstelling der ontlasting. Vele leeken zijn ten onrechte de meening toegedaan, dat de ontlasting bestaat uit *onverteerbare*, althans *onverteerde* bestanddeelen van het voedsel. Als dat waar was, zou de hoeveelheid ontlasting kleiner zijn naarmate de *verteerbaarheid* van het voedsel — althans het *verteerde* gedeelte van het voedsel — grooter was en zou er heelemaal geen ontlasting gevormd worden:

1e wanneer het voedsel ideaal verteerbaar was en ook geheel geresorbeerd werd;

2e wanneer geen voedsel gebruikt werd.

Als dat waar was, zouden zuigelingen en hongerkunstenaars geen ontlasting hebben, wat echter geenszins uitkomt. Bij melkvoeding wordt, ofschoon melk een ideaal verteerbaar voedingsmiddel is en binnen zekere grenzen voor volle 100 % geresorbeerd wordt, een behoorlijke hoeveelheid ontlasting gevormd. Deze ontlasting is dan ook niet van het voedsel afkomstig, maar bestaat geheel uit producten, die in het maagdarmkanaal uit anderen hoofde aanwezig zijn. Om te beginnen uit milliarde voor een klein deel levende, voor een groot deel reeds te gronde gegane darmbacteriën. In de tweede plaats uit duizenden en nog eens duizenden afgesleten en te gronde gegane darmwandcellen (die geregeld door nieuwe vervangen worden). Ten derde herinneren we aan de uitscheidingsfunctie van den darm: kalkzouten en fosphaten, ijzeren magnesiumverbindingen worden door den darmwand afgescheiden, om met de ontlasting te worden verwijderd. En ten slotte bestaat nog meer dan de helft van het gewicht der ontlasting uit water. Grofweg kan men zeggen, dat dergelijke ontlasting voor de eene helft uit water en voor de andere helft uit bacteriën bestaat, plus nog een klein beetje andere bestanddeelen. Bij vleeschetende dieren zijn de verhoudingen nauwelijks anders. Bij gebruik van plantaardig voedsel daarentegen, vormt het cellulose-gehalte der ontlasting van mensch en dier een factor, die de samenstelling en de hoeveelheid in meerdere of mindere mate beheerschen kan. Want naar mate het cellulose-gehalte van het voedsel hooger is, naar die mate of zelfs sneller, daalt

ook het percentage der oplosbare en resorbeerbare koolhydraten, eiwitten en vetten uit het voedsel, dat werkelijk opgelost en geresorbeerd wordt. En dat door tweeërlei verschillende oorzaken. Ten eerste zijn de spijsverteringssappen niet in staat de cellulose-wanden van ongeschonden plantaardige cellen te ontsluiten en komt dus de oplosbare en resorbeerbare celinhoud niet aan het lichaam ten goede. En in de tweede plaats prikkelt een hoog cellulose-gehalte den darm mechanisch, wat tot verhoogde peristaltiek en versnelde voortstuwing van de spijsbrij door den darm aanleiding geeft met dit gevolg, dat de darminhoud den endeldarm reeds bereikt heeft en uit het lichaam verwijderd wordt, voordat het gebruikelijke percentage water geresorbeerd is. De ontlasting is dus waterrijker en volumineuzer. ¹⁾

Toch mag men hieruit niet concludeeren, dat het dus maar beter is geen cellulose, geen aardappelen en bruinbrood enz. te gebruiken. Want zonder voldoende cellulose dreigt velen chronische constipatie, een kwaal, die veel erger is dan het genoemde nadeel, dat cellulose een deel van het voedsel ongeresorbeerd verloren doet gaan. Bovendien is de waarde van het voedsel niet uitsluitend en zelfs niet in de eerste plaats afhankelijk van de hoogte van het percentage, dat geresorbeerd wordt. Hier spelen nog heel wat meer en andere factoren een rol, die wij hier niet alle kunnen en willen noemen. We zouden daarmee anders op het terrein der voe-

¹⁾ Rubner geeft bijv. de volgende cijfers: de hoeveelheid ontlasting van iemand, die zich uitsluitend met vleesch, eieren en meelspijs voedt, bedraagt ongeveer 25 gram per dag, bij gebruik van niets dan melk en rijst 50 gram per dag, bij gebruik van niets dan aardappelen bedraagt de hoeveelheid 135 gram, terwijl bij uitsluitend bruinbrood-gebruik nog hoogere cijfers worden gevonden.

dingsleer verdwalen en dat is geenszins de bedoeling. Want om te beginnen is de meest gewenschte samenstelling der voeding niet uitsluitend en zelfs niet in de eerst plaats een spijsverteringsvraagstuk. Het spijsverteringsstelsel van een gezond mensch is n.l. binnen zeer ruime grenzen in staat zonder schade voor dit apparaat zelf en zonder leven en gezondheid ernstig in gevaar te brengen, te verwerken, wat haar geboden wordt. Bij schier elk gemengd dieet, dat niet te eenzijdig en niet te eentonig is, kan ons lichaam zijn gezondheid en arbeidskracht behouden, mits de totale hoeveelheid energie, die op die wijze aan het organisme wordt toegevoerd, voldoende is. Toch is het van groot belang er zich rekenschap van te geven aan welke minimum-eischen de samenstelling van een dergelijk gemengd dieet moet voldoen, om alle organen en weefsels van het lichaam de bijzondere energiehoeveelheden en vormen te bieden, die deze voor functie en onderhoud (resp. voor groei en ontwikkeling) noodig hebben. Bezieet men het voedingsvraagstuk van die zijde, zoowel kwalitatief als kwantitatief, dan is men niet zoozeer op het terrein der spijsvertering als wel op dat der stofwisseling. Daarover dus in hoofdstuk IV nader.

HOOFDSTUK III

ADEMHALING

Inleiding. — Welke waarde zou de kostelijke en onuitputtelijke energiebron, die planten- en dierenwereld vormen (of welke andere energiebron dan ook) en het bezit van een ideaal apparaat als we in ons spijsverterings-orgaan bezitten, voor ons hebben, wanneer ons lichaam niet beschikte over midelen om de aldus toegevoerde brandstof ook werkelijk te verbranden?

Brandstof geeft slechts vuur, — warmte, licht en kracht —, wanneer er de brand in gestoken wordt.

En voor brand en verbranding is, behalve *brandstof*, *zuurstof* onmisbaar.

Bij afwezigheid van zuurstof is geen verbranding mogelijk. Bij afsluiting van den zuurstoftoevoer gaat elk vuurtje uit, zoodra de nog aanwezige zuurstof-voorraad uitgeput is. Dat geldt niet alleen voor brand en verbranding in de buitenwereld, maar ook voor de overeenkomstige processen, die zich in elk levend organisme afspelen. Vandaar, dat we, alvorens den aard der verschillende verbrandings-processen in ons lichaam nader te bestudeeren, eerst onze aandacht moeten bepalen bij de wijze, waarop ons organisme de zuurstof uit de buitenwereld — *het „milieu externe”* — toevoert aan die deelen van ons organisme — *het „milieu interne”* — waarin de verbrandings-processen plaats hebben. Dat nu is (zij het in verschillende mate) in alle organen, weefsels en cellen het geval. Inderdaad, *zuurstofbehoefte* is een universeele

levensbehoefte, een *conditio sine qua non* voor alle leven en levensverrichtingen. Er zijn wel bacteriën, die in atmosferische zuurstof niet kunnen leven en slechts gekweekt kunnen worden bij afsluiting van zoodanige zuurstof — maar ook voor hen geldt deze levenswet. Zij leven niet van ongebonden maar van gebonden zuurstof. In een voedingsbodem, waarin die niet in voldoende mate aanwezig is, gaan ook zij te gronde.

Het opnemen van zuurstof uit de buitenwereld is in het menselijk organisme de functie van het z. g. ademhalingsorgaan. Dit orgaan bestaat grofweg gesproken uit luchtwegen en longen.

Ook in de samengesteldheid van dit apparaat spiegelt zich de inrichting van ons geheele organisme af. Bij de eencellige oerdiertjes zijn de verhoudingen heel wat eenvoudiger. Evenals de opneming van *voedsel* uit de buitenwereld is ook daar de opneming van *zuurstof* uit diezelfde buitenwereld een functie van het celoppervlak. De wand van die cel is geheel of gedeeltelijk geschikt om al dan niet in water opgeloste, ongebonden of gebonden zuurstof op te nemen. De langs dienzelfden weg opgenomen voedingsstoffen verteerd met behulp van de, in het levende celprotoplasma aanwezige fermenten, verbinden zich dan met die zuurstof. Dit verbrandingsproces voorziet in de beperkte energiebehoefte van het eencellige organisme.

Bij meercellige organismen is de behoefte aan zuurstof naar verhouding grooter dan de oppervlakte. Die wanverhouding is grooter, naar mate het organisme omvangrijker is. Daaruit vloeit vanzelf de consequentie voort, dat bepaalde cellen, bepaalde organen, zich differentieëren om in de zuurstofbehoefte te voorzien. Dergelijke met de zuur-

stofvoorziening belaste organen zijn zóó gebouwd, dat de cellen, bestemd om de zuurstof op te nemen, samen één geweldig groot oppervlak vormen. Aan al die organen is dus één vorm gemeen: de sponsvorm. Naarmate de poriën fijner zijn en tevens grooter in aantal, neemt het inwendig oppervlak toe. Een inwendig oppervlak, dat niet alleen vele malen grooter is, dan het uitwendig oppervlak van het geheele *orgaan* zelf, maar ook vaak grooter dan van het geheele *organisme* zelf.

Een dergelijk orgaan bestemd voor de zuurstofvoorziening is uit den aard der zaak *aangesloten op*, juister nog *ingeschakeld in* den bloedsomloop, die immers ten doel heeft alle organen en cellen van het lichaam te voorzien van brandstof en zuurstof. Sterker nog: de cellen, die deze geweldige inwendige oppervlakte bekleeden spelen geen actieve rol bij het opnemen van zuurstof (noch bij het afgeven van de gasvormige verbrandings-producten). Ze hebben in hoofdzaak een mechanische, bedekkende functie.

De zuurstofopname is dus niet een functie van dat inwendig celoppervlak, maar van het oppervlak, waaraan het zich, aan de binnenzijde van die cellen bevindende bloed, is blootgesteld aan de zuurstofhoudende atmosfeer, die zich aan de buitenzijde van die cellen bevindt. Die cellen zelf vormen als het ware een voor gassen, in beide richtingen, doordringbaar membraan, dat het, in een fijne laag over een groot oppervlak in haarvaten uitgespreide bloed, scheidt van het in een fijne laag in microscopisch kleine blaasjes uitgespreide zuurstofhoudende gasmengsel, dat we lucht noemen. Vanuit dit oogpunt moet men den bouw van de longen bij mensch en dier en ook van de kieuwen bij de visschen, bezien.

We zullen ons tot de longen beperken. De mensch heeft er zooals men weet twee.

Men kan ze in overeenstemming met het bovenstaande het best beschrijven als *sponsachtige bloed- en luchthoudende organen*, die eenerzijds (door de *luchtwegen*) in open verbinding met de buitenwereld staan en anderzijds (door groote aan- en afvoerende bloedvaten) ingeschakeld zijn in den bloedsomloop. Een schema van deze verhoudingen ziet men op fig. 42. ¹⁾

Voor we tot bespreking van het mechanisme der ademhaling en het wezen der z.g. gaswisseling in de longen overgaan, moeten we toch nog iets nader den bouw van het geheele apparaat bezien.

We onderscheiden:

1e de *bovenste luchtwegen* van de neusgaten tot aan het strottenhoofd;

2e de *benedenste luchtwegen* van het strottenhoofd tot de longblaasjes en

3e de *longblaasjes* met omgeving zelf; bovendien moet ten

4e de *borstkas* bestudeerd worden in verband met de belangrijke taak, die deze bij de ademhaling vervult.

De bovenste luchtwegen vroegen reeds op blz. 53 onze aandacht bij de bespreking van de wijze, waarop lucht- en spijs-weg elkaar kruisten en de eerste automatisch-reflectorisch geblokkeerd werd

¹⁾ In werkelijkheid is de afstand tusschen de beide in de borstholte gelegen longen (zie fig. 14 blz. 59) klein. Tusschen beide longen in bevindt zich een geheel met luchtpijp, slokdarm, aanvoerende en afvoerende bloedvaten en hart gevulde spleet. Op fig. 14 blz. 59 is de slokdarm naast de luchtpijp geteekend, in werkelijkheid ligt die er achter. Op deze figuur is maar één bloedvat tusschen longen en hart geteekend, in werkelijkheid zijn er twee, zooals op fig. 42 duidelijk uitkomt.

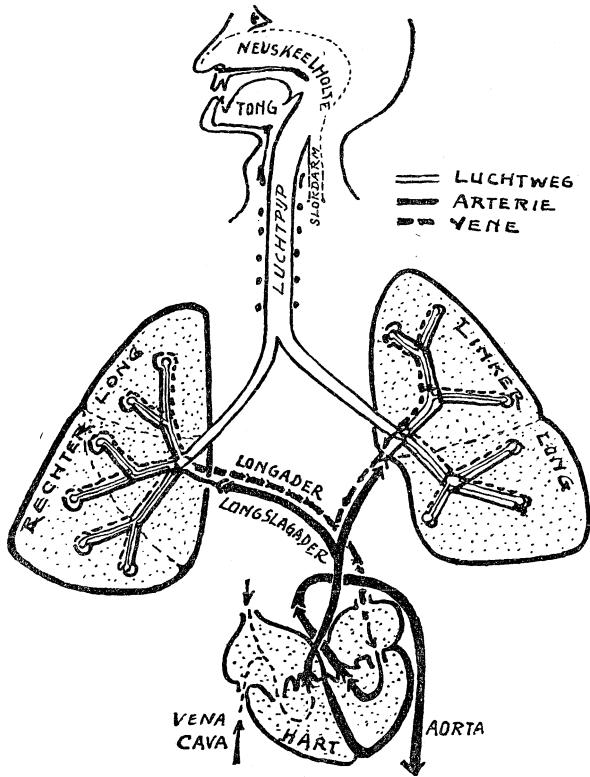


Fig. 42. Schematisch overzicht van de wijze, waarop in de longen als sponsachtige, bloed- en luchthoudende, organen bloedsomloop en luchtwegen in elkander grijpen.

zoowel bij het slik-, als bij het braak-mechanisme. We zullen daarop thans niet terug komen en uitsluitend even in het voorbijgaan bespreken, wat deze bovenste luchtwegen bij de ademhaling doen: de lucht, die door de longen aangezogen (en uitgeblazen) wordt, passeert de bovenste luchtwegen niet onveranderd. De binnenstroomende lucht komt n.l. in innig contact met het warme bloed- en vochtrijke slijmvlies. Met dit gevolg, dat eenerzijds die lucht verwarmd en met waterdamp bedeed wordt en anderzijds ontdaan wordt van de tallooze fijne stofpartikeltjes en bacteriën, die daarin zweven. Deze functie van de bovenste luchtwegen is daarom zoo doelmatig, omdat de benedenste luchtwegen en de longen bijzonder gevoelig voor afkoeling en infectie zijn. Zij zouden anders, nog veel vaker dan thans reeds het geval is, het slachtoffer worden van ontstekings-processen. De bovenste luchtwegen waken daartegen. Zij beschikken daartoe, trouwens evenals de lagere luchtwegen, over meer dan één hulpmiddel. In de eerste plaats zijn ze voorzien van *slijmvlies* (dikte $\pm 0,5$ mM.), dat een dunne bedekkende slijm laag produceert. Bovendien zijn vele dekcellen van het slijmvlies voorzien van z.g. *trilharen*, die als aren van een korenveld rhythmisch golven in bepaalde richting. In dit geval zóó, dat het slijmerige, stofhoudende vochtlaagje voortgestuwd wordt in de richting van mond en neuskeelholte.

Lichte of ernstige ontstekingsverschijnselen gaan gepaard met de vorming van meer vocht en slijm. In dier voege, dat ze evenals van buiten af binnengedrongen vreemde lichamen (stof, rook, in het verkeerde keelgat terecht gekomen partikeltjes van spijs en drank) de fijne uiteinden van het in-

gewands-zenuwstelsel in het slijmvlies prikkelen. Dit heeft ten gevolge, dat reflectorisch hoesten tot stand komt: een zeer krachtige uitademing bij vernauwde stemspleet. Met kracht wordt de inhoud der luchtwegen naar buiten geperst en het slijmvlies-oppervlak schoon geblazen, indien ten minste de ontstekings-producten resp. vreemde lichamen, niet te stevig op of in het slijmvlies bevestigd zijn. Bovendien zijn de slijmvliezen der bovenste luchtwegen voorzien van enkele z. g. lymphoïde apparaten (tonsillen of amandelen) van waaruit in alle richtingen witte bloedcellen over de oppervlakte van het slijmvlies uitzwermen. Zij nemen allerlei ongerechtigheden — stof, ook bacteriën — die zij op hun weg tegenkomen in zich op en maken die onschadelijk.

Niet altijd slaagt dit apparaat hierin met de onophoudelijk de bovenste luchtwegen binnendringende kiemen. Dit is bijv. niet het geval, wanneer het plaatselijk of algemeen weerstandsvermogen van het organisme, door welke oorzaak dan ook, verminderd is. Dan winnen de bacteriën den strijd en nestelen zich in het saprijke slijmvlies of in de nog gevoeliger tonsillen en geven daar aanleiding tot een strijd op leven en dood met de afweerkrachten van het lichaam. Een strijd, die zich verraadt door plaatselijke en algemeene verschijnselen (ontsteking, koorts).

Men onderschatte de beteekenis van deze beveiligingsinrichtingen van de bovenste luchtwegen niet. Zij verklaren ook het feit, waarom b.v. ademen door den mond in plaats van door den neus (met name het slapen met open mond) ongezond is. De binnenstroomende lucht wordt dan niet voldoende verwarmd, noch voldoende van vocht voorzien.

Afkoeling en uitdroging, resp. infectie van de benedenste luchtwegen, mitsgaders vermindering van het plaatselijk weerstandsvermogen tegen deze schadelijke invloeden van buiten, zijn daarvan het gevolg. We komen bij de systematische bespreking van de verdedigingsmiddelen van het lichaam nog wel op dit punt terug.

De benedenste luchtwegen hebben veel meer een mechanische functie, in dien zin, dat ze de lucht, voor zoover die door de bovenste luchtwegen vol-

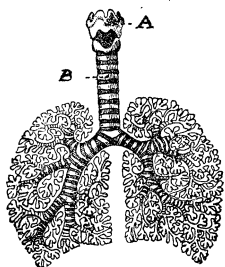


Fig. 43. De bronchiaalboom.
A. de larynx. B. de trachea.

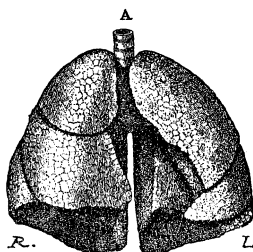


Fig. 44. De uitgesneden longen.
A. de trachea.

(uit Caltier-Boissière, Hygiène Nouvelle)

doende op temperatuur en vochtgehalte gebracht is, onveranderd naar de longen geleiden.

Bouw en functie van het slijmvlies onderscheiden zich niet van die der bovenste luchtwegen (trilhaar-epitheel, slijmafscheiding; reflectorische opwekking van den hoest-prikkel). Afzonderlijke vermelding verdient het feit, dat de wand van de luchtpijp van hoefijzervormige kraakbeen-stukken is voorzien, die ten doel hebben te bewerken, dat de luchtpijp open blijft staan, ook als de druk in de

luchtpijp daalt beneden die van de buitenlucht (anders zou de luchtpijp samenvallen). Bouw en functie van het strottenhoofd komt bij de bespreking van ons spraakorgaan aan de orde (zie hoofdstuk X).

De luchtpijp is ongeveer 11 cM. lang en deelt zich dan in twee groote takken, die naar de beide longen gaan. Beide luchtpijptakken verdeelen zich nu snel in steeds fijnere twijggjes: niet ten onrechte spreekt men van „de bronchiaalboom”. Van dien boom en van de uitgesneden longen geven we hier naast een afbeelding (fig. 43 en 44).

De wanden der wijdere buizen zijn nog van kraakbeen-ringen en -spangen voorzien, het open blijven der fijnere wordt door elastische bindweefselvezels bewerkt. Behalve bindweefsel omringt ook een laagje fijne onwillekeurige spiervezeltjes deze buisjes.

De longen in engeren zin, het geweldig respiratoir oppervlak wordt gevormd door de z.g. longblaasjes, die aan de grootere en kleinere luchtpijptakjes zitten als appels aan een met vruchten overladen boom (zie fig. 45 en de microfoto van de longen fig. 47).

Men schat het aantal longblaasjes, waaruit onze longen opgebouwd zijn op een 700.000.000. Elk blaasje heeft een middellijn van $\pm 0,2$ millimeter. Het totaal inwendig oppervlak van al die blaasjes wordt zodoende berekend op om en nabij 100 vierkante meter.

De wand van elk blaasje is als het ware omponnen met een net van haarvaten (zie fig. 46), die zoo fijn zijn, dat er precies één bloedlichaampje tegelijk passeeren kan. De weefsellaag, die de

lucht in de longblaasjes scheidt van het bloed in die haarvaatjes is niet dikker dan enkele duizendste deelen van een millimeter.

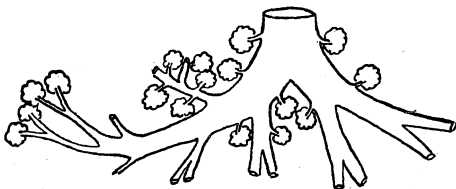


Fig. 45. Schema van den bouw der longen (eindstandige en wandstandige longblaasjes).

Het uit de rechter harthelft door een betrekkelijk wijde buis (de longslagader) naar de longen stroomende aderlijke bloed, wordt dus als het ware

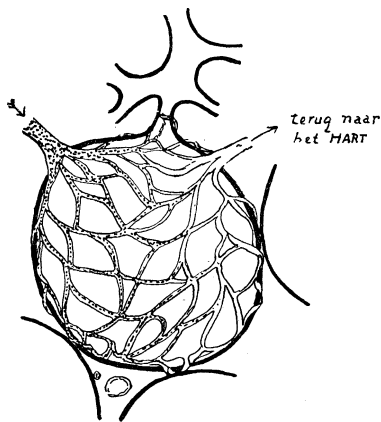


Fig. 46
Het haarvatennet, dat elk longblaasje omspint (schematisch bij sterke vergroting).

plotseling uitgespreid in een laag van zoiets als 0,01 millimeter, over een oppervlakte van 100 vierkante meter en daar blootgesteld aan de atmospher-



Fig. 47. Microfoto van de long (J. C. Mol).

rische lucht. Is er derhalve idealer gelegenheid tot wat men „gaswisseling” pleegt te noemen (daarover beneden meer) denkbaar?

Het ademhalings-mechanisme. — En nu iets over het *ademhalings-mechanisme* en over de *physische* en *chemische* processen, die zich bij de ademhaling in engeren zin afspelen.

We moeten daarbij onderscheidt maken tusschen de *interne respiratie*, de uitwisseling van gas, die in alle lichaamcellen plaats heeft ten opzichte van de omringende lichaams-vloeistof en de *uitwendige respiratie*, de gaswisseling tusschen bloed en lucht in de longen. We beperken ons voorloopig tot de laatste.

Het ademen geschiedt door een samentrekking van bepaalde spieren, die de borstkas met de ruggegraat en de ribben onderling verbinden en bij samentrekking bij gefixeerde ruggegraat ten gevolge hebben, dat de borstkas naar bovengetrokken en ruimer wordt. Terzelfder tijd trekt ook het middenrif, (zie fig. 48 en 49), dat aan de binnenzijde van de borstkas langs de onderste ribrand als een naar boven bollen en naar beneden hollen (door lever maag en ingewanden gevulden) koepel is uitgespannen, zich samen. Deze samentrekking zou naar binnentrekken van de onderste ribrand ten gevolge hebben, als de massale buikinhoud, die zich aan de binnenzijde van den middenrifkoepel bevindt, zich daartegen niet verzette. Samentrekking van het middenrif heeft daardoor afplating van den koepel en verruiming van de borstkas ten gevolge. Waar nu in de holte tusschen borstkas en longen (de z.g. borstvlies- of pleura-holte) een zeer geringe luchtdruk heerscht (veel kleiner dan in de

buitenlucht), daar oefent de zich verruimende borstkas een krachtig-zuigende werking op longen en luchtwegen uit. De longen zetten zich zoodoende krachtiger uit en vullen zich met lucht (*inademing* of *inspiratie*, zie fig. 48).

Automatisch volgt nu samenvallen van de borstkas. Gedeeltelijk zuiver passief, gedeeltelijk door samentrekking van een ander stel tussenribspieren, dat de borstkas weer omlaag trekt. De ruimte in de borstkas wordt nu minder. Tevens ontspant

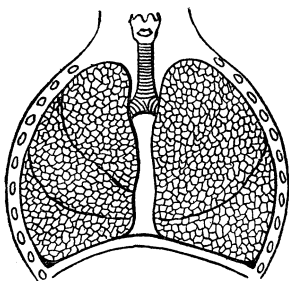


Fig. 48. *Inademingsstand.*
middenrifkoepel: afgeplat
borstkas: ruim.

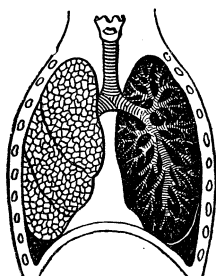


Fig. 49. *Uitademingsstand.*
middenrifkoepel: gewelfd
borstkas: nauw

(uit Caltier-Boissière, Hygiène Nouvelle).

het middenrif zich en de buikinhoud aan de onderzijde van den middenrifkoepel herneemt zijn rechten en oude positie. Van twee kanten wordt dus de ruimte in de borstholte gereduceerd. Bij wegvallen van de zuigkracht van de borstkas keert ook het elastische longweefsel terug tot de samengetrokken ruststand. De longen persen door de luchtwegen de aanwezige lucht uit (*uitademing* of *expiratie*, zie fig. 49). Men vergelijkte ook fig. 50.

Dit heele mechanisme werkt volkomen zonder

inmenging van bewustzijn of wil. We hebben hier met een rhythmische, automatische functie te doen, die geregeld wordt door het ingewands-zenuwstelsel. Het centraal station voor deze functie is gevestigd in het verlengde merg. We zullen direct zien hoè dit eigenlijk werkt.

Naast het bovenstaande even schematisch als theoretisch overzicht van in- en uit-ademing eerst even de practijk. Practisch gesproken toch ademen

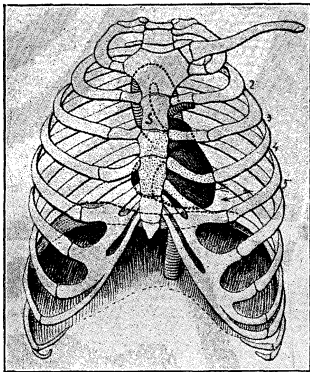


Fig. 50.

De borstkas. Uit de borstholte die van onderen is afgesloten door het donker gearceerde middenrif, zijn alleen de longen verwijderd, terwijl het hart erin is achter gebleven.

eigenlijk slechts weinigen volgden de theorie van het boekje. Iedere leek kan dat waarnemen — en waar juist de oefening van het waarnemingsvermogen van den leek van zoo groote beteekenis is voor de ontwikkeling van de belangstelling voor persoonlijke en maatschappelijke gezondheidszorg, daar veroorloven we ons dit uitstapje te meer, daar een juist gebruik van longen en ademhaling van zoo groote waarde voor die gezondheid is.

Niet alleen bij waarneming van het ontkleede, maar meestal ook van het bekleede lichaam van

iemand, die rustig zit of ligt kan men zich gemakkelijk rekenschap geven van het bestaan van groote individueele variaties in het ademhalingsmechanisme. (Zie fig. 51).

Al die variaties veroorloven toch, als men er even

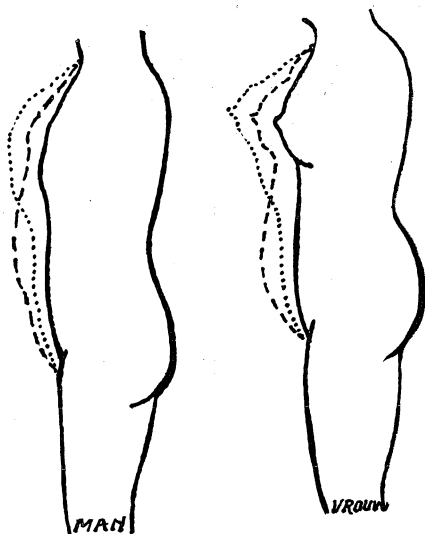


Fig. 51. Adembalingsfiguren; ononderbroken lijn: stand bij diepste uitademing; onderbroken lijn: stand bij oppervlakkige ademhaling; stippellijn: stand bij diepste inademing.

kijk op krijgt, gemakkelijk het onderkennen van twee typen: *borstademhaling* en *buikademhaling*. Bij het vrouwelijk geslacht komt het eerste type meer voor, bij het mannelijke het tweede. Ook zijn er tal van personen, die nu eens volgens het eene type ademen en dan weer volgens het andere of beide tegelijkertijd doen.

Deze zaak zit zoo in elkaar. Bij de typische borstademhaling beweegt het middenrif weinig en komt de verruiming van de borstkas in hoofdzaak, zoo niet uitsluitend, tot stand door krachtige samentrekking van alle spieren, die de ribben naar boven trekken. Bij vele vrouwen is die contractie zoo krachtig, dat niet alleen de boezem, maar ook de schouders over een belangrijken afstand op en neer gaan. Daarentegen vertoont de buik geen beweging. Het ligt voor de hand, dat het corset de buikademhaling belemmert en indien het niet te veel snoert de borstademhaling bevordert. Ook bijzondere verhoudingen, die de ruimte in de buikholte beperken of samenpersing van de buikinhoud pijnlijk maken (ontstekingen, gezwellen, zwangerschap), kunnen ten gevolge hebben, dat de buikademhaling van geen beteekenis is.

Bij de typische buikademhaling daarentegen beweegt de borstkas weinig — gaan de borsten weinig en de schouders heelemaal niet op en neer — terwijl het belangrijkste deel van de verruiming van de borstkas dan door samentrekking en daardoor daling van het middenrif tot stand komt. Ook bijzondere verhoudingen, die de ruimte in de borstholte beperken of beweging van de borstkas pijnlijk maken (kneuzing of breuk van ribben, borstvlies-ontsteking, gezwellen, vergrooting van het hart) kunnen de buikademhaling geheel doen domineeren.

Uit den aard der zaak scheidt vooral buikademhaling geen ideale verhoudingen voor een voldoende long-ventilatie. Aan den anderen kant is de massage, die buikademhaling op den buikinhoud — en met name op de ingewanden — uitoefent mogelijk ook van beteekenis voor een goede peristaltiek en

dus ter voorkoming van hardlijvigheid (een kwaal, die bij vrouwen veel meer voorkomt dan bij mannen).

De eenige conclusie, die ik echter uit het bovenstaande zou willen trekken is, dat ook de automatische en reflectorische ademhalingsfunctie zich meestal zonder kennis van zaken en oefening niet voltrekt op een wijze, die optimale en ideale verhoudingen voor het lichaam schept in den strijd tegen de gevaren, waarmede de cultuur ons van alle zijden bedreigt. Van daar de groote waarde van een harmonische lichamelijke opvoeding. Ademhalingsgymnastiek in de open lucht vormt daarvan een integreerend bestanddeel. Deze is bovendien van groote beteekenis voor de ontwikkeling van borstkas en longen zelf.

Longventilatie en gaswisseling. — Men moet daarbij niet vergeten, dat de longventilatie in hooge mate het peil der „bloedversching” bepaalt. Onder bloedversching verstaan we hier de z.g. gaswisseling, die hierin bestaat, dat het bloed koolzuur afstaat aan de lucht in de longblaasjes en daaruit zuurstof opneemt. Dat geschiedt zuiver onder den invloed van physische krachten. De spanning van het koolzuurgas is in het bloed hooger dan in de lucht van de longblaasjes. De spanning van het zuurstofgas is in de longblaasjes hooger dan in het bloed.

Bij geringe longventilatie, dus bij oppervlakkige ademhaling, is naar verhouding de bloedtoevoer naar de long ook geringer dan bij krachtige ventilatie door diepe ademhaling.¹⁾ Bovendien is bij

¹⁾ Die bloedstoevoer is gedeeltelijk ook een functie van de zuigkracht der longen. Bij inademing bedraagt de negatieve druk in de lucht-

diepe ademhaling de verzadiging van het naar het hart terugkeerende bloed met zuurstof veel grooter dan bij oppervlakkige. Het spreekt van zelf, dat de stofwisseling en de opruiming van vergiftige stofwisselings-producten veel levendiger resp. sneller is, wanneer het bloed rijk, dan wanneer het arm aan zuurstof is.

En nu nog enkele gemiddelde cijfers over de gaswisseling. De ingeademde lucht bevat ongeveer 20 volume percenten zuurstof, de uitgeademde slechts 16, de ingeademde lucht bevat slechts een spoor koolzuur ($\pm 0,04$ volume percent), de uitgeademde lucht 4 volume percenten. Het bloed, dat de longen verlaat is ongeveer tweemaal zoo rijk aan zuurstof als het bloed, dat van het hart naar de longen stroomt. Het koolzuurgehalte van dat bloed daalt in de longen, maar niet zoo ver als men verwachten zou. Dat is in zooverre niet onbegrijpelijk, waar ook koolzuur een levensbehoefte voor het organisme is. Dit gas vormt n.l. een prikkel voor de ademhalingscentra (in het centraal zenuwstelsel).

Koolzuurarmoede van het bloed kan zelfs ademstilstand ten gevolge hebben. Men kan dan ook (zonder overmatige arbeid te praesteeren d. w. z. zonder zijn zuurstofbehoefte te verhoogen en daarbij tevens de koolzuurproductie te vergrooten) niet lang snel diep ademen volhouden. Men raakt eenvoudig „buiten adem”. Dat is in dit geval niet anders dan automatische remming van de adem-

wegen bij oppervlakkige ademhaling slechts enkele millimeters kwik, bij diepe ademhaling meerdere tientallen millimeters kwik. Bij uitademing idem een positieve druk, die bij oppervlakkige ademhaling ook maar enkele millimeters kwik, maar bij geforceerde uitademing vele tientallen millimeters kwik bedraagt. Die druk oefent uit den aard der zaak op het met bloed gevulde sponsachtige longweefsel een belangrijken invloed uit, eenerzijds in den zin van volzuigen, anderszins in den zin van leegpersen.

halingsfunctie als gevolg van koolzuurarmoede van het bloed¹⁾.

Evenzeer wordt automatisch de ademhaling van iemand, die diep ademhaalt langzamer. Bij gelijkblijvende hoeveelheid arbeid (en dus bij gelijkblijvende zuurstofbehoefte) is het product van ademhalingsdiepte en ademhalings-veelvuldigheid m.a.w. de longventilatie dus aan een maximum gebonden en natuurlijk ook aan een minimum. Van daar, dat het zuurstofgehalte van het uit de longen naar het hart terugstroomende bloed bij gezonde personen, die niet al te oppervlakkig ademen, binnen betrekkelijk nauwe grenzen wisselt. Bij zieke personen staan de zaken anders, maar daarover kunnen we het niet hebben.

En nu enkele cijfers over de *longventilatie bij diepe en oppervlakkige ademhaling*. Fig. 52 geeft daarvan een schematisch overzicht.

Wie rustig op zijn bed of in zijn stoel zit of ligt, ademt over het algemeen zeer oppervlakkig. Ter nauwernood beweegt de borstkas (17-18 maal per minuut). De hoeveelheid per ademhaling in- en uitgedemde lucht bedraagt slechts 350-500 cM³. En dat, terwijl de z.g. *vitale capaciteit* — d.w.z. de maximale hoeveelheid lucht, die na diepste uitademing door diepste inademing in de longen kan worden gebracht — 2-5 liter bedraagt (afhankelijk

¹⁾ Daarop berust ook de methode van Henderson en Haggard tot opwekking der levensgeesten van schijndooden (en door gas vergiftigen). Ze komt hierop neer, dat een mengsel van zuivere zuurstof en 5 % koolzuur toegediend wordt. De spontane ademhaling keert dan veel sneller terug, dan wanneer alleen zuivere zuurstof toegediend wordt. Verhoging van het koolzuurgehalte van de atmosfeer tot 2 % doet de diepte der ademhaling met 30 % toenemen, de totale longventilatie zelfs met 50 %. Bij verhoging van het koolzuurgehalte tot 3 à 6 % wordt zelfs de longventilatie 5—7 maal zo groot als bij normale ademhaling.

van lichaamslengte en borstontwikkeling). Bij oppervlakkige ademhaling bedraagt de longventilatie dus slechts een tiende gedeelte van de waarde,

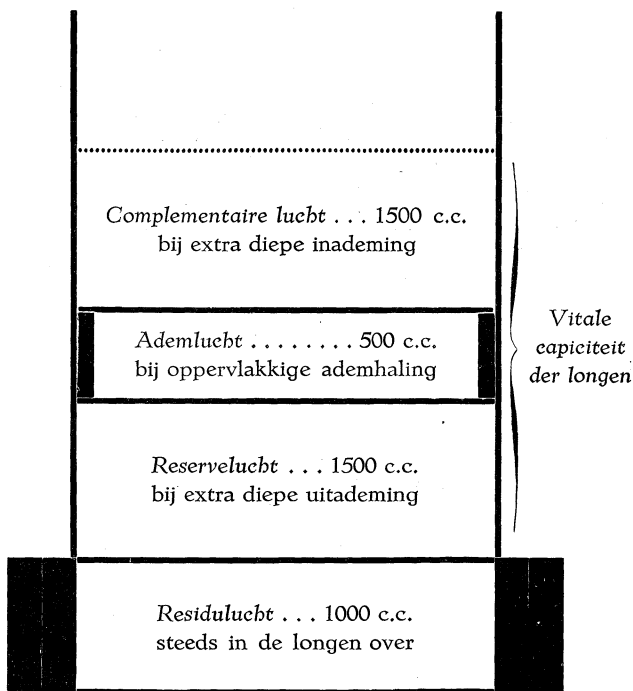


Fig. 52. Longventilatie bij diepe en oppervlakkige ademhaling. (gemiddelde cijfers).

die men bij maximaal-diepe ademhaling bereiken kan.

Bij oppervlakkige ademhaling wordt de lucht in een belangrijk deel van de longblaasjes zelfs heelmaal niet ververscht. Ook de bloedsomloop in het

haarvatennet, dat die longblaasjes omspint, schijnt dan zeer langzaam te zijn.

Maar we moeten nog dieper op de bovenstaande cijfers ingaan en een oogenblik de hoeveelheden zuurstof, die een normaal mensch verbruikt en de hoeveelheden koolzuur, die hij produceert, bestudeeren.

Een volwassene produceert gemiddeld een kwart liter koolzuur per kilo lichaamsgewicht per uur. Bij een gewicht van ruim 80 kilo komt dat neer op een 500 liter koolzuurgas per etmaal. Deze hoeveelheid is niet gelijkmatig over het etmaal verdeeld. Gedurende den slaap daalt de koolzuurproductie tot ongeveer 0,15 liter koolzuurgas per kilo per uur om gedurende den dag een gemiddelde van 0,3 Liter en bij zwaren arbeid nog veel hooger cijfer te bereiken.

En nu de hoeveelheden zuurstof. Men zou op het eerste gezicht denken, dat de verhouding tusschen zuurstof en koolzuur constant was. Dit is echter hierom niet het geval, omdat behalve de kool-atomen, die door verbinding met zuurstof tot koolzuurproductie aanleiding geven, nog andere atomen een beroep doen op de zuurstof-voorraad om verbrand te worden. Bovendien verlaat een deel van de oxidatieproducten met de urine het lichaam, zoodat ook daardoor een deel van de zuurstof niet als koolzuur door de longen het lichaam verlaat. Dit deel is bij plantenetende — en dus bijna geheel op koolhydraten terende — dieren kleiner dan bij vleeschetende dieren in wier voedsel de vetten en eiwitten overwegen boven de koolhydraten.

Ik bespreek deze verhoudingen zoo uitvoerig, omdat de verhouding tusschen koolzuurproductie en zuurstofverbruik — het z.g. *ademhalingsquo-*

tient — zeer belangrijk is bij de stofwisseling. Hierover meer in hoofdstuk IV.

Bij den gezonden mensch bedraagt dat quotient gemiddeld 0,8. Dat wil zeggen, dat hij bij een zuurstof-verbruik van 1 Liter 0,8 liter koolzuur produceert. En omgekeerd voor een koolzuurproductie van 1 L. 1,25 liter zuurstof moet opnemen. Hieruit volgt, dat de hoeveelheid ingeademde lucht iets grooter is dan de hoeveelheid uitgedemde lucht. Overigens ondergaat de samenstelling van de ademhalingslucht geen verandering van eenige beteekenis. Het stikstofgehalte ($\pm 80\%$) blijft practisch onveranderd. Het eenige verdere verschil tusschen inademingslucht en uitademingslucht is over het algemeen te zoeken in het grootere vochtgehalte van de laatste.

We moeten echter nog een belangrijke factor bij de longventilatie bespreken. Slechts een deel van de ingeademde lucht bereikt de longblaasjes, de rest is noodig om de „doode ruimte”, bestaande uit de hoogere en lagere luchtwegen, te vullen. Deze doode ruimte bedraagt bij den mensch ongeveer 100-150 cc. Wanneer we dan ook bij rustige ademhaling 500 cc. lucht inademen, is daarvan slechts 350-400 cc. effectief. Dit cijfer moeten we nu nog vergelijken met de gemiddelde hoeveelheid lucht, die rustige ademhaling in uitademingsstand nog in de longen aanwezig is, ± 2500 cc. Door deeling van de beide cijfers ($\frac{2500}{350 \text{ à } 400}$) komen we nu tot de z.g. *longventilatie-coëfficiënt*.”

Geven we ons even rekenschap van dit cijfer, dan komen we tot de gevolgtrekking, dat het verschil in zuurstof- en koolzuur-gehalte tusschen inademings- en uitademingslucht 6-8 maal zoo

groot is als het verschil in koolzuur- en zuurstofgehalte van de lucht in de longblaasjes. Inderdaad is dat laatste verschil betrekkelijk klein ('t scheelt niet meer dan $\frac{1}{2}$ %). Zóó klein, dat men de samenstelling van de lucht in de longblaasjes gemakshalve wel als een constant gegeven beschouwt. Waar het op aan komt is toch maar, dat de zuurstofspanning in het bloed lager is dan die van de lucht in de longblaasjes. En omgekeerd de koolzuurspanning in het bloed hoger dan die van de lucht in de longblaasjes. Dit spanningsverschil — en ook dit alleen — verklaart de z.g. gaswisseling in de longen. Een gas stroomt nu eenmaal steeds van een plaats van hoogere spanning naar een van lagere, dus in de richting, waarin het den minsten weerstand ontmoet.

Men heeft dieper inzicht in deze verhoudingen gekregen door systematisch het koolzuur- en het zuurstofgehalte van aderlijk en slagaderlijk bloed te bepalen.

Slagaderlijk bloed bevat ongeveer 20 volume % zuurstof en 40 volume % koolzuur, aderlijk bloed 10 volume % zuurstof en 46 volume % koolzuur. Het stikstofgehalte van beide is ongeveer gelijk en wel heel klein nl. 1-2 vol. %. Het bovenstaande geeft nog maar een oppervlakkig en eenzijdig beeld van zuurstofbehoefte en koolzuurproductie. Deze cijfers toch hebben uitsluitend betrekking op oppervlakkige ademhaling bij iemand, die zich volkomen rustig houdt. Heel anders, en van niet minder belang, zijn de verhoudingen bij arbeid. Daarbij komt eerst recht de doelmatigheid van ons ademhalings-apparaat tot uiting. Het past zich automatisch aan bij de zuurstofbehoefte van het lichaam. Een behoefte, die buitengewoon sterk wisselt.

We zullen in hoofdstuk XII gewijd aan beweging en arbeid bij de spierphysiologie nog nader kennis maken met de enorme hoeveelheden brandstof en zuurstof, die de functie der spieren vereischt. Het is de taak der longen te zorgen, dat in die behoefte *à la minute* voorzien wordt, aangezien ons lichaam nu eenmaal wel over een groote brandstofreserve (koolhydraten en vetten, in laatste instantie ook eiwit), maar niet over een zuurstofreserve van eenige beteekenis beschikt.

Het zuurstofverbruik per minuut kan dan ook bij arbeid snel van enkele honderden cubieke centimeters tot enkele liters stijgen. De koolzuurproductie houdt daarmede tot op zekere hoogte gelijken tred. Ook dan blijft dus de samenstelling van de lucht in de longblaasjes vrijwel onveranderd. Het eenige wat verandert — en in aanzienlijke mate verandert — is de ademhalingsfrequentie. Behalve sneller wordt de ademhaling ook dieper. Daardoor wordt het ventilatie-quotient grooter. Zoo komen we van zelf tot beantwoording van de vraag op welke wijze de longfunctie zich automatisch aanpast aan de zuurstofbehoefte van het lichaam.

De regeling der ademhaling. — We hebben reeds gezien, dat de ademhalingsfunctie een vrij ingewikkelde samenwerking van meerdere spieren vereischt, met name — om de voornaamste te noemen — van borst-, buik-, hals-, ruggegraat- en middenrifspieren. Al deze spieren worden beheerscht door een in het verlengde merg gelegen zenuwcentrum — het ademhalings-centrum —, dat van oogenblik tot oogenblik langs aanvoerende zenuwen onderricht wordt over den stand van het

ademhalingsmechanisme en dan langs afvoerende zenuwen daarop invloed uitoefent.

De prikkelbaarheid van dat zenuwcentrum — en daarmee de diepte en de snelheid der ademhaling — is in hoofdzaak afhankelijk van de samenstelling van het bloed, met name van het koolzuurgehalte van het bloed. Het ademhalingscentrum reageert op kleine wisselingen in het koolzuurgehalte van het bloed met groote snelheid en nauwkeurigheid. Dat — en dat ook alleen — is de verklaring van het feit, dat de samenstelling (met name het koolzuurgehalte) van de lucht in de longblaasjes vrijwel constant is. De ademhalingsfrequentie is zelfs nauwelijks van het zuurstofgehalte van de inademingslucht afhankelijk, voor zoover dit voldoende is om het zuurstofgehalte van de lucht in de longblaasjes op een voldoende peil te houden. Daling van het zuurstofgehalte van de inademingslucht van 20 tot ongeveer 13% spiegelt zich dan ook niet in de snelheid en diepte der ademhaling af. Daarentegen is een kleine stijging van het koolzuurgehalte van de inademingslucht reeds voldoende om de ademhalings-snelheid en -diepte belangrijk te verhoogen. Over het algemeen is echter het koolzuurgehalte in de inademingslucht vrijwel constant, zoodat het voornaamste voor de automatische regeling der ademhaling is de koolzuurproductie in het lichaam zelf, als gevolg van verhoogd zuurstofverbruik voor de verbranding van koolhoudende bouw- en brandstof. Dat koolzuur is het, dat de prikkelbaarheid van het ademhalingscentrum verhoogt en zoo automatisch door versnelling en verdieping van de ademhaling ten gevolge heeft, dat in de zuurstofbehoefte onmiddellijk voorzien wordt. Ja overvloedig voor-

zien wordt, want ademhalingsfrequentie en ademhalingsdiepte — en dus de zuurstoftoevoer — stijgen aanvankelijk nog iets sneller dan met de zuurstofbehoefte overeenkomt. Ook dat is weer zeer doelmatig. Weliswaar stijgt bij geleidelijk in zwaarte toenemende krachtsinspanning de zuurstofbehoefte zóó geleidelijk, dat het ademhalingscentrum er zonder bezwaar in slaagt in hetzelfde tempo den zuurstoftoevoer te vergrooten. Maar plotselinge zware krachtsinspanning zou niet mogelijk zijn, wanneer het lichaam niet in staat was enkele oogenblikken op de geringe beschikbare zuurstofreserve te teren. En dan met zoo groote snelheid meer zuurstof toe te voeren dan met de oogenblikkelijke behoefte overeenkwam, omdat het dan noodig is een achterstand in te halen. Zoodra die achterstand ingehaald is, of de reserve-voorraad een zeker peil bereikt heeft, dalen automatisch ademhalingsfrequentie en ademhalingsdiepte. Slaagt het lichaam er niet in den zuurstoftoevoer aan te passen aan de zuurstofbehoefte, dan is uitputting van den zuurstofvoorraad en onvermogen tot voortzetting van de gevergte krachtsinspanning het gevolg. Men raakt „buiten adem” en valt, als men dan nog poogt vol te houden, ten slotte uitgeput neer. Het spreekt van zelf, dat aanpassing van de zuurstofbehoefte des te gemakkelijker is naar mate de z.g. vitale capaciteit der longen grooter is. Anderzijds berust het vermogen om zwaren arbeid te presteeren ook op economisch gebruik der betrokken spieren en voldoende ontwikkeling er van. Drie factoren dus bij de z.g. *training*, die we in het aan de beweging gewijde hoofdstuk nog wel nader zullen bezien.

We willen op één punt thans nog iets dieper

ingaan n.l. het fijnere mechanisme van de regeling der prikkelbaarheid van het ademhalingscentrum onder invloed van het koolzuurgehalte van het bloed. Men moet zich dit niet zoo voorstellen, dat het koolzuurgas werkelijk ook in gasvorm in het bloed aanwezig is. Het is daarin hoofdzakelijk aanwezig in den vorm van koolzure zouten. Wat vermoedelijk de prikkelbaarheid van het ademhalingscentrum bepaalt is ondertusschen niet het koolzuur- en carbonaat-gehalte van het bloed als zoodanig maar het daardoor bepaalde evenwicht in de waterstofionen-concentratie. Een concentratie, die vermoedelijk ook bij de prikkelbaarheid van vele andere zenuwcentra en trouwens bij de zenuwfunctie in het algemeen een zeer belangrijke rol speelt (Hoofdstuk IX). Van daar dat we geheel afgezien van de zuurstofbehoefte verandering van ademhalingsdiepte en -frequentie zien optreden, wanneer ziekelijke processen gepaard gaan met verhooging van den zuurgraad van het bloed. Bij de spierfunctie worden bovendien, zooals we nog zien zullen, behalve koolzuur nog andere zure stofwisselingsproducten gevormd, die ook in deze richting van beteekenis zijn. Die zure stofwisselingsproducten toch zijn het, die anderzijds (door verhooging van den zuurgraad van het bloed) het hunne bijdragen tot verhoogde koolzuurafgifte om op die wijze het evenwicht in het bloed weer te herstellen. Bovendien draagt de verhoogde zuurstoftoevoer er toe bij om snel die zure stofwisselingsproducten te verbranden. Er zijn er die meenen, dat de waterstofionen-concentratie niet alleen de functioneele activiteit van het zenuwstelsel maar zelfs van alle protoplasma bepaalt en deze concentratie voor de verklaring van menigerlei levensverrichting dus van

nog veel grooter beteekenis is dan men tot dusverre reeds heeft leeren inzien.

En nu de reflectorische regeling van de op elkaar volgende in- en uitademingsbewegingen. We hebben hier met een z.g. automatisme te doen, die door de Duitschers heel karakteristiek met „*Selbststeuerung der Atmung*” wordt bestempeld. Dit is een zeer samengestelde kwestie, die niet of nauwelijks voor een populaire bespreking in aanmerking komt. Men moet zich het eenvoudigheidshalve zóó voorstellen, dat de samenvallende long langs de zenuwbaan het ademhalingscentrum een prikkel geeft, die tot het optreden van een samentrekking van alle spieren, die bij inademing noodig zijn, aanleiding geeft, terwijl omgekeerd de long in inademingsstand weer een remmende invloed uitoefent op dit zelfde centrum. We hebben ook reeds gezien in het aan de spijsvertering gewijde hoofdstuk, dat het op gang brengen van slik- en braakreflex automatisch zoodanige reflectorische remming van het ademhalingscentrum ten gevolge heeft, dat de ademhaling een oogenblik stil staat. Deze ademhalingsstilstand treedt onbewust en onwillekeurig op. We wezen er trouwens reeds op, dat het voornaamste deel van het ademhalingsmechanisme buiten bewustzijn en wil omgaat. Wat evenwel niet zeggen wil, dat bewustzijn en wil niet in staat zijn er invloed op uit te oefenen. Men kan den adem willekeurig een zekeren tijd inhouden, maar meer dan de zuurstof-armoede is het de koolzuurrijkdom van het bloed, die ons dwingt dit op te geven. Nu is het duidelijk, waarom oefening ook op dit gebied kunst baart. Door oefening is het mogelijk de vitale capaciteit der longen te verhoo- gen en het vermogen om lang zijn adem in te hou-

den is in de allereerste plaats een functie van de vitale capaciteit der longen. Eerst in de tweede plaats komt het vermogen om langer of korter den heftigen aandrang tot inademing, veroorzaakt door den toenemenden prikkelingstoestand van het ademhalingscentrum, te weerstaan. Iemand, die lang zijn adem wil inhouden, kan trouwens nog een paar kunstjes uithalen, waarvan de waarde op grond van het bovenstaande ook duidelijk is. Hij begint vooraf een aantal malen snel en diep adem te halen. Oververzadiging van de zuurstofbehoefte van het bloed is daarvan het gevolg. Een oververzadiging, die reeds spontaan tot een kortstondige ademstilstand aanleiding kan geven. Dan houdt hij zijn adem in aan het eind van een zeer diepe inademing. Op die wijze is de reserve het grootst. Vervolgens ademt hij gedurende de periode van het inhouden der adem buitengewoon langzaam uit. Op die wijze wordt toch nog een deel van de zich ophoepende koolzuur uitgedemd. Zoo kan men oneindig veel langer zijn adem inhouden dan wanneer men dat na afloop van een diepe uitademing beproeft.

Ademhaling bij abnormale drukverhoudingen. —

Al de bovenstaande beschouwingen hadden betrekking op de normale verhoudingen bij normale menschen met normale longfunctie en bloedsomloop en levend in een atmosfeer van normale samenstelling. Zij stellen ons echter in staat om ons gemakkelijk rekenschap te geven van de stoornissen, die optreden, wanneer longfunctie of bloedsomloop op bepaalde wijze gestoord zijn resp. bij abnormale atmosferische invloeden.

We willen hier niet verdwalen op het gebied van de ziekteleer. Toch is het goed de beteekenis van de

physiologie voor de pathologie te belichten aan de hand van een paar voorbeelden. Ziekelijke afwijkingen in de longen (ontsteking, versterf, gezwellen, kramp van luchtpijptakjes) hebben onvermijdelijk vermindering van het respiratoire oppervlak ten gevolge. Om dan in de niet verminderde zuurstofbehoefte te voorzien zal versnelde ademhaling het onvermijdelijke gevolg zijn (kortademigheid). Stoornissen in de bloedsomloop (hartkwaal, nierkwaal), die met vertraging van de bloedcirculatie in de longen gepaard gaan, hebben tot op zekere hoogte hetzelfde resultaat. Nu is weliswaar niet het respiratoire oppervlak van de longen kleiner, maar wordt toch gedurende de eenheid van tijd per eenheid van respiratoir oppervlak minder zuurstof door het bloed opgenomen als gevolg van de langzame circulatie. Ook dan treedt — vooral bij inspanning d.w.z. als de zuurstofbehoefte toeneemt — kortademigheid op.

Weer geheel andere, maar tot op zekere hoogte toch overeenkomstige verhoudingen krijgt men bij vliegen hoog in de lucht en bij het beklimmen van hoge bergen, waarbij men blootgesteld is aan een *atmosfeer met lage zuurstofspanning*. Men kan deze verhoudingen ook in een gesloten ketel nabootsen door daaruit een deel van de lucht weg te pompen. Op 5000 M hoogte bedraagt de zuurstofspanning slechts de helft van die op aarde. Daarbij is de behoefte van bloed en longen om de koolzuurspanning in de longblaasjes constant te houden niet veranderd. Vandaar dat spoedig, vooral bij lichamelijke inspanning (bergbeklimmen), de zuurstofarmoede in het bloed zich pijnlijk doet gevoelen. Aanvankelijk verradt het aanpassingsvermogen van bloedsomloop en ademhaling zich door ver-

snelde hart- en longfunctie (snelle pols, kortademigheid). Spoedig wordt alle inspanning onmogelijk en geven, indien men niet snel naar beneden gaat, hart en longen het op. Alleen op den duur is aanpassing aan verblijf in ijle atmosfeer mogelijk n.l. door geleidelijke vergrooting van de zuurstofcapaciteit van het bloed. De bloedvormende organen (zie hoofdstuk V) vertoonen dan verhoogde activiteit. Zoowel het aantal roode bloedcellen, als het gehalte aan roode bloedkleurstof stijgt (om na een week of vier, vijf in het hooggebergte een zeker maximum te bereiken en weer bij terugkeer in de laagvlakte geleidelijk te dalen en tot den norm terug te keeren).

Tot op zekere hoogte omgekeerde verhoudingen treden op bij blootstelling van ons lichaam aan *verhoogde atmospherische druk*, zooals die in duikerklokken en z.g. caissons heerschen om op groote diepte onder water te kunnen werken en tegen den druk van het aandringende water bestand te zijn. Daar wordt wel bij een druk van 3-6 atmosfeer gewerkt. Geleidelijke drukverhooging heeft op ademhaling en bloedsomloop geen nadeelige werking van eenige beteekenis. Slechts één belangrijk feit verdient daarbij vermelding n.l. dat naarmate de druk stijgt ook een grooter volume stikstofgas in het bloed oplost. Nu is dat op zich zelf zonder beteekenis. Ernstig kan dit verhoogde stikstofgehalte van het bloed echter worden, wanneer bij terugkeer naar de oppervlakte van het water de verhoogde druk niet geleidelijk, maar snel daalt. Dan wordt ook snel de opgeloste stikstof weer vrij en begint het bloed als het ware te schuimen. Er vormen zich grootere en kleinere belletjes gasvormige stikstof. Gasbelletjes, die te groot zijn om de haar-

vaten van edele organen als de hersenen bijv. te passeeren, zoodat verstopping dier vaten het gevolg is. Snelle „decompressie” kan zoodoende zelfs noodlottig worden.

De bespreking van de gevolgen van ademen in met giftige gassen, met name met koolmonoxyde (kolendamp), bezwangerde atmosfeer valt buiten het kader van deze verhandeling. Wel willen we nog een oogenblik stilstaan bij een zeer belangrijk en tot op zekere hoogte alledaagsch hygiënisch vraagstuk n.l. wat de physiologie van de longen en met name de behoefte aan opnemen van voldoende zuurstof en uitscheiden van voldoende koolzuur ons leert over de meest gewenschte luchtverversing in onze woningen.

Men vereenzelvige dit vraagstuk niet met dat van de oorzaak der onprettige gewaarwordingen bij ophooping van menschen in te kleine ruimte, waarbij zooals we zien zullen noch zuurstofarmoede, noch koolzuurrijkdom een rol van eenige beteekenis speelt. Eenvoudig omdat het zuurstofpeil niet zoo ver daalt, noch het koolzuurpeil zoo hoog stijgt, dat één van beide of beide gemeenschappelijk de optredende minder aangename sensaties verklaren kunnen. (In hoofdstuk X zullen we dit vraagstuk nader bij de warmte-regeling van ons lichaam bespreken).

Luchtverversing gaat gepaard met verplaatsing van lucht: afvoer van de meestal warme en dus opstijgende, zuurstof-armere en koolzuurrijkere lucht, toevoer van de meestal koelere en dus neerdalende zuurstofrijkere en koolzuurarmere lucht. Ergo geeft luchtverversing aanleiding tot het optreden van lucht-stroomingen. Bereiken deze stroomingen een zekere snelheid — afhankelijk van

de snelheid van luchtverversching, — dan geven ze de zoo onaangename sensatie van tocht met al de daaraan verbonden minder gewenschte gevolgen van plaatselijke en algemeene afkoeling van het lichaam, die zooals men weet het plaatselijk en algemeen weerstandsvermogen voor schadelijke invloeden van binnen en buiten (met name voor infectie) van het lichaam plegen te verhoogen. Het ligt voor de hand, dat de snelheid der luchtverversching — om eenzelfde peil van zuurstofrijkdom en koolzuurarmoede te handhaven — grooter moet zijn naar mate de per persoon beschikbare hoeveelheid lucht geringer is. Andersom gezegd: de wenschelijkheid om bij de ventilatie tocht te vermijden brengt met zich, dat het terwille van een voldoende luchtverversching aanbeveling verdient per persoon (vooral in plaatsen waar vele personen langen tijd bijeen plegen te zijn, zooals op slaapzalen, in groote ateliers, in scholen enz.) een ruim aantal kubieke meters lucht beschikbaar te stellen.

HOOFDSTUK IV STOFWISSELING

Inleiding. — In de beide vorige hoofdstukken gewijd aan spijsvertering en ademhaling werd een — moeizame — poging gedaan om den lezer een oppervlakkig denkbeeld te geven van de beide orgaanstelsels, waarover ons organisme beschikt om zich de beide eerste levensbehoeften, die voor productie van de voor het „leven” in engeren zin benodigde hoeveelheden energie onmisbaar zijn — voedsel en zuurstof — te verschaffen. Wij hebben beide gevolgd tot daar, waar zij werden opgenomen in den bloedsomloop, die vóór alles tot taak heeft alle cellen en organen te voorzien van de beide genoemde energiebronnen in de benodigde hoeveelheden. Aan de bespreking van spijsvertering en ademhaling moet dus een overzicht van bouw en werking van den bloedsomloop aansluiten. Van het circulatieapparaat, dat vóór alles de regelmatige verdeling van voedsel en zuurstof beoogt. Eerst in de tweede plaats is dit van beteekenis voor den afvoer van de verschillende eindproducten der stofwisseling, die in aanmerking komen om door de uitscheidingsorganen uit het lichaam te worden verwijderd. Tusschen het in wonderfijne netten rondom *alle* lichaamscellen circuleerende bloed en die cellen zelf zullen we nog afzonderlijk de weefselvochtstroom leeren kennen, die als hand-langer tusschen bloedbaan en cel fungeert, zoowel bij het opnemen van voedsel en zuurstof, als bij het afgeven van de niet voor duurzaam verblijf in de cel zelf geschikte zich vormende verbrandingsproducten.

Maar voor we tot de bespreking van dit orgaanstelsel overgaan willen we eenige oogenblikken stilstaan bij de intensiteit van het leven der cel. De cel, die wij als tot dus verre ondeelbaar gebleken eenheid van het leven zelf hebben leeren kennen.

Hierin spelen zich alle levensverrichtingen in engeren zin af. Hier wordt door verbinding van zuurstof en voedsel, dus door verbranding van voedingsbestanddeelen, warmte en arbeidskracht gevormd.

De eerste energie-vorm is voor ons lichaam onmisbaar om alle cellen en organen op een dusdanige temperatuur te houden, dat de fermentatieve processen ongestoord en met de gewenschte snelheid kunnen verlopen. (We zullen de warmte-regeling van het lichaam nog afzonderlijk bespreken).

De tweede energie-vorm is het, die alle cellen en organen tot hun bijzondere functie in staat stelt: iets op te nemen, iets uit te scheiden, iets om te zetten, iets op te bouwen, iets af te breken, in één woord iets te doen ten bate van het geheele organisme, tot nut dus van het algemeen.

Niet alle voedsel wordt op deze wijze in kinetische energie omgezet.

Een zeker deel van het voedsel is voor groei en onderhoud van het lichaam noodig, voor vervanging van vernietigde cellen, voor instandhouding van het organisme als zoodanig.

Een ander deel voor instandhouding van de soort, dus voor de vorming van geslachtscellen. Terwijl alle andere cellen het lichaam of nooit, of slechts stervende verlaten, hebben deze cellen ten doel het leven en de continuïteit van het men-

schelijk geslacht tot in lengte van dagen in stand te houden. Toch ontkomen ook zij met haar zoo bijzondere taak niet aan de algemeen geldende levenswetten en behoeven ook zij voedsel en zuurstof voor levensvatbaarheid en functie, voor onderhoud en reparatie, voor groei en vermenigvuldiging.

In dit hoofdstuk willen we trachten van iets naderbij wezen en omvang der genoemde omzettingen-processen, die wij als stofwisseling samenvatten, te bestudeeren. En ons rekenschap geven van de voor het lichaam al dan niet bruikbare uiteindelijke en tusschen-producten, die daarbij ontstaan. Die producten zijn in hoofdzaak afhankelijk van de samenstelling der stoffen, die verbrand worden. Ten tweede ook van de plaats, waar en de omstandigheden, waaronder (en de hoeveelheid zuurstof met behulp waarvan) ze verbrand worden. Hoe grooter de zuurstofrijkdom ter plaatse, des te volkomener kan in theorie de verbranding zijn, hoe eenvoudiger de bouw van de te verbranden stof des te geringer en eenvoudiger de na verbranding overblijvende resten.

Ten slotte komt het er op aan de balans op te maken. De inkomsten en uitgaven moeten tegenover elkander worden gesteld. Een batig saldo beteekent groei of opstapeling van reserve-voorraad, om het eenvoudig uit te drukken.

Deze verhoudingen zijn echter geenszins eenvoudig. Men bedenke, dat de stand van inkomsten en uitgaven voor alles afhankelijk is van de eischen, die aan het lichaam gesteld worden. Die eischen wisselen zeer naar gelang van de hoeveelheid gepraesteerde arbeid.

De stofwisseling moet er dus op berekend zijn zich van oogenblik tot oogenblik aan de energie-behoefte van het lichaam aan te passen in verband met den verrichten — uitwendigen — arbeid. „*Uitwendigen arbeid*”: in tegenstelling tot wat we „*inwendigen arbeid*” zouden willen noemen; den energie-omzet, die ook in het volkomen rustende lichaam plaats heeft om de dan benodigde hoeveelheid warmte te produceren en tevens de elementaire levensverrichtingen (ademhaling, bloedsomloop, enz.) te onderhouden.

Om zich dus een oordeel van de stofwisseling te vormen is het noodig die zoowel bij rust als bij (liefst goed gedoseerde) arbeid te bestudeeren en liefst in cijfers vast te leggen.

Voor het maken van een nauwkeurige stofwisselings-balans is het dus noodzakelijk zoo secuur mogelijk de inkomsten van het lichaam (voedsel en zuurstof) te meten en te wegen en evenzoo de uitgaven (koolzuur, uitscheidingsproducten, afgestraalde warmte) te bepalen. En dan zich rekenschap te geven van de hoeveelheden energie, die toegevoerd, in het lichaam vrij geworden of opgestapeld zijn, resp. het lichaam verlaten hebben.

Het basaal metabolisme. — Op deze wijze kan men zich om te beginnen een denkbeeld vormen van de inkomsten en uitgaven van het rustende lichaam, het z.g. basale metabolisme (grondstofwisseling). Hierbij vallen — mits men de proef over een beperkt tijdsverloop uitstrekt — uitscheidingsproducten en voedsel weg. Voorts is bij rust de afgestraalde warmte een vrijwel constante factor. Men kan zich dus beperken tot de meting van de hoeveelheden zuurstof en koolzuur, die in- en

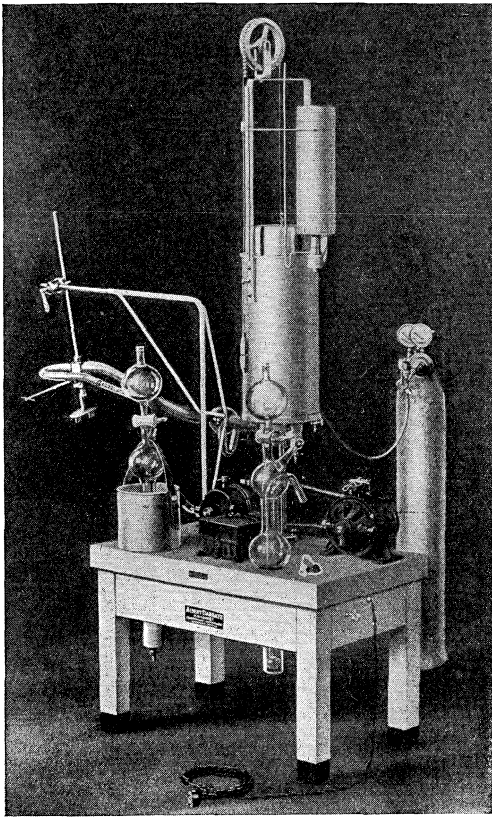


Fig. 53. Toestel voor het meten van het basaal metabolisme.

uitgeademd worden, met betrekkelijk zeer eenvoudige apparaten. ¹⁾

Een voorbeeld van een vrij gecompliceerd toestel zooals voor dit doel in meerdere ziekenhuizen in ons land gebruikt wordt geeft fig. 53.

Op den neus wordt een klem geplaatst om de neusademhaling stop te zetten. De mond wordt zoodanig aangesloten aan het toestel, dat geen buitenlucht, maar het zuurstof-luchtmengsel uit het toestel, wordt ingeademd. De patiënt ligt bij dit alles rustig te bed en wordt aangespoord zoo normaal mogelijk adem te halen. Meestal duurt de proef niet langer dan een minuut of tien. Naast de gashouder bevindt zich een draaiende beroete trommel, waarop een schrijver de bewegingen van den gashouder gedurende de ademhaling registreert, zoodat men direct zien kan of iemand regelmatig, te diep of ook te oppervlakkig ademhaalt.

Voor het zuurstof-verbruik is de ademhalingsdiepte van betrekkelijk geringe beteekenis. De koolzuur-afscheiding daarentegen is in hooge mate afhankelijk van de ademhalingsdiepte. Bij oppervlakkige ademhaling wordt minder, bij diepe ademhaling meer koolzuur uitgeademd dan zuurstof ingeademd wordt. Na afloop worden beide — zuurstofverbruik en koolzuurproductie — bepaald en met de normen, die men kent, vergeleken. Die normen zijn verschillend voor de beide geslachten resp. voor personen van verschillende leeftijd, lengte en lichaamsgewicht. Dat het lichaamsgewicht als zoo-

¹⁾ In Amerika worden tegenwoordig nog eenvoudiger toestellen voor hetzelfde doel gebruikt. Men registreert daarbij alleen het zuurstofverbruik. Men laat iemand ademhalen uit een zak, die een afgemeten hoeveelheid zuurstof bevat en bepaalt de zuurstofrest na afloop van enkele minuten (zie fig. 54). Dit toestel registreert niet. Een eenvoudig registratietoestel kan men op fig. 55 zien.

danig niet de voornaamste factor is, blijkt als men de grondstofwisseling van verschillende personen en dieren per kilo lichaamsgewicht berekent. Dan

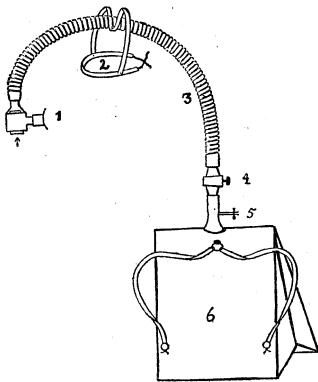


Fig. 54.

Zak volgens Douglas voor de bepaling van het basaal metabolisme.

1. mondstuk; 2. hoofdband;
3. rubberbuis; 4. tweewegkraan; 5. aftapbuisje met kraan (luchtmonsters); 6. zak met draagbanden (schouderbevestiging).

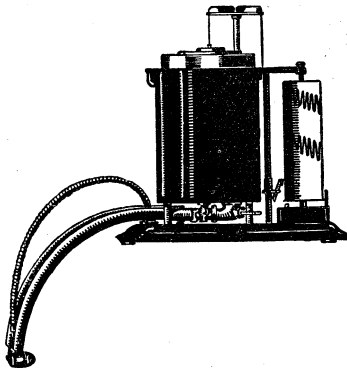


Fig. 55.

Een eenvoudig Amerikaansch registratietoestel voor de bepaling van het basaal metabolisme (Sanborn).

blijkt, dat dit cijfer hooger is naar mate het dier kleiner is. Wanneer men nu bedenkt, dat kleinheid gepaard gaat met onevenredig groot oppervlak en

overweegt, dat de afkoeling dien ten gevolge van kleine dieren (en menschen) naar verhouding zoo-veel grooter is dan van groote, dan komt men van zelf tot de gevolgtrekking, dat de grondstofwisseling niet zoo zeer een functie van de voor de genoemde levensverrichtingen (ademhaling, bloedsomloop) benoedigde hoeveelheden energie is, dan wel van het door het lichaamsoppervlak bepaalde warmteverlies, waarop men bij het streven van het organisme om de lichaamstemperatuur op peil te

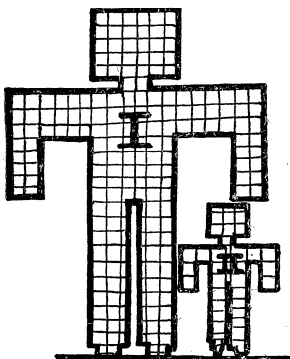


Fig. 56.

De verhouding tusschen grondstofwisseling en lichaamsoppervlakte.

I. Volwassene 60 KG., 191 dM².

II. Zuigeling 4.3 KG., 32 dM².

(Schematische voorstelling op de Gesolei).

houden, rekenen moet. Per eenheid van oppervlakte is dan ook het basale metabolisme bij groote en kleine menschen (zie figuur 56) en dieren onder normale omstandigheden vrijwel gelijk (ongeveer 1000 caloriën per vierkante meter lichaamsoppervlak). Op grond van deze gemiddelden bestaan er tabellen om voor ieder persoon de normale grondstofwisseling te bepalen. Deze tabellen komen feitelijk hier op neer, dat men uitgaande van lengte en lichaamsgewicht het lichaamsoppervlak bij benadering bepaalt. Het aldus gevonden cijfer wordt ver-

volgens met een bepaald getal (dat het aantal calorieën per vierkante meter per uur aangeeft) — bij den mensch ongeveer 40 — vermenigvuldigd. ¹⁾)

Ook bij deze proeven is de voeding van belang. Daarvan toch is, (zooals we in het hoofdstuk gewijd aan de ademhaling gezien hebben) het z.g. respiratoire quotient — de verhouding tusschen de hoeveelheden uitgeademde koolzuur en ingeademde zuurstof — afhankelijk. Wil men zich dus bij de bepaling van de grondstofwisseling beperken tot het meten van het zuurstofverbruik, dan moet men eenige dagen van te voren een voeding van bepaalde samenstelling geven. Dit heeft ten doel er voor te zorgen, dat het respiratoire quotient zich op bepaalde hoogte bevindt (bij gemengd dieet, dat weinig eiwit bevat, 0,8 à 0,9). Natuurlijk is het voor zeer nauwkeurige bepaling van de grondstofwisseling noodzakelijk ook de hoeveelheid uitgeademde koolzuur afzonderlijk te bepalen. Dat maakt echter de methode veel omslachtiger en tijdroovender. Wat heeft nu de basale metabolimetrie ons geleerd met betrekking tot de factoren, die bij rust het stofwisselingspeil bepalen?

Het antwoord hierop moet luiden: om te beginnen, dat het de verschillende klieren met inwendige afscheiding zijn resp. dat het vooral de schildklier is, die in hooge mate haar stempel drukt op de snelheid der verbrandingsprocessen.

Verhoogde schildklier-functie spiegelt zich af in een verhoogde grondstofwisseling. Verminderde schildklier-functie in een verlaagde grondstofwisseling.

¹⁾ De formule van Dubois luidt:

$$O = 0,007184 \times G^{0,425} \times L^{0,725}$$

waarbij O het lichaamsoppervlak in vierkante meters, G het lichaamsgewicht in K.G. en L de lichaamslengte in centimeters voorstelt.

ling. Omgekeerd heeft de basale metabolimetrie daardoor nu ook klinisch groote diagnostische beteekenis verkregen voor de onderkenning van stoornissen in de interne secretie, met name van de schildklier (wij komen daarop nog nader terug in het aan de interne secretie gewijde hoofdstuk). Daarnaast heeft de metabolimetrie ons ook geleerd, dat de verschillende bestanddeelen van het voedsel niet alleen invloed op de respiratoire quotient uitoefenen, maar ook op het stofwisselings-peil. Dit is de z.g. specifieke dynamische werking (Rubner), die vooral bij eiwit uitkomt.

Ze berust vermoedelijk op de vorming van intermediaire stofwisselingsproducten, die als het ware als katalysatoren op de oxydatie-processen in de weefsels werken. Na een eiwitrijken maaltijd stijgt de grondstofwisseling dientengevolge met 15-20%. We komen daarop echter direct nog terug bij de bespreking van de beteekenis, die de verschillende voedingsbestanddeelen voor de stofwisseling hebben.

Calorimetrie. — Wij wezen er boven reeds op, dat de z.g. grondstofwisseling een functie is van het door het lichaams-oppervlak bepaalde warmteverlies. Wie zich een helder beeld wil vormen van aard en omvang der stofwisselings-processen, die zich in het lichaam vertoonen, komt er spoedig toe, die energetisch te bezien en alle energie om te rekenen in „warmte-eenheden”. Ook voedingswaarde en arbeidskracht kunnen daarin worden omgerekend. Dat een dergelijke berekening een grofschematisch karakter heeft willen we nu reeds onderstrepen. Zoomede de beperkte geldigheid der wetten, die men op deze wijze kan vaststellen. Maar

dat verandert toch niets aan de groote praktische waarde van de z.g. calorimetrie voor de stofwisselingsphysiologie.

Onder calorie¹⁾ verstaat men de hoeveelheid warmte, die noodig is om één gram water één graad Celsius in temperatuur te doen stijgen. De warmte nu, die geproduceerd wordt bij verbranding van de verschillende voedingsmiddelen, zoowel in als buiten het lichaam wordt in deze warmte-eenheden uitgedrukt. Ook de arbeids-praestaties van het lichaam, vanwege het feit, dat voor het leveren van een bepaalde hoeveelheid arbeid een bepaalde hoeveelheid voedsel van een bepaalde verbrandingswarmte verbruikt wordt.

Op grond van talrijke proeven is men tot de berekening gekomen van een gemiddelde verbrandingswaarde van:

1 gram eiwit ²⁾	overeenkomende met	4,1	calorieën
1 „ vet	„	„	9.3 „
1 „ koolhydraat	„	„	4.1 „

Deze cijfers van Rubner worden algemeen in de calorimetrie gebruikt, omdat zij het onderzoek en de berekeningen in hooge mate vergemakkelijken. Zonder die cijfers zou het noodzakelijk zijn aan alle stofwisselings-proeven een hernieuwde analyse van de samenstelling en van de verbrandingswarmte van het voedsel der proefpersonen te doen voorafgaan. Nu stelt men met behulp van de bestaande

¹⁾ Dit is de z.g. kleine calorie, die door een kleine c wordt aangeduid. Een groote calorie, aangeduid door C = 1000 c en dus voldoende om een liter water één graad in temperatuur te doen stijgen.

²⁾ De calorische waarde van plantaardig eiwit is iets kleiner dan die van dierlijk eiwit. Het cijfer van 4,1 geldt voor de gemiddelde gemengde kost van den mensch, die ongeveer 1½ maal zooveel plantaardig als dierlijk eiwit bevat.

tabellen een diëet samen, dat een bepaald aantal grammen eiwit, vet en koolhydraat bevat, men slaagt er dan in door een eenvoudig rekensommetje de calorische waarde van dat diëet vrij nauwkeurig vast te stellen. Wat wel vaak afzonderlijk wordt bepaald, omdat het nog van groote beteekenis is voor de beoordeeling van het verloop der stofwisselings-processen, is het stikstof-gehalte¹⁾ van voedsel en uitscheidings-producten. Men kan n.l. door vergelijking van het stikstof-gehalte van het voedsel met dat van de afscheidings-producten (urine en faeces) vaststellen of het lichaam in z.g. stikstofevenwicht verkeert d.w.z. of de hoeveelheden opgenomen en uitgescheiden stikstof even groot zijn. Bij een constant eiwit-gehalte van het voedsel is dat bij normale proefpersonen en proefdieren binnen enkele dagen het geval. Zoolang dat niet het geval is, is het veel moeilijker uit stofwisselingsproeven betrouwbare gevolgtrekkingen te maken. Keeren we nu terug tot onze algemeene beschouwingen over theorie en techniek van de calorimetrie. We hebben gezien hoe men eenerzijds de calorische waarde van het voedsel (en ook het zuurstof-gebruik) kan meten. Anderzijds is het voor de beoordeeling van de stofwisseling ook noodig zich een oordeel te vormen over de warmte-productie en vooral over het warmteverlies door het lichaam van proefpersoon of proefdier. Hiertoe wordt voor dit doel die persoon of dat dier opgesloten in de z.g. calorimeter van Atwater en Benedict. Dit is een kamertje of kast, waarvan alle wanden, de vloer en

¹⁾ De verhouding tusschen eiwit- en stikstof-gehalte is niet constant. Toch neemt men vaak voor eenvoudige berekening aan, dat het eiwit-gehalte kan worden benaderd door het stikstof-gehalte met 6.25 te vermenigvuldigen.

de zoldering zijn vervaardigd uit een stof, die geen warmte geleidt. Voor luchtverversching wordt gezorgd door de zuurstofarme, koolzuur- en waterdamp-rijke lucht weg te zuigen, te ontdoen van koolzuur en water en vermengd met een afgemeten hoeveelheid zuurstof weer in het vertrekje terug te persen. De in het vertrekje geproduceerde warmte wordt door een goed warmte-geleidend buizenstelsel, waarin water circuleert, opgenomen en (met behulp van een thermometrisch apparaat) geregistreerd. Uit het temperatuursverschil tusschen het toestroomende en wegstreamende water en uit de hoeveelheid water, die gedurende een zeker tijdsverloop in het vertrekje circuleert, kan men dan gemakkelijk de hoeveelheid geproduceerde warmte berekenen, zoowel bij rust als arbeid ¹⁾ van proefpersoon of proefdier. Als men de waterstroom zóó regelt, dat het temperatuursverschil tusschen het toe- en weg-stroomende water constant blijft, is de berekening al zeer eenvoudig en kan men volstaan met de verhouding tusschen het temperatuurverschil en de hoeveelheid water te berekenen. Bij vermenigvuldiging met een bepaalde factor, die men bij vroegere proeven gevonden heeft kan men dan zonder moeite de geproduceerde hoeveelheid warmte berekenen. Anderzijds kunnen tevens zuurstof-verbruik en koolzuur-productie gemeten worden. Beide onder alle mogelijke omstandigheden, voor zoover die in de calorimeter kunnen worden nagebootst, uren, ja dagen lang (in een calorimeter van voldoende capaciteit kan men ook eten en sla-

¹⁾ Men kan in zoo'n calorimetrisch kamertje, als het maar groot genoeg is, verschillende toestellen (zooals bijv. een z.g. arbeidsfiets), die tegelijkertijd de hoeveelheid arbeid, die er op verricht wordt registreren, opstellen.

pen). Het is deze proefopstelling geweest, die in hooge mate ons inzicht in aard en omvang van de stofwisseling onder verschillende levensomstandigheden (bij rust of beweging, bij gebruik van verschillend voedsel of bij honger lijden) verdiept heeft. Met name heeft zij ons ook, zooals we nog zien zullen, een denkbeeld gegeven van de waarde en de wenschelijkheid der samenstelling van ons voedsel onder verschillende levensomstandigheden.

We moeten hier wel volstaan met een kort overzicht van de meest belangrijke gegevens, die metabolismetrie en calorimetrie geleverd hebben.

Stofwisseling bij voedselonthouding. — Hongerkunstenaars hebben vaak het dankbare proefobject der physiologen gevormd en ons inzicht in die verhoudingen belangrijk verdiept. Natuurlijk alleen, wanneer afdoende contrôle alle gewenschte waarborgen schiep, dat het den kunstenaar werkelijk ernst was met zijn „kunst” en hij niet smokkelde. Men heeft trouwens ook de noodige contrôleproeven op dieren gedaan, die tot geheel overeenkomstige uitkomsten geleid hebben.

Een hongerlijdend mensch of dier is er van zelf op uit zijn behoefte aan voedsel tot een minimum te beperken. Geestelijke en lichamelijke rust is dus zijn wensch en streven. De stofwisseling stelt zich zodoende allereerst in op de basis der boven beschreven grondstofwisseling. Met dien verstande, dat het lichaam daarbij niet teert op het geregeld van buiten toegevoerde voedsel, maar op de in het lichaam aanwezige reserve-voorraden. De eerste paar dagen wordt de glycogeen-voorraad van de lever aangesproken. Daarna verdwijnt vóór alles de vet-voorraad, opgeslagen in onderhuidsche vetweef-

sel en in de tusschenruimten tusschen schier alle organen en weefsels. Is die voorraad niet voldoende, dan kan het organisme nog geruimen tijd teren op die weefsels en organen zelf.

Op overeenkomstige wijze dus als men nog geruimen tijd bij ontstentenis van brandstof-aanvoer van buiten zijn kachel brandende kan houden, door deuren en trappen, raamkozijnen en vloerplanken op te stoken, zóó slaagt ook het lichaam er in het levenslampje brandende te houden door — te beginnen met de minst levensgewichtige deelen — te verteren. De lever schrompelt, de spieren worden kleiner en slapper, ook organen als alvleeschklier en longen worden kleiner; het verlies bij de edelste organen (te weten hersenen en hart) is het kleinste. Ten slotte blijft er in den meest letterlijken zin des woords niet veel anders over dan vel over been. Men moet de verschrikkelijke afbeeldingen van slachtoffers van hongersnooden in China of Rusland maar eens zien.

„Honger is een scherp zwaard” zegt het spreekwoord. Dat geldt meer van gedeeltelijke dan van volledige onthouding van voedsel. De eerste paar dagen zijn het ergst, later kan het verlangen naar voedsel in den zin, die wij gewoon zijn aan het begrip honger te hechten, heel gering of afwezig zijn. De hongerdood moet ook daarom veel minder erg zijn dan men dien pleegt voor te stellen, omdat langzamerhand met de activiteit van alle functies ook de prikkelbaarheid van hersenen en zenuwstelsel afneemt: apathie en slaperigheid is het gevolg.

Bij het bovenstaande wordt verondersteld, dat aan mensch en een dier alleen *voedsel* onthouden wordt, doch dat hij wel van vocht voorzien wordt.

Zonder *voedsel* kan men het betrekkelijk lang volhouden, te langer naarmate de reserve-voorraden van het organisme grooter zijn. Zonder *vocht* kan men het slechts zeer korten tijd uithouden. Dorst is zeker een veel scherper zwaard dan honger. Dorst doodt snel, honger langzaam.

De invloed van voedsel op de stofwisseling. — **Eiwit** doet om voor de hand liggende redenen tweeërlei. Het is energie-producent, op gelijke wijze als — en ter aanvulling van — vet en koolhydraat. Het levert bouwstof, voor opbouw of herstel van weefsels en organen. *Opbouw*, voorzoover die organen en weefsels nog groeien. *Herstel*, aangezien ook weefsels en organen door den tand des tijds aangetast worden. Geregeld gaan een groot aantal cellen te gronde, die weer door nieuwe moeten worden vervangen. Deze tweede functie is belangrijker en levensgewichtiger dan de eerste. Vet en koolhydraat zijn economischer en meer voor de hand liggende energie-producenten. Zij kunnen echter niet voor bouwstof gebruikt worden. Eiwittekort in het voedsel wreekt zich dus steeds door groei-stoornissen of gebrekkig onderhoud. Eiwit-over-schot in het voedsel wordt gewoonweg als brandstof gebruikt.

Bij de spijsvertering hebben we gezien, dat eiwit —alvorens in het lichaam te worden opgenomen— eerst afgebroken wordt tot aminozuren. In de darmwandcellen, die deze oplosbare producten uit de spijsbrij opnemen, heeft re-synthese plaats tot bloedeiwit. Bij de stofwisseling wordt een deel der aminozuren via ammoniak omgezet in ureum. Deze omzettingen hebben in hoofdzaak in de lever plaats. Het is in dezen vorm, dat de stikstofhou-

dende stofwisselingsresten van het voedsel-eiwit ons lichaam met de urine verlaten. Dat wil echter nog niet zeggen, dat alle in de urine aanwezige ureum afkomstig is van de voedsel-eiwit-verbranding in het organisme. Men moet niet vergeten, dat dagelijks tallooze lichaamcellen te gronde gaan en dat ook bij de opruiming dier cellen een niet onaanzienlijke hoeveelheid eiwit in de oven van het organisme verbrand wordt. Ook dit proces spiegelt zich in de urine af door de aanwezigheid van stikstofhoudende eindproducten, met name ureum. Ook bij hongerlijders, waarbij dus de verbranding van voedsel-eiwit wegvalt, komt dus — en zelfs na uitputting van andere reservevoorraden in vrij sterke mate — (lichaams-) eiwitverbranding voor.

Hier verdient bij aangeteekend te worden, dat men in het organisme eigenlijk geen eiwitreserve kan onderscheiden op dezelfde manier als een vet- en koolhydraat-reserve. We bezitten nergens in het lichaam ongeorganiseerd-eiwit-depôts op dezelfde wijze als we in de lever een suikerdepôt en in de onderhuidsche vetlaag een vetdepôt (kunnen) hebben. Maar dat neemt niet weg, dat het toch bij dieren mogelijk is, dat een deel van het eiwit-overschot in het voedsel niet verbrand en verbruikt wordt, doch vastgelegd, met name door groei van spier-substantie. Deze reserveering kent echter vrij nauwe grenzen. Zoodra die bereikt zijn keert spoedig het stikstof-evenwicht (zie boven) terug en wordt weer een zelfde hoeveelheid stikstof uitgescheiden als opgenomen.

Men heeft geleerd ook in dit opzicht voorzichtig te zijn bij de beoordeeling van de geldigheid voor den mensch van de bij proeven op dieren gevonden regels. Om een voorbeeld te noemen: de meeste

vleeschetende dieren kunnen van eiwit alleen leven. Zij zijn dus in staat uit dezen bron niet alleen hun behoefte aan brandstof, maar ook die aan bouwstof te voldoen. En dat tot de grens toe, die door het vermogen van hun maagdarmkanaal om eiwit te verteren wordt gesteld. De mensch daarentegen kan van (mager) vleesch alleen niet leven. De calorische waarde daarvan is onvoldoende om — ook als hij vleesch eet tot de grens van zijn kunnen toe — de energie-productie op een peil te brengen, die vereenigbaar is met een werkzaam leven. Hierin vindt het feit zijn verklaring, dat bij vermageringsdiët een menu pleegt te worden voorgeschreven, dat uitmunt door eiwitrijkdom, naast vet- en koolhydraatarmoede.

Een ander verschil tusschen dier en mensch is, dat, terwijl zooals we gezien hebben in het dierlijk organisme wel een eiwitreserve gevormd wordt (groei van spieren), van het bestaan van een dergelijke reserve bij den *volwassen* mensch nooit iets gebleken, laat staan bewezen, is. In het *groeïend* organisme daarentegen heeft natuurlijk wel eiwitopslag plaats, terwijl ook het eiwitverlies, dat zooals we gezien hebben bij hongerlijden (uitputting en ziekte) optreedt, zoodra de vet- en koolhydraatreserve uitgeput is, bij hernieuwde overvloedige eiwittoevoer (en dus ook bij herstel na ziekte) weer wordt aangevuld. Maar ook in dit geval is eigenlijk geen sprake van een eiwitreserve, die op één lijn kan gesteld worden met de vet- of koolhydraatreserve.

Nu moeten we ook nog even terug komen op de reeds in het voorbijgaan genoemde z.g. *specifieke dynamische werking van eiwit op de stofwisseling*. Daaronder verstaan we, dat bij eiwitvoeding de

grondstofwisseling naar verhouding niet onaanzienlijk stijgt boven het peil gedurende de voorafgaande periode van voedselonthouding. Ook bij vet- of koolhydraatvoeding zien we een dergelijke, maar naar verhouding veel geringere, stijging.¹⁾ Men heeft geen reden om te veronderstellen, dat hierbij de arbeid, gepraesteerd door de spijsverteringsorganen, eenig gewicht in de schaal legt. Vermoed wordt, dat intermediaire stofwisselingsproducten, die bij de eiwit-ontleding ontstaan, de oorzaak van deze specifieke dynamische werking zijn. Is de voedingswaarde van alle eiwitten gelijk? M.a.w. doet het er bij de keuze van ons voedsel weinig toe uit welke bron de eiwitten afkomstig zijn? Zijn de verschillende plantaardige en dierlijke eiwitten volwaardig en gelijkwaardig? Deze vragen zijn zeker de beantwoording waard, omdat ze van praktische beteekenis zijn voor het voedingsvraagstuk, althans in tijden van oorlog en voedselschaarschte, waarbij men op distributie is aangewezen.

Het antwoord is ontkennend. We moeten ons deze zaak zoo voorstellen, dat alle eiwitten — zeer samengestelde scheikundige complexen — opgebouwd zijn uit een reeks eenvoudige bouwstenen, meestal niet van dezelfde, maar van verschillende soort. Al die bouwstenen luisteren wel naar eenzelfde verzamelnaam — aminozuren — maar er zijn zeer veel verschillende aminozuren, die in bepaalde combinatie, bepaalde eiwitten vormen. De verschillende aminozuren gaan noch in de natuur, noch in het menselijk lichaam in elkaar over. Het

¹⁾ Bij gelijke calorische waarde van het toegediende voedsel is die stijging bij eiwitvoeding ongeveer 25 %, bij vet en koolhydraatvoeding ongeveer 5 %, dus een verhouding van 5 : 1.

gevolg is, dat slechts die eiwit-voeding als volwaardig kan worden beschouwd, waarvan het eiwit resp. de eiwitten, die zij bevat, alle voor den opbouw van lichaamseiwit noodzakelijke aminozuren bevat. Er mogen natuurlijk in de voeding nog wel meer andere aminozuren aanwezig zijn, maar er mag geen enkel aminozuur, dat voor den opbouw van lichaamseiwit noodzakelijk is, in ontbreken.

Bij al deze stofwisselings-proeccssen speelt ook de reactie van de intermediaire en uiteindelijke stofwisselings-producten een niet onbelangrijke rol. Er is voor het organisme alles aan gelegen in weefsels en organen en vooral in het bloed, het evenwicht tusschen zuur en alcali, dus de goede waterstofionconcentratie te handhaven. Zoodra blijvend dat overwicht verbroken wordt — met name door overmatige productie van zuren, waar geen voldoende hoeveelheid alcali tegenover staat, — treden ernstige, op den duur levensgevaarlijke verschijnselen op, (z. g. zuurvergiftiging of acidose, die wij in de menschelijke ziekteleer speciaal bij suikerziekte kennen).

Om daartegen te waken beschikt het normale, gezonde lichaam over een niet onbelangrijke alcali-reserve. Daaruit wordt naar behoefte geput, om een dreigend evenwichtsverlies in de waterstofionconcentratie te voorkomen. Deze alcalireserve bestaat uit de ammoniak, die bij de eiwitstofwisseling vrij komt en, voorzoover niet gebruikt voor de neutralisatie van vrije zuren, in de lever wordt omgezet in ureum om dan ten slotte het lichaam met de urine te verlaten. Ook de ammoniak verlaat met de overtollige zuren, die het lichaam herbergt het lichaam. Zoo is het ammoniakgehalte van de urine

dus een maatstaf voor de hoeveelheid, op andere wijze niet gebonden, zuur, dat zich blijkbaar in het lichaam heeft gevormd (voor zoover men dat er niet kunstmatig ingebracht heeft).

Ten slotte moet nog iets gezegd worden over een zeer bepaald lichaamseiwit, dat zijn aanwezigheid en omzetting bij het geregeld te gronde gaan van lichaamscellen telkens weer openbaart. De celkern is n.l. gevormd uit zeer samengestelde eiwitten. Die zijn op hun beurt niet uit gewone aminozuren opgebouwd, maar uit daaraan chemisch wel eenigszins verwante stoffen. Men pleegt die met het begrip purinen aan te duiden. Als eindproduct van de stofwisseling wordt uit deze purinen geen ureum, maar urinezuur gevormd. Het urinezuur, dat met de urine wordt uitgescheiden is gedeeltelijk afkomstig van de kernsubstanties uit het voedsel, gedeeltelijk van de kernsubstantie van de te gronde gegane lichaamscellen. Terwijl deze laatste hoeveelheid bij gezonde menschen vrij constant is (bij ziekten, waarbij veel lichaamscellen te gronde gaan is de hoeveelheid wel verhoogd) wisselt de hoeveelheid kernsubstantie in het voedsel en daarmee ook het urinezuur-gehalte van de urine sterk. Bij sommige stofwisselingsstoornissen wordt daarom een purinevrij diët voorgeschreven.

Vet is geen minder belangrijk voedingsbestanddeel, al is het niet in staat bouwstof voor den opbouw van het organisme te leveren. 't Zelfde geldt van de koolhydraten. Als brandstof en ook als reserve-voorraad zijn beide even onontbeerlijk zoo goed als eiwit voor bouwstof. Men moet nu eenmaal de één hebben en kan de ander niet missen. Ons voedsel moet derhalve gemengd zijn en alle

drie — eiwitten, vetten en koolhydraten — bevatten in de juiste verhoudingen.

Op de reeds uiteengezette wijze, (zie het hoofdstuk over de spijsvertering), waarop vet uit het voedsel wordt opgelost, zullen we hier niet terugkomen. Ook de vet-resorptie werd daar reeds besproken, alsmede het feit, dat het vet dan niet direct in de bloedbaan, maar langs chyl- en lymphbaan ten slotte toch in de groote holle ader wordt uitgestort. Na een vetrijken maaltijd zelfs in zoo groote hoeveelheid, dat de van roode bloedlichaampjes bevrijde bloedwei (serum) er melkachtig troebel van ziet. Die melkachtige troebelheid en daarmee het vetgehalte van het bloed is echter slechts van zeer korten duur.

Een deel wordt direct verbrand ter voorziening in de energie-behoefte van het lichaam — zie beneden — een ander deel veilig als een appeltje voor den dorst opgeborgen in de gebruikelijke vetdepôts: de groote ronde vetcellen, die in grooten getale het losmazige onderhuidsche bindweefsel en de tusschenruimten tusschen vele organen en weefsels vullen (zie fig. 57).

Men heeft in de laatste jaren met fijne kleuringsmethoden aangetoond, dat ook in de groote klieren als bijv. de lever groote hoeveelheden fijne vetkorreltjes *in de cellen* zelf gevonden worden, omgekeerd evenredig met den suiker-voorraad (glycogeen) (zie blz. 171) in die cellen.

De waarde van vet als reserve-brandstofvoorraad is daarom voor het menschelijk organisme zoo bijzonder groot, omdat de eiwit-voorraad, die voor dit doel (energie-productie) beschikbaar is van geenerlei beteekenis is. Bovendien is de suikervoorraad slechts voor kortstondige inspanning toerei-

kend. De lever en de spieren kunnen samen hoogstens 500 gram glycogeen herbergen. Daarentegen is het vermogen van het organisme om vet op te stapelen zoo niet onbepikt, dan toch enorm groot. Zoolang ziekelijke wanstaltigheid en abnormale vetafzetting in en om levensgewichtige organen als het hart de gezondheid en het leven niet op min of meer ernstige wijze bedreigen, is eigenlijk van een natuurlijke grens geen sprake. Overmatige voeding

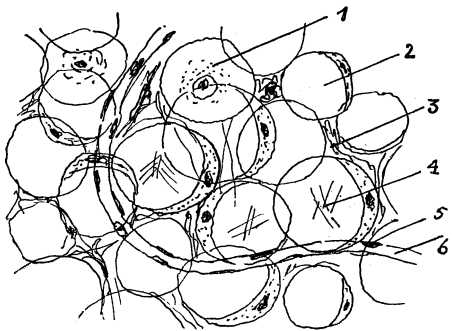


Fig. 57. Vetcellen. (microscopisch beeld bij sterke vergrooting).
 1. dwars gesneden; 2. overlangs gesneden (zegelringvorm); 3. bindweefsel tusschen de cellen; 4. vetzuurkristallen in de cellen;
 5. endotheelcellen der haarvaten; 6. haarvat.

— gepaard met gering energieverbruik — hebben dan ook bijna steeds in zooverre succes, dat ze iemand dik en rond maken. Wel bestaat er nog al wat verschil met betrekking tot de snelheid, waarmede eenzelfde overmatige voeding en levenswijs bij verschillende personen gepaard gaat met stijging van het lichaamsgewicht. De één is veel gemakkelijker vet te mesten dan de ander. Afgezien van de hoeveelheid lichaamsbeweging, is hierbij het stof-

wisselingspeil — zoowel bij rust als beweging — niet te onderschatten. Dat peil draagt in zooverre een individueel stempel, dat daarop, zooals we gezien hebben, de klieren met inwendige afscheiding — schildklier en geslachtsklieren vooral — een aanzienlijke invloed uitoefenen. Zoo zien we bij overmatige schildklier-functie een zóó hoog stofwisselingspeil, dat ook krachtige voeding tot de grens der verteerbaarheid door het maagdarmkanaal toe, vaak niet in staat is vermagering te voorkomen. Anderzijds kan de schildklierfunctie ook zóó gering zijn, dat het stofwisselingspeil bijzonder laag is. Dan treedt vetaanzetting gemakkelijk op.

De samenwerking en onderlinge verwantschap tusschen de verschillende klieren met inwendige afscheiding, die we in hoofdstuk VIII nog nader zullen leeren kennen, verklaart, waarom bij het vorderen der jaren de kans op dik worden toeneemt. De groote hoeveelheden energie, die dan bijv. bespaard worden door gelijdelijk minder worden en ten slotte ophouden van de functie der geslachtsorganen, onttrekken dan een overeenkomstige hoeveelheid vet niet meer aan den voorraad in de depôts. Bovendien zijn slechts weinig menschen bij het vorderen der jaren zóó verstandig om de tering naar de nering te zetten, en bij hun voeding rekening te houden met de verminderde voedsel-behoefte (o.a. door afnemen van de hoeveelheid lichamelijken arbeid). Daar komt nog iets anders bij: niet alleen draagt het vet uit het voedsel bij tot het vullen der vetdepôts, ook eiwitten en koolhydraten komen bij overmatig gebruik daarbij een handje helpen. Ze worden dan door het organisme eenvoudig in vet omgezet. Het merkwaardige is, dat deze omzetting jaren lang is betwijfeld en

dat men ook thans, nu ze vaststaat, nog steeds het antwoord schuldig blijft op de vraag hoe en waar die omzetting eigenlijk in en door het organisme klaar gespeeld wordt. Eén ding weten we wel n.l., dat bij de omzetting van koolhydraat in vet zuurstof vrijkomt. Dientengevolge ondergaat het respiratoire quotient (de verhouding tusschen de hoeveelheid ingeademde zuurstof en de hoeveelheid uitgeademd koolzuur) een wijziging. Over de wijze, waarop — zoowel onder normale als onder abnormale verhoudingen (speciaal bij suikerziekte) — ook eiwit omgezet wordt, zoowel in koolhydraten als in vet, zijn we nog slechter georiënteerd dan over de wijze van omzetting van koolhydraten in vet alleen.

Het eenige, wat zoo langzamerhand ook op dit terrein waarschijnlijk wordt, is, dat ons organisme het merkwaardige vermogen bezit alle drie voedingsmiddelen in elkaar om te zetten. Alleen het hoe en het *waar* blijft duister.

Onder normale omstandigheden hebben de meeste dezer omzettingen weinig zin. Alleen de overmaat moet liefst zóó worden veranderd, dat ze geschikt is voor reserve-voorraad. Dus in vet. Omzetting in eiwit en koolhydraat heeft immers geen zin, want die kunnen toch niet worden opgeslagen.

Onder abnormale omstandigheden hebben abnormale omzettingen plaats. Met name wordt bij suikerziekte eiwit — en ook vet — in koolhydraat veranderd, met al de daaraan verbonden nadeelige gevolgen. Verhoogde suikerproductie, gestoorde suikerverbranding en verminderd vermogen van de lever om suiker in glycogeen (in den eenigen vorm, die nog in beperkte hoeveelheden kan worden opgeslagen) om te zetten, hebben dan ten ge-

volge, dat het bloedsuikerpeil stijgt boven de drempeelwaarde, waarbij de nier het overtollige met de urine gaat verwijderen. Zoo komen we van zelf toe aan de suikerstofwisseling.

Koolhydraten zijn niet alleen vanwege het feit, dat suiker aller verhemelte streelt een zeer belangrijk deel van ons voedsel. Men kan gerust zeggen, dat we deze energie-producent al bijna evenmin kunnen missen als vet en eiwit. Men bedenke daarbij twee dingen. Zoowel onze smaak als ons spijsverterings-apparaat verzet zich tegen al te groote vetrijkdom van het voedsel. Alleen voor bewoners van de poolstreken en naburige noordelijke landen is vet een uitgezochte en onmisbare lekkernij, die in de gegeven omstandigheden ook bij uitstek in aanmerking komt om in de behoefte aan brandstof voor het organisme te voorzien. In onze gematigde zône daarentegen is vet (in hoofdzaak van dierlijke herkomst als boter, reuzel, levertraan), ook in verhouding tot zijn hooge calorische waarde, een duur voedingsmiddel, terwijl de kunstmatig verharde plantaardige vetten als cocosolie, slaolie, palmolie, niet in elk opzicht de dierlijke vetten kunnen vervangen en slechts in beperkte hoeveelheden beschikbaar zijn.

Daarentegen geven de inheemsche koolhydraat-leveranciers (graan, aardappelen, beetwortelen) een onmisbaar volksvoedsel, dat bij voldoende cultuur van onzen bodem, ook bij uitschakeling van de uitheemsche concurrentie (rietsuiker, rijst) tot op zekere hoogte reeds in de behoefte van ons volk kan voorzien. Ze leveren een goedkoop, smakelijk en gemakkelijk verteerbaar voedsel, dat geschikt is om de noodige brandstof te verschaffen voor de energieproductie in ons lichaam.

Al die koolhydraten worden zooals reeds in hoofdstuk II werd besproken in het maagdarmkanaal omgezet met behulp van koolhydraatsplitsende (glycolytische) fermenten in eenvoudige suikersoorten. Van die suikersoorten noemen we (glucose), vruchtensuiker (fructose) en melksuiker (galactose). Deze worden als zoodanig geresorbeerd, dus in het bloed opgenomen. De cellen van ons lichaam zijn in staat deze drie suikers in elkaar om te zetten. Dat gebeurt trouwens ook „vanzelf”. Laat men een waterige oplossing van een dezer suikersoorten eenigen tijd rustig staan, dan blijkt bij onderzoek, dat men er ook de beide andere genoemde soorten in vindt. Maar het organisme kan nog iets anders, wat van grooter belang is en nog niet kunstmatig kan worden bereikt, n.l. de omzetting van deze eenvoudige suikersoorten in een meer samengestelde. Deze luistert naar den naam „glycogeen”, een wit, smaakloos en kleurloos poeder, dat in zekere hoeveelheden in spieren en lever als reservevoorraad kan worden opgeslagen. Deze omkeerbare omzetting is doelmatig, omdat de capaciteit van ons organisme om suiker in opgelosten staat te herbergen zeer beperkt is. Zoodra het suikergehalte van het bloed een bepaalde waarde overschrijdt, haasten de nieren zich het overige uit het lichaam te verwijderen. En waar het er voor het organisme zoo zeer op aankomt om het boedsuikergehalte op peil te houden, daar zou het vermogen van ons lichaam om koolhydraten te gebruiken als energiebron al te zeer aan banden gelegd zijn, indien het niet mogelijk was de tijdelijke overmaat aan suiker op te slaan in een daarvoor geschikt vorm.

Ons lichaam heeft trouwens niet alleen te wa-

ken voor overmatig bloedsuikergehalte, maar ook voor het te ver dalen van het bloedsuikergehalte. Daarom is het ook doelmatig, dat ons organisme niet alleen in staat is glycogeen te produceeren uit suiker, maar ook uit eiwit, misschien ook uit vet. Daartegenover staat dan weer het nadeel, dat bij suikerziekte, waarbij de geheele suikerstofwisseling zoo intensief mogelijk gestoord kan zijn, koolhydraat-vrij voedsel vaak niet in staat is de suikeruitscheiding met de urine te doen ophouden. En dat om de eenvoudige reden, dat dan toch nog uit eiwit en vet suiker gevormd wordt.

Het voornaamste glycogeen-depôt is de lever, ook de spieren kunnen gedurende rust een aanzienlijke hoeveelheid glycogeen bevatten. Samen echter niet veel meer dan een 500 gram. Deze voorraad is wel voldoende om den eersten stoot aan de energie-productie toegebracht (bij plotseling geveerde groote krachtsinspanning) op te vangen, maar ook niet meer dan dat. Voor verdere energie-productie moet dan reeds zeer spoedig een beroep worden gedaan op het vetdepôt.

Het normale bloedsuikerpeil van het arterieele bloed schommelt tusschen 0,12 en 0,15 percent. De drempelwaarde van de nieren is bij 0,2 gelegen. Nadeelige gevolgen dreigen bij te laag dalen van het bloedsuikerpeil beneden 0,08. Het is de lever, die het bloedsuikerpeil met behulp van de beschikbare glycogeen-voorraad regelt door naar behoefte op te stapelen of af te staan. Deze leverfunctie wordt beheerscht door de interne secretie der eilandcellen van Langerhans van de alvleeschklier. De werking van het intern secreet van die cellen (eilandstof of insuline) wordt in evenwicht gehouden door het intern secreet van de bijniere (adrenaline).

Insuline-afschieding (of inspuiting) doet het bloedsuikergehalte dalen, adrenaline-afschieding (of -inspuiting) doet het stijgen.

Ondertusschen zijn er verschillende interessante uitzonderingen op de boven aangegeven regelen. Om te beginnen is de snelheid beperkt, waarmede de lever de suiker uit het bloed, uit den darm afkomstig, kan omzetten in glycogeen en opslaan. Bij zetmeel-rijkdom der maaltijden openbaart zich dat niet zoo gemakkelijk. Ook de spijsverteringsorganen hebben tijd noodig om zetmeel in suiker om te zetten. De aldus gevormde suiker wordt geleidelijk geresorbeerd en met den bloedstroom naar de lever gezonden. Bij toediening resp. gebruik door den mond van groote hoeveelheden suiker of suikerhoudende spijzen of dranken daarentegen kan de suiker-resorptie onder zekere omstandigheden zoo snel van stapel loopen, dat de lever als het ware overstromd wordt door zóó suikerrijk darmbloed, dat zij niet bij machte is den aanvoer bij te houden. Een deel van de suiker ontsnapt dan aan het streven van de lever om alle suiker in glycogeen om te zetten en op te stapelen: verhooging van het bloedsuikerpeil (hyper-glycaemie) is het gevolg. Die verhooging is slechts van korten duur, omdat de nieren zich weer haasten het overtollige te verwijderen (alimentaire glycosurie). Aan den anderen kant komen er ook gevallen voor, waarin de nieren suiker uitscheiden zonder dat het bloedsuikerpeil verhoogd is. Dit moet daaraan worden toegeschreven, dat bij sommige personen — waarom weten we niet — de drempelwaarde, waarbij de nieren suiker gaan uitscheiden, niet bij 0,2 maar lager ligt (z.g. renale glycosurie, die niets met suikerziekte te maken heeft). De meeste suikeruit-

scheiding met de urine (glycosurie) berust echter wel degelijk op suikerziekte (diabetes). Deze ernstige stofwisselingsziekte berust, voor zoover onze kennis thans gaat, meestal primair op ziekelijk veranderde functie van de alvleeschklier (dus op onvoldoende insuline-afscheiding). Het bloedsuikerpeil kan stijgen tot 0,4 à 0,5 m.a.w. de overstroming van het bloed met suiker is zóó groot, dat de nieren er niet in slagen het overtollige op te ruimen ondanks het feit, dat ze hun uiterste best doen. Voor het afscheiden van al die suiker is veel vocht noodig: de urine is helder en bevat slechts een geringe concentratie aan normale urinebestanddeelen. Daarentegen is toch — door het suikergehalte (soms 5-10%) — het soortelijk gewicht hoog. Ook een belangrijk deel van het eiwit uit de voeding wordt in suiker omgezet in ernstige gevallen. De vetstofwisseling is dan tevens in dien zin gestoord, dat zich zure intermediaire stofwisselingsproducten vormen, waar geen voldoende alcali-reserve tegenover staat (zuurvergiftiging of acidose is het gevolg). We kunnen hier niet stilstaan bij de moderne behandeling van deze ziekte, door regeling van het diët en voor zoover men daarmee zijn doel niet bereikt, door insuline-inspuiting.

Dit kleine uitstapje op het gebied der ziekteleer en der pathologische physiologie had echter ten doel:

1e een vaag beeld te geven van de samengesteldheid der stofwisselingsverhoudingen op dit gebied;

2e de doelmatigheid der normale verhoudingen te doen uitkomen tegen den achtergrond van de nadeelen en gevaren, die dreigen bij verstoring van het bestaande evenwicht;

ze te wijzen op de samenwerking tusschen de verschillende klieren met inwendige afscheiding, die zoo gewichtig zijn bij de regeling der stofwisseling, zoowel van eiwitten, vetten als koolhydraten.

Alle drie normale voedingsbestanddeelen zijn onmisbaar, al kunnen zij elkander gedeeltelijk zoowel kwantitatief als kwalitatief vervangen. Onjuist is dus de vroegere, primitieve voorstelling, dat protoplasma — het levende eiwit, waaruit alle leven is opgebouwd — slechts eiwit en eiwitbestanddeelen behoeft om in leven te kunnen blijven en te functioneeren. Vetten, koolhydraten (ook zouten en water) vormen van dat protoplasma een even essentieel en integreerend bestanddeel. En voor dat protoplasma een even onmisbare levensvoorwaarde. Maar ook zij, die meenden alle leven en levensverrichtingen op de genoemde voedingsbestanddeelen en hun calorische waarde te kunnen herleiden, hebben ongelijk gekregen. Daarop komen we echter bij de bespreking der vitaminen direct nog terug.

Arbeid en stofwisseling. — Arbeid, spierarbeid vraagt zeer aanzienlijke hoeveelheden energie en dus behalve brandstof en zuurstof een verhoogd peil der verbranding d.i. der stofwisseling. Dus moet het lichaam er op berekend zijn dat stofwisselingspeil snel op den gevraagden arbeid in te stellen. Ook deze verhoudingen laten zich weer het gemakkelijkst bestudeeren door de gaswisseling in het middelpunt van de belangstelling te plaatsen.

We zien dan, dat bij zwaar werk zuurstof-opname en koolzuuruitscheiding snel stijgen tot een maximum van het 10 à 15 voudige van wat ze waren gedurende rust. Over de kwantitatieve ver-

houding tusschen zuurstof-opname en koolzuuruitscheiding hier nu niet meer. Die is, zooals we reeds mededeelden, afhankelijk van den aard der voeding. Wel is het van belang even stil te staan bij de verhouding tusschen de hoeveelheid geprae-steerde arbeid en de daarvoor gependeerde hoeveelheid *extra energie*. Onder extra energie verstaan we dan die hoeveelheid, welke men berekenen kan door van de totale hoeveelheid energie, die door het lichaam tijdens arbeid geproduceerd wordt de hoeveelheid energie af te trekken, die voor de grondstofwisseling noodig is. Men zal vragen: wordt dan al die extra energie niet in arbeid omgezet? Dat zou inderdaad wel het ideaal zijn: 100 % efficiency. We zouden kunnen werken als een paard zonder (te) warm en misschien ook zonder (te) moe te worden. Zweeten moge doelmatig zijn — bij de warmteregeling komen we daarop terug. — economisch is deze minder prettige en minder smakelijke functie reeds daarom niet, omdat op deze wijze een groote hoeveelheid warmte — dus energie — voor het lichaam en voor ons arbeidsvermogen verloren gaat.

Om een voorbeeld te noemen, dat tevens een denkbeeld geeft van den aard der kwantitatieve verhoudingen op dit gebied. De grondstofwisseling ligt zoo om en nabij de 2000 calorieën per dag. Matig zware arbeid kan dit bedrag gemakkelijk tot een duizend of vijf, zes calorieën per dag doen stijgen. Van de 3000-4000 calorieën, die op deze wijze extra worden geproduceerd gaan gemiddeld 2500-3500 calorieën verloren, door dat ze gebruikt worden om de verdamping van zweet mogelijk te maken. Zoodat er dus maar een 500 calorieën effectief zijn. We zijn gewoon de verhouding

tusschen het aantal calorieën, dat in dezen zin effectief is en de hoeveelheid calorieën, die het lichaam extra produceert om dien arbeid mogelijk te maken, aan te duiden met het begrip „mechanische efficiëntie”. Deze grootheid bedroeg dus in het bovenstaande geval $\frac{500}{2500}$ tot $\frac{500}{3500}$ of wel $\frac{1}{5}$ tot $\frac{1}{7}$ wat omgerekend in percenten overeenkomt met een efficiëntie van 15 tot 20 % (max. 25 %).

Men zal op het eerste gezicht geneigd zijn te zeggen: dat is niet veel. Inderdaad is er een wanverhouding tusschen de verrichte hoeveelheid arbeid effectief en de hoeveelheid zweet, die daaraan — energetisch bezien — moet worden opgeofferd. Maar de deskundige, de mechanicus, de werktuigkundige ingenieur, de technicus zal u vertellen, dat het menschelijk lichaam qua „machine” nog zoo kwaad niet is. Van de gebruikelijke stoommachines is over het algemeen naar verhouding de mechanische efficiëntie belangrijk minder dan die van het lichaam!

En nu nog iets over de wijze, waarop de genoemde voedingsmiddelen in arbeid en warmte worden omgezet. We hebben gezien, dat zoowel eiwit, vet als suiker voor dit doel geschikte brandstof zijn. Maar we hebben er aan toegevoegd, dat het menschelijk organisme in staat is deze voedingsmiddelen in elkander om te zetten. In het licht van dit feit zal het minder verwondering wekken te vernemen, dat men er ten slotte in geslaagd is aan te toonen, dat het verbrandingsproces als zoodanig zich in de spieren zelf afspeelt. Maar het eenige wat daar verbrand wordt is suiker. M.a.w. de omzetting van vet en eiwit, voorzoover deze aan de energie-productie worden opgeofferd, geschiedt

elders. Op de spier-physiologie komen we nog terug. Hier zij volstaan met de vermelding, dat bij deze suikerverbranding in de spieren als intermediair stofwisselings-product melkzuur gevormd wordt, dat slechts bij een zekere zuurstofspanning verder kan worden verbrand. De voor die verbranding noodige zuurstofspanning is echter in de krachtig functioneerende spier niet voorhanden. Het gevolg is, dat dat melkzuur in het bloed wordt opgenomen en daar den zuurgraad verhoogt. Op zijn beurt heeft dat verhooging van de koolzuurspanning in het bloed en zoodoende prikkeling van het ademhalingscentrum tot versnelde en verdiepte actie ten gevolge. Zoo doet krachtsinspanning automatisch — chemisch-reflectorisch op een wijze, die herinnert aan de werking van de hormonen — de ademhaling zich instellen op verhoogde activiteit. Daardoor wordt in de verhoogde zuurstofbehoefte en ook in de verhoogde behoefte aan koolzuuruitscheiding voorzien.

Bij de desbetreffende proeven is ook gebleken, dat eiwit een minder economische energiebron is dan vet en suiker. De leek, die van huis uit geneigd is eiwitrijk „krachtvoer” en vooral vleesch te begeeren, moge zich dit voor gezegd houden. De specifiek dynamische werking van eiwit (zie blz. 162) heeft op zich zelf reeds ten gevolge, dat bij eiwitgebruik de mechanische efficientie van het lichaam naar verhouding kleiner is dan bij vet- en suikergebruik. Hoe onmisbaar eiwit als bouwstof voor het lichaam ook moge wezen, als brandstof kan het beter door de andere voedingsbestanddeelen vervangen worden. Alleen wanneer het lichaam door ziekte of zwakte of onvoldoende ontwikkeling in een toestand van betrekkelijke

eiwitarmoede verkeert, kan een betrekkelijke, zij het niet overmatige, eiwitrijkdom van het voedsel op goede gronden verdedigd worden. Ook dan nog heeft het geen zin meer extra eiwit te geven dan voor groei, reparatie en ontwikkeling van het lichaam bruikbaar is. De rest wordt toch verbrand.

De doelmatige samenstelling van onze voeding

ten slotte is een heel moeilijk complex van vraagstukken, waar we slechts oppervlakkig in kunnen treden en die we hier toch niet heelemaal onbesproken kunnen laten.

Calorieën zijn te hypothetische en te mechanische grootheden om als betrouwbare maatstaven voor levens-energie te kunnen gelden. Calorimetrie en metabolimetrie alléén, geven ons dan ook een àl te oppervlakkige, al te eenzijdige voorstelling van de energetische processen, die in het organisme plaats hebben.

Het persoonlijke eischt op dit gebied zijn rechten. De individueele verschillen met betrekking tot de wijze, waarop verschillende mensen op een bepaald diët reageren, zijn zóó groot, dat die reeds op zich zelf ons de illusie moeten benemen, dat alle mensen gelijk zijn. Dat zijn ze zeker niet. Voorts speelt naast de calorische waarde van bepaalde voedingsmiddelen en behalve de smakelijkheid van bepaalde combinaties van voedingsmiddelen, ook hun gehalte aan „levensstoffen” — die wij direct als z.g. vitaminen nader zullen bespreken — een rol. Met al deze factoren moet bij de samenstelling van een rationeele voeding rekening gehouden worden. Deze zaak zou hopeloos ingewikkeld zijn en tot onoverkomelijke moeilijkheden leiden, wanneer we met onze tegenwoordige phy-

siologische kennis; overgeplaatst werden naar een andere planeet en daar uit onbekende voedingsmiddelen een nieuwe theoretisch-rationeele voeding en voedingsleer moesten opbouwen.

Spoedig zou blijken, dat de andere omstandigheden, waaronder we daar leefden, ook zeer bijzondere eischen stelden en voor een deel de geldigheid ontnamen aan de voedingsregelen, die we voor deze planeet hebben opgesteld. Deze zaak geeft in dit ondermaansche daarom in normale tijden iets minder moeite, omdat een ervaring van eeuwen ons veel geleerd heeft, dat niet altijd even „wetenschappelijk” is, maar daarom niet minder praktisch behoeft te zijn. Lang voordat het wezen van verschillende vitaminen en het wezen van sommige gebreks-ziekten, die bij vitaminen-armoede van ons voedsel dreigen op te treden (avitaminosen) aan het wetenschappelijk onderzoek hun geheimen hadden geopenbaard, wisten onze voorouders reeds hoe zij deze ziekten vermijden konden, al was ook de wijze, waarop de voorgeschreven maatregelen het gevreesde onheil voorkwamen hen duister. Niets is zoo hardnekkig dan door de ervaring gestempelde levens- en voedingsgewoonten. Dat hebben nuchtere zoowel als van enthousiasme dronken voedings-evangelisten door alle eeuwen heen ervaren. Daarmede moet ook de propagandist voor een rationeele voeding ter dege rekening houden.

Anders wordt de zaak, wanneer het er onder abnormale omstandigheden — in tijden van oorlog en mobilisatie, in tijden van watersnood of hongersnood — op aankomt te woekeren met de beschikbare voedingsmiddelen en productiemogelijkheden. Dan dient men de distributie zoo te regelen, dat de beschikbare voorraad besteed wordt op

een dusdanige wijze, dat de validiteit van hen, die in de eerste plaats valide moeten blijven, niet beneden een bepaald peil daalt. En overigens ook de gevaren, verbonden aan ondervoeding en eenzijdige voeding tot een minimum worden beperkt. Dan laat de ervaring ons ten deele in den steek en kan een doelmatige keuze van het diët — de ervaring in den vorigen grooten oorlog heeft dat grootendeels te laat geleerd — wonderen verrichten en veel onheil voorkomen.

Bij de keuze van een dergelijk diët zal men om te beginnen zooveel mogelijk rekening houden met de verschillende behoeften van verschillende groepen van individuen. Men zal bedenken, dat voor het jonge groeiende organisme, eiwit nog meer onmisbaar is dan op ouderen leeftijd. Bij het klimmen der jaren komt het er alleen maar op aan voldoende eiwit te gebruiken om onderhoud en herstel der weefsels mogelijk te maken. In de tweede plaats is de voedselbehoefte afhankelijk van de hoeveelheid te praesteeren arbeid. Van daar, dat men in oorlogstijd de bevolking indeelt in categoriën, naarmate ze meer of minder lichamelijken arbeid moeten verrichten. Resp. naarmate die lichamelijke arbeid meer onmisbaar is voor het vaderland.

Ook zelfs bij de keuze der te verbouwen granen zal men zich door de wetten der proefondervindelijke voedingsleer laten leiden. Tarwemeel-eiwit bijv. bevat een onevenredige hoeveelheid amino-zuur van dusdanige samenstelling, dat dit deel geen geschikte bouwstof voor het menschelijk lichaam vormt. Er zijn trouwens allerlei proeven genomen, die er op wijzen, dat in tijden van eiwitschaarschte dierlijk eiwit economischer is dan plantaardig. En dat men, voor het geval het noodzakelijk is op

plantaardig eiwit — dus vegetarisch — te leven, verstandig doet naar gemengde plantaardige kost te streven. Anders heeft eiwitvoeding van zeer eenzijdige samenstelling, onvermijdelijk nadeelige gevolgen.

Z.g. voedingszouten en vitamines mogen ook in deze gemengde kost niet ontbreken. Zoutloos voedsel is niet alleen onsmakelijk, maar ook ongezond. Ook anorganische bestanddeelen zijn voor opbouw en onderhoud van het menselijk organisme onmisbaar. Onder zoutloos wordt hier echter niet uitsluitend verstaan keukenzout-vrij, maar vrij van diverse anorganische zouten. Keukenzout is van die voedingszouten niet eens het belangrijkste. Ja men kan zonder overdrijving zeggen, dat de meeste menschen veel en veel meer keukenzout gebruiken dan voor leven en gezondheid nuttig en noodig is. Keukenzoutarm voedsel is gezonder dan keukenzoutrijk.

Ondertusschen behoeven we ons niet ongerust te maken over in ons voedsel ontbreken van die z.g. voedingszouten, in zoover we een gemengde, natuurlijke, plantaardige en dierlijke kost gebruiken. Daarin komen voldoende van die zouten voor. Anders wordt de situatie als het noodig is langen tijd op kunstmatig bereide eiwit-, vet- en suikerkost te leven, aangezien die zeer arm aan voedingszouten kan zijn. Perslot van rekening staat de zaak met de vitamines zoo: „zorg voor gemengde kost en de vitamines zullen voor zich zelf zorgen”!

Deze levensgewichtige voedselbestanddeelen spelen echter in de huishouding van het organisme een zoo belangrijke rol en hebben reeds tot het stellen en slechts ten deele oplossen van zooveel physiolo-

gische problemen aanleiding gegeven, dat we bij aard en werking dezer stoffen toch iets langer stil willen staan.

Het is reeds een dertigtal jaren geleden, dat men het proefondervindelijk bewijs leverde, dat een smakelijk mengsel van eiwit, vet, suiker en voedingszouten (kunstmatig bereid) toch ongeschikt was om proefdieren in het leven te houden. Toevoeging van een onbeteekenende hoeveelheid versche melk bleek voldoende om de kost in kwestie wel bruikbaar te maken. De proefdieren bleven niet alleen in leven maar groeiden normaal. Voegde men inplaats van versche melk eenzelfde hoeveelheid door verhitting gesteriliseerde melk toe, dan was het weer mis. De dieren werden voor zoover ze in leven bleven ziek, onder verschijnselen, die veel geleken op die, welke men bij kinderen met Engelsche ziekte waarneemt. De vatbaarheid voor deze ziekteverschijnselen bleek te grooter, naarmate de proefdieren minder licht, lucht en beweging kregen. Precies zooals dat ook bij Engelsche ziekte van een kind het geval is.

Ten slotte is men er in geslaagd dit raadsel op te lossen en een in vet oplosbare levensstof — *vitamine A of antirachitische bijkomstige voedsel-factor* — aan te wijzen als het werkzame bestanddeel in melk, boter, levertraan, dat in staat is rachitis bij proefdier en mensch te voorkomen. Bij afwezigheid van deze factor treedt dan Engelsche ziekte als gebreks-ziekte (avitaminose) op. Voor hitte is dit vitamine niet zeer gevoelig, wel voor oxydatie. In versch plantaardig voedsel is het ook aanwezig. Op den duur bleek, dat de situatie toch nog ingewikkelder was. Bij het al dan niet tot stand komen van Engelsche ziekte bij mensch en dier, legt n.l.

behalve het vitamine-gehalte van het voedsel, ook de hoeveelheid beweging in de openlucht gewicht in de schaal.

Rachitis is niet alleen te voorkomen en te genezen door aan eenzijdige vitamine-arme kost dit vitamine toe te voegen. Maar ook door de proefdieren en kinderen buiten naakt in de zon te laten rondlopen. Ja ook door ze geregeld onder de kunstmatige hoogte-zon te brengen en te „bestralen”. Ten slotte is de laatste jaren het raadsel van de verhouding tusschen het vitamine en de ultraviolette stralende energie van de natuurlijke zon of van de kunstmatige hoogtezoon opgelost. Het is de ultraviolette energie, die aan bepaalde vetachtige bestanddeelen (sterinen) in planten- en dierenrijk, — die op zich zelf onwerkzaam zijn en geen vitaminefunctie bezitten, — hun werkzaamheid (d.i. hun anti-rachitisch vermogen) en vitaminefunctie verleent, ze z.g. activeert. Het is dus mogelijk het antirachitisch vitamine kunstmatig te bereiden door ergosterine of cholesterine met behulp van een ultraviolette lichtbron te bestralen. Is het naakte lichaam van mensch en dier gedurende voldoende tijd met een voldoende oppervlak blootgesteld aan de natuurlijke zonnestrallen of aan kunstzonbestraling, dan worden de daarin aanwezige sterinen omgezet in antirachitisch vitamine. Zoo wordt de ultraviolette energie van het zonnelicht in het dierlijk en menschelijk organisme, ja ook in sommige planten tot voor leven en gezondheid onmisbare bijkomstige voedingsfactor. Hier zien we dus op bijzonder treffende wijze, hoe anorganische energie biologische omzettingen bewerkstelligt. En daarbij nieuwe levenswaarden en levensvoorwaarden schept.

Men make zich echter geenszins de illusie, dat

de wetenschap — ook als zij er in slaagt een klein tipje van den sluier, die de waarheid verborgen houdt op te lichten — er dicht aan toe is het geheel van 's levens raadselen op te lossen. Zelfs de aard der biologische omzetting, die sterine in vitamine doet overgaan is voor ons nog duister. Ook bedenke men dat van dergelijke biologische omzettingen slechts één ding met zekerheid vaststaat n.l. dat zij niet onderworpen zijn aan de gebruikelijke kwantitatieve wetten der gewone scheikunde. In de gewone scheikunde bindt — om dit nader te illustreren — een gegeven hoeveelheid loog, een gegeven hoeveelheid zuur. Er vormt zich daarbij steeds eenzelfde hoeveelheid van de verbinding loog-zuur (zout). Een dergelijke reactie heeft onder gegeven omstandigheden een vast verloop en een resultaat van vaste samenstelling. Varieert men de hoeveelheid loog en zuur, dan ontstaat eenzelfde verbinding, alleen blijft een deel van loog of zuur ongebonden.

Bij biologische omzettingen als de onderhavige, weten we niet eens of er wel een verbinding tusschen energie en stof optreedt. We weten ook niet of er een kwantitatieve verhouding behoeft te bestaan tusschen de hoeveelheid energie, die in staat is een gegeven hoeveelheid stof om te zetten. Voor een deel regeert hier niet de wet van „meer of minder”, maar de wet van „alles of niets”. We raken daardoor tot op zekere hoogte het begrip kwantiteit kwijt. Misschien te recht, misschien ook ten onrechte. Het gaat hier n.l. om buitengewoon geringe hoeveelheden, zooals bij de afzondering van het werkzame bestanddeel uit z.g. vitaminerijke levensmiddelen als boter en levertraan gebleken is. En ook die geringe hoeveelheden blijken dan nog geenszins uit chemisch zuiver vitamine te bestaan.

Bestaat er überhaupt wel chemisch zuiver anti-rachitisch vitamine? Zal men per slot van rekening bij voortschrijdende zuivering niet komen aan een oogenblik, waarop men de biologische omzetting van de sterine onder invloed van de ultraviolette energie aantast en dus niet de zuivere ultraviolette energie maar niets overhoudt? Of wordt de ultraviolette energie niet gebonden? We staan hier voor allerlei moeilijkheden van het zelfde karakter als we bij de bestudeering van de enzymen en fermenten hebben leeren kennen. Ook in het lichaam werken de vitamines over het algemeen meer kwalitatief dan kwantitatief. Een zeker minimum is voldoende.

Dat overmaat van vitamine in ons voedsel nuttig is, dus van grootere waarde voor leven en gezondheid dan dat „zekere minimum” is niet waarschijnlijk, veel minder bewezen. Gezondheid zelf is trouwens eigenlijk geen kwantitatief maar in wezen meer een kwalitatief begrip.

Nu nog iets over de andere tot dusverre bekend geworden vitamines. De belangrijkste — en tevens een der oudste — is het z.g. *antineuritische vitamine*, een der eerste vitamines, die bekend geworden zijn, mede door de baanbrekende onderzoeken van mannen als onze landgenooten Eykman en van Dieren.

De gebreks-ziekte, die het uitgangspunt vormde van de studie der factoren, die in staat zouden zijn het optreden van deze ziekte te voorkomen resp. te genezen, was de z.g. beri-beri. Dit is een met ontstekings- en verlamings-verschijnselen gepaard gaande tropische ziekte, waarvan reeds lang bekend was, dat ze in hoofdzaak door eenzijdige voeding optrad. Men heeft echter lang gestreden over het wezen dezer ziekte. Sommigen meenden, dat infec-

tie, anderen dat vergiftiging oorzaak was. In beide gevallen dus een bijkomstige, een + factor. Ten slotte bleek, dat er iets ontbrak, dat men dus met een - factor te doen had. Te weten een stof, die in allerlei ontkiemende granen en zaden voorkomt en in water oplosbaar is. Uit rijst, het volksvoedsel der tropen, wordt deze factor grootendeels verwijderd door de rijst op bepaalde wijze te ontbolsteren. Bij het gebruik van onontbolsterde of gedeeltelijk ontbolsterde rijst (z.g. zilervliesrijst) treedt geen beriberi op. Bij gebruik van geslepen en van zijn z.g. zilervlies beroofde rijst wel. Thans zijn in ons Indië Janssen en Donath er in geslaagd uit die bolstertjes het antineuritische vitamine in chemisch zuiveren, althans in kristallijnen staat (wat nog niet hetzelfde is) af te zonderen. Ondertusschen kan men ook hier nog niet zeggen, dat daardoor op slag alle raadsele van het zoo gecompliceerde beriberi-vraagstuk zijn ontsluit. Voorkomen is ook zonder dat mogelijk en gemakkelijker dan genezen. Ook uit dit voorbeeld blijkt van hoe groote betekenis een rationeele keuze van het voedsel kan zijn. Vroeger werden geregeld in Indië Europeanen, die zich waagden aan de zoo economische rijstvoeding het slachtoffer der pijnlijke en invalidemakende beriberi. Thans komt die ziekte onder de Europeanen practisch niet meer voor. Alleen onder die inlanders, die weigeren afstand te doen van eeuwenoude gewoonten en naast hun te-veel-ontbolsterde rijst geen ander antineuritisch-vitamine-houdend voedsel gebruiken, heerscht de ziekte nog.

Een derde vitamine, ook uit historisch oogpunt belangrijk is het z.g. *antiscorbutische vitamine*. Dit is de bijkomstige voedings-factor, die ons beschermt tegen een ziekte, die vroeger aan boord van schepen

en in belegerde vesten veelvuldig voorkwam als het versche voedsel schaarsch begon te worden n.l. scheurbuik. Gebruik van versche groenten en vruchten kan deze ziekte voorkomen. Kookhitte vernietigt deze edelstof alleen, wanneer de reactie alcalisch is.

Zeker zijn er nog meer vitaminen. Maar daarover is veel minder met zekerheid bekend dan over de boven meer uitvoerig besproken representanten. O.a. vermoedt men, dat ook de vruchtbaarheid afhankelijk is van een voldoende mate aanwezige bijsomstige voedingsfactor. Men heeft in deze richting wel verschillende dierproeven genomen. Maar met de bewijskracht van dergelijke proeven voor de verhoudingen bij den mensch moet men vooral hier dubbel voorzichtig zijn. Mede omdat de voortplantingsnelheid in de dierenwereld een andere is, dan die in de menschenwereld.

Kwantiteit en kwaliteit van ons dagelijksch voedsel. — We willen ons thans nog een oogenblik rekenschap geven van de eischen, waaraan ons dagelijksch voedsel in kwantitatieven en kwalitatieven zin *gemiddeld* moet voldoen om ons leven en onze gezondheid te bestendigen en ons tot een *middelmatige* arbeidspraestatie in staat te stellen. In dezen zin komt voor: „gemiddeld” en „middelmatig”. Dit wijst in tweeërlei richting op het bestaan van groote individueele verschillen.

Vershillen geschapen door den aard van den persoon, of berustend op de eischen gesteld door zijn arbeid. Wat de eerste betreft, wijzen wij er op hoe leeftijd, geslacht, lichaams-gewicht, lichaams-lengte en temperament een stempel drukken op de behoefte aan voedsel. Op jeugdigen leeftijd eischt

de groei een deel van het voedsel voor zich op. Lichaamsgewicht en lichaamslengte bepalen voor een zeer belangrijk deel de lichaamsoppervlakte.¹⁾ We hebben reeds gezien welk een beteekenis dit oppervlak heeft in verband met den daardoor in hoofdzaak bepaalden omvang van het warmte-verlies bij het basaal metabolisme.

Dat ook het geslacht bijzondere stofwisselings-, en dus voedingsvoorwaarden kan stellen zal duidelijk zijn voor ieder, die zich even rekenschap geeft van de eischen, die specifiek vrouwelijke geslachtsverrichtingen als menstruatie en zwangerschap aan het vrouwelijk organisme stellen. Behalve het beroep, dat op zijn beurt weer voor een deel de hoeveelheid te praestereen arbeid bepaalt, moeten ook als factoren, die bij de berekening van de voedselbehoefte een rol spelen de levensgewoonten genoemd worden. Meer in het bijzonder het energieverbruik in de uren, dat men niet werkt en niet slaapt. Vooral bij de zittende beroepen leggen die levensgewoonten gewicht in de schaal. Want wie tusschen zittend werk door een flinke wandeling maakt of eenige sport beoefent, die heeft veel meer energie voor zijn „ontspanning” dan voor zijn „inspanning” noodig. Ten slotte moet ook het klimaat niet vergeten worden. Want alleen in de gematigde zône bepaalt het lichaamsoppervlak de energiebehoefte bij rust. Alleen als de temperatuur

¹⁾ Starling geeft als gemiddelde Engelsche cijfers (voor volwassenen), die wel niet zoo heel veel van de Nederlandsche zullen verschillen voor mannen een lengte van 171 cM., een gewicht van ruim 141 pond, wat overeenkomt met een oppervlakte van 1,772 M², en dus bij een basaal metabolisme van 40 calorieën per M². per uur met een basaal metabolisme van 1704 calorieën per etmaal. Voor vrouwen idem 159,3 cM., 112 pond 1,511 M². en bij B. M. van 37 calorieën per M². per uur een B. M. van 1344 calorieën per etmaal. (Zie ook fig. 56 blz. 152).

van de omgeving niet onbelangrijk lager is dan de lichaamstemperatuur rust op het organisme de taak er voor te zorgen, dat de laatste temperatuur door voortdurende warmteproductie op peil blijft en het warmteverlies door straling en geleiding compenseert.

En wat nu de gemiddelde hoeveelheid arbeid van een volwassene betreft, deze is geheel afhankelijk van den aard van de inspanning, die zijn beroep vereischt. Dit cijfer varieert tusschen enkele honderden calorieën bij personen met rustigen, zittenden arbeid en meerdere duizenden bij personen met zwaren lichamelijken arbeid (houthakkers, havenarbeiders, mijnwerkers). Als gemiddelden neemt men gaarne de cijfers 3000 calorieën per dag voor mannen en 2400 voor vrouwen. Bij berekening van de voedselbehoefte van kinderen vergete men nooit, dat hun energieverbruik, ook zonder eenigen aanwijsbaren „arbeid”, voor het energieverbruik van een gemiddelde volwassene toch vaak nauwelijks onder doet. Ja gedurende de jaren van den krachtigsten groei en de grootste lichamelijke ontwikkeling — de puberteitsjaren — overtreft. Spelen, springen, dansen, loopen, in één woord gezonde lichaamsbeweging brengt mede, dat de kindelijke stofwisseling op een hoog peil pleegt te staan. Voor een gezonde ontwikkeling van zenuwstelsel en spieren is dat trouwens ook nuttig en noodig. Beneden den schoolleeftijd kan men de energiebehoefte van het kind ongeveer op 50 % van dat van een volwassene schatten, gedurende den schoolleeftijd op 75 %, daarboven op 100 %. Al deze cijfers geven slechts een indruk van de werkelijke verhoudingen, die geval voor geval individueel moeten worden bestudeerd. Ze vormen echter tot

op zekere hoogte een betrouwbaren maatstaf voor de bepaling van de voedingsbehoefte van kleinere of grotere groepen van personen. Naarmate een dergelijke groep groter is leggen natuurlijk de individuele verschillen minder gewicht in de schaal.

De meest wenschelijke samenstelling van het voedsel van den gemiddelden persoon, die middelmatigen arbeid verricht, en met name de eiwitbehoefte, is sedert jaar en dag een strijdvraag in de kringen van physiologen, voedselkundigen en economen. In het wezen en de achtergrond van dien strijdvraag, kunnen we hier niet treden. We volstaan met enkele cijfers ter voorloopige oriëntering. Mooi afgeronde en daardoor gemakkelijk te onthouden cijfers gaf destijds de voedingscommissie van de Engelsche Royal Society: nl. 100 gram eiwit, 100 gram vet en 500 gram koolhydraten per dag (overeenkomende met een calorische waarde van 3400 calorieën). Naar het schijnt komt 100 gram eiwit ongeveer overeen met het gemiddelde eiwitgehalte van gemengde kost. Proefondervindelijk onderzoek heeft ondertusschen aannemelijk gemaakt, dat voor behoud van leven en gezondheid òf $\frac{1}{2}$ òf $\frac{1}{3}$ van de hier genoemde eiwitheoüveelheid voldoende is. Reeds wezen we op de wenschelijkheid eener gemengde eiwitvoeding d.w.z. op den voorkeur, die de aanwezigheid van *verschillende* eiwitten van verschillende samenstelling had, boven de aanwezigheid van slechts *één* eiwitsoort. Een en ander in verband met de behoefte van het lichaam aan zeer verschillende eiwit-bouwstenen (aminozuren), die niet in alle eiwitsoorten in voldoende variatie aanwezig zijn.

Hier mag in het voorbij gaan ook wel even het leekenpraatje genoemd en bestreden worden, dat

eiwitrijke kost „slecht voor de nieren” is. Daar is niets van gebleken en het is a priori ook niet waarschijnlijk. Iets anders is het of overmatige eiwitvoeding economisch is. Die vraag moet zeker ontkenkend beantwoord worden. Koolhydraten zijn naar verhouding tot hun calorische waarde veel goedkooper. En bovendien naar verhouding in veel overvloediger hoeveelheden beschikbaar. In ons klimaat en met name in ons land is het voornaamste volksvoedsel — brood, aardappelen, meelspijs en peulvruchten — voor alles rijk aan koolhydraten. Van het volksvoedsel in zuidelijke landen — rijst en macaroni — kan hetzelfde gezegd worden.

Eenigszins anders staan de zaken met het vetgehalte in het volksvoedsel in verschillende streken. Dit gehalte is alles door één genomen hooger naar mate het klimaat kouder is. Zoo is in de tropen de gemiddelde inboorling tevreden met een veel lager vetgehalte dan wij. Daartegenover zouden wij niet gaarne een zoo hoog vetgehalte verteren, laat staan genieten, als dé bewoners van IJsland, Groenland of Lapland. De vetbehoefte van verschillende rassen is geenszins uitsluitend, noch in de eerste plaats een calorische kwestie. Inderdaad vet is een rijke energiebron. Naar verhouding tot gewicht en vooral tot volume (in verband met het bijzonder gering watergehalte) is vet 2-5 maal zoo voedzaam als suiker en eiwit. Bij hard werk en bij intensieve koude is het reeds dientengevolge gemakkelijker de energie- en voedselbehoefte door een vetrijke, dan door een vetarme kost te dekken. Daar komt echter nog een niet te verwaarloozen physico-psychologische factor bij. N.l. eenerzijds de hoeveelheid voedsel, die iemand tot zich moet nemen om zich verzadigd te gevoelen. En anderzijds de tijd, die ver-

loopt voordat iemand na het gebruik van voedsel van bepaalde samenstelling weer „honger” heeft. Het verzadigingsgevoel is in hoofdzaak afhankelijk van de vullingstoestand van de maag na afloop van den maaltijd. Dat is dus een kwestie, die geen direct verband houdt met de voedingswaarde van het voedsel. Ook wie zijn maag vult met zemelen of zaagmeel-pap voelt zich „verzadigd” tegen dat zijn maag vol is.

Van daar, dat bij gelijkblijvendens maagomvang per eenheid van volume van het voedsel die voedingswaarde grooter moet zijn, naar mate de calorische behoefte van het lichaam grooter is, m.a.w. naarmate iemand meer werk praesteert. Dat verklaart dus de vetbehoefte van menschen, die zwaren arbeid verrichten, resp. van kinderen in de groeiperiode.

Het hongergevoel daarentegen is in hoofdzaak afhankelijk van de snelheid, waarmede de maag zich weer ontledigt. Die snelheid nu wordt niet door het volume van den maaginhoud, maar door den aard der voedselbestanddeelen bepaald. Voedsel, in hoofdzaak uit koolhydraten bestaande, verlaat de maag reeds na een uur of drie. Vet vraagt een veel langer verblijf in de maag (5-6 uur). Dienovereenkomstig blijft, ook bij éézelfde calorische waarde en bij éézelfde volume, bij vetrijk voedsel het hongergevoel langer uit dan bij vetarm voedsel. Vet ligt dus wel in dezen zin „zwaar op de maag,” dat dit het optreden van verzadigingsgevoel bevordert en het snel terugkeeren van honger tegengaat. Maar met *verteerbaarheid* heeft dit niets te maken. De leekenopvatting, dat vet „moeilijk verteerbaar” is, is allesbehalve juist. Als men bedenkt hoeveel water eiwit- en koolhydraatrijke kost bevat en

welke eischen zij aan spijsvertering en resorptie stellen, dan kan men zelfs met recht de stelling verdedigen, dat vet naar verhouding tot zijn calorische waarde minder arbeid van de organen, belast met spijsvertering en resorptie, vereischt, dan de andere voedingsbestanddeelen. Iets anders is het, dat in ons klimaat en bij ons ras overmatig vetgehalte van het voedsel velen tegenstaat. Wij smullen nu eenmaal niet van vetkaarsen zooals de Kozakken, of van levertraan als de Samojuden of van wonderolie als de Chineezzen.

Maar dat is voor een deel een kwestie van smaak, waarover niet te twisten valt en voor een ander deel een kwestie van ras, die slechts in verwijderd verband staat tot de behoeften aan evenwicht tusschen de vraag naar en het aanbod van voedsel van bepaalde samenstelling. In verwijderd verband, maar dan toch wel in verband: het vermogen toch om bepaalde voedselbestanddeelen in bepaalde hoeveelheden te verteren wordt in niet geringe mate bepaald door de lengte van het maagdarmkanaal. We wezen er in het aan de spijsvertering gewijde hoofdstuk (zie blz. 100) reeds op, hoe verschillend deze lengte bij menschen en verschillende diersoorten is. Die lengte moet n.l. grooter zijn, naarmate het plantaardig deel van het voedsel grooter is.

Dat voedsel stelt n.l. door den grooten weerstand, die de cellulose van den plantencelwand aan de spijsverteringssappen biedt, hooge eischen aan de functie en aan de lengte van het maagdarmkanaal. In theorie zou men kunnen zeggen: door regeling van de snelheid, waarmede de spijsbrij het maagdarmkanaal passeert, kan toch de verteringscapaciteit van dat kanaal worden aangepast aan de lengte ervan. In practijk is dat geenszins het geval en

vormt de snelheid, waarmede de peristaltiek — door de wormvormige darmbeweging — de darminhoud voortstuwt evenzeer een constante grootte als de lengte van het maagdarmkanaal. Die lengte is er bij den mensch niet op berekend om te kunnen leven van zuiver plantaardigen kost en dan nog een behoorlijk peil van krachtsinspanning te bereiken. Een vetgehalte, zoodanig dat 20-25 % der benodigde energie door het vetgehalte van het voedsel geleverd wordt, mag voor ons klimaat en ons ras als norm beschouwd worden. Of dit vet van dierlijke of plantaardige herkomst is, zou van niet veel beteekenis zijn, als het vitamine-gehalte van beide vetsoorten gelijk was. Tot dusverre was dat niet het geval. De meeste kunstboter, of „margarine”, was tot dusver arm aan antirachitisch vitamine. Goede natuurboter, vooral in het zonrijke seizoen, is rijk aan deze onmisbare levensbehoefte. De reeds beschreven oplossing van het voornaamste raadsel van het rachitis- en vitamine-A-vraagstuk, die de kunstmatige bereiding van dit vitamine binnen het bereik van wetenschap, kunst en margarinefabriek bracht, heeft ook in deze situatie een voor de toekomst niet onbelangrijke verandering gebracht. Dit is echter meer een economische strijdvraag, waarin agrariers, handelaars en nijver-aars belangstellen, dan een zuiver wetenschappelijk fysiologisch en practisch voedingsvraagstuk. We zullen hier ook niet verdwalen op het terrein van het vegetarisme en van andere dergelijke voedings-evangeliën. De medische en biologische wetenschap verdient — qua wetenschap — niet misbruikt te worden om de ethisch en fysiologisch getinte levenshouding van sommigen te verdedigen of te bestrijden. Het is wetenschappelijk gesproken even

dwaas te beweren, dat iemand niet zonder vleesch kan leven, als te beweren, dat uit vleeschgebruik alle euvelen der moderne samenleving — van constipatie af tot kanker toe — moeten worden verklaard. Smaak en gevoel hebben op dit terrein vele punten van overeenkomst, met name, dat over hun beteekenis voor het individu niet te twisten valt. Waar levens- en voedingsgewoonten van volkeren en rassen in overeenstemming, althans niet in tegenspraak, plegen te zijn met smaak en gevoelens dier volkeren en rassen, daar zijn het meer de psychologische wetten, die de samenstelling van het volksvoedsel in de verschillende landen beheerschen. Wetten die, zooals alle ervaringsfeiten, in normale tijden, zooal niet goed dan toch nog zoo kwaad niet zijn. Dat ligt toch ook eigenlijk, als men er even over nadenkt, voor de hand. Het leven van individuen, rassen, soorten — in één woord het leven van alles wat leeft — is één strijd om het bestaan. Daarbij wordt de „survival of the fittest” beheerscht door aanpassing en toenemende ontwikkeling van aanpassingsvermogen aan de zich al dan niet wijzigende uitwendige omstandigheden. Wel is ook op dit terrein de ervaring bedriegelijk. Maar individuen, rassen en soorten, die zich door min deugdelijke ervaring bedriegen laten, gaan vroeg of laat te gronde. Alleen de ervaring van wat levensvatbaar gebleken is, wordt dus van generatie op generatie overgedragen. Die overwegingen vormen een gereden grondslag voor een meer conservatief standpunt ten aanzien van het voedingsvraagstuk. Het is niet de „ervaring”, die het bewijs moet leveren, dat zij goed is. Zij heeft dat sedert eeuwen gedaan. Het zijn de bestrijders dier ervaring, die het bewijs moeten leveren, dat die ervaring niet deugt. Om voor

de hand liggende redenen blijken zij daartoe slechts zelden in staat.

Z.g. versterkende middelen. — „Dokter”, zei het vrouwtje „mot m'n kind geen versterkende middelen hebben; de stumper is zoo zwak, en ik ken 't niet betale.” Ziedaar categorie één.

„Dokter”, zei Mevrouw X. „moet m'n dochter niets iets versterkends hebben. Ze ziet er zoo bleekjes en slapjes uit tegenwoordig.” Ziedaar categorie twee.

„Dokter”, zei freule Y. „ik ben wel erg gezond ziet U, maar, ziet U, ik ben zoo verschrikkelijk nerveus. Zoudt U me niet wat versterkends voor de zenuwen kunnen geven?” Ziedaar categorie drie.

En zoo zijn er nog vele categorieën meer. Ik zal het bij deze drie laten.

Voor den één beteekent dus versterkende middelen: „iets extra's uit de beurs van een ander”.

Voor een tweede „iets om er goed uit te gaan zien.”

Voor een derde „iets tegen zenuwachtigheid”. Van de andere categorieën, die er nog bestaan, noem ik „iets om na ziekte weer op krachten te komen,” „iets” meer melk en eieren — en vooral wijn — dan een gezond mensch pleegt te gebruiken, iets enz. Gezwegen van staal en levertraan. Aan bijna al deze categorieën is het misverstand eigen, dat iets versterkends, iets extra's, bijzonders, duur moet zijn wil het het gestelde doel bereiken. „Men” gelooft in „de geneeskraft van dat iets”. Net als in de kracht van een „hartelijk, versterkend soepje.”

Geneeskundig bezien, zijn er niet veel meer dan

twee groepen van gevallen, die „iets extra's" noodig hebben. En dat begrip „iets extra's" is dan nog geen kwalitatief begrip in den zin van sterker, voedzamer (gezwegen van duurder). Maar *kwantitatief* in den zin van „meer voeding," resp. voedsel van hoogere voedingswaarde. Wie door ziekte of ondervoeding verzwakt en vermagerd is, heeft een normale hoeveelheid en soms een extra hoeveelheid *gewoon voedsel* noodig om weer „op gewicht" en zoo mogelijk ook „op krachten" te komen. Bijzondere eischen, anders dan goede hoedanigheid, juiste samenstelling . . . en voor alles smakelijkheid, behoeft men hier nauwelijks te stellen. Ik scheid met opzet de begrippen „op gewicht" komen en „op krachten" komen. Het eerste kan men niet zelden zonder bezwaar bereiken. Of het laatste ook geschiedt, is van tal van factoren afhankelijk, die men nu eenmaal niet in zijn hand heeft. Extra, z.g. „versterkend" voedsel, „krachtvoer" enz. is slechts bij uitzondering in staat meer te bereiken dan men met gewoon voedsel ook bereiken kan. Die uitzondering bevestigt den regel. Die uitzondering is dan aanwezig, wanneer men er niet in slaagt — met geweld, goede woorden of wat dan ook — den tegenzin tegen eten te overwinnen. Alleen in den vorm van medicijn krijgt men er zoo iemand soms toe voedsel tot zich te nemen.

En dan is er nog een andere groep van patiënten, die met de gewone voeding door samenloop van omstandigheden — keuze der voedingsmiddelen, bereiding — niet de benoodigde hoeveelheden, „vitaminen" en voedingszouten binnen krijgt. Ook die categorie kan men een weldaad bewijzen, òf door verbetering der voeding òf door extra als medicijn een vitaminen- of (en) voedingszouten-

houdend krachtvoer te geven. Als vitaminenhoudend geneesmiddel noem ik levertraan boter is soms even goed, zoo niet beter. Sommige levertraan toch is arm aan vitaminen, sommige boter is rijk

Als voedingszoutenhoudend middel noem ik het veel geroemde en veel gesmade sanatogeen. Dit middel verdient noch den roem noch den smaad, die het ten deel gevallen is. Dit middel is een waardevol weeldeartikel voor hen, die zich de luxe kunnen en willen veroorloven om aan iets minder smakelijks de voorkeur te geven boven iets smakelijks. En den weg niet weten om op eenvoudiger wijze de benoodigde eiwitten en voedingszouten binnen te krijgen. Sanatogen is, zooals men weet, een mengsel van caseïne — o.a. te verkrijgen door ondermelksche kaas te drogen en fijn te malen — en glycerine-phosphaten (een soort voedingszouten). De laatste zouden de verteerbaarheid van het eerste verhoogen. Voor zoover de cijfers, die dien-aangaande naar voren gebracht worden, juist zijn, zijn de verschillen in kwestie niet van veel betekenis.

Wat mij altijd hindert, is de wetenschap, dat een zeer belangrijk deel van den prijs, dien men voor dergelijke middelen betalen moet, slecht besteed is. Men krijgt n.l. in zooverre geen waar voor zijn geld, dat — afgezien van de winst, die er op gemaakt is (we nemen een oogenblik aan dat die „redelijk” is) — men veel meer voor de reclame, die voor zulke middelen gemaakt wordt, betaalt, dan voor de samenstellende bestanddeelen van het middel zelf. Maar, zal menigeen zeggen, ik vind — of vond — er toch baat bij. Ik wil het gaarne aannemen. Maar de vraag is en blijft of men voor

hetzelfde geld niet meer kan bereiken door gebruik van doelmatige voedingsmiddelen of door een paar weken vakantie te nemen. De kosten van een sanatoogeenkuur gedurende eenige maanden zijn hooger dan van een of twee weken vakantie. Dit vraagstuk is zeer veelzijdig. Er is nog een andere kant.

Vele menschen zijn niet gezond genoeg om hun volle werk te doen. Maar ook niet ziek genoeg om naar den dokter te gaan. Toch kunnen zij lijdende zijn aan ernstige kwalen, die — met of zonder sanatoogeen — vroeg of laat hun krachten geheel zullen sloopen. Tenminste, wanneer de kwaal niet tijdig onderkend en doelmatig behandeld wordt. Het is met het oog op deze categorie, dat ik in het gekwakzalver op eigen houtje met z.g. versterkende middelen een gevaar zie. Een gevaar voor velen. Een gevaar daardoor ook voor de volksgezondheid.

HOOFDSTUK V

BLOED EN BLOEDSOMLOOP

Inleiding. — Nu we ons rekenschap gegeven hebben van het lot, dat verder aan de door ademhaling en spijsvertering aan het organisme toegevoerde zuurstof en brandstof beschoren is, en ons met name verdiept hebben in aard en wezen der verbrandingsprocessen, die wij als „stofwisseling” samenvatten, doen we goed de noodige aandacht te schenken aan het zoo belangrijke orgaan of apparaat, dat alle andere weefsels en organen de benoedigde zuurstof en brandstof verschaft (gezwegen van de voor groei, onderhoud en reparatie bestemde bouwstof).

Dat orgaan is het bloed, dat apparaat is de z.g. bloedsomloop.

De leek is geneigd in het bloed voor alles een vloeistof, zij het dan ook een bijzondere vloeistof, te zien. Wie leven en levensverrichtingen van naderbij bestudeert leert bloed voor alles als een *weefsel* zien, een zeer bijzonder weefsel.

In de andere weefsels overweegt de continuïteit. De cellen zijn in gesloten gelederen aan één gerijd. Toch is die continuïteit niet volstrekt in dien zin, dat er tusschen al die cellen geen vocht circuleeren kan. Het tegenovergestelde is waar. Tusschen alle cellen van alle weefsels door circuleert niet alleen het in een volgend hoofdstuk nog nader te bespreken weefselvocht, maar in die weefselvochtstroom bevinden zich ook zwevende cellen, die als de mazen tusschen de vaste weefselcellen niet te klein zijn daar tusschen door kruipen kunnen. Het eenige

verschil tusschen het bloed en de andere weefsels is dan ook, dat bij de laatste een betrekkelijke continuïteit en samenhang van alles bestaat en deze bij de eerste ontbreekt. Het bloed bestaat zodoende uit vrije cellen omgeven door vloeistof. De andere weefsels uit vaste cellen, waartusschen vloeistof circuleert.

Beide soorten weefsels gaan echter geleidelijk in elkaar over. Daaruit blijkt nog eens ten overvloede, dat continuïteit en samenhang van cellen een zeer betrekkelijke eigenschap is. Het beenmerg bijv. is een sponsachtig weefsel, de bakermat van roode en witte bloedcellen. Deze maken hier, tijdens hun ontwikkeling, deel uit van de geringe continuïteit van dit sponsachtige weefsel. Op een gegeven oogenblik verbreken zij echter den samenhang en zwermen uit in den bloedstroom, die dit sponsachtig beenmergweefsel doordrenkt en doorspoelt. Dit verloren gaan van continuïteit brengt geen verandering in het wezen der cellen in kwestie, maar alleen in de arbeids sfeer, die nu belangrijk grooter wordt.

Een ander treffend voorbeeld van continuïteitsverlies, gepaard met vergrooting van arbeids sfeer, zullen we in hoofdstuk XIV, gewijd aan de voortplanting leeren kennen. De geslachtscellen, zoo mannelijke als vrouwelijke, worden ook gevormd in samenhangende organen en weefsels. Ook zij maken zich op een zeker oogenblik van hunne ontwikkeling los uit de continuïteit dier organen en weefsels om uit te zwermen, de vrouwelijke cellen bij een of enkele tegelijk, de mannelijke bij millioenen. De laatste verlaten niet alleen het orgaan, waarin zij groeien, maar ook het organisme. De eerste kunnen ook het organisme verlaten, maar

worden bij bevruchting toch weer op een nieuwe plaats in een ander orgaan, als waarin zij groeiden, vastgehecht en op nieuw in de continuïteit van het lichaam opgenomen, om ten slotte op nieuw den samenhang met orgaan en organisme te verbreken. Deze uiteenzetting kan het feit illustreren, dat er tusschen bloed en andere weefsels slechts schijnbaar wezenlijk verschil bestaat en zelfs het verschil in continuïteit en samenhang meer een kwantitatief dan een kwalitatief onderscheid vormt.

Toch biedt ook het bloed nog gelegenheid tot menigerlei opmerking over bijzondere eigenschappen, die hier meer dan bij andere weefsels op den voorgrond treden. Vandaar dat we dit „vloeibare weefsel” eerst nog van iets naderbij willen bestudeeren, alvorens tot de bespreking van bouw en functie van het orgaan — den bloedsomloop — over te gaan.

Het bloed. — Bezien we eerst de bloedcellen en hun eigenschappen nader (zie fig. 58). Twee soorten cellen pleegt men te onderscheiden: roode en witte. De eerste — roode bloedcellen of erythrocyten — zijn het, die door hun millioenen-heir het bloed zijn roode kleur geven. Het zijn roode, ronde on-eindig kleine,¹⁾ in dichte legioenen aaneengesloten, kernlooze cellen, die voorzien zijn van een omhulsel, dat als semipermeabele membraan fungeert en gevuld is met een eigenaardige, rood gekleurde, oplossing, de z.g. bloedkleurstof of haemoglobine.

¹⁾ Doorsnede iets kleiner dan 0,008 millimeter, dikte ruim 0,002 m.M. Een kleine berekening toont, dat er 10 millioen lichaampjes van deze grootte in een kubieke millimeter kunnen. In werkelijkheid bevat het bloed er per m.M³. 5 millioen, zoodat de halve massa van het bloed uit cellen bestaat en de afstand tusschen de afzonderlijke cellen gemiddeld nog kleiner is dan de doorsnede dier cellen.

De eigenschappen van het omhulsel der roode bloedcellen kunnen het best worden gedemonstreerd door deze cellen te brengen in zoutoplossingen van verschillende sterkte. Voor zout en ook voor suiker is het omhulsel n.l. niet doorgankelijk, ¹⁾ wel voor water. En gedachtig aan de wetten van den waterdruk, waarop we in het eerste hoofdstuk reeds de aandacht vestigden, streeft de zoutconcentratie in de cel naar evenwicht met die buiten de cel door uitwisseling van water.

Is de zoutconcentratie buiten hooger dan binnen, dan treedt water uit de cel. De cel schrompelt dus in een dergelijke z. g. hyper-tonische zoutoplossing.

Is de concentratie buiten lager, dan treedt water in de cel. De cel zwelt op en barst op een gegeven oogenblik in een dergelijke z. g. hypo-tonische zoutoplossing.

Bij een zekere concentratie — die dus overeenkomt met den waterdruk in de cel — bestaat er evenwicht en heeft geen beweging van buiten naar binnen, noch omgekeerd, plaats: isotonie.

Derhalve streeft het bloed er tot elken prijs naar zijn zout- en watergehalte, m. a. w. zijn osmotischen druk op een constant peil te houden, omdat anders levensgevaarlijke verwickelingen zouden optreden.

Tegen verhoogd zoutgehalte — dus tegen indikking van het bloed is het organisme tot op zekere hoogte gewapend door de aanwezigheid van een groote waterreserve in alle organen en weefsels (weefselvocht). Die wordt bij groot bloedverlies

¹⁾ Vermelding verdient, dat het omhulsel wel doordringbaar is voor ureum, chloroform, aether, alcohol, d. w. z. voor stoffen, die oplosbaar zijn in de stof, waaruit vermoedelijk het omhulsel bestaat.

(en waterverlies uit anderen hoofde) dan ook direct aangesproken. Niet minder gevaarlijk is verhoogd zoutgehalte, tengevolge van stoornissen in de zoutuitscheiding door de nieren. Het automatisch gevolg daarvan is waterophooping in alle weefsels en

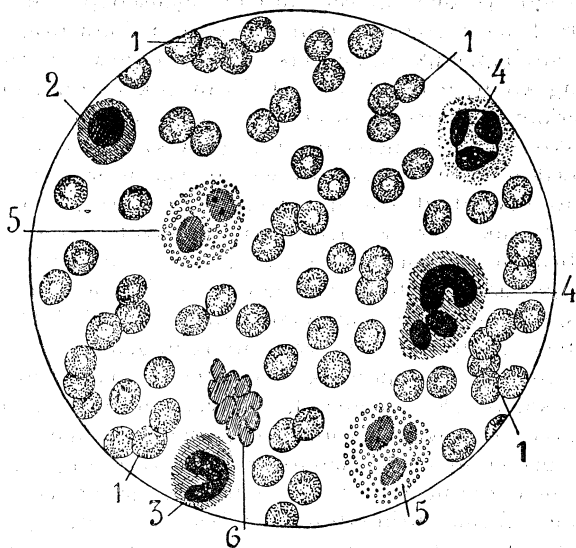


Fig. 58. Microscopisch bloedbeeld.

1. roode bloedlichaampjes (erythrocyten); 2. lymphcellen (lymphocyten); 3, 4 en 5 verschillend gevormde witte bloedlichaampjes (leucocyten); 6. bloedplaatjes (haematoblasten).

organen (algemeene waterzucht). Tegen te laag zoutgehalte waken anders de gezonde nieren, die het overtollige vocht met groote snelheid uitscheiden.

Nu zal het ook duidelijk zijn, waarom vloeistoffen slechts dan in de bloedbaan kunnen worden

ingespoten, wanneer ze van gelijke of iets hogere moleculaire concentratie zijn. Bij de bereiding van vloeistoffen voor inspuiting in de bloedbaan wordt daarmee dan ook steeds rekening gehouden. In het voorbijgaan moet nog even de aandacht gevestigd worden op een andere eigenschap van het geheel der roode bloedcellen n.l. hun reusachtig gemeenschappelijk oppervlak. Bij een ruwe berekening komt men tot een cijfer van enkele duizenden vierkante meters of meer dan 1000 maal de oppervlakte van het lichaam. De gaswisseling tusschen bloedcel en bloedvloeistof wordt daardoor in hooge mate bevorderd. En men roept zich weer het in het hoofdstuk over de ademhaling vermelde feit in het geheugen, dat in de longen het bloed als het ware in een laag, ter dikte van één roode bloedcel, is uitgespreid over een oppervlak van $\pm 100 \text{ M}^2$. Beide cijfers moeten er ons van doordringen, welk een groote rol de oppervlakte bij alle levensverrichtingen speelt. De toenemende wanverhouding tusschen massa en uitwendig oppervlak, die naar mate men hoger komt in de dierenwereld de veelcellige organismen kenmerkt, wordt dan ook gecompenseerd door enorme uitbreiding van het inwendig oppervlak. Dit heeft ten doel een wisselwerking tusschen alle cellen en de buitenwereld (vanwaar brandstof en bouwstof en zuurstof moeten worden aangevoerd en waarheen afscheidings-, uitscheidings- en stofwisselings-producten moeten worden afgevoerd) mogelijk te maken. Het zuurstoftransport door het bloed is de taak van de roode bloedcellen, met name van de roode bloedkleurstofoplossing, waaruit de roode bloedcel grootendeels bestaat. Die kleurstof gaat zeer gemakkelijk een omkeerbare verbinding met zuurstof aan, zoodat in een zuurstofrijke om-

geving (als in de longen) zuurstof wordt opgenomen en deze in een betrekkelijk zuurstofarme omgeving (als in de meeste andere weefsels) weer geleidelijk wordt afgestaan. Het ijzergehalte van de bloedkleurstof is bij deze zuurstofopname van veel gewicht. Het fijnere mechanisme van deze binding is echter een te ingewikkeld physiologisch-chemisch vraagstuk om daarover hier in bijzonderheden te kunnen handelen. Populair voorgesteld kan men elke bloedcel als een transportwagentje voor zuurstof beschouwen, dat naar vermogen zuurstof opneemt en naar behoefte afstaat. Elke bloedcel neemt maar een oneindig klein zuurstofbelletje op. Maar de vele milliarden cellen samen¹⁾ zijn dan toch maar in staat in de groote zuurstofbehoefte van ons lichaam te voorzien. En dat niet alleen, ze zorgen ter zelfder tijd voor het transport in omgekeerde richting van het koolzuurgas, dat bij de verbranding in alle weefsels en organen ontstaan is. Aangezien de zuurstof-capaciteit afhankelijk is van cellental en bloedkleurstofgehalte, is de geneesheer gewend bij vele patiënten, vooral wanneer zij vermoedelijk lijden aan kwalen, die met afwijkingen op dit gebied gepaard gaan, het bloed te onderzoeken. Daarbij pleegt men èn het bloedcellental èn het bloedkleurstofgehalte te bepalen. Vrouwen hebben minder bloedcellen dan mannen. In ons land beschouwt men cijfers van 5 miljoen (voor volwassen mannen) en 4.5 miljoen (voor volwassen vrouwen) — beide per mM³. — als normaal. In

¹⁾ Men rekent meestal, dat het lichaam voor $\frac{1}{13}$ à $\frac{1}{20}$ deel uit bloed bestaat, waarvan zooals gezegd de helft door bloedcellen gevormd wordt, die op hun beurt voor $\frac{1}{3}$ deel uit zuivere bloedkleurstof bestaan, zoodat het lichaam van een volwassene \pm 1 kilo bloedkleurstof bevat, welke ruim dat gewicht aan zuurstof kan opnemen.

het hooggebergte daarentegen plegen veel hogere cijfers reeds na een verblijf van enkele weken te worden aangetroffen (6-8 miljoen per mM.³). De verminderde zuurstofspanning in de ijle atmosfeer brengt van zelf de behoefte aan een verhoogd bloedcellenaantal met zich en de z.g. bloedvormende organen (met name het beenmerg) leveren met groote snelheid de daaraan ontbrekende. Men moet niet denken, dat deze organen anders niet werken: ze zijn altijd werkzaam. Want als alle cellen, zijn ook de roode bloedcellen aan slijtage onderhevig. Ieder oogenblik gaan er tallooze te gronde. Hun plaatsen moeten weer door nieuwe, jonge bloedcellen worden ingenomen. Het is de lever, die de bloedkleurstof uit de ten onder gegane cellen opneemt en verwerkt (met name tot galkleurstof).

De evenwichts-verhoudingen in het bloed. — Wij zeiden reeds, dat in ons organisme alles er op ingesteld is, het water- en zoutgehalte in het bloed op peil te houden. Men kan zonder overdrijving meer in het algemeen zeggen, dat het organisme streeft naar behoud van een zoo constant mogelijke samenstelling van het bloed. Er bestaan hier in elke richting uitgesproken „evenwichts-verhoudingen”. Die beperken zich niet tot de bloedcellen, maar strekken zich ook uit tot alle eigenschappen en samenstellende bestanddeelen van de bloedvloeistof. We moeten daarvan hier nog enkele voorbeelden noemen en gedeeltelijk kort bespreken.

Ten eerste dienen we ons te herinneren wat er in hoofdstuk II gezegd is over het bloedsuikergehalte. Dit schommelt tusschen 1 en 2 pro mille. Zoodra het suikergehalte neiging heeft beneden 1⁰/₁₀₀ te dalen (bij groote krachtsinspanning wordt

met groote snelheid al de op een gegeven oogenblik aanwezige bloedsuiker in de spieren verbrand) voorziet de lever, door omzetting van de in de levercellen opgestapelde glycogeen in suiker, onmiddellijk in de behoefte. Anderzijds staan de nieren op wacht om zoodra het bloedsuikergehalte boven 2 $\frac{0}{00}$ stijgt de overtollige suiker uit het bloed en zelfs uit het organisme te verwijderen. Zoowel bij bloedsuiker-armoede (hypo-glycaemie) als bij overmatige bloedsuiker-rijkdom (hyper-glycaemie) dreigen zelfs levensgevaarlijke stoornissen.

Een ander niet minder sprekend voorbeeld is de wijze, waarop het bloed streeft naar behoud van een bepaalde, ongeveer neutrale, reactie. Zoowel een te sterk alcalische reactie (alcalosis) als een te sterk zure reactie (acidosis) is een gevaar voor leven en gezondheid. Het gevaar voor acidose is naar verhouding grooter, omdat er bij vele omzettingen zure stofwisselingsproducten gevormd worden. De noodige speling — bij behoud van een neutrale reactie — wordt gevormd door een z.g. „buffer”. Daaronder verstaat men een stof, die zonder dat de reactie in het bloed verandert, toch in staat is een behoorlijke hoeveelheid alcali resp. zuur vast te leggen en zodoende onschadelijk te maken. Als zoodanige buffer fungeert de zich in het bloed bevindende dubbelkoolzure soda. Er is nu een voortdurende wisselwerking tusschen het dubbelkoolzure-soda-gehalte van het bloed, de koolzuurspanning in weefsels en bloed, de koolzuur-uitscheiding en de opneming van zure stofwisselingsproducten in het bloed. Om het even plastisch en eenvoudig voor te stellen: wordt, uit welken hoofde dan ook, zuur toegevoegd aan het bloed, dan wordt dit onder vrij worden van koolzuur gebonden door de dub-

belkoolzure soda. Het verhoogde koolzuurgehalte prikkelt dan het ademhalingscentrum; versnelde koolzuuruitscheiding is het gevolg. Wordt om welke reden dan ook alcali toegevoegd aan het bloed, dan wordt dit op zijn beurt door het koolzuur gebonden tot dubbelkoolzure soda. Ook in dit geval blijft de reactie practisch onveranderd. In den voorraad dubbelkoolzure soda bezit het bloed een aanzienlijke z.g. alcali-reserve. Wordt die door overmatige zuurvorming, zooals we die bij suikerziekte kennen, uitgeput dan treden min of meer ernstige, op den duur niet zelden levensgevaarlijke verschijnselen van zuurvergiftiging (acidosis) op. Die kunnen slechts blijvend worden bestreden door de stofwisselingsstoornissen, die er aan ten grondslag liggen op te heffen en tijdelijk door toediening van insuline resp. groote hoeveelheden alcali.

Behalve suikergehalte en reactie blijven onder normale verhoudingen bijv. ook de osmotische druk en het electricisch-geleidingsvermogen van het bloed constant.

De witte bloedcellen of leucocyten (zie fig. 58 No. 2, 3, 4 en 5 blz. 205) onderscheiden zich van hun roode kamaraden niet alleen door hun gebrek aan kleur (ze zijn feitelijk niet wit maar kleurloos), maar voor alles ook door hun grootte en door het bezit van een celkern. De afmetingen dezer cellen wisselen tusschen 0,01 en 0,02 mM. Ze zijn n.l. niet zooals de roode cellen vrijwel gelijk en gelijkvormig. Men onderscheidt met name naar den vorm van hun kern meerdere soorten. Sommige (z.g. polynucleaire leucocyten) hebben een onregelmatige, hoefijzervormige of gelobte, soms dubbele, kern. Andere (lymphocyten) hebben een en-

kele ronde, bijna de geheele bloedcel opvullende, kern. Weer andere bevatten behalve de kern korrels, die zich onder invloed hetzij van zure, hetzij van alcalische kleurstoffen op bepaalde wijze kleuren. Voor ons doel hebben al deze verschillen geen bijzondere beteekenis, voor den geneesheer echter wel. Bij bepaalde ziekten en ziekelijke afwijkingen ondergaat de getallen-verhouding tusschen de verschillende witte bloedcellensoorten een eigenaardige verandering. Uit het bestaan van dergelijke veranderingen kan men niet zelden belangrijke conclusies trekken over aard en ernst van het ziektebeeld.

Het normale aantal witte bloedcellen varieert ook veel meer dan dat van de roode bloedcellen. Cijfers tusschen 10.000 en 20.000 per mM^3 ., wat dan ongeveer overeenkomt met tusschen 1 op 250-500 roode bloedcellen, kan men als normaal beschouwen.

Over de herkomst van de verschillende soorten zijn de geleerden het nog niet eens. Behalve het beenmerg, dat ook als bakermat van de roode bloedcellen fungeert, moeten hier ook de lymfklieren en de milt genoemd worden. Over de weefselvochtstroom, waarin practisch geen roode, maar wel veel witte bloedcellen voorkomen, handelt het volgende hoofdstuk. Dan komen we zoo wel op de milt als op de lymfklieren terug.

Voor we ons rekenschap geven van de taak der witte bloedcellen iets over hun kern.

Een kernlooze cel, als de roode bloedcel, heeft feitelijk geen individualiteit. Ze leeft wel, maar een belangrijk deel van haar levensverrichtingen kan men toch geheel met levenlooze stof nabootsen. Wie een oplossing van roode bloedkleurstof schudt met zuurstof — dus in zuurstofrijk milieu brengt

— ziet die roode bloedkleurstof zooveel zuurstof opnemen als met haar zuurstofcapaciteit overeenkomt. Brengt men die met zuurstof verzadigde oplossing nu in een zuurstofarm milieu (bijv. in een klok, waaruit men de lucht wegzuigt), dan ontwijkt alle zuurstof weer. Dit opnemen en afgeven, zoowel in als buiten het organisme, is dus een vrijwel zuiver fysisch-chemische kwestie. Het feit, dat levende bloedcellen als dragers der bloedkleurstof fungeren is daarbij van betrekkelijk ondergeschikt belang. Die cellen worden om het plastisch uit te drukken willoos rondgeslingerd van zuurstofarm naar zuurstofrijk milieu en terug. Een roode bloedcel is buiten het orgaan — den bloedsomloop — waar het deel van uitmaakt, tot niets nuttigs meer in staat en gedoemd om te gronde te gaan op gelijke wijze als dat met een, van zijn onderlaag losgerukte, dekcel van slijmvlies of huid het geval is. Binnen de grenzen van het orgaan — het bloedvatenstelsel — is de onafhankelijkheid der cellen van elkaar dus wel groot. Maar de roode bloedcellen vinden buiten den samenhang van het orgaan geen taak, noch levensvoorwaarde.

Met de kernhoudende witte bloedcellen staan de zaken anders. Zij danken aan hun kern een veel grootere mate van zelfstandigheid, zoowel binnen als buiten de grenzen van het bloedvatenstelsel. Men kan ze tot op zekere hoogte beschouwen als van den bloedstroom onafhankelijke, eencellige organismen. Ze hebben trouwens meerdere eigenschappen gemeen met de laagste eencellige organismen, die nog in de natuur leven: de amoeben.

Twee eigenschappen zouden we met name willen noemen:

ie het vermogen z.g. „amoëboïede” bewegingen te maken en

ze het vermogen vreemde partikeltjes in zich op te nemen en zoo mogelijk te verteren.

Fig. 59a toont U de omtrekken van een witte bloedcel, die men met tusschenpoozen van enkele minuten gefotografeerd heeft. Men ziet dat die omtrekken wisselen. Hier vormen zich uitstulpingen. Elders worden bestaande uitstulpingen ingetrokken.



Fig. 59a. Amoëboïede bewegingen van de lymphcel van een kikker (onder den microscoop geschetst met tusschenruimten van 2 minuten).

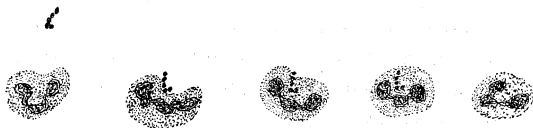


Fig. 59b. Phagocytose in zijn verschillende stadia (een vreetcel bemachtigt een trosje streptocokken).

Op deze wijze kunnen amoëben en witte bloedcellen zich voortbewegen . . . en haar prooi naderen. We veronderstellen, dat die prooi op hen een aantrekkingskracht uitoefent door de aanwezigheden van stoffen in de omgeving van die prooi; die de smaak-, reuk- of andere zintuigen van het eencellige organisme prikkelen. Heeft de cel haar prooi bereikt, dan stulpt zij zich als het ware om haar prooi heen (zie fig. 59b). Na enkele oogenblikken

is wat buiten (naast) de cel lag, door de cel omgeven. Zoo kan men, wanneer men een amoëbe in een verdunde oplossing van oostindische inkt (zeer fijn verdeelde suspensie van zuivere kool) brengt, het lot der zwarte koolpartikeltjes met zekerheid voorspellen en volgen. De amoëbe vult er zich mee. Dit is in zoover een dankbaar proefobject, dat de zwarteheid der partikeltjes het volgen van hun lot gemakkelijk maakt. Overigens ondankbaar, omdat er hier van „vertering” in den engeren zin des woords geen sprake is. Brengt men amoëben echter in een suspensie van niet al te kwaadaardige bacteriën, dan worden die niet alleen in grooten getale opgenomen, maar ook zonder sporen na te laten verteerd. Ze verdwijnen eenvoudig. Van daar de naam *vreetcellen* (phagocyten, het verschijnsel zelf noemt men phagocytose). Behalve bacteriën nemen amoëben ook de resten van afgestorven cellen en weefsels in zich op en lossen die op. Van daar de groote waarde dezer vreetcellen èn voor de bestrijding van besmettelijke ziekten (vernietiging van de binnengedrongen bacteriën) èn voor het opruimen van ziekelijke weefselresten. We zullen deze taak in het aan de verdedigingsmiddelen van ons lichaam gewijde hoofdstuk nog wel iets uitvoeriger bespreken, te meer waar deze cellen ook stoffen produceeren, die het milieu (de bloedvloeistof) ongeschikt maken als voedingsbodem voor binnengedrongende of binnengedrongen microorganismen.

Bloedplaatjes en bloedstolling. — Behalve de roode en witte bloedcellen onderscheiden sommigen nog z.g. bloedplaatjes, die mede oorzaak (of gevolg?) zouden zijn van het proces der bloedstolling. We hebben hier te doen met vormsels van sterk wisse-

lend voorkomen, die in zeer verschillend aantal met behulp van bepaalde kunstgrepen kunnen worden aangetoond.

Belangrijker dan de strijd over hun bestaan en functie is het verschijnsel der bloedstolling zelf (waarbij ze, als ze bestaan, een actieve of passieve rol spelen)

Wat oppervlakkig onder bloedstolling verstaan wordt weet ieder wel zoo ongeveer. Op een bloedende wond vormt zich na stelping een korst.

Gemakkelijker nog zijn echter de verhoudingen te volgen, wanneer men het gedrag van een zekere hoeveelheid in een bekerglas opgevangen bloed bestudeert. Men ziet dan, als men met het glas een schommelende beweging maakt (bij rustig staan duurt het langer), dat het stollingsproces zich met vrij groote snelheid voltrekt. De vloeistof wordt snel dikker en dikker, vloeit spoedig niet meer. Er heeft zich een gelei-achtige massa gevormd (de bloedkoek). Daarmede is echter het proces nog niet afgelopen. De bloedkoek gaat n. l. langzamerhand schrompelen en perst dan een helder gele vloeistof uit (bloedwei of serum).

Wat is er nu bij dit alles eigenlijk gebeurd? Jarenlange proeven hebben ten slotte ons inzicht in het wezen van het stollingsproces zóó verdiept, dat we er ons op de navolgende wijze een voorstelling van maken kunnen.

In de bloedvloeistof bevindt zich in opgelosten staat een eiwitstof (fibrinogeen). Die wordt in bepaalde omstandigheden omgezet in een verbinding, die groote neiging heeft in den onoplosbaren vorm, waarin zij in den bloedkoek voorkomt (fibrine of vezelstof) over te gaan. Voor die omzetting is allereerst noodzakelijk, dat het bloed een voldoende

kalkgehalte bezit. In de tweede plaats moet de continuïteit van het bloedvaatstelsel verbroken worden. In gezonde bloedvaten stolt het bloed niet. Daarbuiten (en onder bijzondere omstandigheden ook in ziekelijk veranderde bloedvaten en ten slotte alleen bij ziekelijke verandering van de samenstelling van het bloed ook in gezonde bloedvaten) stolt het bloed wel.

Men veronderstelt, dat bij het continuïteitsverlies van bloedvaten en weefsels uit de beschadigde vaatwand- resp. weefsel-cellen een stof vrij wordt, die de omzetting van fibrinogeen in fibrine bewerkstelligt. Deze stof ontstaat dus als een reactie uit levende doch beschadigde cellen onder inwerking van het geweld, dat de wond toebreacht.

Ondertusschen bevordert ook contact tusschen bloed en vreemde lichamen, (stof, glas, metaal, papier) de bloedstolling. Enkele vloeistoffen (bijv. olie, paraffine) missen een dergelijke bloedstolling-bevorderende werking.

Voorts is het ook mogelijk bloed te berooven van zijn stolling-verwekkende eigenschappen:

1e door aan het bloed de vezelstof te onttrekken (bij kloppen van bloed met een garde zet de vezelstof zich op de garde af, het overblijvende z.g. ge-defibrineerde bloed stolt niet);

2e door het bloed van zijn kalkzouten te berooven;

3e ook na inspuiting van bepaalde dierlijke eiwitten en bloedzuigers-extract vertoont het bloed van proefdieren sterk-verminderde stolbaarheid.

In den strijd om het bestaan tusschen verschillende dieren, met name hogere en lagere dieren, waarvan de laatste leven om zich met het bloed van de eerste te voeden, spelen deze bloedstolling-

verhinderende stoffen een rol van niet te onderschatten beteekenis. Dieren, die wel met een angel, maar niet met bloedstolling-remmende stoffen gewapend zijn, kunnen zich veel minder bloed verschaffen dan dieren, die ook over de laatste beschikken.

Van uit menschelijk standpunt daarentegen is alles wat de bloedstolling bevordert en versnelt, — zoodra de continuïteit van bloedvaten en weefsels, ook maar in geringe mate, verloren gegaan is, — een waardevolle factor voor het behoud van leven en gezondheid. Elk bloedverlies toch van eenigen omvang bedreigt direct het leven. Anderzijds vinden de ziektekiemen, die door de ongeschonden bedekking van het lichaam niet kunnen binnen dringen, in wonden en andere defecten een welkome toegangspoort. Het organisme waakt daartegen, doordat:

1e de verwonde vaten zich direct samentrekken, zoodat de hoeveelheid bloed, die door het verwonde vat stroomt minder wordt en

2e de stolling als het ware door propvorming het defect afsluit (tenminste wanneer het vat niet te groot is en de snelheid, waarmede het bloed stolt versterkt met den weerstand, die de stolsels bieden aan het bloed, dat nog tracht uit het verwonde vat te stroomen, groot genoeg is.)

Bloedvatenstelsel en bloedsomloop. — Aan de bespreking van het weefsel — het bloed — moet zich nu de bespreking van het orgaan — den bloedsomloop of nog juister, het bloedvatenstelsel (waarvan men het hart als een deel mag beschouwen). — aansluiten. Dit orgaan is evenzeer een anatomisch, physiologisch, ja functioneel en organisch geheel als

het nader in hoofdstuk IX te bestudeeren zenuwstelsel. De leek heeft ten onrechte neiging al die (zenuw) draadjes en (bloed) vaatjes als iets bijkomstigs te beschouwen. In ieder geval alleen hart en hersenen als organen te beschouwen, die door deze draadjes en vaatjes met de periferie verbonden zijn op gelijke wijze als onze huizen door de telefoon met andere huizen zijn verbonden en van gas, waterleiding en electriciteit zijn voorzien. Deze voorstelling van zaken is allerminst juist. Hart en hersenen zijn niet primair, maar secundair. Primair zijn bloedcellen en zenuwcellen (met de daarbij behorende bloedvatjes en zenuwdraadjes). Eerst later differentieert zich een deel van het complex vaatjes en cellen tot hart en hersenen. Tot zoover zijn de verhoudingen bij bloedsomloop en zenuwstelsel vrijwel identiek, althans vergelijkbaar. Alleen het doel, waarmede zich een hart of hersenen vormen is verschillend, in overeenstemming met den verschillenden aard van beide organen.

Een deel van het bloedvatenstelsel differentieert zich tot hart, om de circulatie van het vloeibare weefsel in het zich over steeds grooter terrein uitstreckende orgaan te onderhouden.

Een deel der zenuwcellen differentieert zich tot hersenen, om als het ware een centraal bureau te vormen om de (naarmate de ontwikkeling van het organisme toeneemt in steeds grooter aantal en verscheidenheid uit alle organen toestroomende en voor alle organen bestemde) zenuwimpulsen te ordenen, te coördineeren en ondergeschikt te maken aan de zich dan vormende hoogere eenheid: bewustzijn, persoonlijkheid.

Om bij het bloedvatenstelsel te blijven. Het fijn vertakt vatennet is dus het primaire, de differentia-

tie van een hart als centraal pers- en zuigapparaat secundair. Ook in de ontwikkelingsgeschiedenis is die differentiatie te volgen. De taak, die ook bij de tegenwoordige ontwikkeling van het menschelijk organisme de bloedvaten te vervullen hebben is trouwens geenszins een zuiver passieve. Noch zelfs vergelijkbaar met het buizenstelsel van de waterleiding bijv. Die taak is, zooals we zien zullen, nauwelijks minder belangrijk dan die van het hart, dat — wij herhalen het, — evenzeer een deel, een belangrijk en integreerend deel, maar toch slechts een deel van het circulatie-apparaat vormt als bijv. maag en alvleeschklier van het spijsverteringsapparaat.¹⁾ Ook die moet men niet afzonderlijk, maar als deel van het groote geheel beschouwen en bestudeeren.

Wij willen dus niet beginnen met het hart, maar met de bloedvaten vooraan te plaatsen.

Die vaten dan hebben ten eerste tot doel een natuurlijke grens te vormen tusschen het teere bloedweefsel — dat we boven bespraken — en de andere weefsels. Beschadiging toch van dien scheidsmuur heeft niet alleen uitstorting van bloed, maar ook bloedstolling ten gevolge.

Die vaten hebben in de tweede plaats ten doel het bloedweefsel in staat te stellen tot de verborgenste schuilhoeken van het lichaam in alle andere weefsels en organen, ja schier tusschen alle andere cellen door te dringen om zoodoende in staat te zijn tot vervulling van zijn taak.

Die taak, men zal het zich herinneren, is de voorziening van alle andere weefsels en organen

¹⁾ Ook bij het maagdarkanaal is de maag niet primair maar secundair, een differentiatie van het maagdarkanaal, die eerst in den loop der ontwikkelingsgeschiedenis optreedt.

met zuurstof, brandstof en bouwstof (voor functie, groei, onderhoud en reparatie) en de afvoer van de daarbij gevormde stofwisselingsproducten.

De derde taak der vaten is dienovereenkomstig de circulatie van het bloedweefsel mogelijk te maken. Bij stilstand — stagnatie — van bloedweefsel is snelle uitputting van zuurstof en brandstof en overlading met koolzuur en andere stofwisselingsproducten onvermijdelijk. We zullen nu direct zien, welke bijzondere eischen de circulatie — bewerkt door het hart als zuig en perspomp — aan de vaten stelt. Want voor de beide eerstgenoemde doeleinden zou het voldoende zijn, wanneer de vaatwand een dun semi-permeabel membraantje was, hoe dunner hoe liever. Naar mate de vaatwand dunner is loopt ook de gaswisseling en de uitwisseling van andere producten gemakkelijker van stapel. Circulatie maakt echter een buizenstelsel noodzakelijk, dat bestand is tegen den, voor circulatiedoeleinden onmisbaren, druk. Versterking, dus verdikking van den vaatwand is daarvan het logisch gevolg — overal waar zoodanige druk in het bloedvaatstelsel heerscht. Naar mate de vaten groter zijn en men dichter bij het hart komt is dan ook de vaatwand dikker d.w.z. het aantal lagen grooter (zie fig. 60a). Dit geldt natuurlijk alleen voor de vaten, waarlangs onder hoogen druk het bloed uit het hart naar de periferie geperst wordt, de z.g. slagaderen of arteriën. De wand, ook van de grootere vaten, door welken onder zeer lagen druk het uit de periferie naar het hart terug stroomende bloed teruggezogen wordt is veel dunner (zie fig. 60b). Naar mate men de periferie en het inwendige van alle weefsels en organen nadert wordt het caliber kleiner en tevens de wand der

arteriën dunner, in overeenstemming met de daling van den bloeddruk. Maar ook de wand van dergelijke arteriën — verondersteld dat op deze wijze het

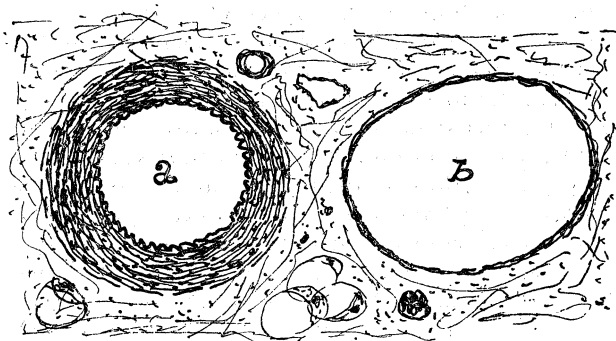


Fig. 60. Microscopische doorsnede van den wand der bloedvaten, a een arterie, b een vene.

bloedweefsel dicht genoeg bij alle cellen kwam — is te dik om gaswisseling mogelijk te maken. Die

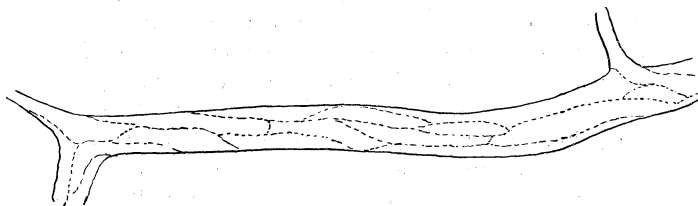


Fig. 61. Haarvat (capillair) met aanduiding van de grenzen der cellen, die den wand vormen.

gaswisseling heeft dan ook alleen plaats in de allerfijnste bloedvaattakjes — de z. g. haarvaten of capillairen — die zoo fijn zijn, dat ze precies één

bloedlichaampje doorlaten. De wand van die haarvaten is nog veel dunner dan de dikte van één bloedcel (zie fig. 61). Wie iets van het leven begripen wil moet eens onder den microscoop gezien hebben, hoe bijv. in het zwemvlies of in de tong van een kikvorsch de bloedcellen zich reppen door de haarvaatjes. Men ziet dan die cellen het midden der baan houden aan beide zijden geflankeerd door een bloedwei-stroom (een eigenaardig, mechanisch verklaarbaar verschijnsel). In die haarvaatjes is de hooge, onderbroken druk, die onder invloed van het kloppend hart in de arteriën heerscht; omgezet in een lage, continue druk. Belangrijke vermindering van de snelheid van den bloedstroom gaat daarmede gepaard. Wil men enkele cijfers? In de groote slagaderen heerscht een druk van ± 130 mM. kwik en stroomt het bloed met een snelheid van 50-100 *centimeter* per seconde, in de haarvaten is die druk minimaal en stroomt het bloed met een snelheid van niet grooter dan 0.5-1 *millimeter* per seconde. Deze vermindering van druk en stroomsnelheid is niet alleen het gevolg van de toenemende nauwheid der vaten, maar ook van de toenemende vergrooting van het z.g. stroombed. D.w.z. de doorsnede van alle haarvaten samen is veel grooter dan de doorsnede van de arterie, waaruit ze voortgekomen zijn. De doorsnede van alle haarvaten van de periferie samen wordt wel op ongeveer 1000 maal de doorsnede van de groote lichaamslagader (aorta) geschat.

Noch die doorsnede-verhoudingen, noch die drukverhoudingen zijn echter heelemaal constant. Juister gezegd: ze zijn heelemaal niet constant. Ze passen zich van oogenblik tot oogenblik aan, aan de behoeften van het oogenblik. Aan de ter be-

schikking staande hoeveelheid bloed en aan de behoefte aan bloed van bepaalde weefsels of organen. Laten we een oogenblik aannemen, dat de hoeveelheid bloed, die het lichaam herbergt een constant gegeven is. Gedurende korten tijd en behoudens onvoorziene abnormale omstandigheden, als groot bloedverlies e.d. is dat ook zoo. Die hoeveelheid is echter geenszins voldoende om het geheele bloedvatenstelsel maximaal te vullen. Daarom heerscht er in de wanden der bloedvaten een zekere, onder invloed van het zenuwstelsel staande, spanning (tonus), mogelijk geworden door het feit, dat die vaatwand ook meerdere fijne spierlagen in dwarsche en overlangsche richting bevat. En nu is het duidelijk, dat de verdeling van het bloed over de verschillende organen van ons lichaam wijziging kan ondergaan, doordat op de eene plaats (A) de spanning in de vaatwand grooter wordt — de vaten worden daar dus nauwer en de capaciteit kleiner — en elders (B) de spanning in de vaatwand kleiner wordt — de vaten worden daar dus wijder en de capaciteit grooter. Automatisch stroomt dan het bloed van A naar B.

Vaatvernauwing op de eene plaats en vaatverwijding elders gaan onder normale omstandigheden steeds samen. Ze compenseeren elkaar in overeenstemming met het constante bloedvolume in het lichaam en met de wenschelijkheid, dat ook de algemeene bloeddruk constant blijft. Stelt men zich n.l. een oogenblik voor, dat vaatvernauwing op de eene plaats niet gevolgd wordt door vaatverwijding elders, resp. dat alle vaten zich vernauwden. Geweldige stijging van den algemeenen bloeddruk zou daarvan het onvermijdelijk gevolg zijn. Met alle daaraan verbonden nadeelige gevolgen (belem-

merde circulatie, gevaar voor spontaan barsten van bloedvaten, vooral in de hersenen: beroerte).

Plaatselijke vaatverwijding zonder compenseerende vaatvernauwing elders, resp. algemeene vaatverwijding is niet minder ongewenscht. De hoeveelheid bloed, die naar het hart terugstroomt, is dan niet meer toereikend om het hart op gang te houden. De capaciteit der groote aderen is bij algemeene verwijding van hun wanden zoo groot, dat er dan heelemaal geen bloed meer terugstroomt naar het hart. De patiënt bloedt dan als het ware dood in zijn eigen aderen. Ook onder normale verhoudingen herbergen borst en buik reeds de helft van de totale hoeveelheid bloed.

Dat is dus het nadeel bij tekortschietende bloedsverdeling. Nu de voordeelen en het doel van een goede bloedsverdeling. Men moet bedenken, dat de brandstof- en zuurstofbehoefte van verschillende weefsels en organen buitengewoon sterk wisselt. Een mooi voorbeeld is het verschil tusschen de behoefte van spieren in rust en die van spieren in actie. Naast een gering basaal metabolisme staat hier het vermogen plotseling bepaald geweldige hoeveelheden energie te produceeren. Hoeveelheden energie, waarvoor niet minder groote hoeveelheden brandstof en zuurstof — die niet ter plaatse zijn opgeslagen, maar aangevoerd moeten worden door het bloed — noodig zijn.

Bij rust mag er geen overmaat zijn — dat zou oneconomisch zijn — bij arbeid geen te kort. Deze puzzle nu heeft de Natuur op de meest doelmatige en wonderbaarlijke wijze opgelost. Gedurende rust zijn de meeste capillairen in de spieren samenge-trokken en daardoor buiten functie gesteld. Op het eerste sein ontspannen ze zich echter en vormen

dan een enorm stroombed, ¹⁾ waardoor het voorheen langzaam stroomende bloed nu met groote(re) snelheid stroomt. Elders in het lichaam compenseert vaatvernauwing deze vergrooing van stroombed. Een deel van het bloed wordt den tijdelijk bijv. aan de ingewanden onttrokken om groote spierpraestaties mogelijk te maken.

Bloeddruk en bloedsverdeeling zijn door dit alles vraagstukken, waarvan de oplossing in overeenstemming met de behoefte van het oogenblik meer van de ideale wisselwerking tusschen de verschillende deelen van het bloedvatenstelsel dan van het hart alleen afhankelijk is. Beide, bloeddruk en bloedsverdeeling, worden geregeld door een deel van het ingewandszenuwstelsel, dat zijn centrum in het verlengde merg heeft. Dit centrum wordt steeds door aanvoerende zenuwvezels op de hoogte gehouden van den spanningstoestand der vaten en van de behoefte aan verhoogde circulatie in verschillende weefsels en organen. Ook hierbij speelt de koolzuurspanning zoowel perifeer als centraal — en daarmee de reactie van het bloed. (zie blz. 209) — een zekere rol.

Een en ander staat voor een deel ook onder invloed van de bij spierfunctie gevormde zure stofwisselingsproducten (melkzuur). Bloeddruk-centrum en ademhalings-centrum liggen trouwens dicht bijeen en beide worden door verhoogd koolzuur-gehalte geprikkeld: de algemeene bloeddruk stijgt dan iets, de longventilatie — zie hoofdstuk III — wordt sterker.

Naast dit algemeene centrum in het verlengde

¹⁾ Krogh heeft uitgerekend, dat het bloedvolume van een spier van 0,02 % in rust tot 15 % in functie stijgen kan. Dat zijn natuurlijk uitersten (1 : 1000).

merg, dat op zijn beurt ook onder invloed van hersenen, hart en verschillende klieren met inwendige afscheiding (speciaal van de bijnieren), staat, fungeeren ook lager gelegen centra in het ruggemerg. Ze regelen onder oppertoezicht van het algemeene centrum den bloeddruk in het vaatgebied, waar ze bij hooren. We moeten ons dat zoo voorstellen, dat alle bloedvaatwanden door afvoerende en toevoerende zenuwvezels langs een omweg met het ruggemerg verbonden zijn. Automatisch regelt een plaatselijk centrum, voor zoover het daartoe alleen in staat is, de spanningstoestand der regionale vaten, in overeenstemming met de plaatselijke behoefte. Het geeft een boodschap voor een ev. noodige hulp van elders naar het algemeene centrum door. Het ontvangt ook vandaar opdrachten om in elders bestaande behoefte te helpen voorzien, hetzij door verhooging, hetzij door verlaging van vaatspanning, bloeddruk of circulatiesnelheid.

Men kan al deze verhoudingen aan geëigende proefobjecten (bijv. tong of zwemvlies van een kikker) proefvindelijk bestudeeren en met het bloote of gewapend oog volgen. Vaatverwijding gaat gepaard met verhoogde bloedtoevoer. De kleur wordt rooder, het volume van het orgaan neemt toe, de temperatuur stijgt. Bovendien kan men met behulp van fijne meetinstrumenten vaststellen, dat de hoeveelheid bloed, die per eenheid van tijd het deel passeert en ook de snelheid van den stroom toegenomen is.

Bij vaatvernauwing zien we de tegenovergestelde verschijnselen. De bloedtoevoer wordt minder, de kleur bleeker, het volume van het orgaan, alsmede de temperatuur daalt, de stroomsnelheid en de hoe-

veelheid bloed, die per eenheid van tijd door het orgaan stroomt, verminderen.

Met en door dit al is het haarvatennet als het ware één uitgestrekt irrigatie-stelsel, dat „bevloeiing” der betrokken „landerijen” naar de van oogenblik tot oogenblik wisselende, ja sterk wisselende behoefte, toestaat. Die wisseling kan niet alleen snel optreden, maar is ook zeer groot. Verhoudingen van 1-500 zijn geen zeldzaamheid, d.w.z. terwijl bij rust de toevoer niet grooter is dan enkele kubieke centimeters per seconde stijgt hij in functie tot boven de liter per seconde! Dergelijke wisselingen zijn alleen mogelijk, dank zij het bloedvaatzenuwstelsel, dat zocals beschreven, vaatvernauwing in het eene gebied paart aan vaatverwijding in het andere en zoo bloedverplaatsing bewerkt ten einde het bloed daarheen te dirigeren, waar daaraan de grootste behoefte bestaat.

Het hart en zijn werking. — We wezen er reeds op van welk een belang bij dit alles de bloeddruk is. Om dat goed te begrijpen moet men behalve de eigenschappen der vaten, die wij boven reeds groottendeels besproken hebben, ook de plaats kennen, die in dat samengestelde geheel de bloedstroomaandrijvende kracht — het hart — inneemt.

Dat hart zullen we thans eerst eens van wat van naderbij bezien. Voor we dat doen, vragen we even de aandacht voor fig. 62, dat een grofschematisch beeld geeft van het geheele orgaan: *hart plus bloedvatenstelsel*. Daarin zijn door netten de perifere haarvaat-vertakkingen aangegeven en is door zwart en arceering het naar hart en longen terugstroomende zuurstofarme en koolzuurrijke bloed onderscheiden van den uit longen en hart naar de

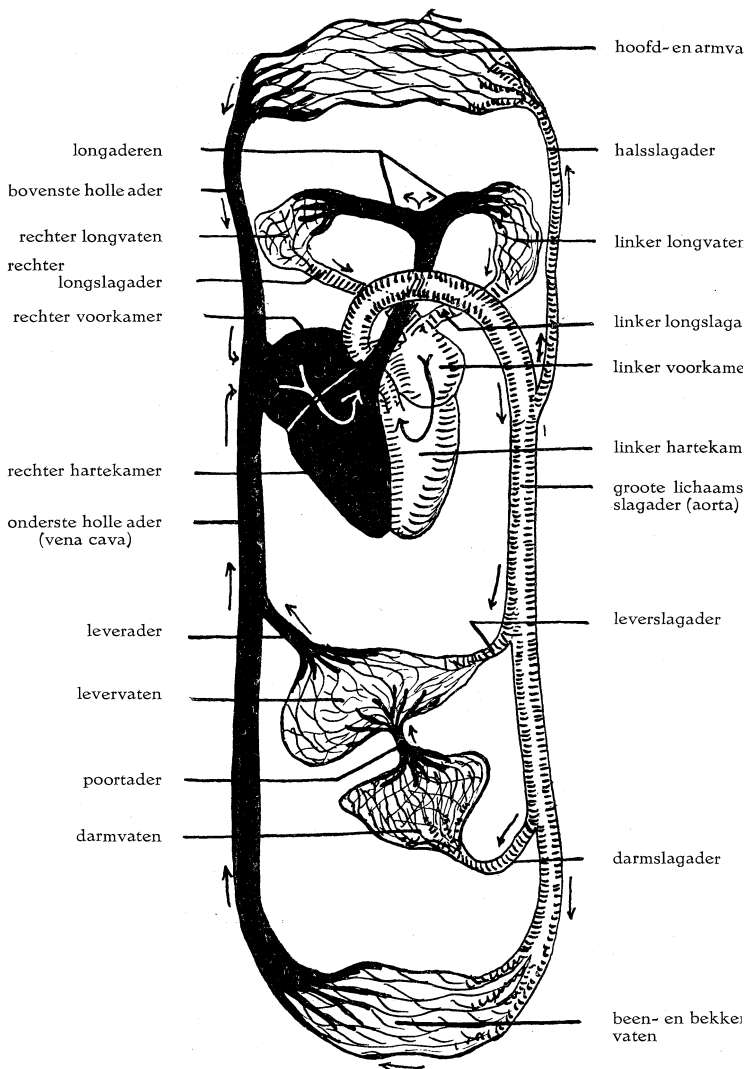


Fig. 62. Schema van de bloedsomloop (zie tekst).

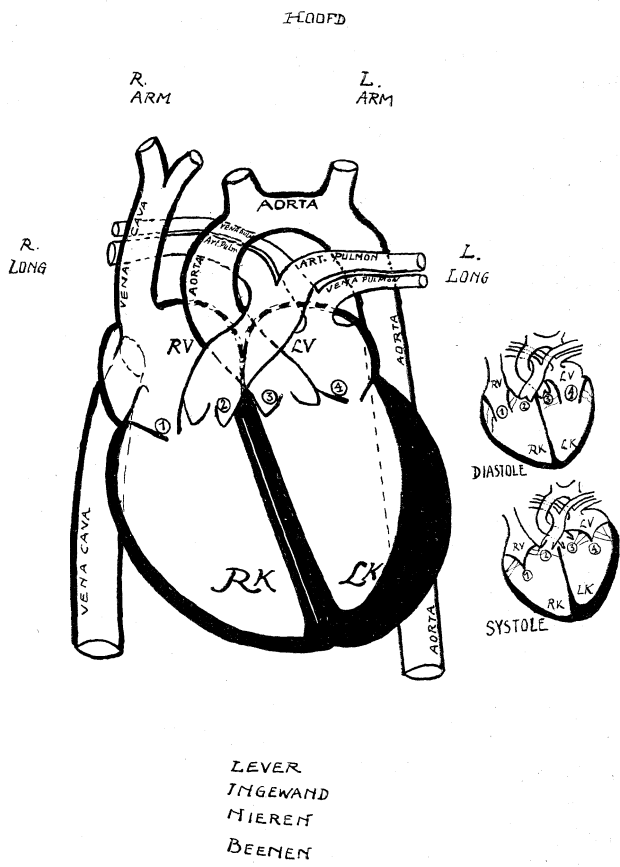


Fig. 63. Schema van bouw en bloedsomloop van het hart.

periferie gericht stroom van zuurstofrijk en koolzuurarm bloed. Ten overvloede geven pijltjes de richting van den stroom aan.

Men noemt gewoonlijk den kringloop „hart-longen-hart” den *kleinen bloedsomloop* en den kringloop „hart-groote lichaamslagader (aorta)-alle organen-hart” den *grooten bloedsomloop*.

Alle naar het hart voerende vaten noemt men *aderen (venen)*, alle van het hart naar de periferie voerende vaten *slagaderen (arteriën)*. Alle aderen bevatten aderlijk (veneus) — d.i. zuurstofarm en koolzuurrijk — bloed, behalve de longader. Alle slagaderen bevatten slagaderlijk (arterieel) — dus zuurstofrijk en koolzuurarm — bloed, behalve de longslagader.

Aan het hart zelf onderscheidt men:

1e een rechter — met aderlijk bloed gevuld — gedeelte, bestaande uit

a een voorkamer (atrium). Daarin monden de bovenste en benedenste holle lichaamsader (vena cava superior en inferior) uit en

b een kamer (ventriculus). Daarin stort zich eenerzijds de voorkamer uit. Anderzijds zendt die kamer het bloed door naar de longen (door de longslagader).

2e een linker — met slagaderlijk bloed gevuld — gedeelte, bestaande uit

a een voorkamer (atrium). Daarin stort zich de met gereinigd bloed gevulde longader uit en

b een kamer (ventriculus). Daarin ledigt zich eenerzijds de voorkamer. Anderzijds zendt die kamer het zuivere bloed door de groote lichaams-slagader (aorta) het lichaam in.

Het rechter hartgedeelte zuigt zich dus vol met veneus bloed en perst dit naar de longen. De linker

helft ontvangt het bloed gereinigd uit de longen terug en perst dit weer het lichaam in.

Na fig. 62 moeten we nu fig. 63 bestudeeren. Ook dit is nog een schema, nu niet en profiel, maar in doorsnede. Men kijkt als het ware in het hart, waarvan de voorwand afgenomen is. Volgen we nu den bloedstroom op zijn baan, dan voeren alle naar het hart toegerichte pijltjes van den grooten bloedsomloop ons weer naar de rechter voorkamer (R.V.) Bovenste en benedenste holle ader storten zich daar van zelf uit: de zuigkracht in de borstkas ondersteunt dezen stroom. De rechter voorkamer (R.V.) is echter van de rechter kamer (R.K.) gescheiden door een klep (1). Die klep gaat naar de zijde van de R.K. open en laat in die richting dus ongestoord het bloed door. Zoodra de R.K. echter vol is en zij zich begint samen te trekken om den inhoud door klep (2) in de longslagader te persen, sluit klep (1) zich: er kan geen bloed terugstroomen. Zoodra de R.K. zich geledigd heeft, sluit klep (2) zich — er kan geen bloed uit de longen terug stroomen naar de R.K. — en tevens opent klep (1) zich weer. Het hart vult zich dan opnieuw en het spel begint van voren af aan.

We volgen echter de pijltjes verder: beiderzijds door de longen keeren ze naar het hart terug. Daar wordt nu het bloed door de linker voorkamer (L.V.) ontvangen en komt door klep (4) in de linker kamer (L.K.) terecht. Die klep (4) sluit zich, zoodra de L.K. vol is en zich door samentrekking begint te ontledigen. Het bloed stroomt dan door klep (3) naar de groote lichaamsslagader (de aorta). Zoodra de L.K. zich geledigd heeft sluit klep (3) zich weer: het bloed uit de aorta kan niet terugkeeren naar het hart.

Die vier verschillende kleppen zijn niet in elk opzicht gelijk: No 1 is tweeslippig, die drie anderen zijn drieslippig, zie fig. 64. Om de gesloten klep te beschermen tegen de kracht van het onder spanning staande bloed, met name om „doorslaan” (als

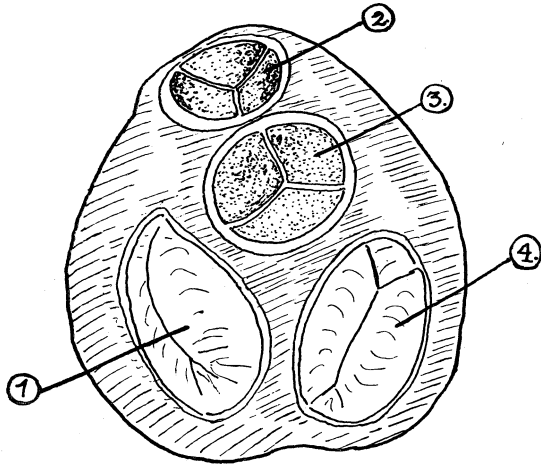


Fig. 64. De vier hartkleppen (van boven gezien na wegnemen der beide voorkamers van het hart.)

1. klep tusschen rechter voorkamer en rechter kamer.
2. " " " kamer en long-slagader.
3. " " " linker kamer en aorta.
4. " " " voorkamer en kamer.

van een parapluie, die door den wind omgestulpt wordt) te voorkomen, zijn de beide kleppen, die voorkamer en kamer scheiden (1) en (4) met de wand van R.K. resp. L.K. door meerdere stevige spiervezel-houdende banden, — die tevens als schokbreker fungeren — verbonden. Men kan ze in samengetrokken en ontspannen toestand zien op

figuur 65, die een beeld geeft van de dikte van den hartwand en de wijidte van het hart bij systole en diastole.

We hebben tot dusverre de rechter en linker helft afzonderlijk gezien.

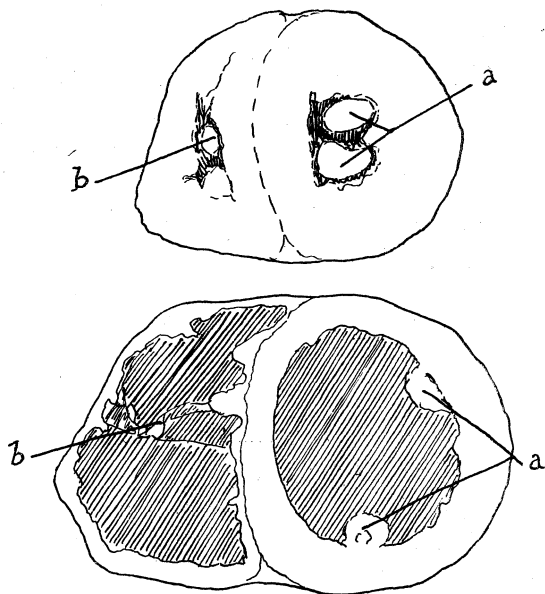


Fig. 65. De dikte van den hartwand en de wijidte van de holte van het hart bij systole (boven) en bij diastole (beneden) a en b zijn de spiertjes die de hartkleppen spannen.

Nu het geheel: R.V. en L.V. storten ongeveer gelijktijdig hun inhoud in R.K. en L.K. uit, R.K. en L.K. trekken zich — onder sluiting van kleppen (1) en (4) — vrijwel gelijktijdig samen, om zich na sluiting van de kleppen (2) en (3) weer

vrijwel gelijktijdig te ontspannen. Zoo krijgen we dus een synchrone rhythmische samentrekking van beide hartshelften. Eerst trekken R.V. en L.V. zich samen. Vervolgens ontledigen R.K. en L.K. zich. Na ontspanning en een korte pauze begint hetzelfde spel opnieuw. Uur in, uur uit, dag in, dag uit, het geheele leven door.

De spierlagen, waaruit het hart is opgebouwd zijn op zeer kunstige wijze verweven. De hartspier verschilt daarin van gewone spieren, dat de verschillende vezels niet tot op zekere hoogte anatomisch en functioneel onafhankelijk zijn, maar in beide opzichten een eenheid vormen. Reeds de bouw (fig. 66) wijst daarop. Ook de vezels, die R.V. resp. L.V. en R.K. en L.K. omgeven, zijn niet scherp gescheiden, maar gaan in elkaar over. Dat heeft tengevolge, dat de prikkel, die tot samentrekking van R.V. en L.V. aanleiding geeft, met groote snelheid (het kost maar een fractie van een seconde) voortschrijdend langs die overgangs-vezelen (de z. g. atrio-ventriculaire spierbundel of bundel van His) de R.K. en L.K. bereikt en doet samentrekken. Men spreekt dus niet ten onrechte van een „voortschrijdende contractiegolf”.

De oude strijd of de automatische hartbeweging een eigenschap van de hartspiervezelen zelf (*myogeen*) was of onder invloed van de autonome zenuw-vezelen van het ingewands-zenuwstelsel stond (en dus *neurogeen* was), is wel in dien zin opgelost, dat algemeen aan de hartspier-vezels zelf automatisme wordt toegeschreven. Een automatisme, waarbij — zooals onze landgenoot Zwaardemaker heeft aangetoond — de radioactiviteit van de zouten, die zich in het bloed bevinden en chemische hormonen, die door de hartspier zelf gefa-

briceerd worden (automatinen), een groote rol spelen.

Hier verdient nog een andere eigenschap vermelding, waardoor de hartspier zich van gewone spieren onderscheidt. Bij een gewone spier is de mate van samentrekking afhankelijk van de kracht van den prikkel. Er bestaat evenredigheid tusschen de sterkte der samentrekking en de intensiteit van

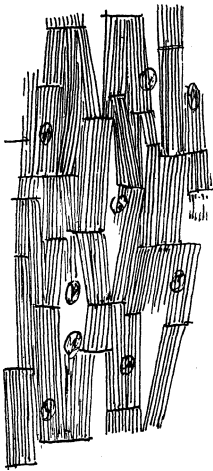


Fig. 66.

Microscopisch praeparaat van de hartspier (in alle richtingen vervlochten vezels).

den prikkel. Bij het hart ontbreekt die evenredigheid ten eenenmale.

Het hart luistert naar de z.g. „alles of niets-wet”. Is de prikkel te klein, dan volgt er heelemaal geen samentrekking. Is de prikkel voldoende, dan trekt het hart zich volledig samen, niet sterker, maar ook niet zwakker dan bij een veel sterkeren prikkel. Het is niet mogelijk, dat slechts een deel der vezelen zich samentrekt, zooals bij een gewone

spier. Alle vezels trekken zich samen, of géén van alle. Dit is trouwens in overeenstemming met den boven aangeduiden bouw van de hartspier (anatomische en functioneele continuïteit).

Terwijl een prikkel, die een samengetrokken gewone spier treft, in staat is den samentrekkingstoestand te onderhouden (krampachtige samentrekking door snel opéén volgende prikkels) blijkt de hartspier gedurende de samentrekking — en zelfs gedurende het eerste deel van de daarop volgende fase der verslapping — haar prikkelbaarheid verloren te hebben (z.g. refractaire periode). Dit verzekert een regelmatige opeenvolging van samentrekking en verslapping, die voor een goede circulatie — en daar is het toch om begonnen — volstrekt noodzakelijk is.

Heel eerlijk is het werk tusschen rechter en linker harthelft niet verdeeld: het bloed naar de longen behoeft slechts over een kleinen afstand geperst te worden, het bloed voor de rest van het lichaam — voor den *grooten bloedsomloop* — over een oneindig veel grooteren afstand. De linker kamer praesteert dan ook veel meer arbeid dan de rechter, wat zich nu afspiegelt in de veel grootere dikte van den wand van de linker kamer (die wand is wel 4 maal zoo dik als die van de rechter: zie fig. 65). Ondertusschen is de hoeveelheid bloed, die beide kamers te verwerken hebben gelijk, aangezien ze met gelijk rythme werken. De capaciteit van beide is ook even groot (± 140 kubieke centimeter).

Ook de samentrekking of systole van beide hart-helften duurt ongeveer even lang (0,1 seconde voor de beide voorkamers, 0,3 seconde voor de beide kamers), idem dito de verslapping of diastole (0,4

seconde) en de tusschenpoos tusschen de samentrekking van voorkamers en kamers (0,1 seconde).

Voor het op de borst of met behulp van een z.g. stethoscoop luisterend oor verraadt dit spel van samentrekking en ontspanning zich door twee rhythmische ruischende geluiden. Het eerste, vrij langdurige, geruisch valt ongeveer samen met de samentrekking der beide kamers. Het tweede, korte geruisch kenmerkt het begin van de ontspanning. Het laatste moet worden toegeschreven aan het gelijktijdig sluiten van de kleppen van aorta en arteria pulmonalis. Het eerste zoowel aan de sluiting van de kleppen tusschen de beide kamers en voorkamers als aan de samentrekking van den dikken linker kamerwand.

Onder ziekelijke verhoudingen, vooral als de kleppen niet goed sluiten (terug vloeien van bloed gedurende de diastole) of vernauwd zijn (bezwaarlijk doorpersen tijdens de systole) treden nog allerlei geruischen op, die hier echter onbesproken kunnen blijven.

We zullen hier niet in bijzonderheden de drukverhoudingen in het hart gedurende de verschillende opeenvolgende fasen van systole en diastole bestudeeren. Voor den leek is het voldoende te weten welke spanningen ongeveer normaal zijn: om ronde cijfers te noemen, ongeveer 20 mm. kwik in de arteria pulmonalis, en 140 mM. kwik in de aorta.

Wat den lezer meer verdient te interesseeren is de oorsprong van den meestal zichtbaren maar bijna zonder uitzondering voelbaren „klop”, dien het hart tegen den borstwand maakt, even binnen den tepel, meestal in de ruimte tusschen 5e en 6e rib. Daar is n.l. de z.g. punt van het hart gelegen. Die „klop”

pleegt dan ook als „puntstoot” te worden bestempeld. Het optreden van dien stoot moet daaraan worden toegeschreven, dat het hart gedurende de diastole passief de beperkte ruimte, die er voor het hart beschikbaar is vult, maar bij de systole stijf wordt en zich afrondt en dan een duw geeft aan den nabij gelegen borstwand.

Afzonderlijke vermelding verdient, van wege het aandeel, dat onze landgenoot Einthoven aan

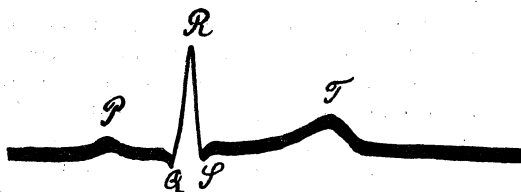


Fig. 67a. *Electrocardiogram* opgenomen met den snaargalvanometer van Einthoven.



Fig. 67b. *Sphygmogram*.

de ontdekking daarvan gehad heeft, het feit, dat de voortschrijdende contractiegolf in de hartspier zich kenmerkt door het optreden van kleine potentiaalverschillen, die met behulp van den door Einthoven geconstrueerden snaargalvanometer geconstateerd en gefotografeerd kunnen worden. Men krijgt dan wat men een „*electro-cardiogram*” pleegt te noemen, zie fig. 67a.

De P-top — de letters zijn oorspronkelijk van

Eindhoven en worden in de geheele wereld gebruikt — is afkomstig van de samentrekking der voorkamers, bij Q begint de samentrekking der kamers. De phase, die samenvalt met de andere letters is niet zoo nauwkeurig aan te geven. De moderne hartphysiologie en vooral de kennis van de hartziekten heeft zeer veel aan het electrocardiogram te danken.

De arbeidsprestatie van het hart, is altijd voor leeken een dankbaar onderwerp van berekening en speculaties geweest. Inderdaad presteert dit perpetuum mobile — eeuwig in den zin van zoolang het leven duurt — zeer aanzienlijke hoeveelheden arbeid.

Om enig inzicht te krijgen in het wezen der hartsactie, vooral in het wonderbaarlijke aanpassingsvermogen, dat ook deze spier bezit, willen we enkele details van naderbij bezien.

Presteert de rechter voorkamer arbeid? Het antwoord kan bijna ontkennend luiden. *Zuigen*, in den waren zin des woords, doet de R.V. niet. Wat zuigt: dat is de borstkas zelf. Daarin heerscht gedurende de uitademing een negatieve druk, die het toevloeien van bloed naar de R.V. bevordert. De rest doet de geringe positieve druk, waaronder het bloed in de groote holle lichaamsaderen (venae cavae) staat.

En nu de arbeid der kamers. Die is eenerzijds afhankelijk van de hoeveelheid bloed, die weggeperst wordt — voor beide gelijk — anderzijds van den weerstand (den druk in de afvoerende bloedvaten), die bij dat wegpersen overwonnen moet worden (die druk is in de aorta 4 X zoo hoog als in de arteria pulmonalis.) Dienovereenkomstig is

de arbeid van de linkerkamer ook ongeveer 4 × zoo groot als de arbeid van de rechterkamer.

Laten we bij de berekening van dien arbeid even stilstaan bij de kwestie der hoeveelheid. We deelden boven mede, dat de capaciteit van beide kamers ongeveer gelijk was en ± 140 cc bedroeg.

Dat wil echter niet zeggen, dat bij elke gewone hartslag ook 140 cc in aorta en longslagader geperst wordt. Die hoeveelheid van 140 cc is bij volledige verslapping gemeten. De ware functioneele capaciteit wisselt tusschen 50 en 100 cc. Als gemiddelde wordt meestal het cijfer van 60 cc genomen. De hoeveelheid, die per tijdseenheid wordt weggeperst wisselt niet minder. Zij is afhankelijk van de snelheid, waarmede het hart klopt. Die snelheid, bedraagt normaal ongeveer 70-80 per minuut. Zij kan bij krachtige inspanning bijna het 3 dubbele bereiken. Dit vermogen om sneller te pompen is het, dat aan het hart zijn zoo groot aanpassingsvermogen verschaft.

Wil men ook nu weer enkele cijfers: gedurende rust presteeren beide kamers ongeveer 100 gram-meters arbeid per hartslag. Dat komt ongeveer overeen met 10,000 kilogram-meters per etmaal. Gedurende maximale krachtsinspanning kan *per slag* het drievoudige van dit bedrag worden bereikt en (aangezien het hart bovendien nog driemaal zoo snel klopt), *per eenheid van tijd*, ongeveer het tiendubbele. Natuurlijk brengt geen hart het tot 100,000 kilogrammeter per etmaal. Zulke topprestaties houdt men maar korten tijd vol. Maar het geeft toch een denkbeeld van het vermogen van het hart om zich, zij het gedurende korten tijd, aan te passen aan zeer sterk verhoogde eischen. De verhouding tusschen de hoeveelheid arbeid bij rust en maximale krachtsin-

spanning is ongeveer 1 : 10. Dit gaat gepaard met stijging van bloeddruk en versnelde hartswerking. Maar ook met meer volledige samentrekking en ontspanning van het hart, dus met vergrooting van de capaciteit en van de hoeveelheid, die per slag weggeperst wordt. Zijn de eischen, die gesteld worden tijdelijk of blijvend te groot, dan treedt rekking op (hartvergrooting). Dan neemt naar verhouding de nuttige hoeveelheid arbeid, die gepresteerd wordt weer af. Ook dan nog bezit het hart een wonderlijk vermogen zich aan te passen aan verhoogde eischen en door verdikking van den spierwand (hypertrophie) aan te vullen (te compenseeren zooals men dat noemt), wat er aan kracht ontbreekt.

We willen nu nog enkele factoren noemen, die invloed op de hartswerking uitoefenen. Warmte doet het hart sneller werken, koude langzamer.

Bepaalde radio-actieve zouten (vondst van Zwaardemaker, zie boven) zijn onmisbaar.¹⁾ Bij afwezigheid dier zouten staat het hart stil om weer met kloppen te beginnen zoodra ze worden toegevoegd. Voegt men te veel toe, dan trekt het hart krampachtig samen en staat ten slotte weer stil, om weer normaal te gaan werken zoodra de doorstromingsvloeistof weer normaal is. Ook de reactie van het bloed, die voor alles bepaald wordt, zooals we gezien hebben, door de koolzuurspanning (zie blz. 209) oefent een even belangrijken invloed op de hartswerking uit als op de ademhalingsfrequentie: beide nemen toe bij stijgende koolzuurspanning. (vermoedelijk is de versterkte longventilatie door prikkeling van het ademhalingscentrum daarbij primair).

¹⁾ Deze proeven worden op z.g. overlevende uitgesneden en met bepaalde vloeistoffen doorstroomde harten van proefdieren verricht.

De voeding van het hart. — Men zal op het eerste gezicht geneigd zijn te veronderstellen, dat het hart zijn zuurstof, bouwstof en brandstof onttrekt aan het overvloedig te zijner beschikking staande bloed. Zoo eenvoudig is dat echter niet. Het is zelfs niet mogelijk. Hoe zou het bloed vanuit het binnenste van het hart, tusschen alle spiervezelen van den dikken hartspierwand heen kunnen dringen . . . als het hart geen eigen bloedvaten — arteriën, haarvaten en venen — bevatte. Inderdaad bezit het hart die. Uit de aorta gaat op de plaats, waar deze het hart verlaat — even boven de kleppen dus — een zijtakje (de z.g. kransslagader) van het hart af. Dit vat voert een deel van het allerbeste, versche bloed naar alle vezelen van de hartspier. Het zuurstofarme met koolzuur beladen bloed van de hartspier vloeit weer samen in een kransader, die zijn inhoud in de holle ader uitstort, vlak bij de plaats, waar deze in de rechter voorkamer uitmond.

Het deel van het arterieele bloed, dat uit de aorta door de kransslagader het hart zelf ten goede komt, legt dus den kortsten weg af, een weg, die nog heel wat korter is dan die van den kleinen bloedsomloop.

Die hoeveelheid bloed is uit den aard der zaak in hooge mate afhankelijk van de hoeveelheid arbeid, die het hart te presteeren heeft en van den druk in de aorta.

De innervatie van het hart. — Het hart krijgt dus zijn eigen bloed. Het krijgt ook zijn eigen zenuwen. Weliswaar is de hartswerking z.g. autonoom en kan een uitgesneden, van alle zenuwverbindingen beroofd hart nog uren, ja dagen blijven leven en

kloppen, als men het maar doorstroomt met „kunstmatig bloed” ¹⁾). Toch is het hart met het zenuwstelsel door aanvoerende en afvoerende vezelen verbonden, die het zenuwstelsel op de hoogte houden van de functie van het hart en het hart onderrichten over de behoeften van het oogenblik. Anders zou aanpassing aan die behoeften en samenwerking tusschen en met alle organen ook niet goed mogelijk zijn. Het zenuwstelsel moet in staat zijn de hartswerking naar behoefte nu eens aan te zetten en dan weer te remmen, d.w.z. zijn prikkelbaarheid verminderen of verhoogen. Dat wil echter nog geenszins zeggen, dat het hart voor andere dan zenuw-invloeden ongevoelig is en het hart niet behalve door zenuwprikkels door chemische prikkels van de verhoudingen elders op de hoogte gehouden wordt. En daardoor aangezet kan worden tot verhoogde of verminderde werkzaamheid. Op dit gebied vervult de inwendige secretie (met name van de bijnieren) een belangrijke taak. Het intern bijniersecretieer bijv., dat op alle bloedvaten vaatvernauwend werkt en daardoor den algemeenen bloeddruk doet stijgen — wat reeds op zich zelf het hart aanzet tot verhoogde krachtsinspanning — oefent terzelfder tijd alleen op de kransslagaderen een vaatverwijdenden invloed uit. Zoodat het hart meer zuurstof en brandstof krijgt voor die verhoogde krachtsinspanning. Verhoogde koolzuurspanning in het bloed heeft tot op zekere hoogte een tegenovergestelde werking. We kunnen hier niet treden in het fijnere mechanisme der nerveuze en chemische regulering van de hartswerking. Het meegedeelde moge

¹⁾ Dit is een vloeistof, die voldoende hoeveelheden zuurstof, brandstof — speciaal suiker — en de voor de hartswerking onmisbare zouten in de juiste verhouding bevat.

voldoende zijn om een indruk te geven en van de samengesteldheid der verhoudingen en van de wonderbaarlijke aanpassing aan de behoeften van het oogenblik. Men onderschatte noch dat aanpassingsvermogen noch die eischen. Elke arbeidsvermeerdering beteekent verhoogde stofwisseling, dus verhoogde behoefte aan zuurstof en brandstof en verhoogde uitscheiding van koolzuur.

Hoe is nu het lichaam in staat onmiddellijk à la minute die aan- en afvoer op hooger peil brengen? Reeds het besluit tot een daad scheidt in ons zenuwstelsel spanningen, die zich naar alle richtingen voortplanten. Vrijwel op hetzelfde oogenblik neemt de bijnierfunctie toe. De verhoogde adrenalineafscheiding heeft niet minder snel ten gevolge, dat de bloeddruk stijgt en hartswerking en ademhaling dieper en sneller worden. Onmiddellijk treedt een reflex op — ook weer van uit het centrum geleid en geregeld — die een dusdanige bloedverdeling bewerkt, dat de functioneerende spieren de hoeveelheid bloed krijgen, die ze noodig hebben. Het bloed wordt daarvoor eenvoudig aan andere organen onttrokken. Longventilatie en circulatie trachten de zuurstofbehoefte bij te houden. Hart, bloedsomloop en ademhaling stellen zich dus als het ware automatisch in op een hooger functioneel peil. Ook de hartspier zelf wordt beter van bloed voorzien. Elke hartslag heeft nu meer nuttig effect dan gedurende rust. De dosis adrenaline, die den hartslag versnelt, de kransslagaderen van het hart wijder maakt, alle andere vaten in het lichaam nauwer maakt, (zoodat de bloeddruk stijgt) heeft anderzijds op de lever een dusdanige werking, dat snel de beschikbare glycogeenvoorraden in suiker worden omgezet en met het bloed kunnen vervoerd worden naar de

spieren, die als het ware wachten op deze brandstof. . . .

Dit alles is mooi genoeg. Mooier is nog, dat ook op dit gebied oefening kunst baart en de waarde van een goede training juist daarin gelegen is, dat niet alléén het nuttig effect bij gelijke krachtsinspanning grooter is, maar ook het aanpassingsvermogen van het organisme aan de eischen van het oogenblik belangrijk toeneemt. Terwijl een ongeoefende niet zonder bezwaar aan tot het 6 voudige boven het normale verhoogde eischen voldoen kan, brengt een geoefende het tot een prestatie van het 10-12 voudige.

De wisselwerking tusschen hart en vaten; de polsslag. — Hier vragen speciaal bloeddruk en polsslag de aandacht. De bloeddruk is de resultante van de spanning van den vaatwand en de kracht, waarmede het linker hart zijn inhoud in de reeds met bloed gevulde groote lichaamsslagader (aorta) perst. Naar mate die druk hooger is gaat reflectorisch het hart langzamer werken. Daalt die druk, dan versnelt het hart zijn werking. In beide richtingen binnen zekere grenzen, daar buiten dreigen ongelukken.

De regelmatig in de aorta geperste bloedmassa bij elke samentrekking van het linker hart verhoogt:

- 1e den *druk* in de aorta en brengt
- 2e de zich in de aorta bevindende bloedzuil in voorwaartsche *beweging*.

Zowel die *druk* als die *beweging* planten zich met groote snelheid in de richting van de periferie voort.

Tweeërlei golfbeweging is daarvan het gevolg.

- 1e een *druk*golf, die zich met een snelheid van ± 7 M. per seconde voortplant;

ze een *bloedgolf*, die een snelheid van ± 0.5 M. per seconde bezit.

Niet de tweede golf maar de eerste wordt door ons als z.g. „polsslag” waargenomen. Het is dus *niet de strooming, die we waarnemen, maar de zich voortplantende drukverhooging.*

Naarmate men verder van het hart afkomt wordt de uitslag van den pols (de drukverhooging onder invloed van elken hartslag) kleiner en tevens ook de stroomsnelheid geringer. Met behulp van bepaalde toestellen z.g. sphygmographen kan men den pols registreeren (sphygmogram: zie fig. 67b) en daaraan allerlei bijzonderheden opmerken, die ondertusschen ook de tastende vinger van den geoefenden medicus of verplegende daaraan onderkennen kan:

- a. het aantal polslagen (snelle of langzame pols) ;
- b. de uitslag van den pols (grootte of kleine pols) ;
- c. de snelheid, waarmede de polsuitslag optreedt ;
- d. de regelmatigheid van den polsslag enz.

Daarin spiegelt zich dan zoowel de toestand van het hart als van de vaten resp. van den bloedsomloop zelf af. Ook krijgt men op die wijze — dus door polsvoelen — een indruk van den bloeddruk, die ook met behulp van een toestel, een z. g. bloeddrukmeter (sphygmo-manometer) kan worden gemeten en zooals reeds eerder medegedeeld werd, zoowel van de hoeveelheid bloed, van de vaatwandspanning, van de hartswerking als van in den bloedsomloop bestaande of zich vormende weerstanden afhankelijk is.

Voor menschen, die van cijfers houden, enkele gemiddelden over pols en bloeddruk. Als normaal voor een volwassen man in rust wordt algemeen een polsslag van ± 72 per minuut aan genomen.

Lichamelijke zoowel als geestelijke inspanning (ook schrik en emotie: verhoogde adrenaline-afscheiding) zijn in staat dit cijfer met groote snelheid en in aanzienlijke mate op te drijven. Ook koorts en stoornissen in hart en vaten zijn daartoe in staat. De polsversnelling, veroorzaakt door arbeid of emotie, verdwijnt echter bij gezonde menschen snel, wanneer de rust terugkeert. De verhouding tusschen polsversnelling en temperatuurs-verhoging is een veel te ingewikkeld vraagstuk om hier te behandelen en valt overigens ook buiten het kader van dit boek. We kunnen volstaan met de mededeeling, dat de leek niet in staat is uit de waargenomen polsversnelling iets over de hoogte van de koorts te besluiten. De koorts kan zoowel aanzienlijk hooger, als ook veel lager zijn dan men geneigd zou zijn uit den pols te concludeeren.

Kinderen hebben een veel snelleren pols dan volwassenen. Bij pasgeborenen komen cijfers van bij de 200 voor, bij zuigelingen daalt dit cijfer spoedig beneden de 150, bij oudere kinderen beneden de 100.

En wat de bloeddruk betreft moet men onderscheid maken tusschen een maximale z.g. systolische bloeddruk d.i. dus de top, die bereikt wordt bij het inpersen van den inhoud van de linkerkamer in de aorta en een minimale z.g. diastolische bloeddruk d.i. dus de druk, die in de vaten zelf heerscht op het oogenblik, dat de linkerkamer zich gaat ontledigen. Het verschil tusschen beide cijfers is de drukverhoging, die onder invloed van den hartslag optreedt. Gemiddelde cijfers zijn:

systolische bloeddruk	110 mm. kwik
diastolische bloeddruk	<u>70 mm. kwik</u>
drukverhoging	40 mm. kwik

Deelt men het verschil tusschen systolische en diastolische bloeddruk, dan krijgt men de z.g. gemiddelde bloeddruk. De bovenstaande cijfers zijn voor den arm, omdat daar de bloeddruk gewoonlijk gemeten wordt. Er moet dus bij verteld worden, dat de bloeddruk daalt naarmate men verder periferwaarts komt, m.a.w. naarmate het kaliber der arteriën kleiner is. In de haarvaten is de bloeddruk reeds gedaald tot 10 à 20 mm. kwik.

Dit drukverval is meer een gevolg van de bijzondere verhoudingen in de kleinere arteriën (met name de vergrooting van het stroombed en de spanning van den vaatwand in die kleinere arteriën), dan van den weerstand, die de capillairen met hun groot stroombed aan den bloedsomloop bieden. Trouwens het stroombed van de arteriën is niet veel kleiner dan van de capillairen.

In het aderstelsel is de druk ongeveer gelijk aan die in de haarvaten — de kloppende stroombeweging is ondertusschen omgezet in een regelmatige voortbeweging — voorzoover zich deze beneden het niveau van het hart bevinden. In de aderen van hals en nek van iemand, die staat heerscht onder normale omstandigheden vaak een negatieve druk.

HOOFDSTUK VI

WEEFSELVOCHT EN WEEFSELVOCHT- STROOM

Lympe en lymphvaten. — De samengestelde verhoudingen op het gebied van aanvoer van zuurstof en brandstof naar alle organen en cellen en van den afvoer van koolzuur en andere stofwisselings-producten worden er niet eenvoudiger op door inschakeling van een derde phase tusschen cel en haarvat n.l. weefselvocht of lympe. De cel grenst nergens aan den haarvatwand, doch is daarvan overal gescheiden door de haar omspoelende, alle organen en weefsels als het ware doordrenkende weefselvloeistof. Zoowel de aanvoer van zuurstof en brandstof, als de afvoer van koolzuur en andere stofwisselings-producten moet die vloeibare tusschen-zône passeeren. Een zône, die wel smal maar daarom nog niet te verwaarloozen is. We hebben er reeds kennis mee gemaakt in hoofdstuk II bij de bespreking van bouw en functie der klieren met uitwendige afscheiding. Fig. 6 gaf een beeld van de wijze, waarop zich ook tusschen kliercel en haarvat die lymph bevindt, die voor het drukke transport over en weer zorgt.

Weefselvocht of lympe is een licht-gele, heldere vloeistof, die arm aan cellen is. De cellen, die er in voorkomen zijn z.g. lymphcellen of lymphocyten, zie blz. 205. De lympe is in laatste instantie uit het bloed afkomstig en keert naar het bloed terug. Op welke wijze de lymph eigenlijk uit het bloed wordt afgescheiden is niet met zekerheid te zeggen. Het is mogelijk, dat de fijne, lange, platte

cellen, die den wand der haarvaten vormen actief lymph secerceeren. Zij zouden dan eenerzijds de benodigde stoffen uit het bloed opnemen om die anderzijds in de weefselspletten te deponeren. Het is ook niet onmogelijk, dat de druk, die in de niet volledig waterdichte capillairen heerscht tot een soort doorzweeting van vocht aanleiding geeft.

Ook witte bloedcellen kunnen de haarvaten verlaten door de fijne poriën, die zich blijkbaar tusschen de haarvatwandcellen bevinden. En waar een cel door kan, kan zeker vloeistof door. Ten slotte staat wel vast, dat de fijne haarvatwandcellen niet geheel ondoordringbaar zijn voor vocht. Zooal geen doorzweeten in engeren zin, dan toch filtratie van vocht door dezen, als semi-permeabelen membraan fungeerenden wand is mogelijk. De snelheid van deze filtratie is geen constante factor, omdat zoowel de druk in de haarvaten als de doorlaatbaarheid van de haarvatwandcellen wisselt. Met het water diffundeeren verschillende daarin opgeloste stoffen mee.

Deze verhoudingen zijn niet in alle deelen van het lichaam gelijk. Zij dragen, zooals we in hoofdstuk II, gewijd aan de spijsvertering, reeds gezien hebben in den darmwand een zeer bijzonder karakter. Daar is de doordringbaarheid van de capillairen groot. De vochtstroom, die op deze wijze ontstaat, neemt al de door de darmwand-dekcellen opgenomen en tot vetbolletjes gereconstrueerde bestanddeelen van het voedsel op. Zij voert ze langs de groote chylbuis niet naar de lever (zooals het met de andere spijsverteringsbestanddeelen beladen bloed), maar regelrecht naar de groote borst-chylbuis, die ten slotte in een van de groote zijtakken van de bovenste holle lichaamsader (vena cava

superior) uitmondt. Fig. 24 bracht deze gang van zaken in beeld. In die zelfde groote borst-chylbuis (ductus thoracicus), die rechts van de groote vaten naast de wervelkolom naar boven verloopt storten ook de lymphverzamelbuisjes uit alle organen en lichaamsdeelen zich uit. Zoo komt er uit elk been en uit elken arm een lymphbuis, één uit het hoofd, één uit het bekken enz., die uit fijne takjes de van alle cellen, weefsels en organen samengestroomde lymph opnemen en ten slotte weer in den bloeds-



Fig. 68.

Doorsnede van een lymphvat, zoodat men daaraan de kleppen kan zien, die stroom in één richting bewerkstelligen.

omloop terugstorten. Er is zodoende een kringloop „bloed-lymph-bloed”.

De lymphstroom is dus tot op zekere hoogte te vergelijken met den bloedstroom. De verschillen zijn echter even groot als de punten van overeenkomst. Afgezien van de samenstelling onderscheidt de lymphstroom zich reeds van den bloedstroom door zijn geringe snelheid. Die snelheid zou al buitengewoon gering zijn, wanneer zij uitsluitend van den bij rust in de lymphwegen heerschenden druk afhankelijk was. Die druk is bijna o. De spierfunctie veroorzaakt de voortstuwung van den

lymphstroom. De zich samentrekkende spieren persen als het ware de in haar mazen aanwezige lymphvloeistof naar buiten. Deze kan slechts in één richting uitwijken, omdat de lymph slechts in één richting — naar den ductus thoracicus toe — kan stroomen als gevolg van de aanwezigheid van kleine, zakvormige, kleppen (fig. 68).

Sommige physiologen nemen aan, dat de hoeveelheid lympe afhankelijk is in normale omstandigheden van het feit, dat de haarvaten, waarin zooals gezegd een hoogere druk heerscht dan in de omgevende vloeistof, wel eenerzijds vocht afscheiden of doorzweeten, maar anderzijds (als gevolg van de moleculaire concentratie-verhouding tusschen bloed en weefselvocht) ook weer een deel van dit vocht resorbeeren.

Dit evenwicht kan echter onder abnormale omstandigheden worden verbroken, vooral door bloeddrukverhooging en verandering der doordringbaarheid van den haarvatwand resp. van de moleculaire concentratie van de lympe. Dan verlaten vaak met groote snelheid aanzienlijke hoeveelheden vocht de bloedbaan om zich in de weefsels op te hoopen en daar tot z. g. zuchtige zwellingen aanleiding te geven (oedeem). En dat vooral, wanneer het zout- en vocht-gehalte van het bloed verandering heeft ondergaan, doordat de waterafscheiding door de nieren niet goed functioneert (bijv. bij ziekte van de nier of bij stoornissen in hartwerking en bloedsomloop).

Keeren normale hartswerking en bloedsomloop tijdig terug, dan worden die zuchtige zwellingen vaak weer met even groote snelheid geresorbeerd als zij zich gevormd hebben. Overvloedige urine-afscheiding zorgt er dan voor, dat al het overtollige zoute water het lichaam verlaat.

Behalve algemeene is ook plaatselijke vocht-ophooping mogelijk. Men denke eens aan de zwellingen, die optreden na verstuiking of breuk. Die zwelling moet vaak aanvankelijk op rekening van bloeditstorting, door verscheuring van haarvaten veroorzaakt, worden geschreven.

Spoedig wordt het bloed omgezet in oplosbaren en voor resorptie geschikten vorm. Hierbij ontstaan producten, die alle kleuren van den regenboog vertoonen. Maar de beschadiging der plaatselijke haarvaten verraadt zich dan vaak nog lang door zuchtige zwellingen. Die kunnen zelfs zoo groot zijn, dat ze door druk op de haarvaten de capillaire circulatie en dus de voedselvoorziening van het naburige weefsel belemmeren. Wegstrijken, -wrijven en -kneeden, in één woord wegmasseren, van dat vocht, bevordert dan in hooge mate den terugkeer tot normale verhoudingen. Men beschouwe echter massage niet als kinderachtig, eenvoudig leekenwerk. De massage-techniek vereischt groote kunstvaardigheid en vingervaaridigheid. Maar zwaarder dan dat weegt de indicatie tot het toepassen van deze kunstbewerking, aangezien zij bij toepassing op onjuiste indicatie nog veel meer schade kan doen dan bij ondoelmatige uitvoering.

Dit is het best te illustreeren door te wijzen op de beteekenis van de lymphvaten bij voortschrijdende ontsteking. Zij voeren de ziektekiemen uit het ontstekingsproces mee en vormen daarvoor een goeden voedingsbodem.

De kiemen kunnen zich dan in alle organen en weefsels, die zij tegenkomen, nestelen en tot vele plaatselijke en ook algemeene processen aanleiding geven. En wanneer men nu bedenkt, dat zuchtige zwelling een der meest op den voorgrond tredende

verschijnselen van ontsteking ter plaatse of in de nabijheid pleegt te zijn, dan begrijpt men ook hoe voorzichtig men met het stellen van de indicatie tot masseeren en tot het toepassen van deze kunstbewerking moet zijn, als men niet met zekerheid weet, dat ontsteking — m.a.w. de aanwezigheid van loerende ziektekiemen — kan worden uitgesloten. Een masseur of masseuse is hiertoe niet altijd in staat, zoodat het stellen van de indicatie alleen in handen van den geneesheer veilig is.

Lymphklieren en milt. — In den loop der lymphwegen zijn in grooten getale kleine boon-vormige orgaantjes ingeschakeld. Dat zijn de z.g. lymphklieren.

In de liezen, in den oksel, langs den hals (tusschen de ingewanden enz.) kan men ze vinden en zoo ze oppervlakkig liggen en door voorafgaande of bestaande ontsteking, die veelvuldig voorkomt, iets vergroot en vooral een weinig verhard zijn, kan men ze ook voelen. Ze hebben voor alles tot taak lymphcellen te leveren. Ze bestaan als het ware uit een met lympe doordrenkte spons, die talloze z.g. follikels met kiemcentra bevat vol groeiende cellen, waaruit de rijpe lymphcellen zich losmaken om mee te drijven met den lymphstroom (zie fig. 69).

Die lymphklieren vormen door de wijze, waarop ze in den lymphstroom ingeschakeld zijn tevens filters, die alle ongerechtigheden als ziektekiemen, die van de periferie op den lymphstroom naar het centrum zwemmen, tegenhouden. De rijkdom aan lymphcellen, die tot op zekere hoogte ook bacteriedoodende eigenschappen bezitten, verklaart het vermogen der klieren om dergelijke ziektekiemen te helpen onschadelijk te maken. Groot is dat vermo-

gen echter niet. De lymphklieren vormen dan ook evenals de lymphvaten spoedig de zetel van ontstekings-processen. Dergelijke processen zijn bij besmetting van schrammetjes of wondjes aan vinger of hand, aan teen of voet, in oksel en lies — in de z.g. regionaire lymphklieren — te verwachten. Bij ontstekingsprocessen in tanden en kiezen en op het behaarde hoofd (beschadiging der huid door

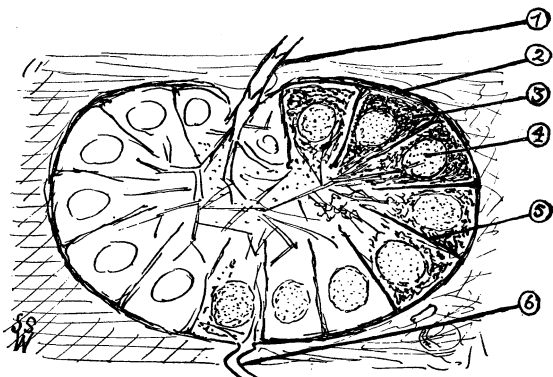


Fig. 69. Schematische doorsnede van den bouw van een lymphklier.

1. toevoerend vat met kleppen; 2. bindweefselkapsel; 3. schors der follicels; 4. kerncentrum; 5. tusschenschot tusschen de follicels; 6. afvoerend lymfvat.

krabben, vooral bij onrein hoofd) vindt men de gezwollen klieren langs den hals. Vooral deze halsklier-ontstekingen zijn berucht. De volksmond spreekt dan van „klierachtig” en men vraagt om levertraan, in plaats van het kerkhof in den mond op te ruimen, de haren kort te knippen of op andere wijze 't hoofd te zuiveren. Erger is, dat ook de tuberkelbacil bij deze halsklier-ontsteking, vooral

als ze verwaarloosd wordt, vaak een woordje mee spreekt, maar daarop kunnen we hier niet ingaan. We volstaan met er op te wijzen, dat „*klieren*” klier-ontstekingen en vaak *tuberculeuse klier-ontstekingen* zijn en als zoodanig moeten worden behandeld.

Naast de gewone lymphklieren onderscheidt men vaak nog de z.g. „bloedklieren”, lymph- en bloedcellen-vormende organen, waarvan de bouw veel gelijkenis met die van de boven beschreven lymphklieren vertoont. Zij zijn echter niet in den lymph-, maar in den bloedstroom ingeschakeld.

De voornaamste dier bloedklieren zijn de zwezerik (*glandula thymus*, zie verder bij de interne secretie hoofdstuk VIII) en de milt. Van dit laatste orgaan is de bouw even eigenaardig als de functie. Zij vormt als het ware een onregelmatige spons van met fijne spiervezeltjes voorzien bindweefsel, gevuld met een massa bloed- en lymphcellen in alle stadia van ontwikkeling, waar het bloed tusschen door stroomt zonder van die cellen door een speciale haarvatwand gescheiden te zijn.

Dit is dus de eenige uitzondering op den regel, dat de lichaamscellen overal door weefselvocht van de haarvaten gescheiden zijn. De ruimte, waarin het bloed stroomt is trouwens veel wijder dan die in de gewone haarvaten (0.05 tegen 0,01 mm.). Die ruimten vloeien ten slotte weer samen tot de miltader, die veel rijker is aan lymphcellen dan de miltarterie (zie fig. 70). Hoewel bijzonderheden niet bekend zijn, speelt de milt ook bij de verdeeling van het bloed in de buikholte een rol. De sponsachtige milt kan zich n.l. met behulp van spiervezels samentrekken, die in haar bindweefsel aanwezig zijn. Zoodanige samentrekking heeft een belangrijke verkleining van volume en een uitpersing

van een aanzienlijke hoeveelheid bloed ten gevolge, die zodoende beschikbaar komt om in een elders bestaande behoefte aan bloed te voorzien.

Ten slotte verdienen nog andere eigenaardige z.g.

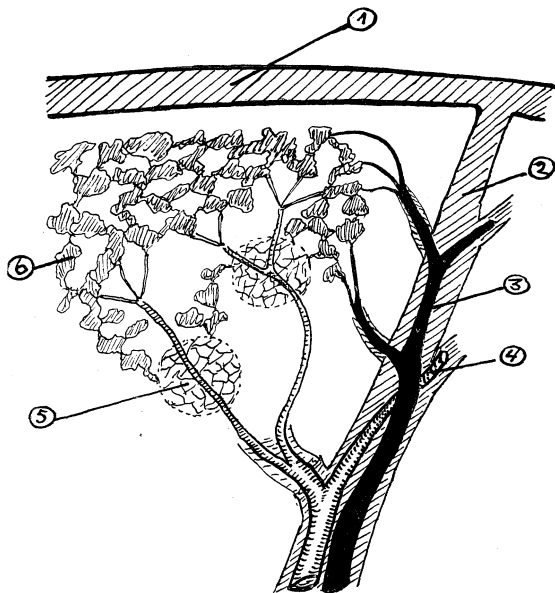


Fig. 70. Schema van den bouw van de milt.

1. de kapsel; 2. een tusschenschot, waarin de bloedvaten loopen; 3. een tak van de miltader; 4. een tak van de miltslagader; 5. lichaampjes van Malpighi; 6. ruimten tusschen de miltcellen, waar het bloed door stroomt.

lymphoïede orgaantjes de aandacht: de z.g. amandelen of tonsillen.

De mensch heeft er drie, twee (één rechts en één links, zie fig. 71) op den overgang tusschen mond

en keelholte in een plooi, die zich van huid en week gehemelte uitstrekt naar den bodem der keelholte en nog één boven in de keelholte op de plaats, waar deze in de neusholte overgaat (zie fig. 72).

De in de lymphcellen-nesten in deze amandelen gevormde lymphcellen worden niet naar de lymphwegen, maar naar de oppervlakte van het slijmvlies uitgestooten en bestrijden daar vermoedelijk weer de binnendringende ziektekiemen. Met dit gevolg,

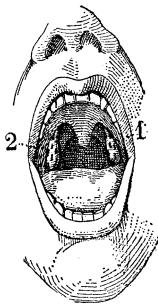


Fig. 71. De beide amandelen (tonsilla palatina), zie ook fig. 72.

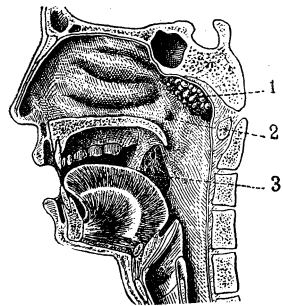


Fig. 72. Adenoïde vegetaties (1. de vergrootte tonsilla pharyngea; 2. de opening van de tuba Eustachii; 3. de rechter amandel).

dat vaak niet de ziektekiemen de prooi der lymphcellen, maar de amandelen een prooi der ziektekiemen worden. Ze gaan dus in ontsteking over (angina) en zwellen dan op. Elke nieuwe ontsteking verhoogt de gevoeligheid der amandelen voor ontsteking, terwijl bovendien door bindweefselwoekering blijvende vergrooiting optreedt. Een vergrooiting, die de ruimte ter plaatse vermindert en (voorzoover ook de derde amandel boven in de

neuskeelholte sterk vergroot is — z. g. adenoïde vegetaties — zie fig. 72) de neusademhaling belemmert en tot overmaat van ramp nog de buis, die van de neuskeelholte naar het middenoor loopt (buis van Eustachius, zie bij het gehoor) dichtdrukt. Allerlei ademhalings-, gehoors- en andere stoornissen, als achterstand in geestelijke ontwikkeling, kunnen daarvan het gevolg zijn.

HOOFDSTUK VII UITSCHIEDING

Asch en rook, ziedaar de typische alledaagsche *zichtbare* resten van *onvolkomene* verbranding. De oorzaak dier onvolkomenheid moet nu eens in de brandstof, dan weer in de verbrandings-installatie, soms ook in het verbrandings-proces, ten slotte niet zelden in andere ongunstige uitwendige omstandigheden gezocht worden.

De brandstof kan vele onbrandbare stoffen bevatten (überhaupt of in de betrokken verbrandings-installatie of bij een bepaald verbrandingsproces of alleen maar onder bepaalde omstandigheden).

De verbrandings-installatie kan constructie-fouten bezitten, waardoor de zuurstoftoevoer of de afvoer van verbrandings-producten, die de verbranding belemmeren, verhinderd wordt.

Het verbrandings-proces — verasching of verkooling — wordt door de bereikte temperatuur en de ter beschikking staande hoeveelheid zuurstof bepaald. Zakelijke en persoonlijke omstandigheden kunnen op dit alles ook nog een invloed uitoefenen. . . . Dit beeld is als het ware een populaire recapitulatie van de verhoudingen op de aangrenzende gebieden van spijsvertering, stofwisseling en ademhaling. Ook hier toch is sprake van een reeks min of meer onvolkomen verbrandings-processen. Daarbij blijven als zichtbare resten van onvolkomene verbranding, bepaalde stoffen, bepaalde „slakken” over, die uit het lichaam moeten worden verwijderd.

En dat niet alleen omdat ophooping dier stoffen

het verbrandings-proces in de verbrandings-instalatie storen zou, maar ook omdat er stoffen bij zijn, die bepaald schadelijk zijn (stofwisselings-vergiften).

Die stoffen te verwijderen is de taak der uitscheiding in ruimeren zin. Ondertusschen zijn de verhoudingen bij de uitscheiding heel wat samengestelder dan bij een technische verbrandings-instalatie.

We zullen dan ook dit beeld niet verder uitwerken en nu maar verder systematisch aard en wezen der verschillende uitscheidingsprocessen, die zich in het lichaam afspelen, bestudeeren en de verschillende stoffen, die zoo het lichaam verlaten, van naderbij bezien.

Uitscheidings-organen. — Terwille van de overzichtelijkheid om te beginnen een lijstje van de organen, die bij de uitscheiding zijn betrokken:

1 *de huid*: een levensgewichtig orgaan, dat er een bijzonder soort ademhaling op na houdt en groote hoeveelheden vocht in dampvorm en als zweet, beladen met daarin opgeloste vergiftige afvalstoffen afscheidt. In dit hoofdstuk zullen we alleen deze taak der huid bestudeeren. Voor de betekenis als bedekking en de waardevolle diensten, die dit orgaan ons bewijst, voorzien als het is van een goed ontwikkeld zintuig, het gevoel, zullen we in hoofdstuk XIII nog afzonderlijk de aandacht vragen.

2 *de longen*: het orgaan der ademhaling in engeren zin bij uitnemendheid, speelt eigenlijk ook een niet minder gewichtige rol op het terrein der uitscheiding door groote hoeveelheden koolzuur en soms ook belangrijke hoeveelheden water in damp-

vorm uit het lichaam te verwijderen. Dit uitscheidingsproces is echter zoo nauw met de adembaling in engeren zin verbonden, dat we deze functie tegelijk met de zuurstof-voorziening van het lichaam reeds in hoofdstuk III bespraken en er dus hier niet op terug zullen komen.

3 *het maag-darm-kanaal* kan het, als orgaan van de spijsvertering, ook al niet zonder afvoer van de onverteerde en onresorbeerbare resten van deze levensverrichting stellen. In hoofdstuk II gewijd aan de spijsvertering hadden we voorts reeds gelegenheid er op te wijzen, dat er ook wel degelijk een actieve uitscheiding naar den darm plaats heeft. Bij de bestudeering der uitscheiding als één geheel behoeven we dan ook niet opnieuw aandacht aan de samenstelling van de ontlasting (*faeces*) te schenken.

We wijzen er slechts op, dat er een nauwe wisselwerking tusschen de verschillende uitscheidingsorganen bestaat. Stoffen, die langs den eenen weg door toevallige omstandigheden het organisme niet verlaten kunnen, worden langs een anderen verwijderd.

4 *de nieren* blijven ondertusschen, ondanks alles, de meest gewichtige uitscheidingsorganen. Hun bouw en werking zullen dan ook in dit hoofdstuk in het middelpunt der belangstelling staan, zonder de beteekenis van de drie andere organen te miskennen. Deze levensgewichtige organen zorgen, met behulp van een deel van het overtollige water, dat ze ook loozen, voor de verwijdering uit het lichaam van velerlei *oplosbare*, min of meer vergiftige, afvalstoffen en zouten. We zullen spoedig zien, dat hun ontgiftende werking van groote beteekenis is. Maar niet van grooter beteekenis dan de taak de

evenwichts-verhoudingen in het bloed in velerlei richting te handhaven door daaraan diverse zouten en andere opgeloste bestanddeelen, en met name ook overtollig water, te onttrekken. Bij gestoorde nierfunctie treedt dan ook nu eens de vergiftiging van het lichaam en dan weer de waterzucht op den voorgrond. Steeds loopt ten slotte de bloedsomloop, en met name het hart, gevaar het slachtoffer te worden van een dergelijke stoornis in de harmonische samenwerking van beide onlosmakelijk verbonden levensgewichtige organen. Meer dan op de functie van elk orgaan afzonderlijk, zal ook in dit hoofdstuk getracht moeten worden het in elkander grijpen van deze raderen van ons organisme tot zijn recht te doen komen. ¹⁾)

Zweetafscheiding is oppervlakkig gezien een betrekkelijk eenvoudige klier-functie. Bij die functie als zoodanig behoeven we niet lang stil te staan, sedert we in een hoofdstuk II bouw en functie van klieren in het algemeen tot in bijzonderheden beschreven. Dat waren ondertusschen allemaal klieren, die naar het inwendig oppervlak van ons lichaam, n.l. naar het met slijmvlies bekleede maag-darmkanaal, loosden.

De uitmonding der zweetklieren in de huid schept enkele bijzondere verhoudingen, waarvan we onmiddellijk iets willen zeggen. In de eerste plaats

¹⁾ Volledigheidshalve zij het feit vermeld, dat ook de zoo nauw met de afvoerende urinewegen verbonden mannelijke resp. vrouwelijke geslachtsorganen ook een taak op het gebied der uitscheiding hebben. De specifieke producten dier uitscheiding, de levende eicellen en zaadcellen, worden in hoofdstuk XIV van uit het oogpunt der voortplanting nader bestudeerd. De overige uitscheidings-producten van beide organen zijn uit een oogpunt van uitscheiding niet van genoegzame beteekenis om hier afzonderlijk te worden besproken.

verdient het feit vermelding, dat terwijl de lucht in het maagdarkanaal — voor zoover daar lucht aanwezig is — met vocht verzadigd is, de lucht, die toegang heeft tot het uitwendig oppervlak van het lichaam, alle denkbare gradueele verschillen van vochtgehalte kan vertoonen. Dat heeft tengevolge, dat van de uit de klieren vloeiende secreten in den darm, practisch gesproken 100 % vloeibaar blijft. Terwijl aan de oppervlakte van het lichaam het afgescheiden vocht al naar omstandigheden voor een grooter of kleiner gedeelte van 100 tot 0 % in damp overgaat. M. a. w. men moet een zichtbare transpiratie en een onzichtbare transpiratie onderscheiden: vochtverlies als zweet en vochtverlies als damp.

Onder de omstandigheden, die de verhouding tusschen beide grootheden bepalen, noemen we:

1e temperatuur en vochtgehalte van de atmosfeer. Bij lage temperatuur is het vochtverlies gering, bij hooge groot. Bij laag vochtgehalte van de lucht kan al het vocht het lichaam in dampvorm verlaten, bij hoog vochtgehalte is dat onmogelijk.

2e het totale vochtverlies gedurende een bepaald tijdsverloop en

3e de verhoudingen, die aan de oppervlakte van het lichaam heerschen, in dien zin, dat ze de vochtverdamping bevorderen of belemmeren.

Bestudeert men de hoeveelheid vocht, die het lichaam per eenheid van tijd verlaat, dan blijkt spoedig, dat uitscheiding van vocht als zoodanig voor het lichaam slechts in zeer beperkte mate doel is.

Ongetwijfeld kan op deze wijze het lichaam ontlast worden van een deel van het overtollige water en van daarin oplosbare vergiftige stofwisselings-

producten. Maar die hoeveelheid is niet zelden gering in verhouding tot de hoeveelheid vocht, die niet zoo zeer *uitgescheiden* als wel *afgescheiden* wordt. En dat niet als doel, maar als middel om een ander nog veel belangrijker doel te bereiken: n.l. warmteverlies, afkoeling.

De huid is n.l. een orgaan, dat vooral in dienst is van de z.g. warmteregeling van het lichaam, een ingewikkeld mechanisme, dat we nog nader zullen moeten bezien in hoofdstuk XIII. Hoe dit zij, het vochtverlies is in de eerste plaats een functie van het warmteregelend vermogen. Wij zweeten te sterker, naarmate de warmteproductie in ons lichaam grooter is (vooral door spierfunctie, in mindere mate ook door klierfunctie) en het warmteverlies uit anderen hoofde geringer is. Dat laatste nu is met name afhankelijk van de verhoudingen, die aan de oppervlakte van het lichaam heerschen. Kleeding, luchtbeweging (en ook temperatuur en vochtgehalte van de atmosfeer; zie boven) kunnen zoowel de verdamping als het warmteverlies door uitstraling en geleiding, belemmeren en bevorderen.

4^e is er nog een uitgesproken individueele factor. De één zweet ook onder overigens overeenkomstige omstandigheden veel sneller en overvloediger dan de ander. De één reageert op dezelfde klimatologische verhoudingen heel anders dan de ander. Constitutie en psyche leggen hierbij gewicht in de schaal.

Ondertusschen zijn er toch wel enkele algemeene gegevens beschikbaar over gemiddelde verhoudingen op het gebied der zweet-afscheiding. In de eerste plaats is de uitgescheiden hoeveelheid vocht door de huid betrekkelijk constant: pl.m. 750 cM.³

per dag. Die hoeveelheid is betrekkelijk onafhankelijk van de hoeveelheid vloeistof, die iemand tot zich neemt. Veel drinken geeft wel aanleiding tot sterk verhoogde urine-afscheiding, maar slechts in beperkte mate en onder bepaalde omstandigheden tot verhoogd vochtverlies door de huid. Alleen wanneer de nieren niet in staat zijn hun werk naar behooren te verrichten, kan de zweetafscheiding daarin, door sterke verhooging van de hoeveelheid uitgescheiden vocht, te hulp komen. Anderzijds kan het vochtverlies door de huid bij overgroot vochtverlies uit andere oorzaak (buikloop of diarrhee bijv. bij typhus, cholera of dysenterie), resp. bij onvoldoenden watertoevoer, tot een minimum dalen.

De zweetklieren zijn over de geheele huid verspreid, maar niet regelmatig. Handpalm en voet-zool munten uit door bijzonderen rijkdom aan deze klieren, hetgeen de minder aangename omstandigheid verklaart, dat vele sterk zwetende personen voor alles last hebben van klamme handen en zweetvoeten. Ook het voorhoofd en die plaatsen van het lichaam, waar de anatomische verhoudingen tot vorming van afgesloten, en in ieder geval moeilijk ventileerbare holten aanleiding geven (oksel en schaamstreek) plegen een belangrijk aandeel aan de zweetafscheiding te nemen

Bestudeeren we de samenstelling van het zweet, dan blijkt, dat we hier te doen hebben met een vloeistof, die wat geringheid van gehalte aan opgeloste bestanddeelen betreft zijns gelijke in de geheele physiologie niet kent. Het S.G. overschrijdt onder normale omstandigheden 1,003 niet, wat in dit geval overeenkomt met een watergehalte van 99%. Daarmede kan zelfs het traanvocht niet concurree-

ren. Het gehalte aan keukenzout (het voornaamste anorganische bestanddeel) bedraagt meestal 0,3—0,5%. Van de organische bestanddeelen moet vooral ureum genoemd worden. Voorts valeriaanzuur, dat de onaangename reuk der transpiratie op zijn geweten hebben kan (resp. heeft).

De „huidlucht”, dus de geur, die de huid van verschillende personen verspreidt, is een zeer individueele eigenschap, zoo ook de gevoeligheid, wat het waarnemen van dien geur betreft. Ondertuschen komen we op den reuk nog terug bij de bestudeering der zintuigelijke waarneming. Ook ras- en geslachtsverschillen spelen op dit gebied een rol. De reuk van personen van het eene ras pleegt personen van een ander ras af te stooten. De reuk van personen van het eene geslacht daarentegen pleegt personen van het andere geslacht aan te trekken. De productie van geurstoffen is echter niet uitsluitend een functie van de zweetklieren. Vermoedelijk nemen ook de huidtalgklieren¹⁾ en vooral ook verschillende in de slijmvliezen der geslachtswegen uitmondende klieren hieraan belangrijk deel.

Om nu tot de zweetafscheiding terug te keeren: deze wordt in hoofdzaak centraal geregeld. Reflectorisch wordt bij dreigende warmtestuwing — door stijging van de lichaamstemperatuur boven de norm — de zweetsecretie op gang gebracht. De verhoogde bloedtemperatuur vormt de prikkel voor

¹⁾ Deze klieren zou ik echter niet tot de „uitscheiding” in engeren zin willen rekenen: ze verwijderen niet iets uit het lichaam wat daar niet in mag blijven, maar produceeren evenals bijv. de traanklieren en de slijmklieren slechts iets, waaraan aan het oppervlak van het lichaam behoefte bestaat, in dit geval „smeer”, dat de huid lenig houdt en overmatige uitdroging voorkomt. In chemischen zin is dit smeer geen vet maar een wasachtige cholesterine-verbinding, dat door micro-organismen niet wordt aangetast (met name daardoor niet rans wordt) en veel vocht kan opnemen.

de nerveuse centra, die hier de leiding hebben. Ondertusschen kan men ook plaatselijke zweetafscheiding uitlokken, door plaatselijke verhitting (bijv. van arm of been in een heetelucht-bad).

De zenuwbanen, die de zweetklieren zelve innerveeren, behooren tot een bepaald gedeelte van het ingewandszenuwstelsel (sympathische of autonome zenuwstelsel). Geneesmiddelen als pilocarpine, die dit gedeelte van het zenuwstelsel prikkelen, hebben dientengevolge ook een zweetdrijvend invloed. Geneesmiddelen als belladonna (atropine), die dit gedeelte van het zenuwstelsel remmen, verminderen anderzijds de zweetafscheiding. Belladonnavegiftiging is dan ook o.a. gekenmerkt door een droge, warme huid (en door wijde pupillen), die ook mede door den sympathicus geïnnerveerd wordt. Ondertusschen komen deze beide geneesmiddelen niet in aanmerking om aan gezonde personen, die klagen over te weinig of over te veel zweetafscheiding te worden toegediend. Aan te weinig zweetafscheiding is trouwens bij normale personen al heel weinig te doen. Aan te veel zweetafscheiding, vooral aan handen en voeten, oksel enz., des te meer.

Reeds een normale goede huidverzorging: geregeld eenige malen per dag wasschen met overvloedig water en zeep en goed afdrogen, doelmatige bekleeding ter bereiking van een bevredigende huidventilatie, voldoende lichaamsbeweging (vooral zwemmen en beweging van het onbekteede lichaam in de open lucht) kunnen reeds veel van het hinderlijk karakter van deze afwijking wegnemen. Parfumeeren maakt de afwijking nooit beter en de hinder meestal grooter. Alleen met formaline in oplossing of poeder is niet zelden een geringe looiende werking op de al te sterk secernerende

zweetklieren te bereiken. Dit zijn echter vraagstukken, die verder buiten het kader van dit boek liggen.

Urineafscheiding en nieren vormen een onderwerp, dat ons eerst recht midden in het vraagstuk der uitscheiding brengt. De nieren zijn organen, wier bouw en functie zich zoo ver gedifferentieerd heeft, dat van de oorspronkelijke overeenkomst met „klieren” in den bij de bespreking der spijsvertering (hoofdstuk II) beschreven zin des woords niet veel overgebleven is. Deze organen liggen niet in de „buikholte” in engeren zin — het met buikvlies bekleede gedeelte van de lichaamsholte, die zich tusschen (voorste) buikwand en rug bevindt — maar daarachter, in de ruimte tusschen de buikholte en den achtersten buikwand. Die achterste buikwand of rug wordt behalve door de ruggegraat gevormd, zooals op fig. 73 duidelijk te zien is, door de krachtig ontwikkelde spierlagen, die van de ruggegraat en de ruggewerveluitsteeksels naar den darmbeenkam van het bekken en door het bekken heen naar het bovenbeen loopen.

In deze ruimte liggen ook de groote af- en aanvoerende bloedvaten voor nieren, ingewanden, bekkenorganen en onderste ledematen, de lichaamsslagader of aorta en de holle ader of vena cava, die uit de borstholte door daarvoor bestemde openingen in den middenrifkoepel in de buikholte in ruimeren zin afdalen.

De nieren zijn eigenaardig gevormde organen, waaraan men een bovenpool, een benedenpool en een z.g. poort of hilus onderscheidt.

De bovenpool ligt zooals op fig. 73 te zien is, aan de achterzijde tegen den onderkant van den

middenrifkoepel, ongeveer ter hoogte van de 11e en 12e rib. Zij is gekroond door de in hoofdstuk VIII, gewijd aan de interne secretie, nader te bespreken bijnier. De beneden-pool reikt bij een nier van normale afmetingen ongeveer tot midden tusschen de onderste rib en den bovenkant van den darmbeenkam. De miltpoort of hilus is de plaats, waar de aanvoerende en afvoerende bloedvaten de nier bereiken en tevens het niet tegen de nier aan, maar als het ware midden in de nier gelegen nierbekken overgaat in de ureter, het dunne buisje, dat dit bekken met de blaas verbindt.

Op de rechter helft van fig. 73 is de nier op doorsnede geteekent en kan men zich mooi van deze verhoudingen rekenschap geven. Die doorsnede geeft tevens een oppervlakkigen indruk van den bouw van het nierweefsel zelf. Daaraan onderscheidt men reeds met het bloote oog twee gedeelten, een z.g. *schors* en pyramide-vormige bouwsels, die als *merg* worden aangeduid.

De breede basis dier mergpyramiden ligt aan den kant van de *schors*. De spitse punt reikt tot aan een der instulpingen (z.g. kelken) van het nierbekken. Die punt of papil is doorboord door talloze fijne gaatjes, die de urine, uit het nierweefsel afkomstig — hoe zullen we direct zien — uitstort in het nierbekken. Op fig. 73 zien we verschillende zijdelingsche papillen en ook een drietal, die dwars doorgesneden zijn en blijkbaar afkomstig zijn van mergpyramiden aan de achterzijde. Elke nier telt totaal 10 à 15 dergelijke pyramiden of nierlobben, die ook aan de oppervlakte der nier vaak een onregelmatig gelobt karakter geven.

Tusschen de mergpyramiden bevinden zich zuilvormige bouwsels, die op doorsnede onregelmatige

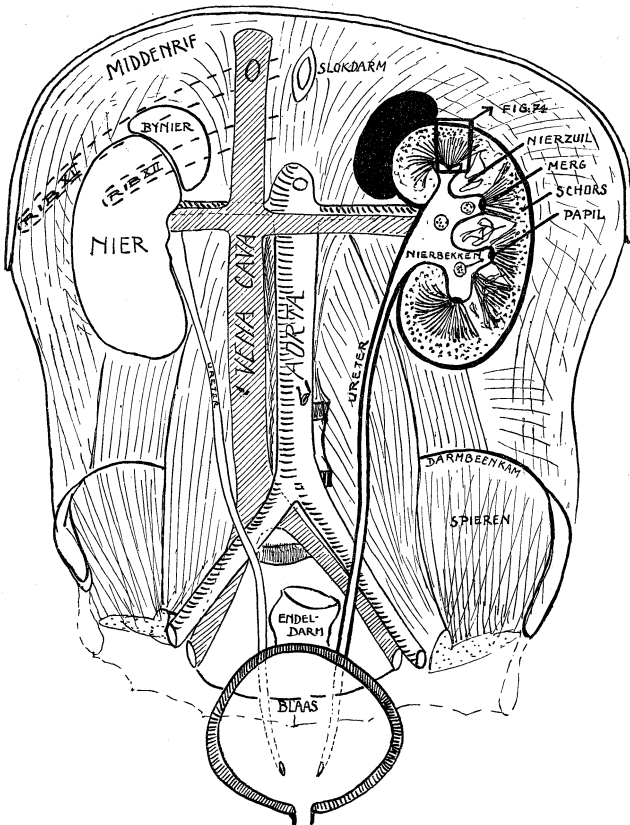


Fig. 73, Overzicht van de verhoudingen tegen den achterwand van buik- en bekkenholte.

De voorste buikwand, de ingewanden en de voorzijde van het bekken zijn weggelaten. De linker nier is doorsgesneden.

openingen vertoonen: de doorgesneden takken van nierarterie en niervene, die zich — dat was op één

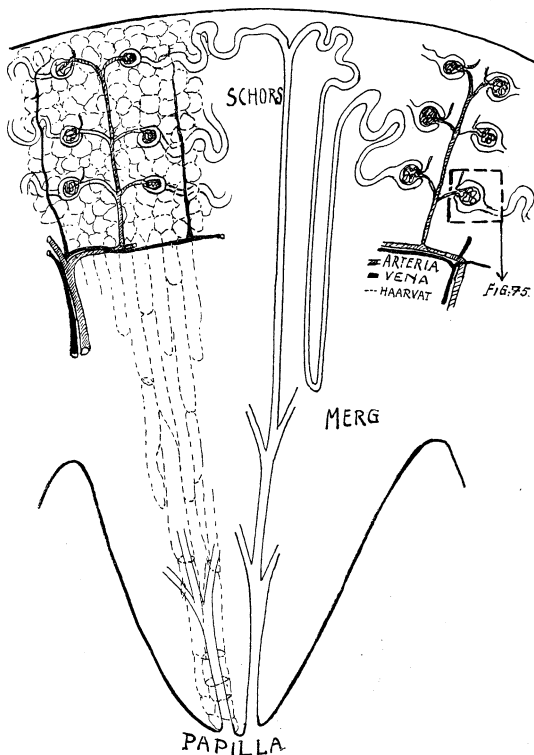


Fig. 74. Schematisch overzicht van den bouw van de nier (microscopisch beeld bij middelmatige vergrooting).

figuur niet duidelijk in beeld te brengen — van uit de nierpoort in alle richtingen vertakken, om vervolgens, via de nierzuilen in het eigenlijke nier-

weefsel (merg plus schors) te dringen: juist op de plaats, waar merg en schors in elkander overgaan. Hoe deze verhoudingen er bij sterkere vergrooting uitzien moge blijken uit fig. 74.

Deze figuur geeft een schematisch overzicht, eenerzijds van bouw en verloop der fijne urinekanaaltjes en anderzijds van bouw en verloop van

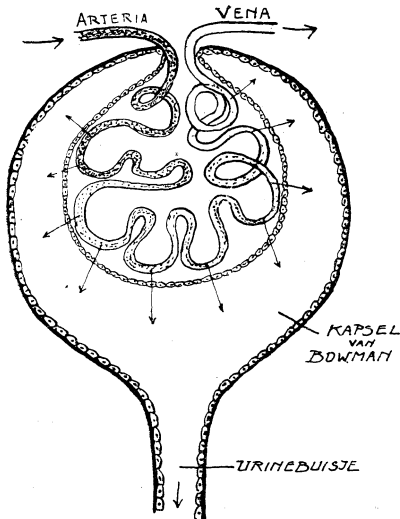


Fig. 75. Schematische voorstelling van den bouw van een nierglomerulus van Malpighi (sterk vergroot).

het bloedvatennet. De arterien zijn gearceerd, de venen zwart en de haarvaten gestippeld geteekend, terwijl de nierkanaaltjes met een doorlopend dubbel lijntje zijn aangeduid.

Bezien we eerst de rechterzijde van figuur 74. Daar zien we de uit een nier-zuil afkomstige nierarterietak links ombuigen — juist op de grens tus-

schen nierschors en niermerg. Spoedig geeft die nierarterietak nu een fijne zijtak in de schors af, een tak, die links en rechts een drietal zeer eigenaardige bolletjes draagt; de lichaampjes van Malpighi of glomeruli. Een schematische doorsnede van zoo'n lichaampje biedt fig. 75.

We hebben hier te doen met een z.g. vaatkluwen of wondernet. De arterietak vernauwt zich n. l. plotseling tot één geweldig kluwen van haarvaten. Dit kluwen is aan alle zijden omhuld door een hol kapsel, het z.g. kapsel van Bowman, dat overgaat in een fijn urinebuisje. Vanuit de vaatkluwen, door den fijnen binnensten kapselwand heen, geschiedt een belangrijk deel van den secretorischen arbeid, die in de nier plaats heeft.

Het mechanisme van deze functie zullen we direct nog even van iets naderbij moeten bezien. Volgen we eerst een oogenblik het uit het kapsel komende urinebuisje. Dit buisje kronkelt zich eerst in alle mogelijke bochten (in het schors-gedeelte). Daarna beschrijft het een lange rechte lis, die uit de schors een eindweegs in het merg doordringt, om vervolgens weer naar de schors terug te keeren, om zich weer een paar bochten en kronkels te veroorloven (die ook weer in de schors gelegen zijn) en ten slotte via recta zich in een lang afvoerend urinebuisje door schors en merg heen een weg te banen, naar de uitmondingsplaats in het nierbekken: de papil.

Het aantal openingen in de papil is veel kleiner dan het aantal afvoerende lange urinebuisjes; deze hebben zich op verschillende hoogte vereenigd. Zij zijn het, die aan de mergpyramiden hun gestreept karakter verleen.

Op de linkerzijde van fig. 74 kan men zien, hoe

de haarvaten-voorziening van de nier zich niet beperkt tot de eigenaardige lichaampjes van Malpighi (die den bouw der schors kenmerken en daaraan het gestippeld karakter verleenen,), maar dat het uit de lichaampjes afvoerende fijne bloedvaatje zich opnieuw in alle richtingen vertakt tot een zeer fijn net van haarvaten. Dat net omspint gekronkelde en rechte urinebuisjes in schors en merg. De inhoud ervan stort zich ten slotte weer uit in fijne venen, die zich vereenigen tot de grootere, naast de nierarterietakjes op de grens van merg en schors gelegen, venentakjes. Op hun beurt storten die zich via de nierzuilen uit in de groote niervene. Het is in dit tweede haarvatennet, dat de gekronkelde en rechte urinebuisjes omgeeft, dat zich een ander deel van den secretorischen arbeid der nieren afspeelt.

Uit functioneel oogpunt staan de verschillende verhoudingen in de twee bovengenoemde capillaire netten — het wondernet van den glomerulus en het alle gekronkelde en lange buisjes ompinnende net — in het middelpunt der belangstelling.

Het wondernet is, uit hoofde van het feit, dat een betrekkelijk wijde nierarterietak zich plotseling vernauwt tot fijne haarvaten, terwijl het afvoerende vat nauwer is dan het aanvoerende, gekenmerkt door een bijzonder hoogen bloeddruk. Een hooge bloeddruk, die uit den aard der zaak aan filtratie- en secretie-arbeid bevorderlijk is. Daarentegen is de bloeddruk in het tweede haarvatennet gering.

Aanvankelijk stelde men zich de situatie zoo voor, dat een zeer weinig geconcentreerde vloeistof in groote hoeveelheden door de glomeruli zou worden afgescheiden. Daarna zou een deel van die vloeistof weer door de capillairen, die de buisjes omgeven, worden opgenomen (resorptie). Tegen-

woordig neemt men aan, dat de buisjes zoo zij al water aan de weinig geconcentreerde urine onttrekken, toch ook tot verhooging dier concentratie bijdragen, door actieve secretie, met name van stoffen als ureum en urinezuur.

Over het mechanisme der urineafscheiding in de glomeruli bestaat nog strijd. Sommigen beweren, dat de hooge bloeddruk in de wondernetten van Malpighi voldoende verklaring is voor een passieve filtratie. Anderen schrijven ook aan de cellen van het kapsel van Bowman, dat die wondernetten omgeeft, een actieve secretoire beteekenis toe.

Deze strijd is echter van minder belang dan het bovengemelde feit, dat er in de urine-afscheiding twee gescheiden phases zijn: de glomerulaire afscheiding en de tubulaire afscheiding. Deze scheiding heeft tengevolge, dat ontstekingsprocessen en andere ziekelijke afwijkingen in de glomeruli der nieren heel andere verschijnselen ten gevolge hebben dan overeenkomstige afwijkingen en processen in de buurt der buisjes.

De hoeveelheid der glomerulaire afscheiding wordt — en hier zien we weer belangrijke punten van overeenkomst met de besproken verhoudingen bij de gewone klieren — in hoofdzaak bepaald door den bloeddruk en door de snelheid, waarmede het bloed door de wondernetten van Malpighi stroomt en dus door de wijdte der haarvaten, die deze wondernetten vormen.

Men heeft deze verhoudingen bij dieren op kunstige wijze kwantitatief onderzocht, deels door de hoeveelheid bloed te meten, die uit de doorsneden niervene stroomde, deels door de schommelingen te registreeren, die het door de aanwezige hoeveelheid bloed bepaalde volume der nier vertoonde. Ook de

druk in de nierarterie werd met behulp van een manometer gemeten. Op deze wijze was het mogelijk zich een betrouwbaren indruk te vormen van de factoren, die de urine-afscheiding bepaalden en van de wijze, waarop en de mate, waarin sommige geneesmiddelen de urineafscheiding deden toenemen resp. verminderen. Er zijn geneesmiddelen (zoals bijv. coffeine), die verwijding van de haarvaten in de glomeruli ten gevolge hebben en daardoor urineafdrijvend werken. Er zijn ook geneesmiddelen, die wel afgescheiden worden door de glomeruli, maar de resorptie van vocht door de tubuli belemmeren en op deze wijze door verhindering der concentratie loozing van een grootere hoeveelheid urine dan normaal tengevolge hebben. Dat is dus een heel ander mechanisme. Men heeft berekend, dat per etmaal de glomeruli wel 70 liter vocht afscheiden. Daarvan wordt echter \pm 68 liter opnieuw door de tubuli geresorbeerd. Ten slotte blijft per dag een kleine 2 liter urine over. Het is mogelijk, dat deze berekening niet geheel juist is. Maar dat verandert toch niets aan het feit, dat de verhoudingen bij de urineafscheiding heel wat ingewikkelder zijn dan men zoo op het eerste gezicht zou denken. Vast staat, dat de nier een enorme hoeveelheid arbeid presteert. Men moet ondertusschen ook niet vergeten, dat het aantal glomeruli in de vele duizenden loopt en de lengte van alle tubuli samen meerdere honderden meters bedraagt.

Voorts is gebleken, dat de gezonde nier met groote snelheid en nauwkeurigheid reageert op geringe wijzigingen in de samenstelling van het bloed. De afscheiding heeft, behalve het verwijderen van vergiftige bestanddeelen, mede het in stand houden van de reeds besproken evenwichtsverhoudingen in

het bloed ten doel. Men herinnere zich de snelheid, waarmede na het gebruik van een paar koppen warme thee de urineblaas kan waarschuwen, dat zij gevuld is. Er bestaat voorts een belangwekkende methode om de snelheid der urineafscheiding vast te stellen en op die wijze de functie van beide nieren te toetsen. Men spuit voor dit doel een bepaalde hoeveelheid van een onschuldige kleurstof-oplossing (gewoonlijk methyleen-blauw) onder de huid in de spieren van den te onderzoeken persoon. Door een buisje in de blaas (catheter) of in beide ureteren afzonderlijk (ureteren-catheter) te brengen vangt men nu de urine op in een reageerbuisje. Reeds na 3—5 minuten begint de afdruppelende urine zich te kleuren, ten minste wanneer de nieren gezond zijn. Vangt men de urine van beide nieren afzonderlijk op en kleurt de eene urine zich direct, terwijl de ander eerst na veel langer tijd of heelemaal geen sporen kleurstof gaat bevatten, dan wijst dat reeds op een ziekelijke verandering, althans op een ziekelijk veranderde functie van deze laatste nier.

Samenstelling der urine. — Behalve de samenstelling van het bloed, oefent ook ongetwijfeld het zenuwstelsel en ten slotte de inwendige afscheiding (zie hoofdstuk VIII) invloed uit op nierfunctie en urineafscheiding en ook natuurlijk op de samenstelling der urine. Deze laatste echter wordt in de eerste plaats bepaald door de normale stofwisselings-processen bij rust en beweging. In de tweede plaats drukken voeding en spijsvertering hun bijzonder stempel op deze samenstelling.

Het allergrootste gedeelte der afvalproducten van de stofwisseling verlaat het lichaam met de urine. Alleen wordt, zooals we gezien hebben, een

deel van het water door huid en longen uitgescheiden. Ook neemt de darm nog een zeker, zij het uitermate beperkt, deel aan die uitscheiding. Van daar, dat het onderzoek der urine ook den physioloog veel leert over aard en omvang der stofwisselings-processen. De invloed van voeding en spijsvertering is eerst van secundaire beteekenis. We volstaan met een kort overzicht van de gemiddelde normale samenstelling der urine.

Gemiddeld wordt per etmaal 1500-1700 cc afgescheiden met een soortelijk gewicht van 1017-1020. Dit S.G. wordt bepaald, zooals bekend verondersteld wordt, door hoeveelheid en aard der opgeloste stoffen. Die hoeveelheid bedraagt per etmaal gemiddeld 60 gram. Daarvan bestaat ongeveer de helft uit ureum. Voorts o.a. 8-15 gram keukenzout, 0,5-1,5 gram urinezuur, 3-7,5 gram phosphor- en zwavelzuur, 0,5 à 1 gram ammoniak.

De reactie kan zoowel zuur zijn als alcalisch. Dat hangt van de voeding en van de gebruikte methode tot bepaling der reactie af. Bekend zijn de eigenaardige kleur en reuk van urine. Bij afkoeling, vooral van alcalische urine, ontstaat, ook in normale urine, vaak een neerslag, dat geen ziekelijke beteekenis heeft. Ook de versch geloosde urine kan onder bepaalde omstandigheden troebel zijn, zonder dat men als leek daaruit ook maar iets kan opmaken over den toestand der nieren. Ook het omgekeerde is het geval. Volmaakt heldere urine van normale kleur kan ook bij ernstige ziekelijke stoornissen van stofwisseling en nieren voorkomen. Men late zich dus nooit verleiden tot het maken van gevolgtrekkingen over den toestand der nieren uit het uiterlijk der urine.

Wat de herkomst der opgeloste bestanddeelen betreft het volgende:

1e *het keuzenzout* is bijna geheel van het voedsel afkomstig,

2e *de zwavelzure zouten* daarentegen in hoofdzak van de stofwisseling (het voedsel bevat weinig zwavel, het eiwit der lichaamscellen, die te gronde gaan, is de bron der zich in de urine bevindende zwavel);

3e *de phosphorzure zouten* zijn gedeeltelijk uit het voedsel, gedeeltelijk van de phosphorhoudende lichaamsbestanddeelen (celkernen) afkomstig;

4e *de ammoniak-afscheiding* geeft een beeld van de evenwichtsverhoudingen in het bloed. Hoe meer zuur aan het lichaam wordt toegediend, des te meer ammoniak wordt uitgescheiden.

5e *ureum* is voor het grootste deel afkomstig van het eiwit, dat het voedsel bevat, de rest van het eiwit der vernietigde lichaamscellen. Met dat al is het een der belangrijkste stofwisselingsproducten, die de urine bevat;

6e *de verschillende urinekleurstoffen* zijn in laatste instantie alle afkomstig van de reeds besproken bloedkleurstof. Men krijgt echter een beteren indruk van hun directe herkomst als men het zich als volgt voorstelt. Een deel van de in de ingewanden uitgestorte en daar onder invloed van micro-organismen veranderde galkleurstof wordt geresorbeerd en keert niet naar de lever terug (om daar weer als galkleurstof te worden afgescheiden),

maar wordt door de nieren uit het lichaam verwijderd. De hoeveelheid urinekleurstof is dus onder normale omstandigheden speciaal afhankelijk van de bacterieele omzettings-processen in den darm. Anderzijds verraadt een ziekelijk veranderde leverfunctie (overstroming van het bloed met galkleurstoffen) zich direct door uitscheiding van galkleurstof met de urine. Natuurlijk wordt de kleur der urine ook door de concentratie der urine, — juister gezegd door de hoeveelheid vocht, die door de urine afgescheiden wordt — bepaald.

Van de ziekelijke producten, die door den geneesheer steeds in de urine gezocht worden, willen we alleen eiwit en suiker noemen.

Waarom is het feit toe te schrijven, dat deze beide stoffen onder normale omstandigheden niet, maar onder ziekelijke omstandigheden wel door de nieren worden gescheiden? Ten aanzien van beide fungeert de weefsellaag, die de holte van het kapsel van Bowman en de urinebuisjes van de bloed-capillairen scheidt, als semi-permeabele membraan. Zij laat onder normale omstandigheden noch eiwit, noch suiker door. Maar nu houdt de overeenkomst tusschen de eiwit- en suikerafscheiding ook op.

De eerste — de eiwit-afscheiding — treedt n.l. alleen op, wanneer onder abnormale omstandigheden (in hoofdzaak door ontsteking en vergiftigingen), die membraan beschadigd is. Dus: geen eiwitafscheiding zonder dat er iets *in de nieren* niet in den haak is (zonder dat men nog mag zeggen, dat men „het aan de nieren heeft”.¹⁾

¹⁾ Wat het in de urine gevonden eiwit betreft, wordt hier het feit buiten beschouwing gelaten, dat deze stof niet door de nieren afgescheiden behoeft te zijn, maar niet zelden van ziekelijke processen (met name ontstekingen) in blaas en urinewegen afkomstig is.

De tweede — de suikerafscheiding — daarentegen treedt, op enkele uitzonderingen na, alleen op, wanneer onder abnormale omstandigheden het suikergehalte van het bloed boven een bepaald peil stijgt. Hetzij tijdelijk of blijvend. Dus: als regel geen suikerafscheiding tenzij de samenstelling van *het bloed* niet normaal is, zonder dat men echter mag zeggen, dat zoo iemand dan een bloedkwaal heeft. De oorzaak zit n.l. niet in het bloed zelf, maar in de stofwisselingsstoornis, die het verhoogde bloedsuikerpeil veroorzaakt. Bij de suikerafscheiding hebben we dus met zeer bijzondere verhoudingen te doen; de nier fungeert alleen maar als „overlaat”, wanneer het bloedsuiker-gehalte boven een zeker peil (men spreekt heel karakteristiek van „drempelwaarde”) stijgt. Ieder kent bij name de kwaal, waarbij dat het geval is: „suikerziekte” (diabetes mellitus).

De lagere urinewegen. — Een beschrijving van de urine-afscheiding zou echter geenszins volledig zijn, wanneer we het lot der microscopisch fijne urinedruppels, die uit de fijne urinebuisjes in de nier door de papil in het nierbekken vloeien, niet verder vervolgden. Ze moeten nog een langen weg afleggen voor ze het lichaam definitief verlaten. Een overzicht van dezen weg geeft fig. 76: na opspuiten met een contrastvloeistof is een roentgenfoto van rechter nierbekken en ureter gemaakt. De urine wordt van het nierbekken door den fijnen urine-leider of ureter naar de blaas gestuwd, door rhythmische, met tusschenpoozen van enkele seconden op elkaar volgende, voortschrijdende samen-trekking van den spierwand van den ureter. (Contractiegolven”, zooals we die reeds bij de voortstu-

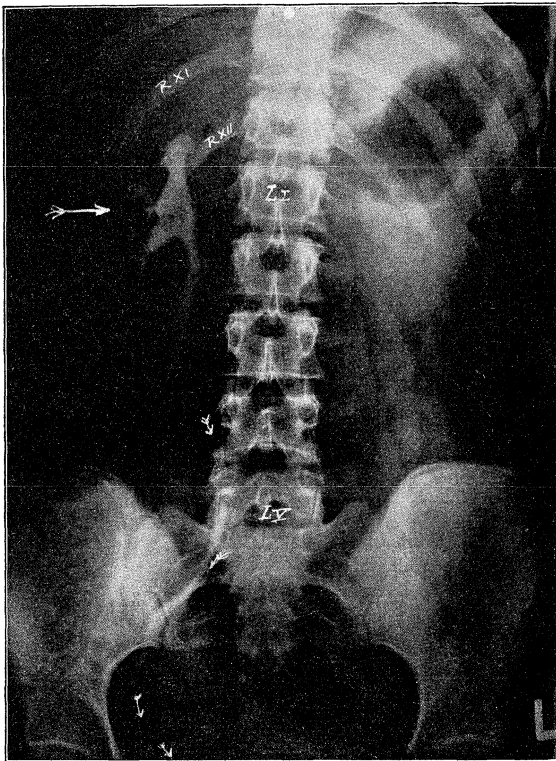


Fig. 76. Roentgenfoto van rechter nierbekken en ureter na opspuiten met contrastvloeistof (Dr. C. H. Kok).

wing van den darminhoud hebben leeren kennen)¹⁾. Dat de voortstuwung van de urine en de uitstorting van deze urinegolfjes in de blaas rhythmisch plaats heeft, kan men zelfs zien. Daartoe bestudeert men met een z.g. blaaskijker²⁾ (cystoscoop), die door de urinebuis (urethra) ingebracht wordt en van electriche verlichting voorzien is, de uitmondingsplaats van de ureteren in de blaas. Men ziet deze dan met tusschenpoozen van enkele seconden golfjes uitstooten.

Men kan, uitgaande van het bovengenoemde urinekwantum per 24 uur, zoo ongeveer uitrekenen hoeveel urine elke nier gemiddeld per minuut produceert ($\pm 0,5$ cc). Men moet daarbij echter niet vergeten, dat de secretiesnelheid niet constant is gedurende die 24 uur. Na het drinken vooral van warme vloeistof (speciaal wanneer die urinedrijvende bestanddeelen bevat, zooals dat met koffie en thee het geval is) is zij heel groot en op andere tijden weer betrekkelijk gering.

Hoe dit zij: de blaas vult zich geregeld en geleidelijk. Deze blaas is een eigenaardig hol orgaan. Zij bestaat uit een spierwand, van binnen met slijmvlies en van buiten grootendeels met buikvlies bekleed. Die wand is aan de onderzijde doorboord door de afvoerende urinebuis (urethra) en zijde-

¹⁾ Ook tegen de zwaartekracht in, zoodat bij iemand, die op zijn hoofd staat, de urine ook de blaas bereikt. De spleetvormige monding van de zijdelings in den blaaswand ingeplante ureter is zoo nauw, dat terugvloeijing niet mogelijk is. Deze voortstuwung gaat geheel buiten het bewustzijn om; de automatische functie van de ureterspiewand wordt bewerkt door het nader te bespreken ingewandszenuwstelsel.

²⁾ Door een dergelijke blaaskijker heen kan men op geleide van het oog ook de reeds bovengenoemde fijne buisjes (uterencatheters) in de beide ureteren brengen, met het doel de urine van elke nier afzonderlijk op te vangen en te onderzoeken.

lings, links en rechts daarvan, door de beide toevoerende urineleiders (ureteren). In ledigen staat is de blaas niet rond en met lucht gevuld, maar plat, samengevallen. In vollen staat heeft zij den ronden vorm, waarin zij zoowel op figuur 73 als op figuur 140 en 141 is afgebeeld.

De blaas-sluitspieren zijn dan gesloten. Die sluitspieren vormen een verdikking van de om den z.g. hals van de blaas gelegen spierwand van de urethra en bestaan voorts uit een stevige circulaire spierbundel van den blaaswand zelf afkomstig. Zij blijven gesloten, totdat de druk in het inwendig van de blaas voldoende is. Onder normale omstandigheden is dat ongeveer bij een druk van 150 mm. water en een blaasinhoud van een kleine 250 cc urine het geval is. (Er bestaan in dit opzicht groote individueele verschillen). Bij dien druk en vulling der blaas ontstaat „aandrang” tot urineloosing. Willekeurig wordt dan door den persoon, die urineeren wil, één der blaas-sluitspieren ontspannen (de waterdruk overwint den anderen) en de urine vloeit af neen, wordt met vrij groote kracht door de urethra naar buiten gespo-ten door twee elkander ondersteunende pers-mechanismen: de zich samentrekkende blaaswand-spier onderhoudt den druk, terwijl de persoon, die urineeren wil, tevens door samentrekking van zijn buikspieren (z.g. buikpers) den druk in de buikholte aanzienlijk verhoogt. Het is echter aan de samentrekking van den wand der blaas te danken, dat zij zich onder normale omstandigheden geheel ontledigt.

Echter kan de blaas zich ook — bijv. bij bewustelooze personen en bij nog niet zindelijke kinderen in den slaap — onwillekeurig, dus spon-

taan ontledigen. Daaruit blijkt, dat niet de willekeurige medewerking, maar het onwillekeurig automatisch-reflectorisch ontledigingsmechanisme, de urine-loozing beheerscht. De door ervaring en opvoeding verkregen bewuste regeling van deze functie door aanpassing daarvan aan de eischen, die het maatschappelijk verkeer stelt, is niet primair en aangeboren, maar secundair en verkregen.

Het mechanisme van deze reflexwerking moet men zich aldus voorstellen. De blaaswand is voorzien van talloze fijne gevoels-zenuwen, die naar het ruggemerg loopen. Zij houden de zenuwcentra in het ruggemerg van oogenblik tot oogenblik — voorloopig buiten het bewustzijn om — op de hoogte van den vullingstoestand van de blaas. Juister gezegd van den door den vullingstoestand in de blaas bepaalde spanningstoestand van den blaaswand. Overschrijdt deze spanningstoestand een zeker peil, dan geschiedt er tweërlei:

1e wordt het bericht door het ruggemerg doorgezonden naar de hogere gevoelscentra, die samen het bewustzijn vormen (zie hoofdstuk X.)

2e wordt al dan niet willekeurig de boodschap doorgegeven aan in het ruggemerg gelegen zenuwcentra, die de sluitspier verzorgen. Deze wordt ontspannen en de urine-loozing heeft plaats.

HOOFDSTUK VIII INTERNE SECRETIE

Inleiding. — De inhoud van de begrippen „inwendige en uitwendige afscheiding”, juister gezegd afscheiding naar binnen (naar lymfstromen en bloedbaan) en afscheiding naar buiten (naar huid- of slijmvlies-oppervlak) hebben we in hoofdstuk II reeds leeren kennen bij de bespreking van bouw en functie der meeste „klieren” met uitwendige afscheiding. Het afscheidings-product dier klieren had overigens niets dan de gemeenschappelijke herkomst, uit organen van scherp-omschreven formatie, gemeen. Juist het omgekeerde is op het terrein der interne secretie het geval.

Hier geen klieren in den gebruikelijken zin des woords: geen door uitstulping uit huid of slijmvlieswand gedifferentieerde buis-vormige of holle, zich al dan niet vertakkende, organen. De bouw der organen met interne secretie munt juist uit door de meest mogelijke verscheidenheid. Het gemeenschappelijke element is het feit der interne secretie zelve, mitsgaders het niet minder belangrijke feit, dat het afscheidingsproduct van al deze klieren — het interne secreet — een zeer bijzonderen invloed uitoefent op het peil van groei, stofwisseling enz. enz., in één woord op schier alle levensverrichtingen; zij het dan ook in de eerste plaats op de stofwisseling. Toch zou het allerminst juist zijn, wanneer men de interne secretie uitsluitend uit het oogpunt van stofwisselings-regulatie beschouwde.

Veeleer verdient het aanbeveling een parallel te trekken tusschen interne secretie en zenuwstelsel.

Beide beoogen de coördinatie, correlatie en coöperatie — de harmonische samenwerking — van alle organen. Het zenuwstelsel is voor dit doel geschikt door het vermogen om physische prikkels snel over te brengen. De interne secretie werkt niet met physische, maar met chemische prikkels. Zij vormt niet zelf een geleidingsstelsel, maar bedient zich voor de geleiding dier prikkels van den bloedsomloop.

Ook beschikt de interne secretie niet over een eigen „centrale”, vanwaaruit het geheele samengestelde mechanisme geordend en geleid wordt. Als zoodanig fungeert ook voor de interne secretie het centraal zenuwstelsel, dat ook de physische prikkelgeleiding regelt. Er is trouwens een zeer innige wisselwerking tusschen interne secretie en zenuwstelsel. Over en weer zetten zij elkanders functie nu eens aan en remmen die dan weer.

Nerveuse en chemische reflexen wisselen elkander af. Het leven is één aaneenschakeling van beide. Men kan er zelfs over twisten, welke van beide in de harmonische samenwerking van alle organen het voornaamste is. Beider werking is trouwens vaak onafscheidelijk verbonden.

Een schematisch overzicht van al die klieren geeft figuur 77. Ook de organen met inwendige afscheiding zijn door zenuwen — zoowel aanvoerende als afvoerende (zie hoofdstuk IX) met het zenuwstelsel verbonden. Het zenuwstelsel is dan ook van hun toestand en functie op de hooge en kan hun functie aanzetten en remmen. Anderzijds oefenen verschillende interne secreten ook een prikkelende of remmende werking op verschillende deelen van het zenuwstelsel of op het geheele zenuwstelsel uit.

Dat maakt het bepalen van het aandeel, van beide orgaanstelsels in een zekere levensverrichting hebben

geenszins gemakkelijk. Nog moeilijker is het vaak de werking van een of ander intern secreet, onder bepaalde omstandigheden, met nauwkeurigheid vast te stellen. Er is n.l. ook een uitgesproken wisselwer-

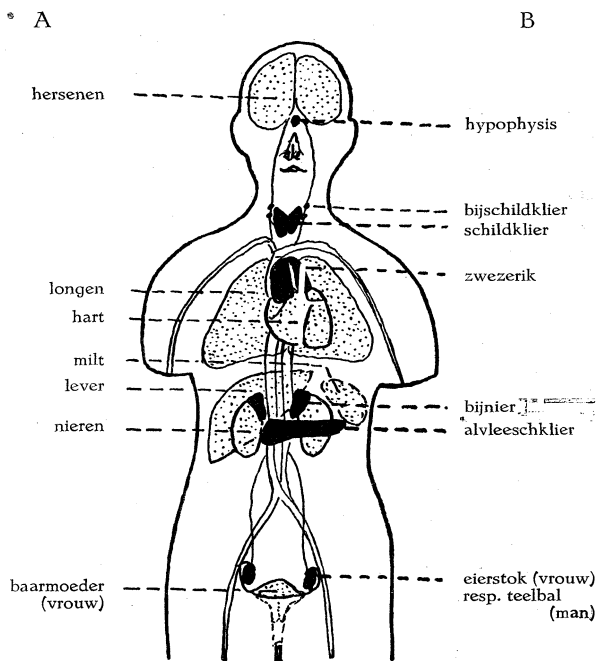


Fig. 77. Overzicht van alle klieren met veronderstelde (A) en bekende (B) inwendige afscheiding.

king — deels in den zin van samenwerking (synergisme), deels in den zin van tegenwerking (antagonisme) — tusschen verschillende organen met inwendige afscheiding resp. hun afscheidingspro-

ducten. Zij houden dus voor een deel elkander, en daarmee de functie van bepaalde orgaanstelsels, in evenwicht. Evenwichtsverlies in de functie van die orgaanstelsels kan dan zoowel berusten op een te veel van het eene als op een te weinig van het andere interne secretet.

Uit den aard der zaak is de prikkelgeleiding langs de zenuwen sneller, dan die van de interne secreten langs de bloedbaan. Ook vordert de overgang van den prikkel van de zenuwen op de zenuweindorganen minder tijd, dan de overgang van den chemischen prikkel uit de haarvaten op de gevoelige orgaancel.

De studie der interne secretie. — Interessant is de wijze, waarop men deze functies ontdekt en bestudeerd heeft. In de eerste plaats kan men iets — nu eens meer dan weer minder — over de normale functie van een bepaald orgaan te weten komen, door de verschijnselen te bestudeeren, die een gevolg zijn van abnormale functie.

Reeds lang heeft men den samenhang onderkend tusschen bepaalde ziektebeelden en ziekelijke veranderingen in bepaalde klieren met inwendige afscheiding. Een klassiek voorbeeld is de ziekte van Basedow, die met schildklier-vergrooting (struma, kropgezwel) gepaard gaat. Men krijgt dan echter een zeer verwrongen beeld van de werkelijkheid. Zoo'n ziektebeeld is n.l. een zeer samengesteld mechanisme, niet zoo zeer tot stand gekomen door het uitvallen van de functie van één klier, als wel door het verbreken van het evenwicht tusschen de verschillende organen of klieren. De ziekte is ook zonder dat niet beperkt tot die ééne klier, ja men kan met recht de vraag stellen of de ziekelijke verande-

ringen in die klier oorzaak of gevolg van de elders gelocaliseerde afwijkingen zijn.

Iets eenvoudiger wordt de zaak, wanneer men bij een geheel gezond dier of mensch operatief een bepaalde klier met inwendige afscheiding geheel of gedeeltelijk verwijderd en dan de optredende verschijnselen — z.g. uitval-verschijnselen — bestudeert. Ook dan is het beeld nog samengesteld genoeg en wordt behalve de plaatselijke afwijking, ook een evenwichtsverlies bewerkt. Maar ongetwijfeld is dan de situatie toch beter te overzien.

De proef op de som, dat de veronderstelde uitval-verschijnselen ook werkelijk het gevolg zijn van functioneel te kort of van verwijdering van een bepaalde klier, is in sommige gevallen mogelijk door die uitval-verschijnselen geheel te doen verdwijnen door toediening van substantie der klier in kwestie (hetzij door den mond, hetzij door inspuiting, hetzij door overplanting van levende klieren). Dit feit heeft de laatste jaren de z.g. organotherapie tot ontwikkeling en bloei gebracht, voor zoover de samengesteldheid der verhoudingen en de onberekenbaarheid der werking van sommige hormonen dat niet belemmerde. Ook is de wetenschap in de meeste gevallen nog niet in staat de ideale dosis van een bepaald orgaanpraeparaat vast te stellen, die een patiënt van oogenblik tot oogenblik behoeft. Tegenover de fijnheid der nerveuse en intern-secretoire correlatie is nu eenmaal de kunstmatige doseering grof. Met als onvermijdelijk gevolg, dat nu eens te veel en dan weer te weinig wordt gegeven. Wordt te weinig gegeven, dan treden de ziekelijke gevolgen van het te kort aan intern secreet spoedig weer op. Een overdoseering is nog wel zoo bedenkelijk, omdat deze stoffen in hun meest gebruikelijke

sterkte (die veel hooger is, dan die in onze lichaams-sappen pleegt voor te komen) sterkwerkende, zoo niet gevaarlijke middelen zijn. In dezen tijd is een waarschuwing tegen misbruik van orgaanpraeparaten dan ook alleszins gerechtvaardigd. Zonder geneeskundig voorschrift en geregelde geneeskundige contrôle mogen ze zeker nooit gebruikt worden.

De schildklier (glandula thyreoidea) is wel een der meest bekende klieren met inwendige afscheiding. Dit parig orgaan is ter weerszijden van luchtpijp en slokdarm, ongeveer ter hoogte van het strottenhoofd, aan den hals gelegen en met het strottenhoofd door bindweefselvezels verbonden. Bij slikken kan men tegelijk met den Adamsappel (uitstekende punt van het strottenhoofd), dan ook bij personen met vergroote schildklier (krop, struma) deze klier zien op en neer gaan.

Bij normale personen zonder vergrooting of verharding van de schildklier is dit orgaan echter noch te zien, noch te voelen, te minder naarmate de onderhuidsche vetlaag van de halsstreek iets meer ontwikkeld is.

De bouw van deze klier is zeer eigenaardig (zie fig. 78). De vergelijking met een druiventros dringt zich op; alleen ontbreken de steeltjes. De geheele klier bestaat uit talloze microscopisch-fijne blaasjes, z.g. follikels (de grootste is $\pm 0,1$ mM. in doorsnede), gevuld met een vloeistof, die het werkzame bestanddeel bevat. Deze stof wordt afgescheiden door de cellenreeks, die de holten omsluit en niet door eenige buis afgevoerd. De afvoer geschiedt door resorptie naar de lymphwegen, die zich tusschen de holten in bevinden. Natuurlijk wordt de schildklier wel — en zelfs zeer overvloedig — van

bloed voorzien. Ook is de veneuse bloedsafvoer behoorlijk geregeld.

De zeer belangrijke rol, die het werkzame bestanddeel uit deze klier speelt, heeft men eerst zeer langzaam nader leeren kennen. Wel was al lang het verband bekend tusschen schildkliervergrooting en de ziekte van Basedow (bovendien o.a. gekenmerkt door uitpuilende ooggen en hartkloppingen) eenerzijds en schildkliervergrooting en kropgezwel (struma, meestal gepaard met tal van nerveuse verschijnselen) anderzijds. Dieper drong men echter tot de

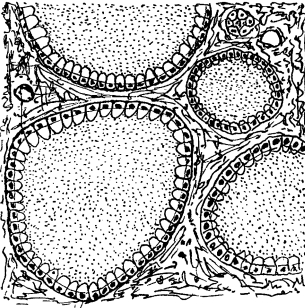


Fig. 78.

Met colloid gevulde schildklierfollikels bij sterke vergrooting onder den microscop gezien (250 maal).

betekenis van deze klier door, toen de chirurgen de vergroote klier gingen wegnemen. Zij zagen toen speciale uitvalverschijnselen optreden, die men ook reeds bij het z.g. myxoedeem ¹⁾ had leeren kennen, n.l. sufheid, verminderde functie der hersenen, traagheid. Voorts als opvallende uiterlijke veranderingen: het optreden van zuchtige zwellingen vooral aan gelaat en handen. Die bleken echter niet op lymphstuwung (oedeem) te berusten, maar op

¹⁾ Een aangeboren afwijking, die gepaard gaat met gebrekkige ontwikkeling der schildklier.

woeking van bindweefsel en afzetting van slijm in de mazen (vandaar de naam myxoedeem). Het stofwisselingspeil van dergelijke patiënten blijkt bijzonder laag te zijn (zie basaal metabolisme in hoofdstuk IV). De bloedsomloop is ook opvallend langzaam (trage pols). De nierfunctie is vertraagd. De groei houdt — voor zoover het personen in de groeiperiode betreft — op. De haren vallen uit. In gevallen, waarbij myxoedeem aangeboren was, bleven de patiënten klein, geestelijke en lichamelijke stumpers, die — ook als ze bij uitzondering volwassen werden — in geestelijke groei niet verder kwamen dan een kind van 4 of 5 jaar.

Bij operatieve verwijdering van de geheele schildklier ziet men een dergelijk beeld ontstaan (tenminste, wanneer de bijschildklieren niet tevens verwijderd worden, zie beneden). Zoowel bij aangeboren als verkregen myxoedeem kan de meest snelle en verwonderlijke verbetering van den lichamelijken en geestelijken toestand worden bereikt door toediening, op welke wijze dan ook, van schildklier-substantie¹⁾. Die verbetering houdt echter slechts zoolang aan, als met de toediening wordt doorgegaan. Men kan er dus niet mee ophouden.

Minder eenvoudig zijn de verhoudingen bij de ziekte van Basedow en bij gewone struma (inheemsch kropgezwel). Men veronderstelt, dat het aantal kroplijders in een bepaalde streek toeneemt, naarmate het iodgehalte van spijs en drank (en in de eerste plaats van het drinkwater) lager is. Inderdaad vormt het element iood een integreerend bestanddeel van thyroxine. Krop zou dan op iood-

¹⁾ Ook is toediening mogelijk van het sedert kort door den Amerikaan Kendall in zuiveren toestand afgezonderde en reeds kunstmatig bereide werkzame bestanddeel van de schildklier (thyroxine).

gebrek berusten, voor een deel ook op onvermogen (waaraan die dan zou moeten worden toegeschreven weet men niet) om het jood in spijs en drank zoo te verwerken, dat het ter bestemder plaatse in het lichaam wordt afgezet. Verhooging van de iooddosis in spijs en drank, hetzij door ioodering van het drinkwater (Amerikaansche methode), hetzij door ioodering van het keukenzout (Zwitsersche methode) is inderdaad in staat het aantal kroplijders aanmerkelijk te doen dalen. Het gaat hier om buitengewoon kleine hoeveelheden iood, nl. 25—50 mgr. per jaar. Geeft men, zooals men aanvankelijk deed, dergelijke hoeveelheden (of nog grootere) per dag, dan treden bij sommige overgevoelige personen reeds vergiftigings-verschijnselen op (iodisme) en kan een kroplijder alle teekenen van de ziekte van Basedow gaan vertoonen. Vandaar het gevaar van misbruik van ioodhoudende specialités. Hoe ingewikkeld deze verhoudingen zijn mag blijken uit het feit, dat toch ook bij de ziekte van Basedow soms kleine hoeveelheden iood een zeer gunstige werking hebben. De beste slotsom van dit alles is dus, dat we over de functie van de schildklier veel wel, maar vermoedelijk nog meer niet weten.

Wel moet men aannemen, dat de hoeveelheid thyroxine, die de schildklier produceert en via den lymphstroom ter beschikking van het lichaam stelt, in hooge mate van beteekenis is voor onderhoud van een normaal stofwisselingspeil van schier alle organen. Uit den aard der zaak heeft het eene orgaan meer behoefte aan thyroxine dan het andere, blijvend zoowel als tijdelijk. Een mooi voorbeeld is de behoefte aan thyroxine van de typische vrouwelijke geslachtsfunctie. Tijdens de menstruatie kan men ook bij normale personen een schildklierver-

grooting vaststellen. Die kan niet alleen zichtbaar, maar ook voelbaar zijn (toegenomen halsontrek). Dat verklaart tevens waarom het inheemsche kropgezwel meer bij meisjes dan bij jongens voorkomt en met name het percentage kroppen het hoogtepunt bereikt tijdens de puberteit.

De invloed van thyroxine op de stofwisseling kan men tegenwoordig trouwens proefondervindelijk vaststellen door stofwisselings-bepalingen te doen bij mensch en dier vóór en na thyroxine-inspuiting. Voorts wordt aan thyroxine door sommigen ook een ontgiftende werking op diverse verondersteld vergiftige stofwisselings-producten toegeschreven. Deze veronderstelling is echter afkomstig uit den tijd, toen men ook myxoedeem nog aan intoxicatie toeschreef.

De bijschildklieren (glandulae para-thyreoideae). Dieper inzicht in het wezen van deze klieren heeft men eerst de allerlaatste jaren verkregen. Wel wist men reeds lang, dat operatieve verwijdering van deze, als vier kleine korrels, — links en rechts twee — binnen het kapsel van de schildklier gelegen orgaantjes, den dood ten gevolge had, onder toenemende stijfkramp (tetanie). Maar eerst de door Collip ontdekte methode om het werkzame bestanddeel uit deze orgaantjes in zuiveren staat af te zonderen, vergemakkelijkte het voortgezet wetenschappelijk onderzoek. Daarbij bleek, dat tetanie steeds gepaard ging met verlaging van het kalkgehalte van het bloed, Parathyreoidine-inspuiting daarentegen gaat met verhooging van den kalkspiegel van het bloed gepaard, neemt tevens de krampen en de geneigdheid, om op diverse prikkels met krampen te reageren, weg.

Merkwaardig is ook hier weer, dat overdoseering — en overmatig kalkgehalte van het bloed — levensgevaarlijke verschijnselen en zelfs den dood tengevolge hebben. De slotsom is voorloopig, dat het intern secreet van de bijschildklier de kalkstofwisseling en het kalkgehalte van het bloed regelt en daarmee een levensgewichtige functie uitoefent, zonder dat men ondertusschen reeds dieper tot het wezen van deze verhoudingen is doorgedrongen. Collips werk heeft echter den weg gebaad voor vruchtbaar proefondervindelijk onderzoek tot verdieping van ons inzicht in deze verhoudingen.

De bijnieren (*glandulae supra-renales*) zijn een paar niet minder belangrijke organen met interne secretie. Ditmaal organen, waarvan men het werkzame bestanddeel, dat men al jaren kent, in zuiveren staat heeft leeren afzonderen, zelfs kunstmatig heeft leeren bereiden. Zij liggen ter weerszijden van de wervelkolom, als een kapje boven op de beide nieren (zie fig. 73), met welke zij echter in bouw en functie geen enkel punt van overeenkomst bezitten. Ook missen ze evenals de andere klieren met inwendige afscheiding den typischen klierbouw.

Een blik op fig. 79 doet zien, dat de microscopische bouw ook nu weer een bijzondere is. Ditmaal zelfs een zeer bijzondere, want de ontwikkelingsgeschiedenis wettigt de veronderstelling, dat de z.g. mergcellen van de bijnier tot de familie der zenuwcellen behooren.

De bijnier onderhoudt bijzonder nauwe betrekkingen met het zenuwstelsel, zij wordt niet alleen rijk van bloed, maar ook van zenuwvezelen voorzien, die mede van oogenblik tot oogenblik het peil der bijnier-secretie regelen. Dit secreet — adrenaline

— oefent weer een bijzondere en samengestelde invloed uit op tal van organen en orgaanstelsels, met name ook weer op het zenuwstelsel zelf.

De oudste gegevens over de werking der bijnieren dateeren uit het midden der vorige eeuw, toen Addison vaststelde, dat een bepaald ziektebeeld, dat sedert

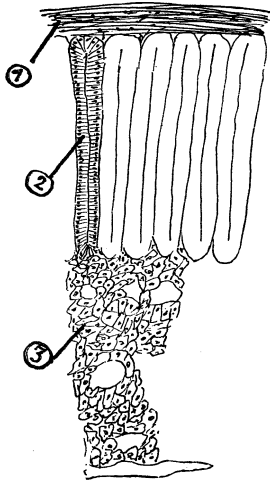


Fig. 79.

Stukje uit de bijnier
(microscopisch beeld bij
sterke vergrooting).

1. kapsel.
2. schorsgedeelte.
3. merggedeelte.

zijn naam draagt (ziekte van Addison), met ziekelijke veranderingen in de bijnieren gepaard gaat. Dit ziektebeeld valt op door bronze verkleuring der huid, buitengewone verslapping en uitputting van het lichaam en door den *lagen bloeddruk*. Reeds omstreeks 1890 werd toen vastgesteld, dat inspuiting van een waterig uittreksel uit deze klieren een snelle en sterke bloeddrukverhoogende werking ontvouwde. In de laboratoria van Parke Davis en Co., de bekende Engelsche wereldfirma op pharmaceutisch gebied, heeft toen Takamine voor het eerst adrena-

line als werkzaam bestanddeel en krachtig bloed-drukverhoogend middel afgezonderd. Deze werking berust op haarvatvernauwing (kramp van de betrokken spierwand). Spoedig bleek, dat adrenaline niet alleen op den bloeddruk werkt, maar ook op tal van andere functies, die door een bepaald deel van het autonome zenuwstelsel (zie hoofdstuk IX) worden geïnnerveerd.

Het hart trekt krachtiger samen. De pupil verwijdt zich. Er treedt speekselvloed op. Daarentegen verslapt het onwillekeurige spierstelsel van maag en ingewanden en ook van de fijne luchtpijptakjes. In één woord adrenaline werkt op alle onwillekeurige spieren en klieren. De prikkel tot adrenaline-afscheiding bereikt de bijniere via het zenuwstelsel. Opwinding, schrik en tal van andere gebeurlijkheden, die den spanningstoestand in hersenen en ruggemerg verhoogen, hebben zoo verhoogde adrenaline-afscheiding ten gevolge. Zij geven langs dezen omweg weer als het ware een zweepslag aan hart en bloedsomloop, waardoor deze (zij het slechts korten tijd) in staat zijn tot bijzondere prestaties.

De levensgewichtige beteekenis van de bijniere en haar intern secreet is echter nog van veel verdere strekking. Daarmede hebben wij eigenlijk in hoofdstuk V, bij de bespreking van de bloedsverdeeling in het lichaam en van de factoren, die den spanningstoestand der haarvaatwanden van oogenblik tot oogenblik beheerschen, reeds kennis gemaakt.

Pharmaco-therapeutisch wordt evenwel adrenaline weinig gebruikt voor eenig doel, dat direct verband houdt met deze levensgewichtige regelende functie. Dat vermindert echter niet de groote waarde van dit middel voor de bestrijding van met krampachtige samentrekking der fijne luchtpijp-takken ge-

paard gaande aanvallen van benauwdheid (asthma bronchiale). En voor het bereiken van plaatselijke bloedarmoede, ter ondersteuning der werking van plaatselijk-verdoovende middelen. Ten slotte moet nog herinnerd worden aan de antagonistische werking tusschen adrenaline en insuline, het pancreashormoon, dat van zoo overwegende beteekenis voor bloedsuikerpeil en suikerstofwisseling is.

De geslachtsklieren ¹⁾ hebben ook een intern-secretoire functie, die we in hoofdstuk XIV nog zullen bespreken. Een merkwaardige bijzonderheid van deze klieren, waardoor ze zich van bijna alle andere met interne afscheiding onderscheiden, is, dat ze slechts gedurende een bepaalde levensperiode — die der geslachts-rijpheid — functioneeren.

Hier zij in het voorbijgaan herinnerd aan de theorieën van Steinach, Voronof en andere „verjongings-kunstenaars”, die de raderen van den tijd trachten stil of terug te zetten door ouderdomsverschijnselen te bestrijden met inplanting van versche geslachtsklieren van mensch en dier. De praktische bezwaren tegen deze methode en tegen deze theorieën zijn nog grooter dan de theoretische. Een dergelijke kunstbewerking kan mogelijk wel voor korten tijd een zweepslag geven aan de functie van tal van organen en cellen, die de grens hunner reproductie-, reparatie- en functiemogelijkheden naderen. Maar van verjonging in den vollen zin des woords kan toch geen sprake zijn. De veronderstelling is trouwens niet gewettigd, dat jeugd en ouderdom alleen van de geslachtsklieren afhankelijk zijn. Zij drukken niet alleen hun stempel op alle andere or-

¹⁾ Met een vreemd woord worden ze ook wel als „gonaden” aangeduid.

ganen, maar worden ook door den staat van alle andere organen bepaald. Tenslotte gaat het ingeplante orgaan meestal betrekkelijk snel te gronde en is ook de schijn — de illusie der nieuwe jeugd — kort.

Den jongsten tijd is men er in buitenland en binnenland (Prof. Laqueur te Amsterdam) ook in geslaagd, het werkzame bestanddeel der vrouwelijke geslachtsklieren, dat de menstrueele cyclus bewerkstelligt, in min of meer zuiveren en geconcentreerden vorm te bereiden (menformon).

Dit vergemakkelijkt het physiologisch onderzoek naar wezen en verloop van de betrokken processen in hooge mate en zal zeker tot groote verdieping van ons inzicht kunnen bijdragen.

De zwezerik (glandula thymus) is een orgaan met inwendige afscheiding, dat lager dan de schildklier, juist achter het borstbeen, in de driehoek tusschen longen en hart ligt en daarmede de groote vaten, die uit het hart komen pleegt te bedekken. . . bij kinderen. Dit orgaan toch bezit precies de tegenovergestelde eigenschap als de geslachtsklieren. Bij de geboorte van het individu is het reeds in ontwikkelden staat aanwezig. Het functioneert nog een paar jaar, om na deze korte periode van werkzaamheid snel in omvang en activiteit af te nemen. Tegen het begin van de puberteit zijn slechts zeer zelden nog resten van de thymus microscopisch terug te vinden.

Bij bestudeering van den bouw wordt men getroffen door een aanwezigheid van groote hoeveelheden z.g. lymfhoïd weefsel, d.w.z. oopenhooping van cellen van bepaalden vorm, die ook de milt en de lymf-klieren kenmerken en verondersteld wor-

den als bakermat voor de lymph-cellen (zie hoofdstuk V) te fungeren. Ondertusschen weet men eigenlijk over de functie van de thymus heel weinig met zekerheid.

Men veronderstelt, dat dit orgaan een rol speelt bij de kalkstofwisseling, althans bij de kalkafzetting in de beenderen tijdens de groei. Vandaar dat men bij gebrekkig groeiende kinderen en bij Engelsche ziekte meermalen proeven heeft genomen met toediening van versche of gedroogde zwezerikken van verschillende dieren. Soms met goed, soms met minder fraai resultaat. Maar ook succes van zwezeriktoediening bij groeistoornissen bewijst natuurlijk nog niet, dat de functie van de zwezerik iets met den groei te maken heeft. Er zijn trouwens met betrekking tot dit orgaan meer onbewezen en hoe langer hoe minder waarschijnlijk gebleken veronderstellingen. Jaren lang heeft men n.l. gemeend, dat het ook na de puberteit blijven bestaan van den thymus de personen voorbeschikte tot een plotseligen dood (status thymico-lymphaticus). Eenig oorzakelijk verband tusschen plotseling sterven en een z.g. thymus persistens is echter nog niet vastgesteld.

De hypophyse (hypophysis cerebri of glandula pituitaria) is nu eens een klier met inwendige afscheiding, die aan velen zelfs niet van hooren zegen bekend is, terwijl ze in physiologie en pathologie een belangrijke plaats inneemt. Ook in de interne secretie speelt zij een rol van beteekenis. Het is een orgaan, nog kleiner dan een knikker, dat vlak achter den neusrug tegen het vooronder der hersenen ligt. Deze „klier” is in sommige opzichten een bondgenoot van de bijnier. Zij oefent invloed

uit op de spanning in het bloedvaatstelsel. Verder werkt zij op de nierfunctie en op de ontwikkeling van de geslachtsorganen. Zoo ook op den groei van het lichaam in het algemeen.

Bij onvoldoende functie treedt dwerg-groei op, gepaard met vetlijvigheid en gebrekkige ontwikkeling of teruggang in de ontwikkeling der geslachtsorganen (o.a. steriliteit). Ook de specifieke secundaire geslachtskenmerken kunnen verandering ondergaan. Mannen, die aan deze ziekte (*dystrophia adiposo-genitalis*) lijden, krijgen een vrouwelijk uiterlijk.

Bij overmatige functie treedt reusgroei op, soms algemeen, soms plaatselijk (en dan speciaal van de uitstekende deelen van het lichaam, zooals armen en beenen, vingers en teenen en de neus: *acromegalie*).

Ook hier treden eigenaardige psychische afwijkingen op. Voorts verdient het afscheiden van suiker met de urine afzonderlijke vermelding. Ook hieruit blijkt, dat de hypophyse evenals de bijnier een tegenhanger van de alvleeschklier is.

Hypophysis-extracten (waarvan, vooral het bekende praeparaat pituitrine van Parke Davis naam gemaakt heeft) worden niet zoo zeer als bloedstelpend middel en tegen luchtpijptakkramp (*asthma bronchiale*) gebruikt, als wel ter verhooging van de weeën-werkdadigheid bij de bevalling. Deze bijzonderheden zijn voldoende om ook van de samengestelde werking van dit intern-secretoir orgaan een denkbeeld te krijgen. Een deel van de hypophyse regelt den groei van het lichaam. Een ander deel oefent evenals adrenaline invloed uit op den spannings-toestand der bloedvaten en van den baarmoederspierwand.

De alvleeschklier (pancreas) neemt onder de klieren met inwendige afscheiding een bijzondere plaats in. Ten eerste al van wege het feit, dat we hier met een echte klier te doen hebben. Bovendien is het een klier, die inwendige en uitwendige afscheiding combineert. Laatstgenoemde functie hebben we reeds in bijzonderheden in hoofdstuk II bij de spijsvertering besproken. Eerstgenoemde functie — de werking van het intern secreet, dat men insuline pleegt te noemen op de suikerstofwisseling — kennen we eerst enkele jaren in bijzonderheden. Dit is een der grootste aanwinsten, waarmee de physiologie, maar ook pathologie en therapie (speciaal van de suikerziekte) deze eeuw verrijkt zijn.

De alvleeschklier vertoont geen uniforme klierstructuur, maar is opgebouwd uit twee zoowel anatomisch (microscopisch) als functioneel gescheiden gedeelten: tusschen het echte klier-weefsel liggen overal verspreid de z.g. eilandjes van Langerhans, die verondersteld worden insuline te produceeren (zie fig. 32 blz. 88). Bij sommige dieren zijn de verhoudingen eenvoudiger. Ze bezitten een alvleeschklier, die geheel uit klierweefsel bestaat en daarnaast afzonderlijk een insuline-produceerend orgaantje.

Zijn er nu nog meer organen met inwendige afscheiding? Op deze vraag zou ik geneigd zijn te antwoorden: vermoedelijk is er geen enkel orgaan, dat geen intern secreet in engeren of ruimeren zin produceert. Dat verandert echter niets aan het feit, dat onze exacte physiologische kennis vrijwel tot het bovenstaande beperkt is. Over interne secretie van milt, lever, nieren, hart, longen, lymphklieren, hersenen, spieren, enz. enz. is te weinig met vol-

doende zekerheid bekend om hier vermelding te verdienen. Dat ook zij stoffen aan bloed en lymf-stroom afstaan, die andere organen op afstand over hun toestand onderrichten en op de werking dier organen nu eens een prikkelende, dan weer een remmende werking uitoefenen is een veronderstelling, die men niet meer als zuivere phantasie mag bestempelen.

We zullen ons daarin echter niet verdiepen en dit hoofdstuk besluiten door nog eens te wijzen op de samenwerking tusschen de toonaangevende klieren met interne secretie zoowel in dien zin, dat ze elkanders functie ondersteunen (synergistische werking) als die neutraliseeren (antagonistische werking). Antagonisten bijv. met betrekking tot de suikerstofwisseling zijn insuline en adrenaline. Inspuiting van insuline alleen doet de suikerspiegel dalen, van adrenaline alleen stijgen, en een mengsel van beide in bepaalde verhoudingen heeft geen werking op het bloedsuikergehalte.

Synergisten tot op zekere hoogte zijn hypophysis en schildklier. Bij operatieve verwijdering van de schildklier gaat de hypophysis groeien. Ook schildklier en bijnier ondersteunen elkanders werking ten deele. Deze verhoudingen vergemakkelijken de physiologische waarde-bepaling van werkzame oplossingen van een bepaald, moeilijk te toetsen, intern secreet door vergelijking met een antagonistisch-werkend en wel goed te toetsen hormoon.

Eén ding is zeker, n.l. dat de interne secretie in de physiologie van allesoverheerschende beteekenis is, en in de naaste toekomst bij toename van onze kennis ook op dit gebied, steeds meer tot haar recht zal komen. Voorloopig is naar verhouding onze onkunde op dit gebied bijzonder groot.

HOOFDSTUK IX

ZENUWEN EN ZENUWSTELSEL

Inleiding. — Wanneer we het in de vorige hoofdstukken geschetste beeld van de voornaamste levensverrichtingen van ons organisme nog eens overzien, dan treft het ons toch onmiddellijk, dat daaraan nog een paar zeer belangrijke elementen ontbreken. Vooral als we ons rekenschap geven van de eischen, die de omgeving — anders gezegd, die onze plaats in de levende natuur — stelt. Voor alles is daarvoor eenerzijds vermogen tot aanpassing aan steeds wisselende uitwendige omstandigheden onmisbaar. En anderzijds een harmonische samenwerking — coöperatie en coördinatie — tusschen alle organen en weefsels. Bij wisseling der uitwendige omstandigheden toch verschilt de wijze, waarop de verschillende organen zich daaraan moeten aanpassen, zoolwel kwantitatief als kwalitatief. Terzelfder tijd wordt het tempo van de ééne levensverrichting verhoogd en van de andere versneld.

Uit dit alles vloeit voort:

1e. behoefte aan een instrument, dat het organisme van oogenblik tot oogenblik onderricht over de verhoudingen in de buitenwereld en over de wijzigingen, die die verhoudingen ondergaan;

2e. aan een apparaat, dat de harmonische samenwerking en wisselwerking tusschen alle weefsels en organen verzekert.

Voor een goede functie van een dergelijk apparaat is het noodzakelijk, dat niet alleen de inlichtingen over de verhoudingen in de buitenwereld, maar ook voor de verhoudingen in de verschillende

organen van het organisme zelf op één centraal punt samenkomen. En daar verwerkt worden tot boodschappen aan de verschillende organen en weefsels om hun functie op een bepaald peil te brengen.

Het sub 1 bedoelde instrument en het sub 2 aangeduide apparaat behooren dus bijeen. Wij bezitten beiden in den vorm van een levensgewichtig orgaan, dat we als „*zenuwstelsel*” plegen aan te duiden. De instrumenten, die het centraal-orgaan van dat zenuwstelsel — onze hersenen — onderrichten over de verhoudingen in de buitenwereld zijn onze *zintuigen*. Dat centraal-orgaan is verder, door afvoerende en aanvoerende *zenuwen*, verbonden met alle organen, weefsels en cellen. We zullen spoedig zien hoe ingewikkeld ook deze verhoudingen zijn.

Het is goed zich vooraf weer even rekenschap te geven van de ontwikkelingsgeschiedenis van de zaak. De eencellige organismen kunnen het stellen zonder gedifferentieerd zenuwstelsel. Ze zijn zóó klein, dat alle van buiten komende prikkels als het ware te gelijktijd alle deelen van het organisme treffen. Zoodra echter de arbeidsverdeeling in de veelcellige organismen een zeker peil bereikt heeft, zijn het boven beschreven instrument en apparaat onmisbaar. Bepaalde, aan de oppervlakte gelegen, cellen krijgen dan het vermogen lange uitloopers te vormen om de steeds grooter wordende afstanden tusschen de verschillende cellen te overbruggen. Daarmede gaat hand in hand de ontwikkeling van een ander orgaan, dat ook groote afstanden overbrugt: den bloedsomloop, waarmee we in hoofdstuk V reeds uitvoerig kennis maakten. Dit orgaan wordt hier terloops genoemd, omdat het in samenwerking met de op dit orgaan aangesloten klieren met inwendige afscheiding (zie hoofdstuk VIII)

ook een scheikundige „boodschappendienst” organiseert. Die dienst is het, die talrijke organen op de hoogte houdt van het functioneel peil van andere organen en op deze wijze voor samenwerking zorgt. Een samenwerking, die ook zonder het bestaan van zenuwen en zenuwstelsel in staat is *een deel* van de boven aangeduide taak van dat zenuwstelsel op zich te nemen.

Een deel slechts. Want hoe goed het ook op deze wijze mogelijk is verschillende orgaan-functies in te schakelen, het zoo noodig contact met de buitenwereld vermag dit orgaan niet te verzekeren. Bovendien laat de snelheid, waarmede dit apparaat functioneert voor tal van doeleinden te wenschen over. Terwijl het slechts in zeer beperkte mate kwalitatieve differentiatie der op deze wijze overgebrachte boodschappen toestaat.

Het apparaat, dat met behulp van scheikundige boodschappers functioneel contact en, tot op zekere hoogte, samenwerking en wisselwerking tusschen verschillende levensgewichtige organen verzekert, kan dus wel het apparaat, dat „buitenwereld” en „binnenwereld” verbindt en centraal de coöperatie en coördinatie van alle organen en weefsels en cellen regelt, aanvullen, maar niet vervangen.

Dit orgaan werkt niet met chemische, maar met electriche prikkels, d. w. z. het brengt geen chemische maar electriche energie over, die in den vorm, waarin zij overgebracht wordt, in staat is, op de plaats van bestemming aangekomen, functioneele wijzigingen in de betrokken organen en weefsels tot stand te brengen. Hetzij in positieven zin, — versterking van functie — hetzij in negatieven zin — vermindering van functie.

Zenuwvezels en zenuwcellen. — Om die prikkels te kunnen ontvangen en doorgeven moeten de zenuwvezels twee eigenschappen bezitten, n.l. *prikkelbaarheid* en *geleidingsvermogen*. Bovendien veronderstelt de overbrenging van prikkels *continuïteit van prikkel-geleidingsstelsel*. Laten we eerst de laatste eigenschap van naderbij bezien in verband met den bouw van het orgaan, welks weefsel met de prikkelgeleiding belast is. Continuïteit van geleiding behoeft geen continuïteit van bouw te veronderstellen, mits de geleidings-eenheden maar met voldoende contact in en aan elkander geschakeld zijn. Dat is ook hier het geval.

De anatomische eenheid is de z.g. zenuwcel (fig. 80, 81). Deze heeft met alle andere cellen gemeen: het bezit van een kern, van een hoeveelheid — meestal gekorrelt — protoplasma en van een wand. Zij onderscheidt zich van andere cellen door het bezit van één of meer, nu eens kortere (enkele millimeters lange), dan weer meters-lange uitloopers. De z.g. ganglioncel is de *prikkel-ontvanger*. Ze ligt daartoe overal waar vorming en doorvoer van prikkels mag worden verwacht: in het ontvangst-apparaat der zintuigen, aan de oppervlakte van slijmvliezen en huid, in alle organen en last not least in grooten getale in het centraal orgaan (hersenen en ruggemerg).

De uitlooper, die als telegraafkabels uit een complex van fijne zenuwvezels (neurofibrillen), omgeven door een scheede, bestaat, is de prikkel-geleider, die alle prikkels naar de cel toe en verder geleidt. Meestal geleidt een kortere uitlooper (z.g. dendriet) naar de cel toe en een langere of as-cylinder van de cel af. Hoe dit zij, elke uitlooper geleidt maar in één richting.

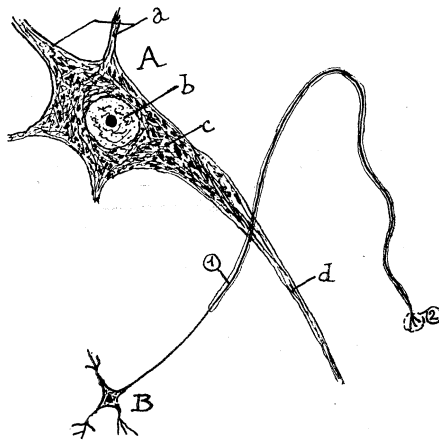


Fig. 80. Zenuw-cellen en -vezels.

A. bij sterke vergrooting a. dendriet; b. celkern; c. celprotoplasma met veel korrels en vezels (neurofibrillen); d. as-cylinder.
 B. bij zwakke vergrooting 1. mergscheede; 2. eindplaat.

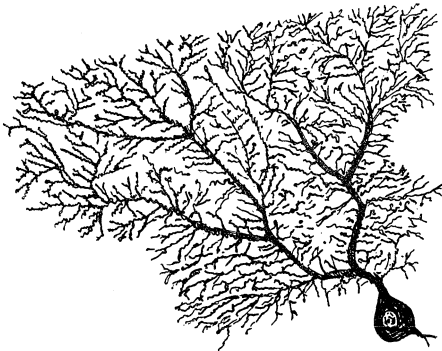


Fig. 81. Zenuwcel uit de kleine hersenen (sterk vertakte dendriet).

Waar blijft nu de prikkel als zij aan het eind van den afvoerende uitlooper of ascylinder beland is? Dat ligt er aan wat daar ligt! Is het een spiercel, dan wordt die spiercel tot contractie gebracht. Is het een kliercel, dan wordt die tot functie gebracht. Vaak is het echter een andere zenuwcel, die nu den prikkel overneemt en verder geleidt met eenige vertraging op den overgang, maar verder met onverminderde snelheid ¹⁾). Het wezen van dat geleidingsvermogen is een ingewikkeld vraagstuk op zich zelf. De proefondervindelijke zenuwphysiologie, werkend met fijne electriciteits- en potentiaal-meters en met elektrische prikkels, is er in geslaagd het optreden van buitengewoon kleine potentiaalverschillen tusschen twee punten van een zenuw vast te stellen. Die zijn het, die zich voortplanten langs de zenuwvezels en als prikkels op de aan het eind daarvan opgestelde apparaten of organen werken.

Men mag dus feitelijk de zenuwen niet vergelijken met telegraaf- of telefoon-draden. Daarlangs worden toch, zij het ook geringe hoeveelheden elektrische *energie* overgebracht, terwijl hier alleen voortplanting van *spanning* plaats heeft. Men onderscheide deze twee zaken goed, zij verhouden zich tot elkaar op ongeveer gelijke wijze als bloedgolf en drukgolf (polsgolf) bij het bloed. Evenals de polsgolf zich veel sneller voortplant dan de bloedgolf, zoo plant ook hier de potentiaal golf zich sneller voort dan de electriciteitsgolf.

Men heeft deze potentiaal golf wel eens vergeleken met het verschijnsel, dat men ziet optreden,

¹⁾ Om een denkbeeld van die snelheid te geven, zij vermeld, dat terwijl de bloedstroom snelheden de 0,5—1 M. per seconde niet te boven gaan, de prikkel-geleiding langs den zenuwbaan snelheden van 50—100 M. per seconde bereikt.

wanneer men van buskruit een dunne lijn op den vloer maakt en bij het eene uiteinde van die lijn een lucifer houdt; de explosie plant zich met snelheid van korrel tot korrel voort en bereikt spoedig het einde van de lijn.

Ook moet hier bij worden aangetekend, dat, zoo er al geen anatomische continuïteit tusschen de verschillende deelen van het zenuwgeleidingsstelsel bestaat, er toch tusschen de verschillende deelen een zoo fijn netwerk van geleidende vezels is, dat men van ideaal contact kan spreken.

Daarbij zijn meerdere factoren vastgesteld, die voor het behoud van prikkelbaarheid van groote beteekenis zijn. Met name een zekere temperatuur en een voldoende zuurstofvoorziening. Minder gemakkelijk bleek de vraag te beantwoorden, of zenuwen vermoeidheid en uitputting vertoonen in dien zin, waarmede we nog wel nader bij de spieren zullen kennis maken. Het geleidingsvermogen van de zenuwvezels en van de uit tallooze zenuwvezels opgebouwde zenuwen schijnt vrijwel onbeperkt. Maar de overgang tusschen twee zenuw-eenheden (de z.g. synaps) en die tusschen een zenuwvezel en een spier- of klier cel (z.g. eind-plaat), schijnt door oopenhooping van prikkels, die elkaar met te groote snelheid opvolgen, na zeker tijdsverloop stoornissen te vertoonen, die men als vermoeidheids- of uitputtings-verschijnselen kan opvatten

Behalve voor electriche prikkels zijn de meeste zenuwen en zenuwapparaten ook in meerdere of mindere mate gevoelig voor chemische ¹⁾, mechani-

¹⁾ Verschillende vergiften oefenen, zoowel op de zenuwcel als op synaps en eindplaat een nog niet in alle bijzonderheden bekende werking uit. Hierop berust zoowel de plaatselijke verdooving (locale anaesthesie) als de algemeene verdooving (narcose). Door de ge-

sche en thermische prikkels, d. w. z. voor andere vormen van potentieele en kinetische energie.

Het name zijn de fijn bewerktuigde ontvang-apparaten, die we in hoofdstuk X als zintuigen zullen leeren kennen, instaat de bijzondere energievormen, waarop zij zijn afgestemd (geluid, licht, tast-prikkels), om te zetten in de prikkels, die langs de zenuwen worden overgebracht. Hierbij bestaat een uitgesproken specificiteit. Zoo reageert het geluidontvang-apparaat niet op lichtprikkels en omgekeerd. Ook de betrokken zenuwen vertoonen deze specificiteit, zij het in mindere mate. Ook aan het andere eind van den zenuwketen bestaat er een zekere specificiteit. Aard en intensiteit van den electrischen prikkel, die daarheen ten slotte door de zenuwen wordt overgebracht, is niet onverschillig voor het effect van dien prikkel. Stroomsterkte en snelheid van stroomwisseling ¹⁾ bepalen in niet geringe mate dat effect. Het eene orgaan of weefsel reageert op zeer kleine hoeveelheden, dus op zwakke prikkels. Het andere vraagt groote hoeveelheden energie, dus sterke prikkels. We moeten nog het bestaan van een paar merkwaardige eigenschappen vermelden. De eerste is de *z.g. opeenhooping of summatie van prikkels*, die met een zekere, niet te lange, maar ook niet te korte, tusschenpoos op elkander volgen. Dit is van bijzonder belang, omdat het op deze wijze mogelijk is, dat opeenvolgende prikkels van kleine intensiteit, die ieder afzonderlijk uitwerking zouden missen, nu boven den drem-

bruikte vergiften worden de zenuwcellen en zenuwapparaten in kwestie tijdelijk buiten werking gesteld. Synaps en eindplaat zijn trouwens de zwakke schakels uit dezen keten.

¹⁾ Men denke aan het tot op zekere hoogte vergelijkbare verschil tusschen zwakstroom, sterkstroom, gelijkstroom en wisselstroom.

pel der werkzaamheid komen. Is de tusschenpoos tusschen beide prikkels te lang, dan hebben zij geen invloed meer op elkaar. Is daarentegen de tusschenpoos tusschen beide prikkels te kort, dan openbaart zich het tweede verschijnsel, dat we noemen willen n.l. het bestaan van een *z.g. refractaire periode*. Daaronder wordt de afwezigheid verstaan van prikkelbaarheid gedurende een kort tijdsverloop na de ontvangst van een vorigen prikkel. Ook het geleidings-vermogen ondergaat een overeenkomstige verandering. Gedurende het eerste korte oogenblik — het gaat bij al deze kwesties om honderdste gedeelten van seconden — is het geleidingsvermogen tot o gedaald, om vervolgens geleidelijk te stijgen, eerst tot en daarna een oogenblik boven den norm.

Men moet deze beide eigenschappen zien in verband met het onvermogen tot continue functie der zenuwen als prikkel-geleiders eenerzijds en de behoefte aan continue werking van de organen, waarheen de prikkel overgebracht wordt, anderzijds. De ononderbroken prikkelstroom, die den prikkel-ontvanger treft wordt nu omgezet in een onderbroken prikkelstroom van voldoende capaciteit — die naar de spieren bijv. met een frequentie van ± 50 wisselingen per seconde — om toch de organen, waarheen de prikkel geleid wordt, ononderbroken te laten functioneeren. De refractaire periode is groot genoeg om de zenuw en zijn orgaan in staat te stellen zich na elken prikkel volledig te herstellen en maximaal werkzaam te doen blijven. Daarentegen is zij klein in verhouding tot den tijd, die de organen — spier- of kliercellen bijv., waarheen de prikkel geleid wordt — noodig hebben om in functie te komen. Zoodat reeds lang, voordat ze hun functie weer zouden hebben gestaakt, als het bij die

eene prikkel gebleven was, een volgende prikkel arriveert, die het functioneel peil van orgaan of cel in kwestie, onderhoudt.

Reflexen. — Zoo zijn wij van zelf beland bij een nadere bespreking van den kringloop — „prikkel - prikkelontvanger - prikkelgeleider - reactie eindorgaan”, — dien we plegen aan te duiden met het woord *reflex*. Daarmede wordt dus (als we in gedachten een oogenblik zoowel den prikkelontvanger als den prikkelgeleider uitschakelen) meer in het bijzonder het feit verstaan, dat er een bepaald oorzakelijk verband bestaat tusschen een op groteren of kleineren afstand van elkaar als *prikkel* zich openbarende hoeveelheid energie eenerzijds en een wijziging in den toestand van eenig orgaan, weefsel of cel in den zin van verhoogde of verlaagde functie als *uitwerking* van dien prikkel anderzijds. Eenvoudiger gezegd: onder reflex (bijvoegelijk naamwoord reflectorisch) verstaat men de koppeling *prikkel-uitwerking*. Die koppeling veronderstelt in zijn allereenvoudigsten en primitiefsten vorm de inschakeling van minstens één zenuwcel. (fig. 82 C), die in dit geval terzelfdertijd als prikkelontvanger en -geleider fungeert. Die zenuwcel brengt den prikkel regelrecht naar de spier- of klier cel, die „reflectorisch reageert” over. In ons organisme bestaan dergelijke zóó eenvoudige „*reflexbogen*” nergens. Steeds is er differentiatie in verschillende zenuwcellen, zenuweenheden of z.g. „neuronen”;

a. *centripetale of sensibele neuron*en, die langs z.g. afferente of gevoels-zenuwen den prikkel van de prikkel-ontvanger (receptor of zintuig) overbrengen naar het reflexcentrum, dat in het ruggemerg of hooger gelegen zenuwcentra gelegen is.

b. *centrifugale of motorische neuronen*, die langs z.g. efferente motorische of secretorische zenuwen den prikkel van het reflex-centrum naar spier of klier geleiden. Tusschen a en b zijn vaak nog;

e. *schakelneuronen* ingeschakeld (gelegen in lagere of hogere centra).

Fig. 82 E geeft van deze verhoudingen een eenvoudig schema. Daarop is bovendien nog gestippeld de efferente en afferente verbinding geteekend, die het reflex-centrum in het ruggemerg met hooger (met name in de hersenen gelegen) regelende zenuwcentra verbindt. Die hogere centra oefenen over het algemeen een remmende werking uit op de voor het overige vrijwel zelfstandige (autonome) ruggemergs-reflexcentra. Want men moet er zich goed rekenschap van geven, dat deze reflectorische aanpassing van spieren en klieren enz. aan verhoudingen elders — buiten of binnen het lichaam — buiten hersenen en bewustzijn omgaat. Dat komt in de eerste plaats aan de snelheid ten goede, waarmede een reactie een prikkel vermag te volgen. De omweg over de hersenen is heel wat langer. Bovendien ontlast deze inrichting de hersenen, die aan de taak der bewustzijnsprocessen toch al meer dan genoeg hebben.

Een korte reflexbaan of reflexboog is dus economischer dan een lange. Vandaar dat we overal in de ontwikkelingsgeschiedenis een streven zien naar bekorting van de reflexbaan (waar dan tegenover staat de ontwikkeling van lange banen, die de lagergelegen reflex-centra met hooger-gelegen centra, die in hoofdzaak een regelende functie hebben, verbinden).

Bij verrichtingen, die inschakeling van het bewustzijn vereischen heeft de korte reflexbaan geheel voor de lange plaats gemaakt.

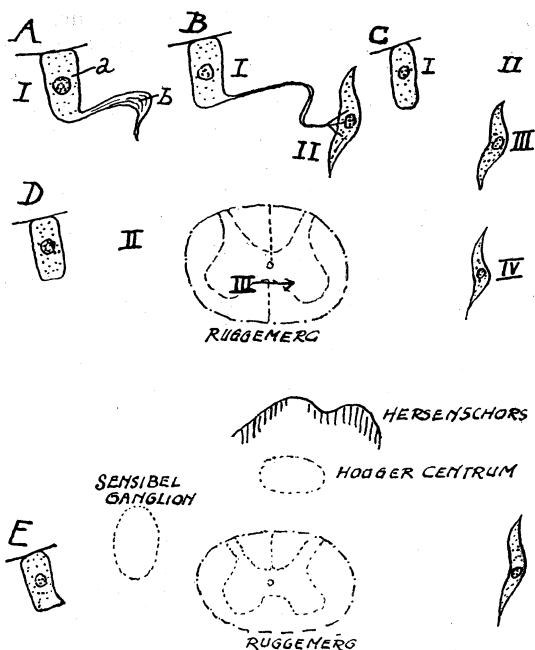


Fig. 82. Ontwikkeling van den reflexboog.

- A. epitheelcel (a) met contrastiele uitlooper (b).
- B. epitheelcel door fijne uitlooper verbonden met spiercel.
- C. eenvoudigste reflexboog: één zenuwcel ingeschakeld tusschen epitheel- en spiercel.
- D. de gewone korte reflexboog: twee zenuwcellen (neuronen) ingeschakeld (één sensibel, één motorisch).
- E. meer samengestelde lange reflexbogen door inschakeling van hogere centra en hersenschors.

Waar nu de aanpassing van alle organen aan de verhoudingen elders binnen en buiten het lichaam overal en steeds — zelfs ook als het bewustzijn ingeschakeld is — het karakter draagt van *reflexwerking*, willen we hier enkele algemeene bijzonderheden daarover mededeelen.

In de eerste plaats kost de reflexwerking tijd, te meer naarmate het aantal neuronen grooter is. Dat het aantal neuronen meer tot verlenging van dien tijd bijdraagt dan de lengte van den reflexbaan moet daaraan worden toegeschreven, dat de geleiding langs de zenuwvezelen weinig tijd kost in verhouding tot de vertraging, die de overdracht van den prikkel van het eene neuron op het ander (in de synaps), resp. van het laatste neuron op spier of klier (eindplaat), met zich brengt. Ook hier gaat het om fracties, ja om duizendste deelen, van seconden. In de tweede plaats hebben we reeds vermoeidheids- en uitputtings-verschijnselen, resp. summatie van prikkels en refractaire periode, als kenmerk van zenuwcel en bijbehorende geleidings- en eindapparaten leeren kennen. Waar reflexwerking inschakeling van zenuwcellen en bijbehorende apparaten veronderstelt, drukken de genoemde eigenschappen ook hun stempel op de reflexwerking als zoodanig. Hetzelfde moet van de wet der geleiding in één richting gezegd worden en van het streven naar bekorting van de reflexbaan door uitschakeling van overtollige neuronen.

Daardoor wordt de reflexwerking vergemakkelijkt. Er ontstaan „gebaande” reflexwegen. Ook voor meer samengestelde reflexwerkingen, die aanvankelijk de inschakeling van het bewustzijn noodzakelijk maakten. Er treedt m. a. w. *gewoontevorming* op. Ten slotte wordt op bepaalde prikkels als

het ware automatisch gereageerd met een zeer samengesteld complex van handelingen.

Op deze z.g. *voorwaardelijke reflexen*, die wel buiten het bewustzijn omgaan, maar toch de aanwezigheid van een onbeschadigd centraal-zenuwstelsel veronderstellen, komen we terug. (Zie blz. 351).

Hier beperken we ons voorloopig tot de z.g. *onvoorwaardelijke reflexen*, die niet alleen buiten het bewustzijn omgaan, maar ook verenigbaar zijn met zoo groote defecten in hersenen en lager gelegen gewichtige zenuwcentra, dat ze daaraan niet gebonden zijn. En dan moeten we nog de aandacht vestigen op een zeer belangrijke eigenschap, die aan alle reflex-mechanismen gemeen is, n.l. dat verschillende reflexwerkingen elkander wederkeerig beïnvloeden kunnen, zooals in positieven als negatieven zin.

Eenzelfde zenuwbaan kan voor het tot stand komen van verschillende reflexwerkingen worden gebruikt. Zij kan dus deel uitmaken van verschillende samengestelde reflexbogen. Als we dat bedenken, dan is het ook duidelijk, dat reflexwerkingen, die gemeenschappelijke baanstukken bezitten niet gelijktijdig kunnen optreden. De prikkel, die voor het eene eindstation bestemd is, *blokkeert* als het ware het gemeenschappelijk baanstuk voor prikkels, die voor andere eindstations bestemd zijn. Het eene reflexmechanisme remt dus in dit geval het optreden van het andere. Die *remming of inhibitie* duurt langer dan de passage van den prikkel aanhoudt. Ook een onderbroken prikkelstroom, zooals we die boven hebben leeren kennen, heeft dus den voorrang boven voor elders bestemde prikkels, die tusschentijds van hetzelfde baanvak gebruik willen maken. Aan den anderen kant kunnen twee reflex-

werkingen, die in dezelfde richting gebruik willen maken van eenzelfde baanvak, dat wel doen. Zij versterken elkanders werking daarbij.

Wij hebben met voorbedachten rade ons hierboven beperkt tot een bijzonder eenvoudig en schematisch beeld van het reflex-mechanisme. In werkelijkheid zijn er in ons lichaam slechts zeer weinig eenvoudige reflexen en weinig afzonderlijke reflexbogen. In de reflex-centra is het een bijna onontwarbaar net van schakelneuronen, die schier alle reflexbogen met elkander in contact brengen, zoodat men geneigd is zich af te vragen, hoe het mogelijk is, dat de prikkels den weg vinden. Het zich door oefening vormen van gebaande wegen in den boven beschreven zin, kan slechts tot op zekere hoogte het ordelijk verloop der duizenden reflexen, wier bogen gedeeltelijk samengaan, gedeeltelijk elkaar kruisen en wederkeerig in positieven of negatieven zin beïnvloeden, verklaren. Het wezen van de koppeling der verschillende samengestelde reflexen — slikken, braken bijv. zie blz. 53 — die uit geheele reeksen in elkander grijpende reflexbogen met hun centrale remmingen en versterkingen bestaan, onttrekt zich dan ook in laatste instantie aan onze verklaring.

Het naast voor de hand liggende doel der reflexwerking is aanpassing van het geheele lichaam of deelen daarvan, aan de zich wisselende verhoudingen buiten en binnen het lichaam. Bij bijna alle reflexen treft ons dan ook voor alles hun doelmatigheid. Met name valt dat op bij die reflexen, welke in gang komen, wanneer de zintuigen getroffen worden door prikkels van zoodanige intensiteit, dat ze een gevaar voor het zintuig of voor het lichaam vormen. Op een sterken lichtprikkel reageert het

oog door zich te sluiten. Op een sterken gevoels- of pijn-prikkel, die de huid treft, reageert het getroffen lid door zich bliksemsnel terug te trekken. Op sterke prikkels, die de slijmvliezen treffen, reageeren deze met sterke afscheiding, om zoo mogelijk het schadelijke agens weg te spoelen (vuiltjes in het oog, korreltje in de luchtwegen).

Bouw en functie centraal zenuwstelsel. — We willen ons thans een schematisch denkbeeld trachten te vormen van bouw en functie van verschillende deelen van het centraal zenuwstelsel, onder welke benaming men hersenen en ruggemerg pleegt samen te vatten. Men doet goed deze samen als één anatomisch en functioneel geheel te beschouwen, een complex van reflex-centra, centrifugale, centripetale en schakelneuronen, van z. g. kernen (groepen ganglion-cellen) en opstijgende en neerdalende banen, die die kernen onderling, met de periferie en met den zetel der bewustzijns-processen — de z. g. hersenschors — verbinden. Hoe hooger men komt en dus dichter bij de hersenschors, des te samengestelder zijn de verbindingen, die ten doel hebben de gecoördineerde samenwerking tusschen alle centra tot stand te brengen. De hooger gelegene zijn dan ook als het ware coördinatie-centra, die door toevoerende (afferente) banen ingelicht worden over de verhoudingen in de periferie en over de werkzaamheid der lager gelegen centra. Hunnerzijds regelen ze door afvoerende (efferente) banen die werkzaamheid en zijn zelf weer door toevoerende en afvoerende banen met de hersenschors en onderling door coördinatiebanen verbonden.

Ieder deel — iedere celgroep, iedere baan — heeft zijn bijzondere taak, die men voor een groot deel op

grond van proefondervindelijk onderzoek ook kan aangeven. Bij dierproeven toch is het gemakkelijk voor een operateur, die daarin vaardigheid bezit, om bepaalde deelen van het zenuwstelsel — zoo perifeer als centraal — te vernietigen, door te snijden of weg te nemen. Die uitgeschakelde deelen verraden hun afwezigheid dan door uitvalverschijnselen. Bovendien sterft een ascylander, die het continu verband met de bijbehorende ganglioncel verloor af. Dit heeft tot gevolg, dat in die ascylander veranderingen optreden, die bij microscopisch onderzoek van op bepaalde wijze gekleurde doorsneden, kunnen worden waargenomen. Zoo leert men de afvoerende (efferente) banen van de langs operatieven weg uitgeschakeld groepen van ganglioncellen kennen.

Bij den mensch is natuurlijk dergelijk proefondervindelijk onderzoek niet op dezelfde wijze mogelijk. Ongevallen en ziekelijke processen kunnen echter min of meer scherp omschreven gedeelten van het centraal zenuwstelsel buiten werking stellen. De vergelijkende studie van de dan optredende uitvalverschijnselen en de na den dood gevonden anatomische veranderingen stellen ons dan toch nu en dan in staat een oordeel te vormen over de taak van verschillende kernen en banen. Omgekeerd kunnen wij ten slotte vaak uit het geheel der bij een bepaalden patiënt optredende uitvalverschijnselen op maken, waar een ziekelijk proces zijn zetel heeft. Resp. in welken omvang het kernen en banen vernietigd of door druk of anderzins buiten werking gesteld heeft.

Het ruggemerg is een zuil, bestaande uit een reeks groepen ganglioncellen en daarnaast verschillende

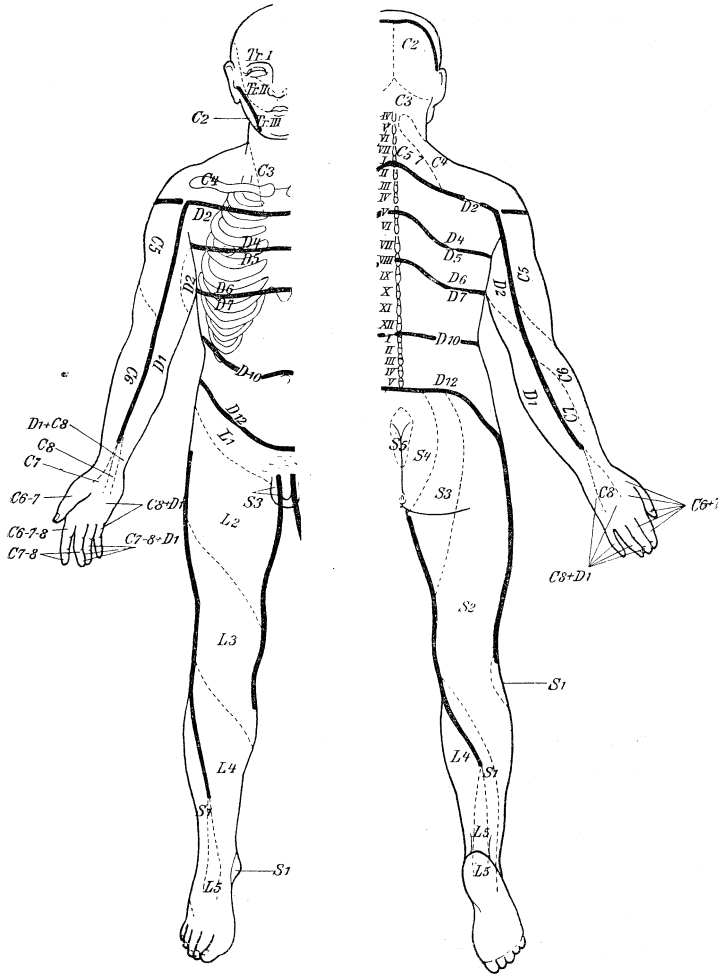
strengsgewijze gerangschikte centripetale en centrifugale banen. Van huis uit bestond hier een z.g. „segmentale innervatie”. De van motorische vezelen voorziene spieren en de van sensibele vezelen voorziene huidgedeelten hebben n.l. dit gemeen, dat ze in groepen en strooken kunnen worden gerangschikt, in éénzelfde volgorde, als de bijbehorende gedeelten van het ruggemerg.

Ze zijn met die bijbehorende gedeelten van het ruggemerg trouwens ook verbonden door afzonderlijke zenuwstammen, die paarsgewijze het ruggemerg verlaten door openingen in en tusschen de verschillende wervels, die samen de wervelkolom vormen. Die uittrèdende zenuwen vereenigen zich gedeeltelijk tot grootere stammen, (bijv. voor arm en been). Maar ook dan nog is perifeer de segmentale innervatie in zooverre niet verloren gegaan, dat men op de huid zônen kan afteekenen, die sensibel geïnnerverd worden door een bepaald gedeelte van het ruggemerg. Ook van de motorische zenuwen der verschillende spiergroepen kan men zeggen op welk niveau ze het ruggemerg verlaten. Men pleegt dat niveau door letters aan te duiden, overeenkomende met de betrokken segmenten ¹⁾).

C is cervicaal (halsgedeelte)	8 segmenten
D is dorsaal (ruggedeelte)	12 segmenten
L is lumbaal (lendengedeelte)	5 segmenten
S is sacraal (heiligbeengedeelte)	5 segmenten
Samen dus	30 segmenten

Fig. 83 geeft een schema van de sensibele inner-

¹⁾ Het aangezicht wordt sensibel niet verzorgd door ruggemergs-zenuwtakken, maar door takken van den 5den hersenzenuw, de N. trigeminus of drielingzenuw, die drie takken, overeenkomend met drie aangezichtssegmenten verzorgt. (Zie fig. 90).



voorzijde

achterzijde

Fig. 43. Schema der sensible innervatie van de huid (Flatau).

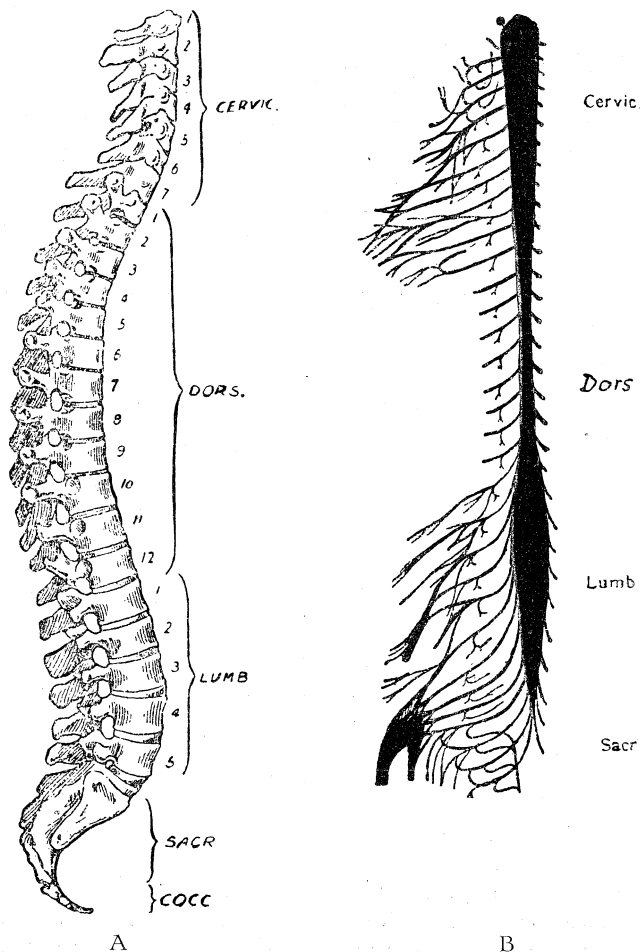


Fig. 84. De wervelkolom van terzijde gezien (A) met er naast het uitgenomen ruggemerg (B) met uittredende zenuwen van voren gezien.

vatie¹). Op het rechtergedeelte, dat de verhoudingen aan de achterzijde van het lichaam in beeld brengt, zijn ook (met Romeinsche cijfers) de wervels aangegeven. Vergelijkt men deze cijfers met die der segmenten, dan blijkt dat ze in het bovengedeelte van het lichaam (aan hals en rug) wel samenvallen, maar dat de afstand tusschen de beide cijfers grooter wordt naarmate men lager komt. Dat moet hieraan worden toegeschreven, dat de uittredende zenuwen, die bovenaan ongeveer loodrecht op de richting van het ruggemerg, naar beneden toe hoe langer hoe schuiner gaan loopen (zie fig. 84).

Elk segment van het ruggemerg — er zijn er zooals we boven zagen een dertigtal — heeft dus zijn eigen paar zenuwen, één links en één rechts. Op den keper beschouwd zijn het er echter niet twee, maar vier, omdat elke zenuw samengesteld is uit twee z.g. wortels:

1e. een *voorste wortel*, die het ruggemerg aan de voorzijde *verlaat*;

2e. een *achterste wortel*, die het ruggemerg aan de achterzijde *bereikt*.

De voorste wortel is n.l. motorisch (centrifugaal, efferent), de achterste sensibel (centripetaal, afferent). De voorste wortel bestaat uit ascynders van aan de voorzijde in de z.g. voorhoorn van het ruggemerg gelegen motorische ganglion-cellen.

De achterste wortel daarentegen bestaat uit ascynders van sensibele ganglion-cellen, die niet in het ruggemerg, maar in een zenuwknop (ganglion) naast de wervelkolom tegen den achterwand van borst- en buikholte gelegen zijn. Fig. 85 geeft van deze verhoudingen een schema. Rechts ziet men de

¹) De ingewikkelde verhoudingen van de motorische segmentatie blijft hier verder buiten beschouwing.

gemengde perifere zenuw, bestaande uit een sensibel centripetaal en een motorisch centrifugaal gedeelte. Vóórdat deze gemengde zenuw in de opening tus-schen wervelboog en wervellichaam verdwijnt, treedt de sensibele portie in het sensibele ganglion, een groep ganglioncellen, waarvan de sensibele vezelen de perifere uitloopers waren. Nu treden beide — zoowel de motorische als de sensibele portie — in

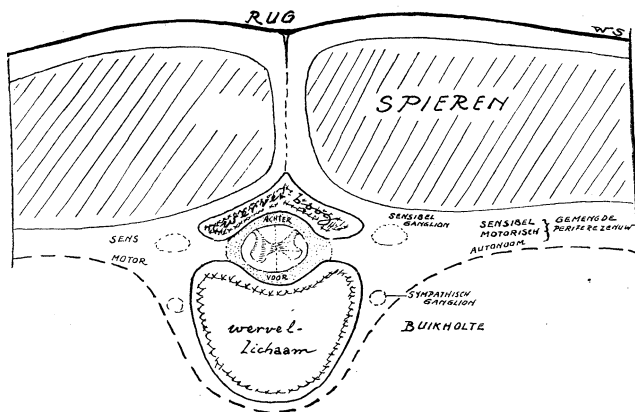


Fig. 85. Schematisch overzicht van de verhoudingen tusschen ruggegraat en ruggemerg en in- en uitredende zenuwbanen.

het met vocht gevulde ruggegraatskanaal, waarin het ruggemerg schokvrij aan fijne draden is opgehangen. De voorste en achterste wortel nemen afscheid van elkaar om ieder afzonderlijk de één aan de voorzijde, de ander aan de achterzijde het ruggemerg resp. te bereiken en te verlaten.

Volgens we eerst de sensibele tak. De meeste vezelen daarvan buigen spoedig naar boven om, om als een paar aaneengesloten banen hersenwaarts te loopen

en daar in hersenschors of lager-gelegen coördinatie-centra een eind te vinden (zie ook fig. 86a en b).

Enkele sensibele vezelen — er is er zoo een in de linkerhelft van fig. 85 afgebeeld — loopen niet centraal, maar regelrecht naar de in de z.g. voorhoorn gelegen groote motorische ganglion-cellen en vinden daar hun eindvertakking: een korte reflexboog (zie blz. 316 fig. 82D).

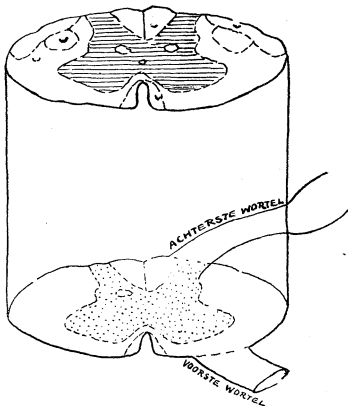


Fig. 86a.

Schematisch overzicht van de voornaamste opstijgende en neerdalende zenuwbanen in het ruggemerg.

Het zijn dus de centrifugale uitloopers van die motorische voorhoorn-cellen, die den motorischen voorsten wortel vormen. Ook zij ontvangen uit de hersenschors leidende, aanzettende en remmende impulsen langs neerdalende motorische banen (zie ook fig. 86a en b).

Het ruggemerg zelf, als we nu een oogenblik afzien van de intredende en uittredende zenuwen, is dus een complex van ganglioncellen-houdende mo-

torische kerngroepen en centrifugale en centripetale banen. Daar de banen uit zenuwvezels bestaan, die zich in de doorsnede van het ruggemerg kenmerken door hun witte kleur en de ganglioncellen een donkerder tint vertoonen, pleegt men te spreken van

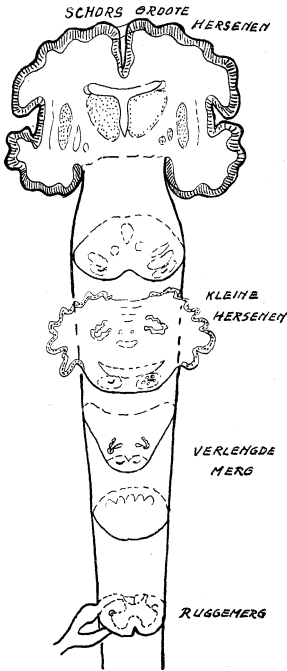


Fig. 86b.

Schematisch overzicht van enkele groote doorgaande banen tusschen ruggemerg, kleine hersenen en hersenschors.

witte en grijze stof. In doorsnede ziet het ruggemerg er uit als een H-vormige of vliedervormige zuil van grijze stof te midden van de witte stof. De pooten van de H — die meestal als voorhoorn en achterhoorn worden aangeduid — raken de perife-

rie van het ruggemerg. De witte stof wordt zoodoende in drie stukken verdeeld, die op fig 85 en 86 duidelijk uitkomen: de z.g. achterstrengen, zijstrengen en voorstrengen.

Het is in die strengen, dat zooals we zagen de opstijgende en neerdalende banen loopen. Zoodoende onderscheiden we verschillende achterstreng-, zijstreng- en voorstrengbanen. Sommige dezer banen hebben korte vezelen: ze verbinden nabijgelegen kerngroepen. Andere zijn gekenmerkt door zeer lange vezelen: ze verbinden de hersenschors met de periferie. Een schematisch overzicht van de voornaamste sensibele en motorische ruggemergsbanen geeft fig. 86a, die na het bovenstaande geen nadere toelichting meer behoeft. De motorische banen zijn daarop weer met een doorlopende lijn geteekend, de sensibele met een stippellijn. De voornaamste motorische en dus afdalende baan is de z.g. pyramidenbaan, die zijn naam ontleent aan de groote z.g. pyramidencellen in de hersenschors, waarvan deze baan de uitloopers bevat. Deze baan loopt gedeeltelijk ongekruisd in de voorstreng (pyramiden-voorstrengbaan), grootendeels gekruisd in de zijstreng (pyramiden-zijstrengbaan). Beide zijn in fig. 86a aangegeven. Onder gekruisd verstaat men hier, dat zij impulsen voert, niet van dezelfde, maar van de andere hersenhelft¹⁾. Behalve de hersenschors zijn ook nog lager gelegen hersencentra door afdalende banen met de verschillende niveaux van het ruggemerg verbonden.

De pyramidenbaan is de eenige, die ruggemergskern en hersenschors-cel *zonder tusschenstation* ver-

¹⁾ Die kruising heeft zooals men op fig. 86b kan zien ter hoogte van het verlengde merg plaats en niet zooals men uit fig. 86a zou kunnen opmaken ter plaatse.

bindt. Op dien weg zijn voor de sensibele banen talrijke tusschenstations (ganglion-celgroepen) ingeschakeld. Zoowel bewuste als onbewuste sensibele impulsen worden op deze wijze centraalwaarts gevoerd.

Van die sensibele opstijgende banen zijn als voornaamste op fig. 86 aangegeven:

1e. *de achterstrengbaan* (die de gevoelsindrukken uit huid en diepere deelen naar de hersenschors voert),

2e. *de kleinherzen-zijstrengbanen* (die zooals de naam aanduidt in de zijstreng gelegen zijn en naar de kleine hersenen voeren, de één gekruisd dus naar de ongelijknamige helft van de kleine hersenen, de ander ongekruisd).

De doorsnede van het ruggemerg is niet op alle hoogten even groot. Zoowel in het cervicaal als in het lumbaal gedeelte komt een duidelijke verdikking voor, overeenkomend met het niveau, waarop de voornaamste zenuwstammen voor onderste en bovenste extremiteiten het ruggemerg verlaten resp. bereiken. Van onderen eindigt het ruggemerg in een punt, die, daar zij vergezeld gaat van een groot aantal voorste en achterste wortels, die op een lager niveau het ruggemergskanaal verlaten, gewoonlijk min eerbiedig als „paardenstaart” betiteld wordt. (Een denkbeeld van deze verhouding geeft fig. 84). In dat gedeelte is het, dat men gewoonlijk een ev. noodige lumbaalpunctie verricht. Deze ingreep heeft ten doel ruggemergsvocht af te tappen, hetzij om dat vocht op de aanwezigheid van ontstekingsproducten te onderzoeken, hetzij dat vocht te vervangen door een vloeistof, die de zenuwen en het onderste deel van ruggemerg zelf gevoelloos maakt (lumbaal-anaesthesie).

Wat de functie van het ruggemerg betreft zij verwezen naar hetgeen boven over reflexen is medegedeeld. Als zoodanig kan het ruggemerg zelfstandig, tot op zekere hoogte autonoom, functioneeren. Onafhankelijk dus van wil en verstand, zelfs onafhankelijk van tal van hooger gelegen stoornissen. Ondertusschen is een ideale functie van het ruggemerg slechts mogelijk, als de banen, die het met hooger gelegen centra verbinden en deze centra zelf intact zijn. Zonder samenwerking — wisselwerking — van hooger gelegen en lager gelegen centra is doelmatige coöperatie en coördinatie niet mogelijk. De zelfstandigheid van elk segment is dus beperkt, in het belang van de door de eenheid van het organisme noodzakelijke samenwerking van alle segmenten. Een deel van die reflexen zijn huid- en pees-reflexen. Bij kloppen op de kniepees bij over elkander geslagen beenen trekt de groote dijspier van het getroffen been zich samen en wipt de voet op. Bij bekloppen van de achilles-pees trekt een der groote onderbeenspieren zich samen en wordt de voet uitgestoken. Bij strijken aan de binnenzijde van de dij bij den man wordt de teelbal aan die zijde opgetrokken. Bij strijken over den buik in overlangesche richting trekt de onderliggende lange buikspier zich samen enz. Ook bewegingen als loopen en zwemmen berusten op samengestelde reflexen, die aan een intact zenuwstelsel gebonden zijn.

Het ingewandszenuwstelsel. — Ingewikkelder staat de zaak met verschillende ingewands-reflexen: de darmbeweging, de functie van de spieren, die blaas en endeldarm sluiten en voor verschillende functies van de geslachtsorganen zorgen. Dit zijn geen gewone ruggemergs-reflexen, van dezelfde orde als

kniepees- en achillespees-reflex. Hier is het z.g. ingewands-zenuwstelsel of autonome (sympathische)

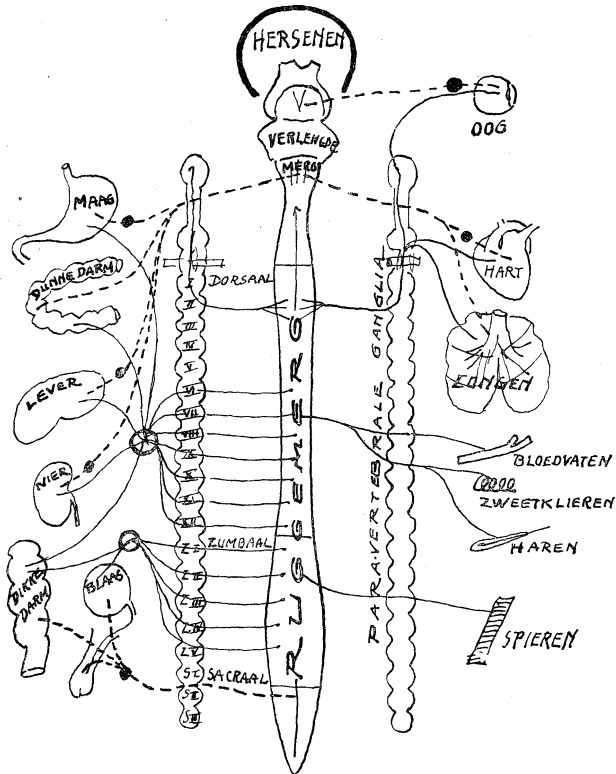


Fig. 87. Schematisch overzicht van het autonome ingewands-zenuwstelsel.

zenuwstelsel ingeschakeld, dat ook hart, bloedvaten en longen innerveert. Dat ingewandszenuwstelsel

bestaat uit een reeks ter weerszijden van de wervelkolom, onder het buikvlies gelegen gangliën (zie fig. 87) — bij elk ruggemergs-segment een afzonderlijk ganglion — die onderling en met het ruggemerg verbonden zijn en vezels zenden naar en ontvangen uit alle deelen, die door hen geïnnerveerd worden. In deze baan zijn bovendien nog enkele grootere gangliën-complexen ingeschakeld.

Dit sympathische of autonome zenuwstelsel is onafhankelijker van het centrale zenuwstelsel dan het ruggemerg zelf. Bij doorsnijding van het ruggemerg en zelfs bij wegnemen van de hersenen ¹⁾ herstellen de autonome reflexcentra zich het eerst. Blaas, rectum en geslachtsorganen, die na den eersten slag (z.g. shock-toestand) hun functie een oogenblik gestaakt hadden, gaan dan weer normaal werken. Ook de spanning in bloedvaatwand en spiervezelen — beide van reflectorischen aard — keeren terug. Zelfs worden bij prikkeling van bepaalde huidgedeelten doelmatige afweerbewegingen waargenomen. Zelfs loopbewegingen zijn mogelijk, maar daar de verbindingen met het evenwichtsorgaan en met de hoogere regelende centra verloren gegaan zijn, komt toch in werkelijkheid van loopen niets terecht. Daaruit blijkt reeds, dat voor dit doel intacte spieren en reflexen niet voldoende zijn. Hoogere centra, die de samenwerking regelen, zijn onmisbaar. Voor de gecoördineerde bewegingen zie men hoofdstuk XII.

Samengestelde reflexwerkingen. — Hier zij vooral gewezen op een eigenaardig reflectorisch mechanis-

¹⁾ Bij proefdieren is het mogelijk na een dergelijke operatie de dieren nog geruimen tijd in het leven te houden, door op kunstmatige wijze adembaling en bloedsomloop in stand te houden.

me, dat men gewoon is als „*wederkeerige inner-
vatie*” aan te duiden. Daaronder wordt verstaan de
wisselwerking, die er bestaat tusschen buigers en
strekkers van éézelfde lichaamsdeel. Beide spier-
groepen kunnen niet gelijktijdig functioneeren, ter-
wijl het toch mogelijk moet zijn, dat het lichaams-
deel in elken gewenschten stand gefixeerd wordt.
Dat fixeeren komt tot stand doordat beide groepen
op evenwichtige wijze gespannen zijn. Wil men nu
het deel verder buigen of verder strekken, dan gaat
in werking stellen van de buigspier- resp. van de
strekspiergroep automatisch reflectorisch gepaard
met vermindering van den spanningstoestand van
de andere tegenwerkende z.g. antagonistische spier-
groep. Bij toenemende buiging worden de strekkers
dienovereenkomstig ontspannen, bij toenemende
strekking de buigers ontspannen. Zoodoende is het
mogelijk met groote nauwkeurigheid de strekking
resp. buiging te doseeren. Dat wordt trouwens ver-
gemakkelijkt door ons vermogen om den prikkel te
doseeren, die naar de spieren gaat en daardoor den
uitslag en de kracht, waarmede de spier zich samen-
trekt, aan te geven. Men moet zich dat niet zoo
voorstellen, dat langs eenzelfde zenuwvezel ver-
schillende hoeveelheden energie kunnen vloeien. Dat
is alleen het geval als we met electriche prikkels
werken. Werken we met physiologische prikkels —
de bewuste innervatie van de spier via het zenuw-
stelsel — dan vloeit langs elke vezel steeds dezelfde
hoeveelheid energie. Maar het aantal vezels, waar-
langs de prikkel zich voortplant wordt veel
grooter.

Er treedt dan op, wat we uitstraling (*irradiatie*)
plegen te noemen. De prikkelingstoestand, die de
centrale impulsen in het ruggemergscentrum te weeg

brengt, deelt zich niet aan enkele, maar aan vele centrifugale zenuwvezels mede. Een maximale beweging met bijzondere kracht verricht, is het resultaat.

Op gelijke wijze hebben bijzonder krachtige, speciaal onaangename, zintuigelijke gewaarwordingen ook bijzonder sterke reflectorische afweerbewegingen ten gevolge.

Er heeft echter niet alleen in het zenuwstelsel uitstraling of irradiatie plaats, ook in de spier is dat het geval. De gewone spiervezels vormen wel is waar niet zooals de hartspier-vezels één continu weefsel, maar hun contact is toch wel zoo nauw, dat een krachtige zenuwprikkel tot samentrekking aan naburige vezels wordt doorgegeven. Tevens wordt reflectorisch de werking der antagonistengeredemd. Men denke zich nu een oogenblik in, hoe ons zenuwstelsel van oogenblik tot oogenblik bestormd wordt door een heirleger van verschillende gewaarwordingen van buiten en van binnen. Dus van impulsen, die gedeeltelijk wel, maar ook gedeeltelijk niet boven den drempel van het bewustzijn komen. Impulsen, die gedeeltelijk tegenstrijdig zijn, gedeeltelijk aangenaam resp. onaangenaam, nuttig resp. schadelijk zijn. Hoe groot zou de verwarring niet zijn, wanneer ons zenuwstelsel, bewust, maar ook onbewust-automatisch, niet tot schifting in staat was. Tot meten en wegen, tot het zich vormen van een oordeel over de betrekkelijke beteekenis van elken indruk en tot een doelmatige reactie in zoover, dat de impuls, die het zwaarst is, ook het zwaarst moet wegen, zoodat daaraan den voorrang wordt gegeven boven alle andere impulsen. Anders zou de voor handelen benoodigde concentratie ontbreken en dat moet voor alles worden voorkomen.

Deze concentratie wordt bereikt door remming of uitschakeling van alle minder belangrijke impulsen. Het is als met een reeks waterkranen, gaslampen of elektrische ballonnetjes, die geen voldoende water resp. licht geven, omdat het aantal te groot is in verhouding tot de beschikbare water-, gas- en electriciteitsspanning. Sluit men alle kranen op één na, draait men alle gaslampen en elektrische ballonnetjes op één na uit, dan zal het effect groot zijn.

Dit *uitschakelen van concurrerende zenuwbanen*, die energie afvoeren, die voor de meest dringende behoeften elders onmisbaar is — gezwegen nog over het gevaar voor verwarring — geschiedt in het zenuwstelsel automatisch en op de meest doelmatige wijze.

Eigenlijk is het dus niet juist, wanneer men bij de bespreking van de functie van het ruggemerg de *reflexwerking* alleen in het middelpunt der belangstelling plaatst: de *gelijktijdige remming van concurrerende reflexen* is nog wel zoo belangrijk. Zonder die gelijktijdige remming zou er van een doelmatige samenwerking van alle delen van het lichaam niet te veel terecht komen. Terwijl concurrerende reflexen automatisch geremd worden, worden coöpererende reflexen op overeenkomstige wijze automatisch versterkt. Terwijl reflexen vermoeienis vertoonen (negatieve fase van verminderde reflex-prikkelbaarheid) is hiervan bij inhibities geen sprake, ja zelfs worden zij gevolgd door een fase van verhoogde reflex-prikkelbaarheid.

Concurrerende reflexen hebben dientengevolge een neiging elkander af te wisselen (het zijn de z.g. „*alterneerende reflexen*”, die een zeer belangrijke rol spelen bij loopen, zwemmen e.d.), maar geven

bovendien aanleiding tot bijna automatische afwisseling van concurrerende reflexen: de één baant den weg voor den ander en omgekeerd. Een dergelijke afwisseling is zoo doelmatig, omdat zij om op gang te blijven buitengewoon geringe energie-hoeveelheden vereischt. Ze is zóó doelmatig, dat men geneigd is doelbewustheid te veronderstellen. Maar waar bewustzijn en associatief geheugen bij dieren ontbreken, terwijl daar toch ook dergelijke doelmatige alterneerende reflexen worden waargenomen is het duidelijk dat ook deze reflexen buiten het bewustzijn als zoodanig omgaan.

Voorts moet nog gewezen worden op de groote beteekenis, die de afferente gevoels-impulsen (die de centra op de hoogte houden van stand en staat, houding en werkzaamheid van alle perifere deelen en met name ook van romp en ledematen) hebben voor een doelmatig verloop van alle reflexen. Bij uitschakeling van afferente impulsen wordt ook de werkzaamheid der motorische centra verlamd. Dit is eigenlijk ook begrijpelijk als men zich er reenschap van geeft, dat alle motiliteit van huis uit beoogt te reageeren op afferente prikkels. Die prikkels zijn het trouwens die de energie leveren, die de motorische centra in den voor hun functie benodigden spanningstoestand brengt.

Bovendien zijn die afferente impulsen noodig om de beweging goed te doseeren, te richten en te controleren. Bij uitvallen van afferente impulsen lijden de alterneerende reflexen spoedig. Bij bepaalde ziekelijke veranderingen van het centraal zenuwstelsel, die met te gronde gaan van afferente gevoelsbanen gepaard gaan, lijdt spoedig de zekerheid van het loopen. De patiënten beginnen een eigenaardige dronkemansgang te vertoonen en zijn hoe langer

hoe minder in staat hun evenwicht te bewaren. Ingewikkelde opdrachten worden hoe langer hoe slechter uitgevoerd, terwijl toch de spierkracht ongestoord is. Daarmede gaat tevens een vermindering van de tonus der spieren gepaard. Ook de inhibitie van concurrerende reflexen laat te wenschen over, wat aan de samenwerking tusschen antagonisten allesbehalve ten goede komt. Coördinatie en dus doelmatigheid lijden spoedig zóó zeer, dat de patiënten aan bed gebonden worden. Ten slotte zij hier ook het feit bij vermeld, dat het intact zijn van zenuwen en zenuwcentra ook voor het op peil blijven van den voedingstoestand der spieren van overwegend belang is. Inactiviteit heeft behalve verlies van tonus ook degeneratie ten gevolge.

Het z.g. verlengde merg komt thans aan de beurt. Dit gedeelte van het zenuwstelsel vormt den overgang tusschen ruggemerg en hersenen. Het is daarom zoo bijzonder belangrijk, omdat het levensgewichtige centra voor hartswerking, bloedsomloop en ademhaling bevat — zoo ook voor warmte-regeling en spijsvertering — en bovendien de kernen van alle z.g. hersenzenuwen. Een denkbeeld van de ligging van dit verlengde merg geeft het best fig. 88, waarop ook de ligging van groote en kleine hersenen in den schedel is aangegeven. Uit die figuur blijkt, dat de overgang tusschen ruggemerg en verlengde merg ongeveer samenvalt met de overgang tusschen ruggegraat en schedel. Er is trouwens anatomische en functioneele continuïteit. Schedelholte en ruggemergsholte staan in open verbinding. Zoowel om de hersenen als het ruggemerg circuleert eenzelfde vloeistof, de liquor cerebro-spinalis, die door een stevig vlies (het harde hersenvlies of dura

mater) en een dun z.g. spinnewebvlies van den binnenwand van het schedeldak gescheiden wordt en door een dus vlies (het zachte hersenvlies of pia

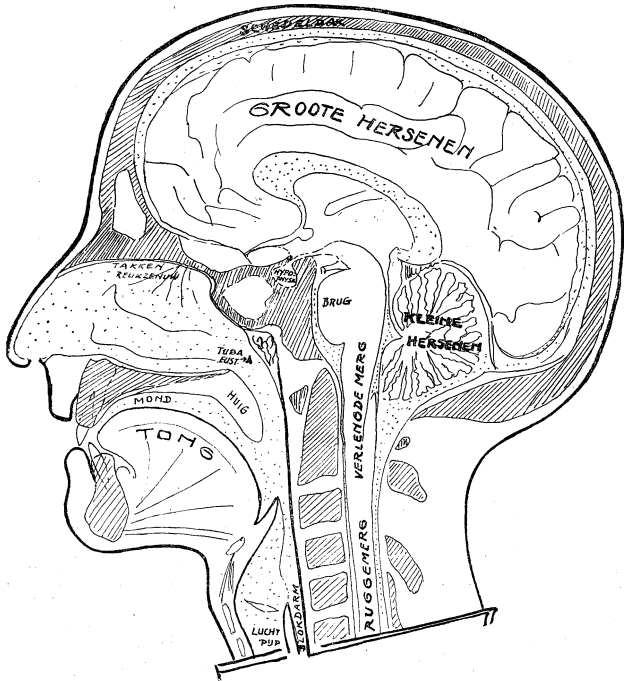


Fig. 88. Doorsnede van den schedel.

mater) van het hersenoppervlak. Tusschen het harde hersenvlies en het spinnewebvlies liggen de groote vaten. De hersenvloeistof circuleert bovendien in holtes, die zich in de hersenen bevinden.

Niet ten onrechte heb ik elders¹⁾ van „hersenvoerstaatkunde” gesproken. Die vloeistof toch heeft een belangrijke taak. Ze beveiligd de hersenen tegen inwerking van direct en indirect geweld en houdt tevens den druk in de schedelholte op peil.

De hersenvaten scheiden naar behoefte hersenvocht af resp. resorbeeren overtollig vocht weer (het eenige bezwaar is, dat beide betrekkelijk langzaam gaan). Ook speelt deze vloeistof een rol bij de stofwisseling der hersenen. Zij neemt de stofwisselingsproducten van de hersenschors op. We hebben hier dus te doen met verhoudingen, die vele punten van overeenkomst vertoonen met die wij in het hoofdstuk over weefselvocht en weefselvochtstroom hebben leeren kennen. Men spreekt dan ook wel van „hersenslymphe”.

Terwijl het ruggemerg de centra herbergt van de reflexen voor romp en ledematen en voor een deel van de ingewanden, herbergt het verlengde merg de centra voor de tallooze reflexen, die samenhangen met de communicatie van de buitenwereld en de beide zoo levensgewichtige spijsverterings- en ademhalings-apparaten. Slikken, braken, kauwen, hoesten en ademhaling zelf, met inbegrip van de spraak, worden hier geregeld. Terwijl een bijzondere verhouding bestaat tusschen het hart en de z.g. vasomotorische centra, die de spanning der vaatwanden en daardoor bloeddruk en bloedsverdeling (zie blz. 245) regelen. Bovendien moet men in het verlengde merg een tusschenstation voor centripetale en centrifugale impulsen zien. Een tusschenstation

¹⁾ Hoofdpijn, populair-geneeskundige beschouwingen over wezen, oorzaken, bijzondere vormen en behandeling. (Uitgave M. Meulenhoff. 1927).

met een belangrijke coördineerende functie ten aanzien van de lager gelegen reflexcentra.

Een dier zonder hersenen en verlengde merg (in het leven gehouden door kunstmatige adembaling en kunstmatige bloedsomloop) kan wel loopbewegingen maken, maar toch niet loopen. Een dier zonder hersenen, maar met ongeschonden verlengde merg en ruggemerg is tot het verrichten van allerlei gecoördineerde bewegingen en verrichtingen in staat. Al mist het ook intellect en geheugen en schijnen ook affecten ten eenenmale te ontbreken, alle lagere levensverrichtingen loopen normaal van stapel. Op de gebruikelijke prikkels uit de omgeving resp. uit de verschillende organen van het dier zelf, reageert het met even doelmatige en gecoördineerde bewegingen (of functie van klieren) als een geheel normaal dier. Deze verhoudingen bij de dieren gelden echter niet zonder meer voor den mensch. Deze kan zonder hersenschors niet in het leven blijven. Naarmate de samengesteldheid der coördinatie toeneemt, schijnt de onmisbaarheid van hooger gelegen centra ook toe te nemen. Dat geldt ook voor de onmisbaarheid van de z.g. kleine hersenen, die evenzeer als de hersenschors voor een normale lichaamshouding en de voortbeweging voor den mensch onmisbaar zijn (zie ook hoofdstuk XII).

De z.g. hersenzenuwen treden bijna allen ter hoogte van het verlengde merg en van den overgang tusschen verlengde merg en groote hersenen, uit.

We volstaan hier met een korte opsomming dier zenuwen met vermelding van naam en functie en een aanduiding van hun verloop. Op fig. 89b zijn ze met nummers aangegeven. (N. I enz. beteekent

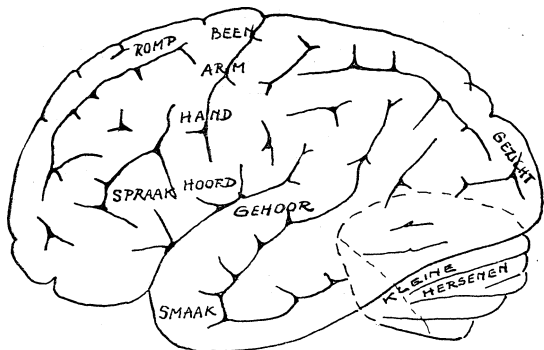


Fig. 89a. De hersenen van terzijde gezien.

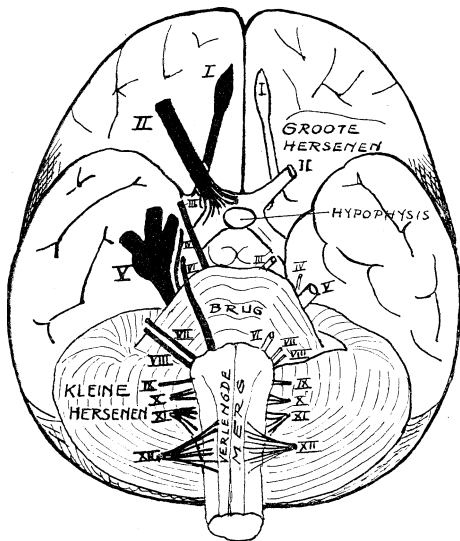


Fig. 89b. De hersenen van onderen gezien.

De Romeinsche cijfers geven de hersenzenuwen aan

niet nummer I, maar nervus I of eerste hersenzenuw enz.)

N. I. *Nervus olfactorius of reukzenuw*. Dit is eigenlijk geen echte hersenzenuw, maar een fijne lang-gerekte uitstulping van de hersenen tegen de ondervlakte daarvan op den schedelbodem, juist op het dak der neusholte, gelegen. Door een opening in dat dak, treden fijne zenuwtakjes uit, die zich in het slijmvlies van den koepel der neusholte vertakken (zie fig. 88). Bij den mensch is dat aantal takjes klein en ook het betrokken hersengedeelte van geringe omvang in verhouding tot de geheele hersenen. Bij verschillende dieren is het gedeelte der hersenen, dat als reukcentrum fungeert, grooter dan de rest der hersenen.

N. II. *Nervus opticus of gezichtszenuw*, is de buitengewoon belangrijke zintuigzenuw, die het gedeelte van de hersenschors en de naburige centra, die speciaal met de gezichtsfunctie belast zijn, verbindt met het perifere zintuig, het oog. Ook deze zenuw is geen echte hersenzenuw en moet als een uitstulping van de hersenen beschouwd worden. Het netvlies van het oog toch vertoont een bouw, die vele punten van overeenkomst met den bouw van de hersenschors vertoont. Deze verhoudingen bespreken we echter nader in het volgende hoofdstuk.

N. III. *Nervus oculomotorius of zenuw voor de oogbeweging* en de

N. VI. *Nervus abducens of zenuw voor de buitenwaartsbeweging van het oog* en de

N. IV. *Nervus trochlearis of zenuw voor de katrolspier van het oog* verzorgen samen de spieren, die de beweging van het oog in zijn kas in alle richtingen mogelijk maken. We zouden alle drie samen dan ook het best kunnen betitelen met „oogricht-

zenuwen". De beweging der oogen toch heeft voor alles ten doel het richten van het gevoeligste netvliesgedeelte op die voorwerpen, die men scherp wil zien, mogelijk te maken. Deze drie zenuwen treden met de N. II in de oogkas. We zullen ze bij de bespreking van het gezichtszintuig wel weer tegenkomen.

N. V. *Nervus trigeminus* of *drielingzenuw* is een gemengde, motorisch-sensibele, hersenzenuw, die door bouw en taak op één lijn staat met de gewone ruggemergszenuwen, die we hebben leeren kennen. Het sensible of centripetale gedeelte is van

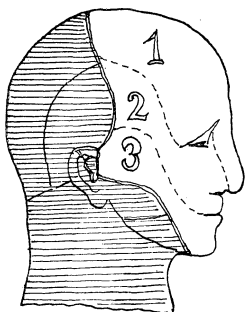


Fig. 90.

De sensible innervatie van de huid van het hoofd,

De cijfers geven de takken van den Ven hersenzenuw aan. Het gearceerde gedeelte wordt verzorgd door takken van de ruggemergszenuwen.

een ganglion voorzien (ganglion van Gasser) en verzorgt met zijn drie takken¹⁾ de gevoels-innervatie van het aangezicht op de in fig. 90 aangegeven wijze, die herinnert aan de oorspronkelijke segmentale rangschikking.

Het motorische gedeelte verzorgt niet de aange-

¹⁾ Deze vertakking is daarom van belang, omdat er een bepaalde zenuwziekte bestaat, die met soms onuitstaanbare pijnen in één of meer door deze zenuw verzorgde huidgebieden aan eene zijde of aan beide zijden gepaard gaat (z.g. trigeminus-neuralgie, ook wel genoemd aangezichts-zenuwpijn — niet: aangezichts-zenuw-pijn, want de aangezichts-zenuw heeft er niets mee te maken).

zichtsspieren — dat doet de aangezichtszenuw — maar verschillende spieren van de onderkaak, die in verband met de kauwbeweging staan.

N. VII. *Nervus facialis of aangezichtszenuw* is de motor voor de aangezichtsspieren, die men gewoon is als z.g. mimische musculatuur samen te vatten, omdat die spieren het zijn, die aan het aangezicht zijn uitdrukking geven en het mogelijk maken allerlei „gezichten” te zetten: wenkbrauwen optrekken, voorhoofd fronsen, een lachend gezicht zetten en andere grimassen maken, o.a. ook het laten zien van de tanden, fluiten, een spits snuitje trekken, met inbegrip van het openen en sluiten van lippen en oogleden ¹⁾).

N. VIII. *Nervus acusticus of gehoorzenuw* is weer een belangrijke zintuig-zenuw, die we in hoofdstuk X nader zullen leeren kennen, niet alleen vanwege de beteekenis voor het gehoor, maar ook voor de het zoo nauw met het gehoororgaan verbonden evenwichtsorgaan. Ten slotte krijgen we nog een zeer merkwaardig stel zenuwen met even ingewikkelde namen als functies:

N. IX. *Nervus glosso-pharyngeus of strotzenuw*, die strottenhoofd en tong deels motorisch, deels sensibel innerveert.

N. X. *Nervus vagus of dwalende zenuw*, die ook uit motorische en sensibele takken bestaat en samen met het ingewandszenuwstelsel, waarmede het nauwe banden bezitten, hart en longen, maag en

¹⁾ Verschillende infecties en ook kouvatten kunnen in onze lage landen aan de zee deze zenuw een knauw geven, zoodat zij haar functie staakt. De dan optredende aangezichtszenuw-verlamming (facialis-paralyse) is meestal eenzijdig en verraadt zich dan door een scheef gezicht en een vaak weken tot maanden durend onvermogen om lippen en oogleden naar behooren te sluiten en de genoemde grimassen aan die zijde te maken.

slokdam en ook een deel van het strottenhoofd innerveert.

N. XI. *De Nervus accessorius of bijlooperzenuw* kan beter als een bijlooper van de ruggemergszenuwen dan van de hersenzenuwen beschouwd worden. Zij verzorgt motorisch enkele halsspieren, ook de

N. XII. *Nervus hypoglossus of ondertongzenuw* onderscheidt zich in niets, behalve door de plaats, waarop zij het verlengde merg verlaat van de iets lager uittredende ruggemergszenuwen. Deze zenuw innerveert de meeste spieren van het samengestelde spiercomplex, dat we gewoon zijn als tong aan te duiden.

De kernen van vele dezer z.g. hersenzenuwen zijn onderling weer verbonden ten behoeve van een ongestoord en snel verloop van samengestelde reflexen (bijv. slik- en braakbeweging ¹⁾).

De hersenen. — De hersenschors en de vlak daaronder gelegen kernen vormen het centrum der hoogere coördinatie, mitsgaders van alle sensaties en associaties. De beperkte ruimte in den schedel heeft bij toegenomen oppervlak van de schors plooiing (z.g. windingen) veroorzaakt. Die schors is een complex van grootere en kleinere cellen en banen, die deze cellen onderling verbinden, zoodat men een beeld krijgt bij microscopisch onderzoek als in

¹⁾ Hoe innig allerlei zintuigelijke waarnemingen in elkander grijpen, wordt het best geïllustreerd, als we ons rekenschap geven van de gewaarwording, die wij krijgen van gebeurtenissen, die op meerdere zintuigen tegelijk indruk maken. Staan wij bijv. bij een kanon dat afgeschoten wordt, dan zien we een deel van dit gebeuren, we hooren het geluid, we voelen de trilling van aarde en lucht, we ruiken den kruiddamp. Al die beelden vloeien samen tot de bewustwording van het ééne feit. Ook bij gewaarwordingen als duizeligheid treden tal van vaak tegenstrijdige zintuigelijke waarnemingen op.

fig. 91 is aangegeven (microphoto's zie fig. 92 en 93). De verhouding tusschen de dikte der verschillende lagen cellen en banen, die men op een dergelijke microscopische doorsnede kan onderkennen, is voor verschillende deelen van de hersenschors ver-

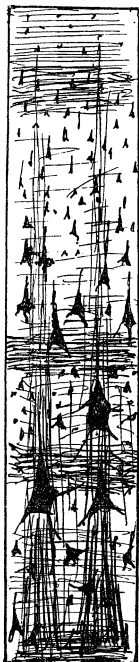


Fig. 91.

*Bouw van de hersenschors bij sterke
vergrooting.*

Lagen zenuwcellen en zenuwvezels wisselen elkander af.

schillend in overeenstemming met de functieverdeling, die hier heerscht. Op fig. 89a is reeds aangeduid hoe verschillende windingen meer in het bijzonder dienst doen als centrum van verschillende bewegingen en zintuigelijke waarnemingen. Prik-

kelt men met een lichte elektrische stroom dat schorsgedeelte, dan treden overeenkomstige bewegingen en sensaties op. De studie van de z.g. architectuur van de hersenschors, zoowel bij overleden gezonde personen, als bij overleden lijdens aan verschillende ziekten, is een vak op zich zelf geworden, waarbij thans minder de windingen als zoodanig, dan wel de velden van Brodman met bepaalde architecturale eigenschappen de belangstelling hebben.

De verschillende cellen en vezellagen hebben een verschillende functie. De groote pyramidale hersenschorscellen hebben voor alles een motorische functie. Zij zijn het, die met hun uitloopers langs de groote pyramidebaan (zie fig. 86a en b) de motorische voorhoornzellen in het ruggemerg innerveeren. De kleinere cellen, die de z.g. korrellagen in de schors bevatten, hebben geen motorische functie. Zij spelen een rol bij sensibiliteit en zintuigfunctie. De vezels verbinden de verschillende velden en zorgen voor associatie van gewaarwordingen en coördinatie van reflexen.

Tenslotte vormen de hersenen ook den zetel der hoogere functies, die we als bewustzijn en persoonlijkheid plegen aan te duiden. Het is niet gemakkelijk van deze laatste, zeer samengestelde, taak een eenvoudig beeld te geven. We willen dat niettemin in hoofdstuk XI beproeven, omdat zij het juist is, die den mensch tot heer der schepping stempelt en hem onderscheidt van het dier. Wel heeft het dier geassocieerde gewaarwordingen en gecoördineerde reflexen, maar van bewustzijn in engeren zin, laat staan van persoonlijkheid, kunnen we daarbij toch niet spreken.

Voorwaardelijke reflexen. — De hersenschors is



Fig. 92. *Microphoto van een hersenschorslobje (J. C. Mol) bij zwakke vergrooting.*



Fig. 93. Microfoto van een gedeelte van een hersenschorslobje (J. C. Mol) bij sterke vergrooing.

de zetel van aangeleerde reacties, die zich van de gewone reflexen hierin onderscheiden, dat ze bij de geboorte niet aanwezig waren. Zoo de zuigreflex (bij het aanraken van de lippen) en de afweerreflex (die bij prikken en andere experimenten, die de zintuigen onaangenaam aandoen, zooals geluid of schel licht, optreedt). Dergelijke aangeleerde reacties, die het bestaan van een geheugen — een „iets” dat voorafgaande zintuigelijke indrukken vastlegt, zoodat daarvan herinneringsbeelden achterblijven — veronderstellen, zijn aan mensch en dier gemeen. Ze zijn voor den strijd om het bestaan noodzakelijk. Slechts op die wijze is het mogelijk zich te leeren aanpassen aan de omgeving, die als het leven zelf vol is van dreigende gevaren. Gevaren, die men kennen en herkennen moet om ze te leeren vermijden. Het wezen dezer aangeleerde reacties is per slot van rekening het zich ontwikkelen van z.g. *voorwaardelijke of verworven reflexen*.

Het is noodig hier even stil te staan bij het verschil tusschen de gewone onvoorwaardelijke, aangeboren reflexen en deze voorwaardelijke, verworven reflexen.

De onvoorwaardelijke aangeboren reflexen worden bepaald door de aanwezigheid van onveranderlijke zenuwbanen. Zenuwbanen, die automatisch de door den receptor ontvangen prikkel via één of meer schakelneuronen aan den effector doorgeven, geheel onafhankelijk van de verhoudingen, waaronder het dier leeft. Op den adaequaten prikkel volgt automatisch de daarbij behorende reactie. Alle reflexen, wier centra in ruggemerg of verlengde merg gelegen zijn, behooren tot deze groep: o.a. de kniepees- en achillespees-reflex, de reflectorische sluiting en ontsluiting van blaas-sluitspier en endel-

darmsluitspier, de reflectorische afscheiding van speeksel en maagsap bij opname van voedsel, enz.

De verworven of voorwaardelijke reflexen daarentegen dragen een min of meer persoonlijk karakter en het stempel der omstandigheden, waaronder de betrokken persoon of het dier leeft. Het is als reactie op, als aanpassing aan, bijzondere omstandigheden, dat die reflexen zich ontwikkelen. Om met die omstandigheden ook weer te verdwijnen. Zulks in tegenstelling met het feit, dat de aangeboren reflexen even onvergankelijk en onveranderlijk zijn als de voor alle menschen en dieren van dezelfde soort geldende algemeene eigenschappen van het milieu. Daarentegen wisselen de hier bedoelde reflexen met het milieu. Vandaar de naam: „voorwaardelijke reflexen”. Hun optreden is aan bepaalde voorwaarden, aan een bepaald milieu gebonden. Hun verdwijnen is het logisch gevolg van zich wijzigende omstandigheden, waardoor het milieu zijn oorspronkelijk karakter verliest.

Voorwaardelijke reflexen ontstaan dan ook nooit „spontaan”. Aan twee voorwaarden moet voldaan zijn:

- 1e. moet er een reflexboog beschikbaar zijn,
- 2e. moeten er omstandigheden zijn, die de vorming gewenscht maken.

Zoo zien we altijd een voorwaardelijke reflex geassocieerd met een onvoorwaardelijke, in alle mogelijke variaties, aangezien nu eenmaal ook de levensomstandigheden elke denkbare en ondenkbare verscheidenheid vertoonen kunnen. Op een beperkt aantal onwaardelijke reflexen wortelt zodoende een onbeperkt aantal voorwaardelijke reflexen. Zoo ontstaat op den duur bij mensch en dier een gebouw van reflexen, waarvan de samengesteldheid èn van

de omstandigheden en van de capaciteiten van het zenuwstelsel afhankelijk is. Naarmate de omstandigheden verschillen en de capaciteiten van het zenuwstelsel grooter zijn, is ook de reeks voorwaardelijke reflexen, die zich vormt, grooter.

Het geijkte voorbeeld, dat men in alle physiologische leerboeken terug vindt — afkomstig van den bekenden Russischen onderzoeker Pawlow, aan wiens geniale onderzoekingen de wetenschap de kennis van deze reflexen dankt — is het volgende. Wanneer men een hond een stuk vleesch te eten geeft treedt onmiddellijk sterke speekselvloed op, als aangeboren onvoorwaardelijke reflex (met een zeer doelmatig karakter: het vergemakkelijken van de passage naar de maag). Die speekselvloed kan aan een kwalitatief en kwantitatief onderzoek onderworpen worden, door langs operatieven weg den slokdarm in de huid te laten uitmonden (slokdarmfistel). Met een dergelijken slokdarmfistelhond heeft Pawlow al zijn bekende proeven genomen.

De eenvoudigste voorwaardelijke reflex, die zich bijna van zelf bij vele dieren vormt is de speekselvloed, die optreedt bij *het zien* van het begeerde hapje. Wanneer men nu echter steeds tegelijk met het geven van vleesch een neutralen prikkel geeft — welke dan ook, een geluid, een lichtindruk enz. — dan ontstaat spoedig tusschen het vleesch en dien neutralen prikkel een dusdanige band, dat wanneer men nu op een gegeven oogenblik het vleesch weglaat en alleen dien prikkel toedient, toch ook speekselvloed optreedt. Op deze wijze kan men mensch en dier tallooze reflexen doen verwerven. Dit is een dankbaar studieterrain voor het proef-ondervindelijk psychotechnisch onderzoek. Met behulp daarvan is het mogelijk het ontstaan en ver-

dwijnen dezer reflexen te bestudeeren en zich ook een denkbeeld te vormen van de bijzondere eigenschappen, die zij vertoonen. We willen er daarvan enkele noemen. Op het tijdelijk karakter wezen we reeds. Als tweede eigenschap moet de specificiteit genoemd worden, d. w. z. alleen de prikkel, die de vorming van den voorwaardelijken reflex ten gevolge had, is in staat hem telkens weer op te wekken. Voorts vertoonen ook deze voorwaardelijke reflexen de verschijnselen van summatie, uitstraling en inhibitie, die we als karakteristiek voor de gewone reflexen hebben leeren kennen. Wat die inhibitie betreft, verdient hier de vondst van Pawlow vermelding, dat inhibitie van voorwaardelijke reflexen bij dieren slaperigheid ten gevolge heeft. Met de voorwaardelijke reflexen schijnt dus ook de werkzaamheid van talrijke centra in de hersenen te worden geremd. De veronderstelling is, dat èn slaap èn hypnose op remming van voorwaardelijke reflexen berusten. Hoe dat zij, zeker is dat voorwaardelijke reflexen in het leven van mensch en dier een zeer belangrijke rol spelen en als even zooveel banden moeten worden beschouwd, waarmede de mensch met zijn omgeving verbonden is. Die banden vormen zich reeds in de prilste jeugd, als indrukken tot het bewustzijn beginnen door te dringen en het kind begint te leeren aan indrukken en gewaarwordingen gevolgtrekkingen te verbinden over hetgeen komen zal. Er vormen zich dan voorwaardelijke reflexen, die naarmate ze dieper wortel schieten, al het doen en laten beginnen te beheerschen. Bij den mensch met zijn krachtig ontwikkelde hersenschors is er een schier onbeperkte ontwikkelings-mogelijkheid voor deze reflexen. Zij spelen dan ook in het leven van den

mensch een belangrijker rol, dan in het leven van de dieren. Dat blijkt reeds daaruit, dat de dieren zonder hersenschors kunnen leven, de mensch niet. Al het doen en laten van den mensch wordt beheerscht, gecoördineerd, gecontroleerd en gedirigeerd vanuit die schors en de daarbij behorende lager gelegen zenuwcentra.

Naarmate die onvoorwaardelijke reflexen beter ontwikkeld zijn, neemt ook het onderscheidingsvermogen toe ten aanzien van prikkels, die in kwaliteit en kwantiteit slechts geringe verschillen vertoonen.

Dit gaat gepaard met een sterke ontwikkeling van de sensibele centra in de schors, waar alle indrukken van oogenblik tot oogenblik samenstromen over de verhoudingen:

1e. aan de oppervlakte van het lichaam (extero-receptieve impressies),

2e. in de ingewanden (entero-receptieve impulsen) en

3e. in stand en staat van spieren en gewrichten (z.g. proprioreceptieve indrukken, omdat die stand en staat niet door de buitenwereld bepaald wordt, maar door de reactie van het lichaam zelf op uitwendige omstandigheden en inwendige verhoudingen). Die indrukken zijn het, die het individu een „totaal-indruk” geven van zijn toestand — al dan niet bewust. Een totaal-indruk, die het uitgangspunt vormt voor allerlei associaties, gewaarwordingen, motorische en viscerale reacties.

De korte bespreking van de hoogere associatieve functies stellen we echter uit tot na de behandeling van de zintuigelijke gewaarwordingen, omdat die het zijn, die het materiaal vormen voor die associaties.

De voeding van de hersenen. — We moeten hier alleen nog enkele wetenswaardigheden meedeelen over de voeding van de hersenen. Veel zuurstof en voedsel schijnen de hersenen niet te verbruiken. Toch kan het centraal zenuwstelsel het slechts korte oogenblikken zonder zuurstof stellen. Zoodra de bloedstroom ophoudt, ja zelfs reeds bij een bloeddrukval in de hersenvaten van eenige be-

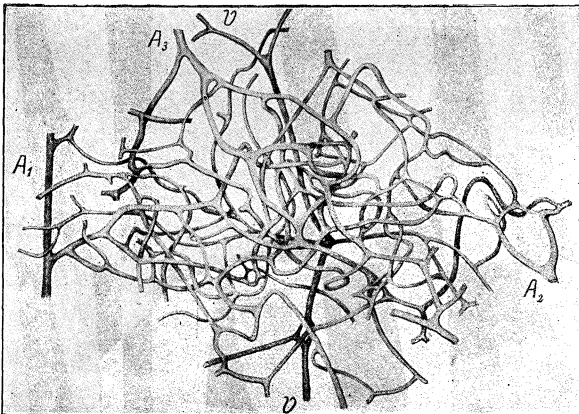


Fig. 94. Fijn haartennet uit de hersenschors van een kat, uitgespannen tusschen drie arterien (A_1 , A_2 en A_3) en één vene (V) volgens Pfeiffer (vergrooting 400 maal).

teekenis, worden de hogere functies van de hersenen zóózeer gestoord, dat onmiddellijke bewusteloosheid het gevolg is. Dit is trouwens een van de redenen, waarom ons organisme, zooals we in hoofdstuk V gezien hebben tot elken prijs streeft naar behoud van een normaal bloeddrukpeil. De hersenen — het edelste weefsel, dat ons lichaam herbergt — zijn het teerst en lijden het eerst onder

een acute stoornis in bloedstroom en zuurstofvoorziening.

De hersenschors wordt van bloed en zuurstof voorzien van uit het bloedvatennet, dat de schors bedekt (zie fig. 94), terwijl de onder de schors gelegen belangrijke kernen hun bloed krijgen uit bloedvattakjes, vanuit de schedelbodem opstijgende. Deze takjes zijn bijzonder teer en geneigd bij verhoogde bloeddruk en bij door de aderverkalking op gevorderden leeftijd optredende bijzondere broosheid, te barsten. We krijgen dan bloeduitstortingen, die voor alles de in die buurt gelegen groote opstijgende en neerdalende banen (pyramidenbaan, zie fig. 86b) door druk beschadigen. Een dergelijke hersenbloeding gaat meestal met bewustzijnverlies gepaard en verloopt onder het beeld der z.g. „beroerte”¹⁾. Is de bloeding niet te groot en niet doodelijk, dan komt er een deel van de defecten nog weer terecht. Wat *vernietigd* is herstelt zich natuurlijk niet, maar wat alleen door druk geleden heeft en niet te lang in den knel gezeten heeft, komt grootendeels terecht.

¹⁾ Deze geeft meestal tot halfzijdige verlamming aanleiding. Aangezien de pyramidenbaan kruist (zie blz. 329) ligt de haard aan den anderen kant van de verlamming.

HOOFDSTUK X ZINTUIGELIJKE WAARNEMING

Inleiding. — Het wezen der zintuigen hebben we eigenlijk reeds in het vorig hoofdstuk aangeduid. Het zijn de receptoren der reflexbogen, die automatische aanpassing van de functie van schier alle organen en weefsels aan de verhoudingen in den buitenwereld mogelijk maken.

Vanuit physiologisch oogpunt bezien is die *aanpassing* het belangrijkste, ook bij bouw en verrichtingen der zintuigen.

Psychologisch en sociaal bezien bestaat er aanleiding ook te wijzen op de groote beteekenis van deze organen, omdat zij den mensch in contact brengen, zoowel met de omgeving, als met andere menschen. Daardoor alleen is maatschappelijk verkeer, arbeid, handel en nijverheid, onderwijs, kunst en wetenschap, — ja alles wat leven het leven waard maakt — mogelijk.

Het zijn ook de zintuigen, die verstandelijke ontwikkeling mogelijk maken. Weliswaar houdt een goed stel hersenen ook bij gestoorde zintuigelijke waarneming zijn waarde. Een doofstomblinde kan, als hij behoorlijk bij zijn verstand is, met behulp van zijn overige zintuigen (speciaal zijn tastzin) allerlei vaardigheden verwerven en zich ook allerlei indrukken verschaffen over hetgeen er in den buitenwereld omgaat. Maar het volle leven gaat onherroepelijk aan hem voorbij. Anderzijds eischt ongestoorde zintuigelijke waarneming ook een centraal zenuwstelsel, dat geschikt en in staat is om die verkregen indrukken op te nemen en te verwerken.

Het zijn eigenlijk niet de zintuigen, die waarnemen, maar het is de hersenschors. Er vormt zich in die zintuigen geen beeld van de omgeving, dat door geseind wordt naar de hersenen, maar het *beeld* vormt zich eerst in de hersenen zelf. Ja in de hersenen kunnen zich zelfs beelden vormen, zonder dat daaraan zintuigelijke waarneming ten grondslag ligt. Men denke aan wat wij in onze droomen zien, hooren, voelen, met een realiteit, die voor wat we in wakenden toestand waarnemen geenszins onder behoef te doen. Een idioot heeft dan ook aan ongestoorde zintuigelijke waarneming niets, — laten we liever zeggen niet veel, — hij krijgt er geen verstandelijke ontwikkeling door, noch een bevredigende aanpassing aan en contact met de buitenwereld. Men kan evenwel de waarde der zintuigelijke waarneming, dus van onze zintuigen, voor de vorming van onze persoonlijkheid en voor het mogelijk maken van maatschappelijke functies, nauwelijks te hoog aan slaan.

Het wezen der zintuigelijke waarneming willen we thans eerst iets nader bestudeeren, alsmede verschillende eigenschappen, die aan alle zintuigelijke waarneming gemeen zijn. Eigenschappen dus, die onafhankelijk zijn van den aard van het zintuig.

De boven gegeven omschrijving van het doel der zintuigelijke functie, n.l. aanpassing aan, en contact met, de *buitenwereld* is onvolledig. Ook over den toestand in de *binnenwereld* moet het centraal zenuwstelsel van oogenblik tot oogenblik op de hoogte wezen. Eigenlijk beschikken alle organen, weefsels en cellen over zintuigelijke waarneming. D. w. z. zij bezitten receptoren, die langs afferente banen indrukken overbrengen naar het centrum en

daar meedeelen hoe alle organen enz. reageeren. En dat zoowel op invloeden van buiten, als van binnen, met name ook op de reactieve bewegingen en secreties, die door uit de buitenwereld ontvangen prikkels, werden opgewekt. De tastzin, het in de huid gelocaliseerde zintuig, dat ons aanraking en — in samenwerking met de z.g. diepere sensibiliteit van spieren, pezen en gewrichten — ook vorm, afmeting, consistentie en andere kwaliteiten doet onderscheiden, vormt dus slechts een deel van de z.g. algemeene sensibiliteit, evenals de nader te noemen en te beschrijven andere speciale zintuigen.

Het verschil tusschen de speciale zintuigfunctie en de algemeene sensibiliteit is, dat alleen de eerste scherp omschreven indrukken overbrengt — kleur, geluid, enz. — Die indrukken zijn het, die den drempel van het bewustzijn overschrijden en de inhoud van dat bewustzijn voor een belangrijk deel vullen. Zij geven niet langs een korten reflexboog direct tot een reactieve impuls aanleiding, maar door associatie tot bewustzijnsprocessen. De algemeene sensibiliteit daarentegen levert impulsen, die slechts voor een klein deel den drempel van het bewustzijn overschrijden. Eigenlijk alleen als de intensiteit van den geapliceerden prikkel, zool niet gevaarlijk en schadelijk, dan toch zeer sterk was. (De waarneming van een dergelijken prikkel gaat meestal met pijn gepaard). Een groot deel dier impulsen bewerkt langs korte reflexbogen allerlei reactieve bewegingen en secreties.

In deze omschrijving komt het begrip, „*drempel van het bewustzijn*” voor. Intensiteit en kwaliteit van den bij zintuigelijke waarneming opgevangen indruk, is niet alleen van intensiteit en kwaliteit van den prikkel, maar ook in hooge mate van den

toestand van het centraalorgaan en van diverse bewustzijnsprocessen (met name van richting en concentratie van het bewustzijn) afhankelijk. We ontvangen te gelijker tijd zóó ontzettend veel verschillende zintuigelijke waarnemingen, dat onze arme hersenen onmogelijk al die indrukken tegelijkertijd in zich zouden kunnen opnemen, laat staan verwerken. Door instelling, door richting van ons bewustzijn op bepaalde waarnemingen, door concentratie van onze aandacht, zijn wij in staat ook prikkels van betrekkelijk zeer geringe intensiteit te onderscheiden. Ter zelfder tijd overschrijden alle andere, — ook veel sterkere prikkels, die andere zintuigen bereiken — den drempel van het bewustzijn niet. Men kan dus zeggen, dat door concentratie en richting van de aandacht de drempelwaarde voor het bewust worden van bepaalde zintuigelijke waarnemingen, die binnen den kring vallen, waarop de aandacht geconcentreerd is, verlaagd wordt. Ter zelfder tijd wordt die drempelwaarde verhoogd voor indrukken en impulsen uit andere zintuigen.

Er is dus *geen evenredigheid tusschen prikkelintensiteit en waarnemingskwaliteit*. Het bewustzijn kan zoowel in positieven als in negatieven zin op deze verhouding invloed uitoefenen. Daardoor draagt reeds alle zintuigelijke waarneming een subjectief — persoonlijk — karakter. Want zij is in de eerste plaats functie van de omstandigheden, waaronder de waarneming plaats heeft. De concentratie is n.l. van tal van plaatselijke en tijdelijke factoren (belangstelling, afwezigheid van prikkels van grotere intensiteit, aard van den persoon) afhankelijk. Zij wordt voorts beheerscht door den wisselenden waardemeter, die de mensch bij ontstentenis van eenigen vasten maatstaf gewend, resp. geneigd is aan

te leggen voor alle tot hem komende indrukken. Hij rangschikt die naar grootte en kwaliteit en naar den hem ten dienste staanden subjectieven ervaringsmaatstaf. M.a.w. hij vergelijkt oude en nieuwe indrukken. Een vergelijking, die een bij uitstek subjectief karakter draagt, afhankelijk als zij is van de steeds min of meer beperkte en bedriegelijke ervaring van den eigenaar.

Een dergelijke waardeeringsmogelijkheid verschaft geen objectieve, in cijfers uit te drukken, gegevens. Zij geeft alleen een aanduiding over de afwezigheid resp. aanwezigheid van tegenovergestelde kwaliteiten en waarde-oordeelen: groot — klein, mooi — leelijk. Resp. over de aanwezigheid of afwezigheid van onvergelijkbare kwaliteiten als kleur en klank. We kunnen niet zeggen hoe groen het gras is of hoe mooi een bloem is. Ook kunnen we geen kleuren en klanken vergelijken. M. a. w. de zintuigelijke waarneming bezit een uitgesproken *specificiteit*. Alleen de bepaling van de drempelwaarde en de vergelijking met overeenkomstige waarnemingen van bepaalde intensiteit en kwaliteit stelt ons in staat een eenigszins objectieven maatstaf te vormen over aard, intensiteit en kwaliteit van zintuigelijke waarnemingen. Bij een zorgvuldige proefopstelling, zooals we dat tegenwoordig in psychotechnische laboratoria hebben leeren doen, zijn op deze wijze allerlei physiologische en psychologische gegevens te verkrijgen. Met name over de wijze, waarop bepaalde zintuigen en personen onder bepaalde omstandigheden op bepaalde prikkels reageeren. En dus over de wetten, waaraan de verhouding tusschen prikkel en zintuigelijke waarneming gebonden is. Wij kunnen ons zodoende rekenschap geven van de factoren, die de aandachts-

concentratie, de drempelwaarde van het bewustzijn voor verschillende prikkels onder zekere omstandigheden bepalen. Allemaal proeven, die er ons diep van kunnen doordringen, hoe onjuist het zou zijn, *prikkel* (lichtstraal bijv.) en *indruk* (in dit geval lichtwaarneming) te vereenzelvigen. Wij projecteerden het beeld, dat we ons vormen van de buitenwereld in die buitenwereld, terwijl dat beeld zich niet daar, ook niet in ons zintuig, maar in onze hersenschors gevormd heeft. Dat beeld is dus niet iets tastbaars, iets objectiefs, maar iets denkbeeldigs, iets subjectiefs. We hebben het, maar het grijpen, laat staan begrijpen, kunnen we niet.

Toch ontbreekt niet alle evenredigheid tusschen kwaliteit en kwantiteit van prikkel en waarneming onder overigens gelijke of vergelijkbare omstandigheden. Zoowel bij groote intensiteit (resp. groote frequentie van herhaling) van den prikkel of wanneer de oppervlakte, waarop de prikkel inwerkt groot is, pleegt ook de waarneming dienovereenkomstig sterk te zijn. En dat vooral, wanneer hetzelfde zintuig van te voren in zeer geringe mate geprikkeld was (z.g. *contrastvorming*) en het zintuig in een toestand verkeert, waarin het de ontvangen prikkels het best kan opnemen en beoordelen (z.g. *adaptatie*). In dit verband moet de z.g. *wet van Weber* genoemd worden, die hierop neer komt, dat de verhooging van de prikkel-intensiteit die noodig is om een waarneembare versterking of verzwakking van indruk te weeg te brengen, altijd in een zekere verhouding staat tot de totale prikkel-intensiteit¹⁾.

Wanneer we dus bijv. juist in staat zijn het ver-

¹⁾ Mathematisch komt dat hierop neer, dat de waarneming varieert als de logaritmische van den prikkel.

schil waar te nemen tusschen een gewicht van 1000 gram en van 900 gram zullen we niet het verschil tusschen een gewicht van 2000 gram en 1900 gram, maar wel tusschen dat van 2000 gram en 1800 gram kunnen waarnemen.

Het intensiteitsverschil, dat eenzelfde zintuig waarneemt, is dus voor eenzelfden persoon een constante grootheid. Ook wisselt dat cijfer voor eenzelfde zintuig voor verschillende personen binnen betrekkelijk enge grenzen. Des te grooter zijn de verschillen tusschen de verschillende zintuigen.

Bij het oog is de verhouding ongeveer $\frac{1}{150}$, bij het oor $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{20}$, bij het vermogen om gewichten te onderscheiden $\frac{1}{20}$ à $\frac{1}{40}$.

Het gezicht kunnen wij omschrijven als het vermogen om licht, kleur, vorm en afstand — afzonderlijk of gecombineerd, constant of wisselend — te onderscheiden. Met behulp van dit zintuig vormen we ons een beeld van de buitenwereld, en met name ook van alles wat zich in die buitenwereld afspeelt, voorzoover een en ander binnen het bereik van ons zintuig valt. We zien geen stille, maar levende beelden — voorzoover die gebeurtenissen gepaard gaan met veranderingen in licht, kleur, vorm of afstand, die voor ons gezicht-zintuig waarneembaar zijn.

We mogen geenszins zeggen: wat we zien is de werkelijkheid, maar met behulp van ons gezichts-zintuig vormen we ons *een beeld* van een heel klein deel van de werkelijkheid. Een beeld, dat subjectief is, omdat het gekleurd is door onze persoonlijkheid, onze waardeering voor de buitenwereld en onze levensomstandigheden. Een beeld, waarvan scherpte

en betrouwbaarheid gebonden zijn aan de grenzen, die de eigenschappen èn van het licht èn van ons oog aan de waarneming stellen. Van beide eigenschappen moeten we ons goed rekenschap geven.

We kunnen hier niet in den breede de eigenschappen van het licht bespreken. Alleen zij er op gewezen, dat we hier met een der vormen van golfsgewijze zich door de ether voortplantende energie te doen hebben. De eigenschappen, met name de zintuigelijke waarneembaarheid, van deze energievormen worden bepaald door golflengte, voortplantingssnelheid, uitslag (amplitudo) en intensiteit. Een overzicht van het gebruik, dat gemaakt wordt van lichtstralen van verschillende golflengte geeft fig. 95.

Onzichtbaar voor ons oog zijn de zeer lange energie-golven, die draadlooze overbrenging van alles en nog wat mogelijk maken. Ook de warmte-golven hebben een golflengte, die grooter is dan van de zichtbare lichtstralen. Terwijl anderzijds de roëntgenstralen een kortere hebben. Licht is dus een zeer bepaalde energievorm. Een der vele in el-kander overgaande energievormen, die wij kennen. Wit licht — licht dus, dat wij als wit waarnemen — is een mengsel van verschillende lichtsoorten van verschillende golflengte. Dit mengsel kunnen we schiften door tusschen oog en lichtbundel een prisma te plaatsen, een voorwerp dat lichtstralen van verschillende golflengte in verschillende mate breekt. Dan krijgen we, wat men een spectrum noemt: een reeks van gekleurde banden, die alle overeenkomen met lichtbundels van bepaalde golflengte. Het witte licht valt dan uiteen in de kleuren van den regenboog (zie fig. 96). Anderzijds kan dat spectrum door een tweede prisma weer tot samen-

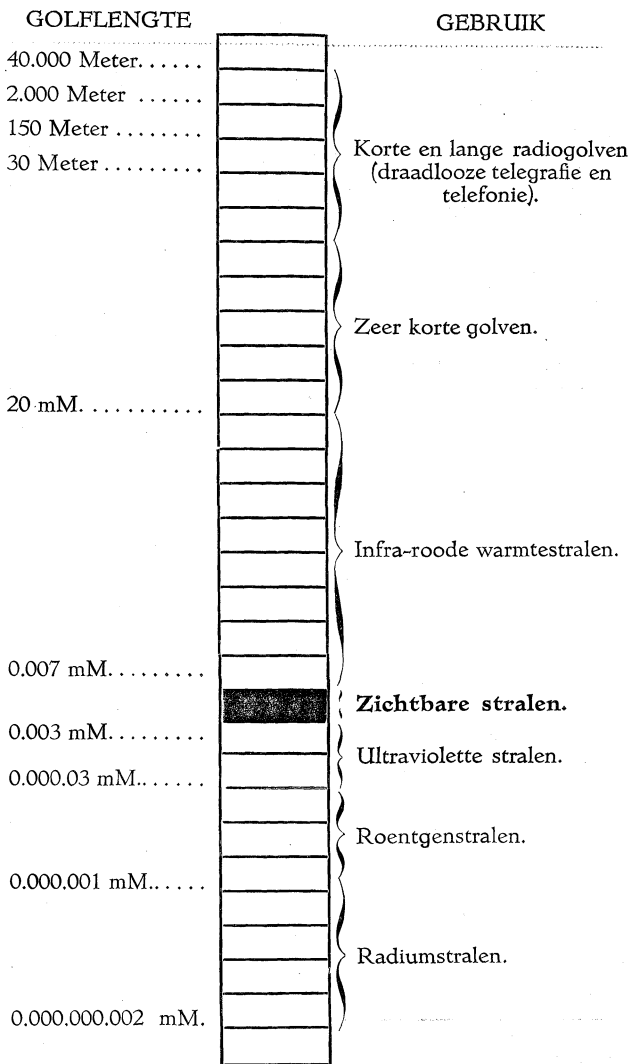


Fig. 95. Overzicht der stralensoorten van verschillende golf-
lengten en hun gebruik.

vloeien gebracht worden. De studie van de kleurenmengsels heeft de ontdekking gebracht, dat men niet alleen wit licht kan produceeren door alle kleuren van den regenboog te vereenigen, maar ook door bijna elke kleur afzonderlijk in bepaalde verhouding te combineeren met een andere kleur, de z.g. complementaire of aanvullende kleur. Zoo vullen elkander bijv. aan: rood en groen, blauw en geel, groen en purper (een combinatie van rood en violet). Met een zoo beperkt aantal kleuren is niet alleen wit licht te verkrijgen, maar tevens elk denkbaar en ondenkbaar kleurenmengsel — daarop be-

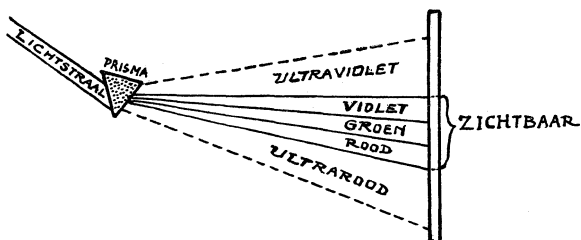


Fig. 96. Spectrumvorming.

rust de drie kleurendruk — in eendeloze variatie van intensiteit en verzadiging ¹⁾).

Ons oog is dienovereenkomstig te beschouwen als een receptor voor licht, in staat tot kleurenschifting en kleurencombinatie en geschikt tot waarneming van alle stof met bepaalde z.g. optische eigenschappen. Van die z.g. optische eigenschappen noemen we het vermogen om licht op te slurpen, resp. terug te kaatsen of te verstrooien en zich daarvoor te onderscheiden van de omgeving. Dat we

¹⁾ Een kleur heet onverzadigd, wanneer zij met wit licht vermengd is.

stof gekleurd zien, is dus allereerst toe te schrijven aan het genoemde vermogen van ons oog tot kleurenschifting en kleurencombinatie. Maar bovendien ook aan het feit, dat de stof zelf zich verschillend gedraagt ten opzichte van de verschillend gekleurde lichtstralenbundels van het spectrum. Dientengevolge reageert *de stof, die geen kleur van zich zelf heeft*, — kleur is geen eigenschap van de onverlichte stof — op bijzondere wijze op verlichting. Bij verlichting, d. w. z. bij bestraling met een bundel golfsgewijze zich voortplantende energie, bestaande uit stralen van verschillende golflengte, worden door de stof sommige dier stralen opgeslorpt, andere verstrooid en teruggekaatst. Ten slotte bereiken alleen stralen van een bepaalde golflengte, die samen een bepaalde kleur vormen, ons oog.

Alles wat licht onderschept geeft schaduw. Alle stof, die voor lichtstralen ondoordringbaar is, onderschept dus licht, omdat lichtstralen zich volgens een rechte lijn door de ether voortplanten. Die eigenschap stelt ons in staat het gedrag van een lichtstraal onder bepaalde omstandigheden te berekenen. Te meer daar wij weten, dat onder gelijke omstandigheden licht van bepaalde samenstelling zich steeds op dezelfde wijze gedraagt, ten aanzien van stof van dezelfde samenstelling. Van dit gedrag interesseert ons, nu wij de wisselwerking tusschen oog en licht (stralen) gaan bestudeeren:

1e. de z.g. *breking* (refractie), d. w. z. de eigenschap van richting te veranderen bij overgang van de eene stof in de andere en

2e. het vermogen scheikundige — juister biologische — omzettingen in bepaalde stoffen te bewerken.

Zonder de eerste eigenschap zou zich van de groote wereld buiten ons in ons oog geen verkleind beeld vormen. We zouden nooit een grooter stuk van onze omgeving zien, dan ter grootte van ons oog, ja ter grootte van onze pupil!!

Zonder de tweede eigenschap zou het in ons oog gevormd beeld niet kunnen worden opgenomen en overgebracht naar de hersenschors. Op de biologische omzetting, die bepaalde stoffen in het netvlies onder invloed van het licht ondergaan, komen we spoedig terug.

De bouw van het oog. — Van buiten gezien — zie fig. 97 — valt bij geopende lidspleet de glanzende zwarte oogappel of pupil (1) op. Deze is omgeven door een grijs, bruin, groen of blauw gekleurde rand — het regenboogvlies of iris (2). Daaromheen zien we het niet door oogleden bedekte deel van de witte harde oogrok of sclera (3).

Bezien we een en ander nader, dan blijken pupil en regenboogvlies niet aan de oppervlakte te liggen, maar overwelft te worden door het doorschijnende hoornvlies (de cornea). Wat zich daarachter bevindt zullen we direct aan de hand van de doorsnede bestudeeren.

In den rand van boven en beneden ooglid, niet ver van de binnenste ooghoek, bevinden zich twee speldepuntvormige (soms iets overlansg verbreed) spleetjes — de traanpunten (4). Zij geven toegang tot twee fijne kleine buisjes, die mediaanwaarts zich in een zak ter grootte van een erwt — de traanzak (5) — uitstorten. Deze voert door een iets breedere gang — de traangang — naar de neusholte (6). Dit is dus de weg, waarlangs het in de traanklier afgescheiden overtollige traanvocht

wordt weggevoerd. Die traanklier (7) zelf ligt boven den oogbal achter het bovenste ooglid en stort haar inhoud in de bindvlieszak van het oog uit.

Dat traanvocht is een zilte vloeistof met beschermende eigenschappen (het doodt ziektekiemen en voorkomt uitdroging van het zoo gevoelige hoorn-

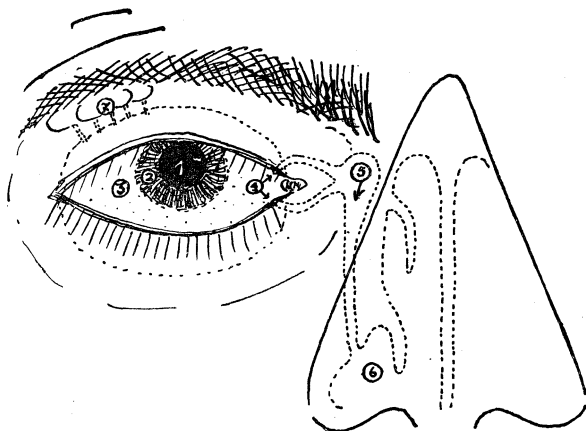


Fig. 97. Schematisch overzicht van het uitwendig oog en van de traanwegen. 1. de pupil; 2. het regenboogvlies; 3. het wit van het oog (harde oogrok); 4. de traanpunten; 5. de traanzak; 6. de neusholte; 7. de traanklier.

vlies). Het oog is trouwens tegen inwerking van uitwendig geweld buitengewoon goed beschermd door zijn plaatsing in de beenige oogkas. Bovendien knippen we reflectorisch met de oogleden zoodra aanraking van het gevoelige hoornvlies plaats heeft of dreigt en ter bescherming en ter reiniging.

De veilige ligging van het oog komt nog spreker uit op fig 98, die een doorsnede van oog en

oogkas voorstelt. Daarop zijn voorts de navolgende wetenswaardige bijzonderheden op te merken. De pupil (1) is een opening in het regenboogvlies (2). Daarachter bevindt zich de lens (3). Daarvoor een met vocht gevulde holte, de z.g. voorste oogkamer (4), die de lens scheidt van het hoornvlies (5). Dit hoornvlies gaat zonder scherpe scheiding over in de harde oogrok of sclera (6). Beide — hoornvlies en harde oogrok — worden naar buiten bedekt door het bindvlies (7) van het oog, een slijmvlies, dat ook de binnenzijde van de beide oogleden bedekt. Tusschen het onderste of vaste ooglid (8) en het bovenste of beweeglijke ooglid (9) bevindt zich een spleet of zak, de bindvlieszak (7). In die zak monden aan de bovenzijde de afvoerbuisjes uit van de traanklier (10), gelegen tusschen den oogbal en het dak van de oogkas. Dat dak vormt tevens den bodem van de hersenholte en van de in het voorhoofdsbeen ter weerszijden van den neus aanwezige voorhoofdsholte. Op gelijke wijze vormt de bodem van de oogkas tevens het dak van de kaakholte in het kaakbeen. Die holte is ter weerszijden van den neus gelegen en staat door een fijne opening met de neusholte in open verbinding.

De oogkas zelf, achter den oogbal, is gevuld met vet, waarin de oogbal zich gemakkelijk in alle richtingen bewegen kan. Daar bevinden zich tevens de noodige spieren, die deze bewegingen veroorzaken en de oogzenuw, die het netvlies van het oog verbindt met de hersenen. Naast de oogzenuw loopen de aanvoerende en afvoerende bloedvaten, die het achtergedeelte van het oog van bloed voorzien.

Keeren we nu terug naar het inwendige van den oogbal, dan moeten we nader die deelen bezien, die achter de lens (3) gelegen zijn: de achterste oog-

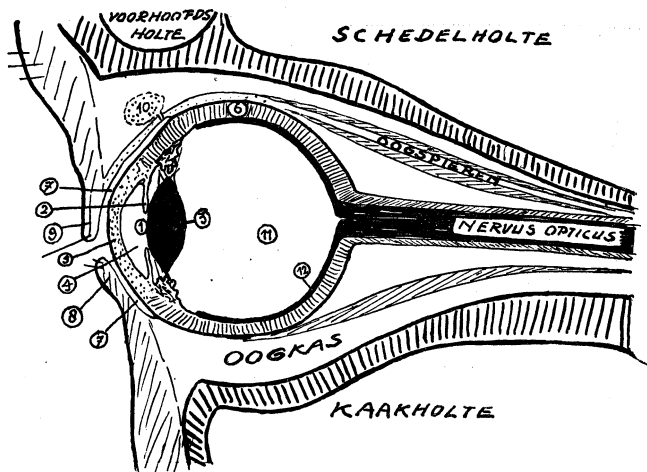


Fig. 98. Vertikale voorachterwaartsche doorsnede van oogbol en oogkas. 1. de pupil; 2. het regenboogvlies; 3. de lens; 4. de voorste oogkamer; 5. het hoornvlies; 6. de harde oogrok; 7. de bindvlieszak; 8. het onderste ooglid; 9. het bovenste ooglid; 10. de traanklier; 11. de achterste oogkamer; 12. het netvlies.

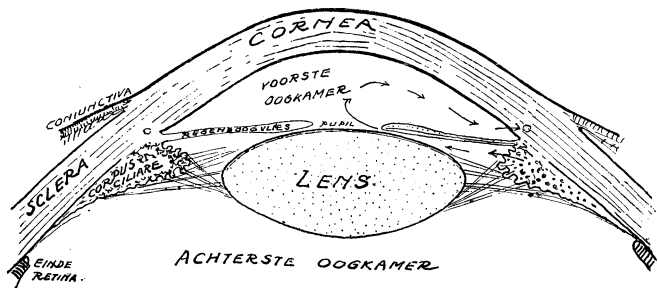


Fig. 99. Doorsnede van het voorste gedeelte van het oog.

kamer (11) waarvan de wand, van buiten naar binnen, uit de volgende drie lagen bestaat: de harde oogrok (6), het bloedrijke vaatvlies en het uit fijne zenuwcellen en zenuwvezels bestaande netvlies of retina (12), dat we reeds eerder als een voorpost van het met de gezichtsfunctie belaste hersenge-deelte hebben aangeduid. Al die gezichtszenuw-vezels convergeeren naar het punt, waar de gezichtszenuw het oog verlaat ¹⁾. Zie ook fig. 103.

Enkele details moeten nog van naderbij worden bezien aan de hand van fig. 99. Men ziet daarop hoe de lens aan zeer fijne vezels is opgehangen, die naar een gekarteld spierrijk orgaantje, het z.g. corpus ciliare, loopen. Dit orgaantje is in staat die vezels te spannen of te ontspannen. In dit corpus ciliare bevinden zich tevens ruime veneuse holten, die een rol spelen bij den afvoer van overtollig vocht uit de voorste oogkamer. Deze rol is belangrijk, omdat op deze wijze de druk in het oog op peil gehouden wordt (deze is veel geringer dan de bloeddruk en wisselt tusschen 25 en 35 m.m. kwik).

Het regenboogvlies zelf bestaat uit twee lagen zeer fijne spiervezels. De voorste spiervezels zijn circulair gerangschikt, zoodat bij samentrekking de pupil nauwer wordt. De achterste zijn overlangs gerangschikt, zoodat bij samentrekking de pupil wijder wordt. Het spel van deze spieren regelt dus

¹⁾ Om een denkbeeld te geven van enkele afmetingen, zij vermeld, dat de oogbal ongeveer 2 c.M. in doorsnede is; het hoornvlies is ruim 1 m.M. dik, de pupil varieert tusschen 1 en 10 m.M. (beide uitersten zijn zeldzaam, meestal is de variatie niet grooter dan tusschen 3 en 8 m.M.). De straal van het hoornvlies bedraagt 8 m.M., die van de lens, aan de voorzijde 8 en aan de achterzijde 6 m.M., de afstand tusschen de cornea en de voorzijde van de lens, dus de diepte van de voorste oogkamer bedraagt 3—6 m.M., de dikte van de lens 4 m.M., de diepte van de achterste oogkamer 15 m.M.

de hoeveelheid licht, die het oog binnendringt, op dezelfde wijze als een „iris-diaphragma” in een camera obscura. Op invallend licht reageert de pupil met buitengewone snelheid (reeds na 0,04 à 0,05 seconde, dus practisch op hetzelfde oogenblik) met vernauwing.

Deze z.g. lichtreflex is dubbelzijdig, d. w. z. wanneer men alleen het eene oog belicht, treedt bij beide, ook bij het onbelicht oog, toch pupilvernauwing op, om weer beiderzijds te verdwijnen als het licht niet meer in het oog valt. Doel van deze reflex is niet zoozeer het oog te beschermen tegen overmatige belichting, als wel om bij snel wijzigende intensiteit van belichting snelle aanpassing van het gezicht daaraan mogelijk te maken en op die wijze zoowel verblinding door te sterk licht als gebrekkig zien in het duister te voorkomen.

Bij geleidelijke wijziging van de intensiteit van de belichting verandert de wijdte van de pupil zich ternauwernood.

Behalve op licht reageert de pupil ook op z.g. accommodatie, d. w. z. het oog, dat voorheen alle voorwerpen op afstand scherp zag, wordt zoodanig ingesteld, dat het nu de nabij gelegen voorwerpen scherp ziet. Een spanningsverandering in de vezels, waaraan de lens is opgehangen, veroorzaakt een verandering in de kromming van de lens. Tevens treedt pupilvernauwing op. Het beeld wordt verscherpt doordat de centrale lensgedeelten gebruikt worden. Bij opnieuw zien op afstand wordt de pupil weer wijder ¹⁾.

¹⁾ Verschillende geneesmiddelen, zoo bij uitwendig gebruik (indrup-pelen) als bij inwendig gebruik (innemen, inspuiten) hebben een werking op de wijdte der pupillen. Zoo geeft belladonna (het werkzaam bestanddeel is atropine) een wijde pupil en morphine een nauwe. Verschillende nerveuze aandoeningen en zenuwziekten verraden zich

De optische eigenschappen van het oog. — We verstaan daaronder de brekingsverhoudingen in de verschillende lagen, waardoor de lichtstralen passeeren moeten voor zij op het netvlies belanden en daar in de zenuwcellen de nader te bespreken biologische veranderingen teweeg brengen.

We moeten achtereenvolgens de optische eigenschappen bespreken van hoornvlies, voorste oogkamer, lens en achterste oogkamer. Daarvan is de lens bij de breking de belangrijkste, omdat de z.g. brekings-index daarvan het grootst is (1.42). Die van de drie andere lagen is ongeveer even groot (1.33 à 1.34).

De lens is een dubbelbol doorschijnend elastisch lichaam, dat door vezels op de reeds beschreven wijze (zie ook fig. 99) is opgehangen. Het corpus ciliare wijzigt door spierwerking de spanning in die vezels en kan daardoor de lens bollier of platter maken. Deze lens bewerkt, dat een evenwijdige bundel invallende lichtstralen samenvloeit naar één punt — het brandpunt. Daardoor wordt een verkleind, omgekeerd beeld op het netvlies geworpen van het in het gezichtsveld gelegen deel van de buitenwereld.

Het oog bezit dus allerlei punten van overeenkomst met de ouderwetsche camera obscura,¹⁾ die we thans in zoo geperfectioneerden toestand als photographietoestel kennen. Er zijn ondertusschen ook groote verschillen. Van een camera is de lens

ook door verschillende vernauwingen of verwijdingen van de pupil, zoodat het gedrag van deze groote diagnostische waarde voor den zenuwarts heeft.

¹⁾ Wanneer we van een oog van een dier de achterste helft afnemen en door een schijfje matglas vervangen, kunnen we onder zekere omstandigheden op dat matglas het beeld waarnemen, dat anders op het netvlies zou zijn gevallen.

onveranderlijk. De instelling op verschillende afstanden wordt verkregen door de gevoelige plaat dichter bij of verder van de lens af te brengen. In het oog wordt die instelling verkregen door de kromming en daardoor het brekend vermogen van de lens te wijzigen. De afstand tusschen lens en netvlies ondergaat geen verandering.

De lens van het oog heeft dus wel zeer bijzondere optische eigenschappen, te meer daar zij veel grooter brekend vermogen bezit dan glas met de zelfde kromming en dezelfde gemiddelde dichtheid. De dichtheid van de lens is niet in alle deelen gelijk: de buitenste laag bezit een veel lagere dichtheid dan de z.g. kern.

Deze instelling, zooals we reeds zeiden, is de „accommodatie”. Bij den mensch is daarmede dus de lens, en de lens alleen belast. Bij verschillende dieren verandert òf de kromming van het hoornvlies òf de plaats van de lens òf de lengte van het oog. Bij accommodatie wijzigt zich de straal van de achtervlakte der lens slechts zeer weinig (het scheelt maar een halve m.m.). Die van de voorzijde vermindert van 10 m.m. (bij zien in de verte) op 6 m.m. (bij zien van nabij: dan is de kromming van de voorzijde dus ongeveer even groot als die van de achterzijde). Met die verandering van kromming gaat een iets dunner worden van de lens (van 4 tot 3,6 m.m.) gepaard.

De accommodatie is niet voor alle menschen en op alle leeftijden gelijk. Zij is voor alles afhankelijk van de elasticiteit van de lens. Die wordt bij het stijgen der jaren steeds kleiner om ten slotte omstreeks het 60ste jaar geheel te verdwijnen.

Men is gewend de mate der accommodatie uit te drukken in *dioptriën*. Daaronder verstaat men een-

heden van brekingskracht d.w.z. het vermogen om parallel invallende stralen op een bepaalde afstand tot samenvloeiën in één punt brengen. Bij 1 dioptrie ligt die afstand op 1 M., bij 2 op 50 cm. bij 4 op 25 c.m. bij 10 op 10 c.m. enz.

Op jeugdigen leeftijd bedraagt de accommodatie voor een normaal oog bijna 15 dioptriën, op 25 jarigen leeftijd ongeveer 10 dioptriën, op 40 jarigen leeftijd 5 dioptriën. Op 50 jarigen leeftijd is de accommodatie-breedte reeds gedaald tot 2 dioptriën. Omstreeks het 60ste levensjaar tot 1 dioptrie om ten slotte geheel te verdwijnen.¹⁾

Het accommodatievraagstuk is echter bijzonder ingewikkeld, omdat de bovenstaande gegevens alleen gelden voor het normaal z.g. emmetroop oog. Daarbij bestaat tusschen den brekingsindex van de lens en den afstand tusschen lens en netvlies een harmonische verhouding. Wel is de afstand tusschen lens en netvlies bij den mensch constant, maar niet in dien zin, dat hij bij alle menschen gelijk is en zich in den loop der jaren niet wijzigen kan. Beide gevallen doen zich voor.

Er zijn menschen bij wien de afstand van lens tot netvlies te kort is. Het netvlies valt dan niet samen met het brandpunt van de lens. Dit brandpunt is in dit geval achter de lens gelegen. Dan spreekt men van *oververziendheid of hypermetropie*. Een dergelijk oog moet, om op afstand scherp te zien reeds accommoderen. De mate, waarin dat noodig is om op afstand scherp te kunnen zien geeft tevens de

¹⁾ Behalve de elasticiteit van de lens is ook de spankracht van de in het corpus ciliare aanwezige spiertjes van invloed. Bij verlamming van die spieren valt de accommodatie weg. Dezelfde vergiften, die de pupil verwijden (zie boven) verlammen ook de accommodatie, terwijl ook bij sommige infectie-ziekten een stoornis van de accommodatie kan optreden door vergiftiging van deze spiertjes.

mate van oververziendheid aan en kan ook weer in dioptriën worden uitgedrukt. Die dioptriën zijn voor de practisch waardevolle accommodatie verloren en moeten dus van de boven voor de verschillende leeftijden opgesomde accommodatie-cijfers worden afgetrokken, om bij de personen in kwestie

BRIL

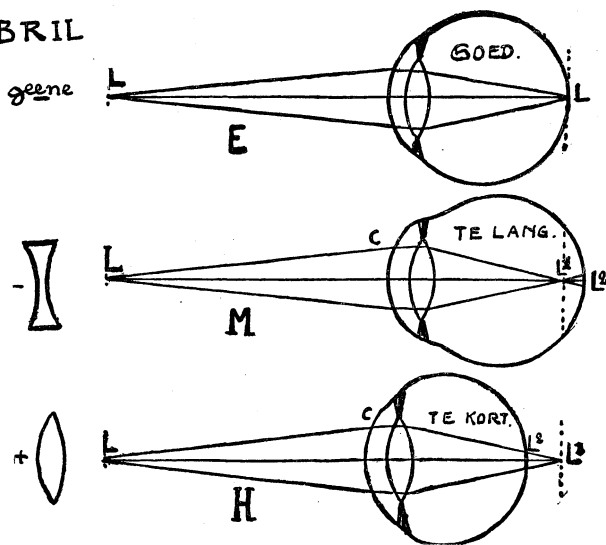


Fig. 100. Overzicht der brekingsverhoudingen in normale en abnormale oogen. E. Emmetrop (normaal); M. Myoop (bijziend); H. Hypermetroop (oververziend).

de accommodatiebreedte aan te geven. Hypermetrope personen raken dus op jonger leeftijd hun accommodatievermogen kwijt dan emmetrope personen: moeten dus vroeg een (dubbelbolle of positieve) bril dragen, vooral om nabij te zien. (Fig. 100).

Het tegenovergestelde komt ook voor n.l., dat de

afstand tusschen lens en netvlies grooter dan normaal is. Het brandpunt van de lens valt dus voor het netvlies. Men spreekt dan van *bijziendheid* of *myopie*. Myope personen kunnen op afstand slecht zien, maar van nabij goed. In dit te kort aan accommodatie-vermogen moet een (dubbelholle of negatieve) bril voorzien. Myopie komt nog al eens bij schoolkinderen voor en neigt naar verergering. Vooral als de kinderen hun oogen te veel inspannen door ze dicht bij boek of werk te brengen om toch wat zij zien willen voldoende te onderscheiden. De afstandsverlenging schakelt een belangrijk deel van het wel degelijk aanwezige accommodatie-vermogen uit. Geeft men hen een negatieve bril van hetzelfde aantal dioptriën als de brekingsafwijking van het oog, dan kunnen zij uitstekend accommoderen.

Ten slotte bestaat er nog een onregelmatige brekingsafwijking van de lens, waarbij zij in één richting minder breekt, dan in de andere: z.g. *astigmatisme*. Met op de juiste wijze geplaatste z.g. cylinder-glazen kan men vaak deze afwijking corrigeren.

Thans nog enkele bijzonderheden over de wijze, waarop men het gezichtsvermogen pleegt te meten. Een zeer praktische methode is die met de z.g. optotypen van Prof. Snellen Sr. (fig. 101). Daarop staan letters van verschillende grootte, die zoë geconstrueerd zijn, dat men op een afstand van 5 of 6 M. de letters onder een bepaalden hoek ziet. Naarmate die hoek grooter is zijn natuurlijk de letters beter te onderscheiden. Bij normaal gezichtsvermogen bedraagt de kleinste hoek ongeveer 1 minuut. Bij verminderd gezichtsvermogen worden veel grotere letters, tot de allergrootste toe, niet of slecht gezien. Dan drukt men het gezichtsvermogen uit

door op te geven op welken afstand men nog kan aangeven hoeveel vingers worden opgestoken.

Met behulp van deze optotypen kan men zich

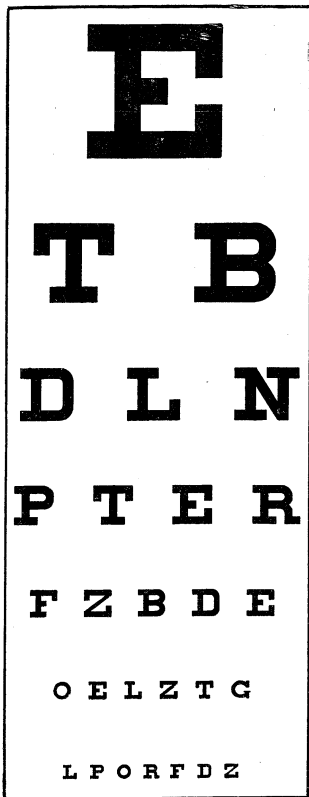


Fig. 101.

*Optotypen volgens Prof.
Snellen Sr.*

(verkleind op een vijfde van de oorspronkelijke grootte).

Op deze grootte moet de E kunnen worden gelezen op 12 M., de volgende regels resp. op ongeveer 5, 4, 2.5, 1.5 en 1 Meter.

ook een oordeel vormen over het corrigerend vermogen van verschillende brillenglazen.

Zoowel myopie als hypermetropie kunnen bij

een overigens normaal oog volkomen worden gecorrigeerd. Met een bril is het dan mogelijk evenals een emmetroop persoon op 5-6 M. de kleinste letters te lezen.

Beide oogen moeten afzonderlijk worden onderzocht, omdat zoowel de visus (het gezichtsvermogen) als de refractie (het brekend vermogen) van beide oogen in zeer aanzienlijke mate verschillen kan. Door voor beide oogen een verschillend brillenglas te plaatsen kan dit gecorrigeerd worden.

Ook bij volkomen emmetropie (en natuurlijk ook bij de genoemde afwijkingen in de refractie) bezit de lens nog enkele specifieke eigenschappen, die ook hun invloed op de beeldvorming doen gelden. De eerste is de z.g. strooiing van de *randstralen*. De lichtstralen, die zich aan den rand van een stralenbundel bevinden komen n.l. niet met de rest der stralen van den bundel in het brandpunt samen, maar verspreiden zich. Een puntvormige lichtbron geeft geen puntvormig beeld, maar een vlek, bestaande uit concentrische lichtringen van afnemende intensiteit te beginnen bij het centrum. Deze physische eigenschap van het licht legt de scherpte der beeldvorming aan banden. Practische betekenis heeft dit echter in het dagelijksche leven niet. Bij de constructie en het gebruik van sterk vergrootende lenzen (microscopen, telescopen) daarentegen moet men met deze eigenschap wel degelijk rekening houden en bemerkt men ook onmiddellijk den nadeeligen invloed, die zij ook bij de meest ideale lens op de beeldscherpte heeft.

Een andere eigenschap van alle lenzen, die ook op een physische eigenschap van het licht berust is de z.g. *chromatische aberratie*. Licht van verschillende golflengte wordt bij overgang van de eene

laag in een andere van andere dichtheid niet op gelijke wijze gebroken. Er treedt dus een zekere kleurenschifting of spectrumvorming op. Dit is dus niet alleen met een prisma het geval, maar ook met een dubbelbolle lens als die van het oog. Het eenige verschil is, dat bij een prisma een uit evenwijdige banden bestaand spectrum ontstaat en bij een dubbelbolle lens de spectrumvorming zich tot den rand beperkt en daar concentrische gekleurde kringen vormt. Bovendien hebben deze stralen van verschillende golflengte op verschillende afstanden achter de lens hun brandpunt. Aangezien echter slechts een beperkt deel van het netvlies benut wordt voor de vorming van scherpe beelden en de op dat netvliesgedeelte (in hoofdzaak door het midden van de lens) vallende stralenbundel praktisch geen chromatische aberratie vertoont, is dit verschijnsel nog minder hinderlijk, dan het vorige.¹⁾

Het netvlies. — Het essentiele deel van het oog, dat het tot zintuig stempelt, — tot receptor voor optische impulsen — is echter niet het boven beschreven z.g. optische systeem van het oog, maar het netvlies. We hebben dit in het vorig hoofdstuk reeds bestempeld als een uitstulping van de hersen-

¹⁾ De verteekening, die het gevolg van dit verschijnsel kan zijn wordt trouwens tot op zekere hoogte opgeheven door de verteekening, als gevolg van de strooiing der randstralen. Ook is het effect van de chromatische aberratie grooter naarmate de pupil wijder is, terwijl de strooiing van de randstralen zich meer doet gevoelen naarmate de pupil nauwer is. Was de beeldvorming van de perifere netvliesgedeelten even scherp als die van het centrale netvliesgedeelte, dan zou, daar de hoek waarmede de lichtstralen op de perifere netvliesgedeelten vallen zoo scherp is, de verteekening van het beeld aan de randen nog veel sterker zijn door z.g. *perifere aberratie*, vooral bij wijde pupil. Men bekijke maar eens een foto, die met een goedkoop fotografietoestel bij te wijden stand van het diaphragma gemaakt is.

schors, d. w. z. als een vooruitgeschoven gedeelte van het centraal zenuwstelsel.

Dit netvlies (retina) vormt de binnenbekleding van de achterste helft van den oogbal, (op

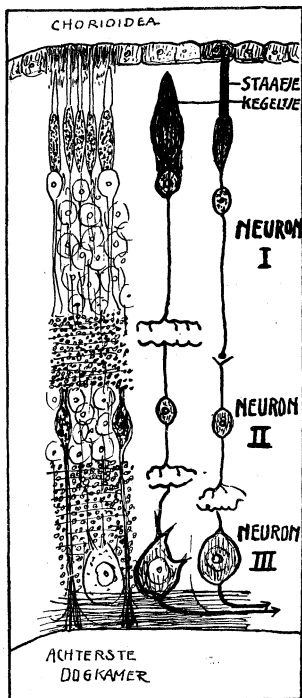


Fig. 102.

Bouw van het netvlies van het oog bij sterke vergrooting.

links: microscopisch beeld.

rechts: schematisch overzicht der neuronenschakeling.

fig. 99 ziet men dat het netvlies eindigt waar het corpus ciliare begint).

Van binnen grenst het aan het z.g. glasachtig lichaam, dat de achterste oogkamer vult. Naar

buiten grenst het aan het vaatvlies (chorioidea) en dat op zijn beurt aan de harde oogrok (sclera).

Fig. 102 stelt een doorsnede van de retina voor met schematische aanduiding van de verschillende lagen vezels en cellen, die daar bij microscopisch onderzoek kunnen worden onderkend. Reeds bij oppervlakkig onderzoek valt, ook wat den fijneren bouw betreft, de overeenkomst met de hersenschors op (men vergelijkte fig. 91 met fig. 102). In beide wisselen lagen cellen en lagen vezels elkander af. De rechter helft van fig. 102 geeft een schematische voorstelling van de wijze, waarop eind- en schakelneuronen in elkander grijpen.

De eindneuronen of neuronen van de eerste orde zijn die, welke aan de chorioidea grenzen. Men onderscheidt ze naar hun vorm in *staafjes* en *kegeltjes*.

Daaronder ligt een laag neuronen van de tweede orde, schakelneuronen, die de staafjes en kegeltjes verbinden met de daarop volgende laag der neuronen van de derde orde. De ganglioncellen der neuronen van de 3e orde zijn grooter dan die van de beide anderen. De centripetale uitloopers van deze ganglioncellen vormen de aan de oppervlakte van de achterste oogkamer gelegen zenuwvezellaag, die regelrecht in de oogzenuw (N. opticus, zie blz. 344) overgaat. Fig. 103 brengt dezen overgang in beeld en geeft tevens een indruk van de wijze, waarop de scheede van de oogzenuw in de sclera overgaat (terwijl ze anderzijds in het harde hersenvlies of *dura mater* overgaat).

De bloedvaat-voorziening in de retina geschiedt niet van uit het vaatvlies (chorioidea), maar van uit de vaten, die binnen in de oogzenuw verlopen

spiegel, met een opening er in, waar men door heen ziet (zie fig. 104). Een oogspiegelbeeld geeft fig. 105.

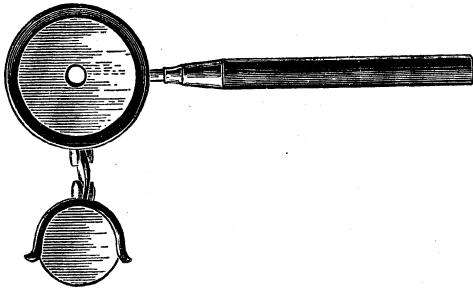


Fig. 104. Oogspiegel volgens Liebreich.

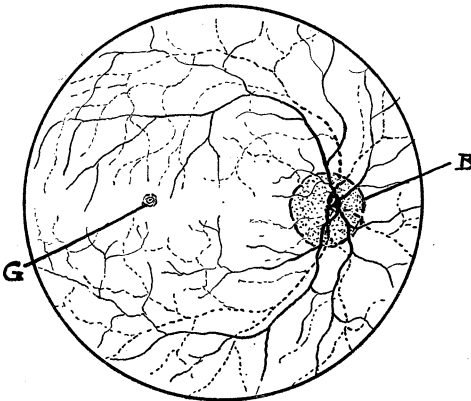


Fig. 105. Oogspiegelbeeld. B. blinde vlek; G. gele vlek. De arterieën zijn met een doorlopenden lijn, de venen met een stippellijn geteekend.

In werkelijkheid heeft het een mooie roode kleur omdat het bloedrijke vaatvlies door de retina heen

schemert. De arteriën zijn met een doorlopende lijn geteekend, de venen met een stippellijn.

De intree-plaats van de oogzenuw (B) steekt als een lichte roode vlek scherp af tegen de omgeving. Zij neemt door de afwezigheid van zenuwcellen ook een bijzondere plaats in en wordt als „*blinde vlek*” aangeduid, omdat ter plaatse geen beeldvorming mogelijk is. In het midden van die vlek of iets dichterbij den rand daarvan, treedt de zich snel vertakkende netvlies-slagader uit, terwijl de netvliesader, die uit fijne takjes samenvloeit, op dezelfde plaats in de oogzenuw verdwijnt. Dat ter

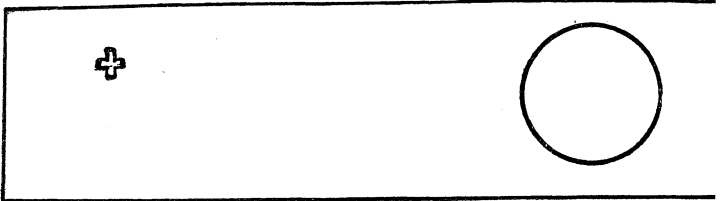


Fig. 106.

plaatse van de blinde vlek werkelijk geen beelden gevormd worden, kan ieder door een aardige en leerzame proef bij zich zelf vaststellen. Men sluit het linker oog en fixeert met het rechter het kruisje op fig. 106, terwijl men het boek op ongeveer 30 c.m. van het oog houdt. Beweegt men nu langzaam het boek naar het oog toe, terwijl men scherp het kruisje blijft fixeeren, dan verdwijnt plotseling de groote ronde cirkel.

Op enigen afstand van de lichtgekleurde blinde vlek, wordt nog een donkerder vlek waargenomen, de „*gele vlek*”. Dat is een klein plekje, waar wel veel bijzonder groote kegeltjes gevonden worden,

maar geen staafjes. Op dit plekje is de retina veel dunner dan elders, doordat de bij de kegels behorende ganglioncellen niet op dit plekje zelf, maar daar omheen liggen.

Dit plekje is daarom voor ons gezichtsvermogen van zoo groote beteekenis, omdat daar de scherpste beelden gevormd worden en wij dus automatisch onze oogen zoo richten, dat de door de lens binnentredende lichtbundel juist op de gele vlek valt.

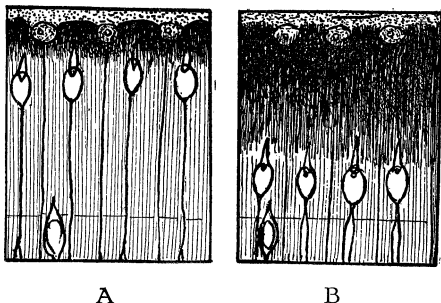


Fig. 107. Schematische voorstelling van de kegel- en pigmentbeweging in de diepste laag van het netvlies.

A. in het donker. B. bij sterke belichting.

Om iets te begrijpen van de wijze, waarop de retina fungeert als receptor van de daarop inwerkende lichtimpulsen moeten we nog één netvlieslaag van iets naderbij bezien n.l. die der staafjes en kegeltjes. In deze laag spelen zich onder invloed van invallend licht uitgesproken veranderingen af, zoo als men op fig. 107 kan zien. Fig. 107a stelt de verhoudingen in deze laag bij duisternis voor, fig. 107b na blootstelling aan invallend licht. Twee opvallende verschillen vertoonen:

1e de afstand tusschen de kegeltjes- en de ganglioncellenlaag, waarin zich de bij de kegeltjes behoorende cellen bevinden, is bij duisternis groot, bij invallend licht klein. Inderdaad: de z.g. steel, waarop de kegel is ingeplant, de zenuwvezel, die het kegeltje verbindt met de bijbehoorende zenuwcel, bezit het vermogen zich samen te trekken en weer te ontspannen.

2e de pigment-uitloopers, die de epitheelcellenlaag tusschen chorioidea en retina zendt naar — en gedeeltelijk tusschen — de staafjes en kegeltjes zijn op fig. 107a kort en op fig. 107b lang.

De „*pigmentbeweging*” is dus tegengesteld aan de „*kegelbeweging*”.

Deze anatomische veranderingen gaan gepaard met biologische veranderingen. Het pigment absorbeert de invallende lichtstralen sterk en ondergaat daarbij een omkeerbare scheikundige verandering, die zich uit door kleurverandering (de paarse kleur van het pigment wordt bleeker).

Al deze veranderingen treden met groote snelheid op en worden ook met groote snelheid weer ongedaan gemaakt. Anders zou het niet mogelijk zijn de snel wisselende beelden in onze omgeving bij te houden. Men neemt nu aan, dat het de scheikundige omzettingsproducten (die in de pigmentlaag gevormd worden bij blootstelling aan de inwerking van lichtstralen) zijn, die den voor de staafjes en kegeltjes adaequaten prikkel vormen, die als optische impuls naar de hersenschors wordt overgebracht langs de boven besproken zenuwbaan.

Door de lens wordt een verkleind omgekeerd beeld van de buitenwereld als het ware geprojecteerd *door alle lagen* van de retina heen op de pig-

ment-cellenlaag, die dus als de gevoelige laag van een fotografische plaat fungeert.¹⁾

Het groote verschil tusschen een photographische plaat en de pigmentcellenlaag van het oog is echter de snelle omkeerbaarheid der physiologische veranderingen. Bovendien behoort de lichtgevoeligheid van een photographische plaat — die meestal plat is — overal even groot te zijn, terwijl de gevoeligheid van de retina op verschillende afstanden van het tegenover het midden van de lens gelegen centrum van de retina — die bol is — zeer verschillend is. Dat staat voor een deel in verband met de wisselende verhouding in het aantal staafjes en kegeltjes. De gele vlek bevat n.l. alleen kegeltjes. Daar om heen ligt een strook, die rijk aan kegeltjes en betrekkelijk arm aan staafjes is. Daaromheen weer een strook met ongeveer evenveel kegeltjes als staafjes, terwijl ten slotte de meest perifere zône rijk aan staafjes en arm aan kegeltjes is. Bij proeven is gebleken, dat deze perifere zône buitengewoon gevoelig is voor geringe lichtintensiteiten, maar niet in staat is om kleuren te onderscheiden. In de schemering zien we dan ook met het perifere gedeelte van het netvlies. Scherp zijn die beelden niet en behoeven ze ook niet te zijn. De gele vlek daarentegen onderscheidt slechts geringe lichtintensiteiten, maar heeft bij normale oogen een uitstekend vermogen om details en kleur scherp te onderscheiden. Het scherp zien is dus een functie van de kegeltjes, die hier zeer dicht opéén staan. Terwijl het zien in de schemering een functie is van

¹⁾ De vergelijking gaat zelfs in zoo ver op, dat men het in de pigmentlaag gevormde beeld kan fixeeren door die laag van het uitgenomen oog met bepaalde scheikundige middelen te behandelen, die de omkeerbare veranderingen in het pigment onomkeerbaar maken en dus vastleggen.

de staafjes, die aan de periferie van de retina in de meerderheid zijn.

De verhouding tusschen lichtprikkel en lichtindruk.

De optische prikkels, die op de boven aangegeven wijze door de retina worden opgenomen, worden verder langs de gezichtszenuw overgebracht naar een bepaald gedeelte van hersenschors en bijbehorende lagere optische centra. Het is daar, dat het beeld, dat we naar buiten projecteeren, gevormd wordt en tot bewustzijn komt. Nog eens: zonder „binnenwereld” geen „buitenwereld”. De oude voorstelling, dat het beeld eigenlijk in het oog op de retina gevormd wordt en dan doorgeseind naar de hersenen, is niet juist gebleken. Het beeld, dat door de lens op de retina wordt geprojecteerd is trouwens verkleind en omgekeerd, terwijl het beeld, dat we waarnemen, — juister gezegd het beeld, dat tot ons bewustzijn komt, — rechtstandig en groot is. —

Het oog ziet niet. Het oog neemt alleen optische *prikkels* op, die in de hersenen beelden, symbolen, *indrucken* wekken, die door ons naar buiten worden geprojecteerd.

Dit naar buiten geprojecteerde beeld is dus een voorstelling van de buitenwereld en niet de buitenwereld zelf. Zintuigelijk waarneembaar is dus geenszins identiek met „reëel”. Allereerst omdat het beeld, dat onze zintuigen ons van de buitenwereld geven niet reëel is, maar een projectie van eigen voorstellingsvermogen, terwijl anderzijds de buitenwereld tal van impulsen op ons afzendt, waarvoor wij geen gevoelig receptief orgaan, in één woord geen zintuig hebben. Zoodat allerlei kwaliteiten van de werkelijkheid aan ons voorstellingsvermogen ontgaan.

Om een duidelijk voorbeeld te noemen. De buitenwereld is vol onzichtbare, noch met het oor, noch met eenig ander zintuig waar te nemen, maar al te reëel gebleken, draadlooze energie-golven. Omdat die niet zintuigelijk waarneembaar zijn mogen we hun realiteit niet miskennen. Wie zich wapent met een radiotoestel bij wijze van kunstzintuig weet, mits hij dat zintuig weet aan te passen aan, in te stellen op eigen zintuig, d.w.z. de draadlooze impulsen transformeert in optische of acustische impulsen, wel beter. Uit dit voorbeeld blijkt tevens, dat *prikkel* en *indruk* niet identiek zijn. De draadlooze impulsen, die men met radio-zendlampen de ether in slingert, hebben met geluiden al heel weinig gemeen, al hebben geluiden ten grondslag gelegen aan de uitzending dier impulsen. En al zijn we met behulp van kunstzintuigen in staat ze weer te transformeeren in acustische resp. in optische impulsen. Wie even dieper doordenkt over deze verhoudingen, komt nog tot verschillende andere gevolgtrekkingen.

In de eerste plaats, dat er geen principieel verschil bestaat tusschen al dan niet zintuigelijk waarneembare prikkels en ook niet tusschen de met behulp van verschillende zintuigen opgevangen impulsen. Trouwens de voorstelling, die een bepaalden indruk schept, behoeft zich niet te beperken tot het eenzijdige beeld, dat die impuls van de werkelijkheid geeft.

Een klop op de deur — een acustische impuls — wekt bij ons tevens een voorstelling van den klopenden persoon. Een prik met een scherp voorwerp — een tactiele impuls — verwekt bij ons tevens een voorstelling van het prikkende voorwerp. En de toonkunstenaars van alle tijden heb-

ben in hun composities allerlei gebeurtenissen zóó weten uit te beelden, dat de muzikale mensch aan de acustische impulsen, die accoorden en dissonanten voor zijn gehoororgaan vormen, ook de vorming der beelden paart, die den kunstenaar tot zijn schepping inspireerden. Die beelden zijn ondanks hun gebrek aan „zintuigelijke waarneembaarheid” in den ouden en verkeerden zin des woords niet minder reëel dan de genoemde impulsen. Nu kan men zeggen, dat we hier buiten de grenzen der zintuigphysiologie op het terrein der associatie-psychologie verdwaald zijn. Daartegen moet worden ingebracht, dat beide onafscheidelijk zijn om de boven vermelde reden. Daar komt nog iets anders bij. Men moet de beperktheid der zintuigelijke waarneming, dus der *indrukkenwereld* in vergelijking tot de schier onbeperktheid der *impulsenwereld* niet uit het oog verliezen. Ons gezichts- en gehoorszintuig zijn bijv. slechts in staat een zeer beperkt gedeelte der optische resp. acustische impulsen op te vangen. Het zou struisvogelpolitiek zijn te veronderstellen, dat de buitenwereld begint en ophoudt reëel te zijn daar, waar onze zintuigelijke waarneming begint en ophoudt. De ontdekking van nieuwe hulpmiddelen, waarmede wij ons beperkt zintuigelijk waarnemingsvermogen kunnen uitbreiden¹⁾, brengt geen verandering in de buitenwereld, noch in de realiteit der zintuigelijk al dan niet waarneembare impulsen (energie-omzettingen) in die buitenwereld. Zij verhoogt alleen

¹⁾ Hetzij in dien zin, dat we het waarnemingsvermogen van bekende zintuigen (oog, oor) kunnen versterken en verscherpen (microscop, telescoop, microfoon, telefoon enz.), hetzij in dien zin, dat we hulpmiddelen ontdekken (als bijv. radiotoestellen), waarmede we impulsen kunnen waarnemen, die voorheen buiten het bereik van onze zintuigen vielen.

ons contact met die buitenwereld door het aantal schakels tusschen buitenwereld en „binnenwereld” te vergrooten. In de onmetelijke natuur, vol energie-omzettingen, die voor een klein deel wèl, voor een groot deel nièt zintuigelijk waarneembaar zijn, zijn we als een eenzame groep kolonisten in het oerwoud, die door telefoon en radio uit hun betrekkelijk isolement zijn verlost. We staan in dit opzicht nièt aan het eind, maar vermoedelijk nog aan het begin van een reeks elkaar in beteekenis overtreffende ontdekkingen.

Na deze uitwijding over enkele zaken, die met de wisselwerking tusschen impulsen en indrukken en het gebrek aan identiteit tusschen beide in nauw verband staan, keeren we terug naar ons gezichtsvermogen, om ons rekenschap te geven van enkele psychophysische verhoudingen op dit terrein. *Aan welke eigenschappen moet een optische prikkel voldoen om een gezichts-indruk te verwekken?* Het antwoord moet luiden:

1e deze moet aan zekere kwantitatieve eischen voldoen (een zekere minimum van duur, grootte, intensiteit; een grens naar boven bestaat nièt).

2e als kwalitatieve eisch moet speciaal de golflengte worden genoemd. Deze is aan twee grenzen, één naar beneden en één naar boven gebonden. (Zie fig. 95).

De drempelwaarden van duur, grootte en intensiteit zijn slechts in beperkte mate objectieve en vaststaande gegevens. Ze liggen voor verschillende personen op verschillende hoogte. De afstand tusschen de waarden, die door allen resp. door niemand worden waarnomen is zeer groot. ¹⁾

¹⁾ Persoonlijke eigenschappen van den waarnemer en het stempel, dat zijn geest, zijn algemeene lichaamstoestand, diverse eigenschappen van

Ook de kwantitatieve waarneembaarheid van verschillende deelen van het spectrum is niet constant. M.a.w. voor verschillende kleuren bestaat een afzonderlijke drempelwaarde. Daar beneden wordt licht van een bepaalde kleur niet waargenomen. Nog merkwaardiger: de sterkte van den lichtindruk, die verschillende deelen van eenzelfde spectrum op ons oog maken, verschilt naar gelang de lichtintensiteit grooter of kleiner is. De helderheid van een kleur in vergelijking tot andere kleuren is dus afhankelijk van de belichting.

Voorts is de drempelwaarde voor lichtindrukken in hooge mate afhankelijk van de aanpassing van het oog aan duisternis. Wie een tijd lang in het donker heeft gezeten neemt licht waar van veel geringer intensiteit dan een ander, die uit het licht komt. We weten zelf hoe pikzwart het is in een donker hok, als we er pas in komen. En hoe snel we de lichtstralen ontdekken, die er door fijne spleten en kieren naar binnen vallen. Spoedig leeren we ook de voorwerpen er in, die zodoende, zij het in geringe mate, verlicht worden, onderscheiden.

Wel bestaat er een zeker verband tusschen de verschillende drempelwaarden (van duur, grootte en intensiteit). Hoe grooter en sterker een lichtimpuls, des te korter kan den duur zijn om toch te worden waargenomen. Ook tusschen grootte en sterkte bestaat, wat waarneembaarheid betreft, een zekere verhouding. Van de kleuren worden bij gelijke intensiteit geel en groen het eerst waargenomen. Van rood en violet moet de intensiteit belangrijk hoo-

zijn zenuwstelsel en andere orgaanstelsels op zijn zintuigen drukken, spelen op dit gebied een niet onbelangrijke rol. Het is de taak der psychotechniek de proefneming zóó in te richten, dat men in staat is de wisselende beteekenis van al die factoren bij de zintuigelijke waarneming te bepalen en in cijfers uit te drukken.

ger zijn. Dit verklaart de eigenaardige kleurscheeringen, die gedurende de ochtend- en avond-schemering opvallen.

De grootte van de lichtimpuls brengt ons op het terrein van de gezichtsscherpte. We hebben reeds op blz. 380 gezien van welk een invloed hier de hoek is tusschen de lijnen, die de as van ons oog verbindt met de twee tegenovergestelde einden van het lichtimpulsen-uitzendend voorwerp. De gezichtsscherpte toch wordt bepaald door het vermogen om bijeen gelegen punten — lichtstralen, lichtbronnen — als afzonderlijke punten te onderkennen. Beneden de drempelwaarde vloeien beide beelden samen. De gebruikelijke gezichtshoek, die als gemiddelde drempelwaarde pleegt te worden aangegeven bedraagt 1 minuut (sommige personen met bijzonder groote gezichtsscherpte brengen het tot 0,5 minuut). Men heeft uitgerekend hoe groot bij deze kleine gezichtshoek de afstand tusschen beide beelden, die de beide afzonderlijk waargenomen punten op het netvlies werpen, wel moet zijn. Men kwam dan tot cijfers, die tusschen de 2 en 3 duizendste deelen van een millimeter lagen. Nu bedraagt de doorsnede van de in de gele vlek mannetje aan mannetje gelegen kegeltjes ook ongeveer 0,002 à 0,003 mm. Bij ideale gezichtsscherpte is het dus mogelijk de lichtimpulsen, die twee naast elkaar gelegen kegeltjes ontvangen als afzonderlijke lichtimpulsen en dus als afzonderlijke punten in éénzelfde beeld te onderkennen. De beperktheid van ons gezichtsvermogen vindt dus in dit opzicht een zuiver anatomische verklaring.

Van groot belang voor de beeldvorming is ook de duur van den lichtprikkel, resp. van opeenvolgende lichtprikkels. De eerste bepaalt de waarneem-

baarheid van dien eenen prikkel. De tweede het al of niet ontstaan van een ononderbroken lichtbeeld. Is de duur van een lichtimpuls te kort dan wordt, vooral als de intensiteit gering is, geen lichtindruk ontvangen. Is de tusschenpoos tusschen opeenvolgende lichtimpulsen te groot dan worden òf afzonderlijke lichtindrukken ontvangen òf treedt als overgang tusschen samenvloeiing en waarneming van afzonderlijke beelden, flikkeren op.

Bij de drempelwaarde is binnen zekere grenzen de lichthoeveelheid in zooverre gelijk, dat het product van duur en intensiteit van den lichtimpuls een ongeveer constante grootte is: een sterke lichtimpuls kan korter duren dan een zwakke, om toch te worden waargenomen. De drempelwaarde voor het samenvloeien van opeenvolgende lichtimpulsen van lage intensiteit ligt ongeveer bij vier lichtimpulsen per seconde. Om flikkeren te voorkomen, moet het aantal lichtimpulsen van hooge intensiteit per seconde grooter zijn. Al deze gegevens hebben groote praktische beteekenis, met name ook voor de kinematografie. Daarbij gebruikt men gewoonlijk voor opnemen en afdraaien een snelheid van 16 beelden per seconde. Bij die snelheid worden „rustige” levende beelden waargenomen. Van personen en zaken, die zich met de in het dagelijksch leven gebruikelijke snelheid op zekeren afstand van ons oog bewegen. Van sneller bewegende voorwerpen, vooral naarmate de afstand tusschen voorwerp en lens kleiner is, wordt bij deze snelheid van opnemen en afdraaien geen rustig beeld gevormd. Het beeld danst, trilt en flikkert. Zoo nu en dan worden zelfs duidelijk dubbelbeelden waargenomen. Om dat te voorkomen worden dergelijke voorwerpen met veel grooter snelheid —

tot 500 beelden per seconde toe — opgenomen en afgedraaid. Verbreekt men nu de harmonie tusschen de snelheid van opnemen en afdraaien, dan is men in staat een karikatuur van de werkelijkheid op het doek te brengen. Hetzij in dien zin, dat alles sneller gaat dan normaal. Hetzij dat alles langzamer gaat. Beide kunstgrepen hebben waarde. Met behulp van de eerste is het mogelijk van zóó langzaam verloopende processen (als bijv. het opengaan van bloemen, het groeien van verschillende planten), dat men met het ongewapend oog niets waarneemt, een levend beeld te geven. Met behulp van de tweede is het mogelijk zóó snel verloopende bewegingen (als bijv. het vliegen van vogels, het rennen van verschillende dieren), dat men de onderdeelen ervan niet ziet, te ontleden (z.g. vertraagde film). Ondertusschen moet men zich rekenschap geven van het feit, dat de kinematografische projectie de werkelijkheid geweld aan doet. De beelden zelf leven en bewegen eigenlijk niet. Het is de snelle opeenvolging van stille en beweginglooze beelden, die de realiteit uitbeeldt — nabootst —. Wat wij op het doek zien is niet de werkelijkheid, maar een suggestief beeld er van.

De lichtindruk valt, ook wat de tijdsduur betreft, niet samen met den lichtimpuls. Er is voor de vorming van den indruk tijd noodig, zij het slechts een fractie van een seconde. Het beeld komt dus later dan de impuls. Ook duurt de indruk langer dan de impuls. Men gebruikt gewoonlijk het minder juiste woord „nabeeld” om aan te geven, dat het beeld nog even aanhoudt nadat de impuls reeds opgehouden heeft. Gedurende den tijd, die er verloopt tusschen het ophouden van den impuls en het verdwijnen van het (na) beeld is het oog min-

der gevoelig voor nieuwe beelden. (We hebben hier dus met een soort refractaire periode te doen). Daarna volgt een nieuw beeld, dat het vorige verdringt resp. daarmee tot één geheel samenvloeit. Goed beschouwd vertoont ons oog dus allerlei punten van overeenkomst met een kinematograaf. Ook ons oog legt eigenlijk geen levende, maar slechts (met een snelheid van 8-10 per seconde opeenvolgend) stille beelden vast. Leven en beweging bezitten de beelden, die in ons oog gevormd worden dus feitelijk niet uit zich zelf. Slechts de snelle opvolging van stille beelden suggereert leven.

Een ander belangrijk verschijnsel is dat der contrastvorming. Wanneer wij eenigen tijd naar een rood vlak zien en daarna naar een witte muur, dan krijgt deze een groene tint — d.w.z. niet de muur, maar ons beeld van die muur. Na waarnemen van een vlak van een bepaalde kleur blijkt de gevoeligheid voor waarnemen van die kleur verminderd, zoodat witte voorwerpen de complementaire kleur schijnen te bezitten.

Voorts zijn ook naburige netvliesvelden om een veld, waarop stralen van bepaalde kleur (bijv. roode kleur) vielen, minder gevoelig voor stralen van dezelfde kleur en geneigd de complementaire kleur (bij rood dus groen) te vertoonen. Deze contrastvorming komt aan de scherpte der beelden ten goede. Bij de beeldvorming toch blijkt het oog te bevorderen, dat er tusschen de indrukken, die door naburige netvliesvelden worden ontvangen, uitgesproken verschillen bestaan. Ook in dit opzicht doet de zintuigelijke waarneming de werkelijkheid geweld aan. We zien contrasten, die niet bestaan; we zien contrasten sterker dan ze bestaan.

Kleurgevoeligheid, gezichtsveld en binoculair zien.

Kleurgevoeligheid is een individueele eigenschap. De één kan heel wat meer nuances onderscheiden dan de ander. Ook is er een categorie personen, wier kleuronderscheidingsvermogen belangrijk verminderd is of afwijkt; ze lijden aan z.g. kleurenblindheid.

Kleurenonderscheidingsvermogen is dus geen kwalitatieve eigenschap, maar een kwantitatieve. Men heeft kleurenblindheid in alle graden. Waarop dit defect in de zintuigelijke waarneming eigenlijk berust, is al even duister, als het wezen van het kleuronderscheidingsvermogen zelf. Vast staat, dat bij sommige kleurenblinden de oorzaak in een afwijking in het netvlies gelegen is, en bij anderen in een hersenschorsverandering.

Ons gezichtsveld dankt zijn beperktheid aan de wijze, waarop ons oog in een instulping van den schedel — de oogkas — veilig is ingeplant. Aan de veiligheid is een deel van ons gezichtsveld opgeofferd. Op fig. 108 zien we een bepaalden vogel en een mensch van boven (in vogelvlucht). Bij dezen vogel staan de oogen zóó ingeplant, dat de periferie van zijn retina ook een beeld krijgt van alles wat achter zijn rug gebeurt. Bij den mensch is het gezichtsveld veel beperkter. Een gezichtsveldbeperking, die echter aan de scherpte der beeldvorming ten goede komt en bovendien aan de samenwerking van de beide oogen (zooals we dadelijk zullen zien ten behoeve van het onderkennen van diepte en afstand).

We kunnen het gezichtsveld bepalen door iemand met één oog gesloten een punt recht vooruit te laten fixeeren en door dan, achter of vóór hem staande, telkens met een bewegend voorwerp (vinger

of stokje met witte of gekleurde stip) van ter zijde binnen zijn gezichtsveld te komen, terwijl men hem opdraagt een bepaald teeken te geven, zoodra het voorwerp waargenomen wordt. Ook bestaan er toestellen (z.g. perimeters), waarmede het gezichtsveld ter zelfder tijd geregistreerd wordt. Men krijgt dan beelden als op fig. 109. Men kan op deze wijze de gezichtsvelden van beide oogen bepalen.

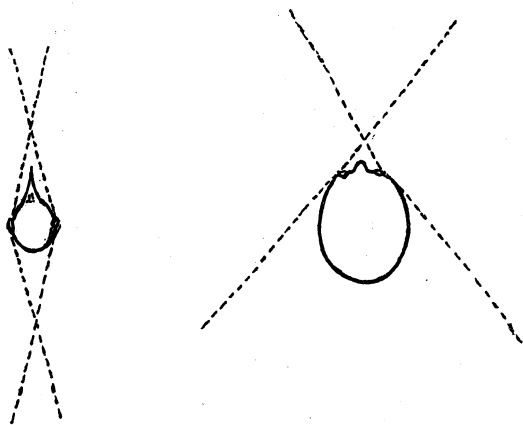


Fig. 108. Het blikveld van een bepaalden vogel (links) en van den mensch (rechts).

Zoowel voor wit als voor gekleurd licht. Het gezichtsveld is nl. voor verschillende kleuren verschillend. Dat voor wit licht is het grootst, dat voor blauw het kleinst, daar tusschen liggen geel, groen en rood. ¹⁾

¹⁾ De bepaling van het gezichtsveld heeft in de oogheelkunde groote beteekenis, omdat bepaalde ziekelijke veranderingen van netvlies en oogzenuw gepaard gaan met bepaalde zeer karakteristieke veranderingen van het gezichtsveld, zoowel voor wit licht als voor kleuren.

Twee-oogig of binoculair zien. Daaronder verstaat men het vermogen door harmonische samenwerking tusschen beide oogen zich één, scherp, perspectivisch (met diepte bedeed) beeld, te verschaffen van de voorwerpen op afstand of nabij, waarop wij ons oog richten en waarop wij onze aandacht concentreeren. Met twee oogen zien we

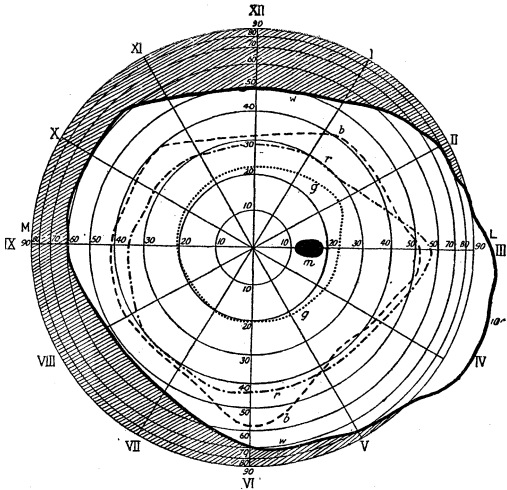


Fig. 109. Het gezichtsveld met den perimeter opgenomen, voor wit licht (w), blauw (b), rood (r) en grijs (g). M: blinde vlek.

meer dan met één (groter gemeenschappelijk gezichtsveld), terwijl beide beelden elkander aanvullen moeten, samenvloeien tot één beeld... anders ontstaan er dubbelbeelden.

De onderscheiding van afstand en diepe wordt meestal afzonderlijk aangeduid met de term „stereoscopisch zien”.

Het vermogen tot *binoculair zien* berust op reflectorische wederkeerige innervatie van de spieren, die voor de beweging der oogen zorgen.

Het vermogen tot *stereoscopisch zien* berust op het vermogen van ons centraal zenuwstelsel om de beide niet gelijke, noch gelijkvormige beelden, die door de beide oogen worden opgenomen tot één beeld te vereenigen.

Fig. 110 geeft een denkbeeld van het verschil tusschen de beide beelden, die door beide oogen van eenzelfde voorwerp worden gevormd. Het gemeenschappelijke beeld kunnen we niet geven, omdat we

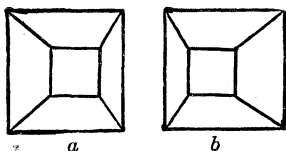


Fig. 110.

De beelden die door beide oogen van eenzelfde voorwerp gevormd worden.

in het platte vlak — op papier — geen diepte kunnen weergeven.

Goed beschouwd is dus het beeld, dat de hersenschors zich met behulp van onze beide oogen vormt van de buitenwereld (voorzoover deze voor ons oog waarneembare optische impulsen uitzendt), een zeer samengestelde constructie-teekening, die wel een *denkbeeld* geeft van de verhoudingen. Maar men kan op zijn hoogst zeggen, dat dat beeld een zekere *gelijkenis* vertoont met die wereld, doch onder geen voorwaarde mag het ermee vereenzelvigd worden. Ons zintuigelijk waarnemen *benadert* de werkelijkheid op een wijze, die niet zonder verwondering over en bewondering voor Schepper, schepping en schepsel kan worden bestudeerd, *bereiken* kan zij die werkelijkheid niet.

Wij zullen in een volgend hoofdstuk, gewijd aan bewustzijn en persoonlijkheid nog even moeten terugkomen op de wijze, waarop gezichts- en andere zintuigelijke indrukken verwerkt worden tot hogere eenheden, tot gedachten, gevoelens, denkbeelden, voornemens en handelingen.

Het gehoor is een zintuig, dat een veel kortere bespreking vraagt dan het gezicht, vooral nu we boven reeds het vraagstuk der zintuigelijke waarneming in het algemeen van zeer verschillende kanten bekeken hebben en bij de bespreking van het gezichtszintuig met allerlei verhoudingen reeds hebben kennis gemaakt, die ook voor het gehoor gelden.

Als acustische impulsen fungeren geen electromagnetische golven als bij het licht, maar toch ook golfgewijs zich voortplantende energie, met afwisselende verhooging en verlaging van luchtdruk gepaardgaande. Het geluid heeft met het licht de eigenschappen van terugkaatsing en breking gemeen. Daarentegen onderscheidt het zich er van door de eigenschap, dat de acustische impulsen zich niet uitsluitend in een rechte lijn voortplanten. Die toch zijn in staat ook om een voorwerp heen en zijdelings zich voort te planten. Voorts heeft op groote schaal geluidsvoortplanting door geleiding plaats, door schier alle vaste voorwerpen en vloeistoffen heen.

De meeste geuiden — men onderscheidt gewoonlijk geruischen en tonen — vormen een zeer samengesteld mengsel van geluidsimpulsen van zeer verschillende golflengte. ¹⁾

¹⁾ Alleen met behulp van z.g. stemvorken kan men zuivere geluiden van een bepaalde golflengte verwekken. Vandaar dat deze voor het stemmen van muziekinstrumenten gebruikt worden.

Met behulp van tal van vergrootings- en registratietoestellen is men in staat die mengsels te ontleden¹⁾ en tevens de intensiteit en de golflengte der samenstellende bestanddeelen vast te stellen. De intensiteit is afhankelijk van den uitslag (amplitudo), zooals dat ook met licht het geval is. Evenals het oog slechts in staat is een deel van alle optische impulsen in indrukken om te zetten, zoo is ook het oor slechts in staat geluidsgolven waar te nemen, waarvan de golflengte tusschen bepaalde grenzen valt. De golflengte van hoorbare geluidsgolven ligt tusschen 30 en 15000 trillingen per seconde. De golflengte der muzikale geluiden is veel beperkter (40-4800). Sommige dieren kunnen ook geluiden waarnemen met een buiten deze uitersten gelegen golflengte. Hoe dit ook zij, ook ons oor hoort slechts een deel van de werkelijk in de buitenwereld optredende geluidsimpulsen.

Het gemiddelde individu heeft geen absoluut gehoor d.w.z. bezit niet het vermogen de golflengte van elken willekeurigen toon te onderkennen. Bij enkelen echter is dit gehoor zeer sterk ontwikkeld, meestal gepaard gaande met zeer groote muzikaliteit. We zullen echter niet op muzikaal gebied verdwalen en ons uitsluitend beperken tot de bespreking van de wijze, waarop ons gehoorzintuig in staat is, acustische impulsen in geluidsindrukken om te zetten.

We beschikken daartoe als receptor over een gehoororgaan, dat de geluidsimpulsen opneemt, analyseert en de energievorm ervan zoodanig wijzigt, dat ze langs de gehoorzenuw kan worden

¹⁾ Geluidsversterkers zijn over het algemeen selectief; d. w. z. ze versterken uit een mengsel van acustische impulsen sommige golflengten meer dan andere.

overgebracht naar de hersenschors, waar de geluidsindrukken gevormd en verwerkt worden: het is de schors, die „hoort”. Een stemvork, die geluidsgolven produceert van bepaalde golflengte, brengt ook een andere stemvork of snaar, waarvan het geluid dezelfde golflengte heeft, in trilling. Men spreekt dan van „*mee trillen*”. Een gehoororgaan is zodoende eenvoudigheidshalve te vergelijken met een klankbord, van stemvorken voorzien met verschillende golflengte, dat door de geluidsgolven uit de omgeving getroffen wordt. Die golven worden dan tevens versterkt en geanalyseerd. Alleen die stemvorken gaan mee trillen, waarvan de golflengte overeenkomt met die van de geluidsgolven uit het geluidsgolvenmengsel, dat we als „geluid” plegen aan te duiden. In plaats van stemvorken kunnen we ook gespannen snaren van bepaalde lengte nemen. Als ontvangtoestel kunnen we ons dan een soort „harp” voorstellen, bestaande uit snaren van verschillende lengte, elk verbonden met een zenuwcel, die de in de snaren gewekte trillingen voortplant naar de hersenschors. Inderdaad bevat ons inwendig gehoororgaan een dergelijk ontvangtoestel, veilig geborgen in een met vocht gevulde ruimte, die op thans nader te beschrijven wijze, door de van buiten op het lichaam aanstormende geluidsgolven bereikt wordt.

Het gehoororgaan. — Dit ontvangtoestel voor geluidsgolven is ingebouwd in een der zwaarste beenderen, die deel uitmaken van den bodem van den schedel (het z.g. rotsbeen). Voor een schematisch beeld van de zeer ingewikkelde verhoudingen in deze beenige doos verwijzen we naar fig. 111.

Gemakshalve beginnen we niet met het gehoor-

apparaat in engeren zin, maar met de bespreking van de hulptoestellen, die de geluidsgolven op hun weg van buiten naar binnen tegen komen. We hebben hier niet als bij het oog met *brekende*, maar met *geleidende* media te doen.

Het *uitwendig oor*, de *gehoorschelp* kan men als een soort klankbord — resonator — beschouwen. Deze is bij den mensch naar verhouding betrekkelijk weinig ontwikkeld en al even weinig beweeglijk. ¹⁾

Van de gehoorschelp voert de 2,5 cM. lange *uitwendige gehoorgang* (2) de geluidsimpulsen spoedig een eindweegs binnenwaarts. Evenals de gehoorschelp zelf is het eerste deel van die gehoorgang versterkt door kraakbeenplaten (3). Daaraan sluit zich het beenige, in het rotsbeen gelegen, gedeelte van de uitwendige gehoorgang aan, die een hoek naar achteren en naar boven pleegt te maken met het voorste gedeelte van die gang.

Naar binnen is de uitwendige gehoorgang afgesloten door het trommelvlies (4).

Daarachter bevindt zich het *middenoor* (5), een met lucht gevulde holte, die mits het trommelvlies ongeschonden is niet regelrecht met de buitenwereld in open verbinding staat, maar toch voor luchtversching (speciaal om den luchtdruk aan beide zijden van het trommelvlies op gelijke hoogte te houden) door een 3,5 cM. lange buis, de z.g. buis van Eustachius (6) met den koepel van de neuskeelholte (zie ook fig. 72) verbonden is. Het trommelvlies moet dan ook niet beschouwd worden als natuur-

¹⁾ Men vergelijkte eens de lengte en de beweeglijkheid van de ooren van een hond, konijn of haas. Die zijn soms even lang als de kop en in alle richtingen beweeglijk. De dieren hebben dan ook voor het geluid een uitgesproken richtingsgevoel, terwijl wij dit slechts in beperkte mate bezitten.

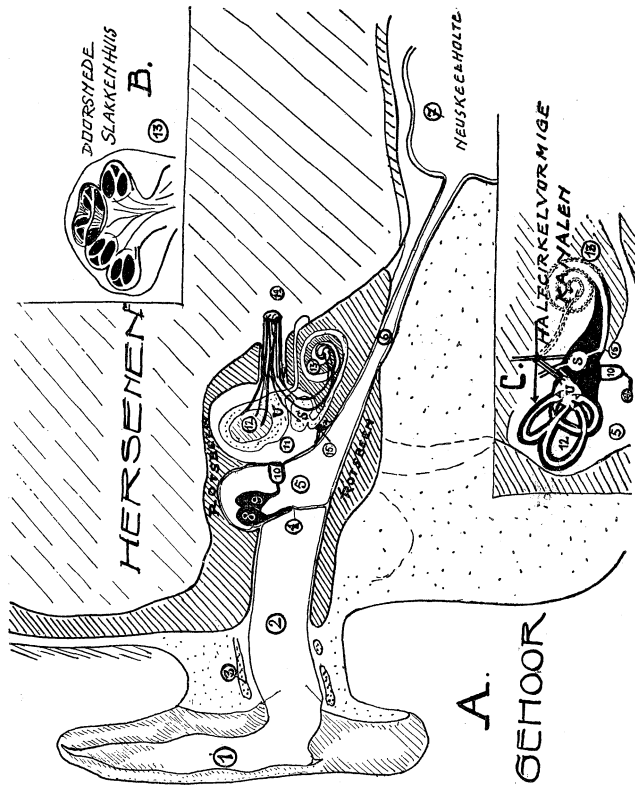
Fig. 111.

De bouw van het gehoor-
otgaan.

A. Overzicht van het ge-
heel; 1. gehoorschelp;
2. uitwendige gehoort-
gang; 3. kraakbeenplaat
ter versterking van de
wand van 2; 4. trommel-
vlies; 5. middenoor; 6.
buis van Eustachius; 7.
neuskeelholte; 8. hamer;
9. aanbeeld; 10. stijgbeu-
gel; 11. inwendig oor;
12. halfcirkelvormige ka-
nalen; 13. slakkenhuis;
14. gehoorzenuw.

B. Doorsnede slakken-
huis.

C. Halfcirkelvormige
kanalen (zelfde cijfers
als A).



lijke *afsluiting* van het middenoor naar buiten — het middenoor is geen van de buitenlucht afgesloten holte — maar als een voor opvanging van geluidimpulsen uitgespannen fijn membraantje. De geluidimpulsen, die dit vlies treffen brengen het tot trilling. Die trilling wordt nu om te beginnen door de middenoor-holte heengeleid, ter overbrenging naar het gehoorapparaat in engeren zin, dat in den tegenover het trommelvlies gelegen wand van het middenoor is ingebouwd in het rotsbeen.

Die overbrenging van den eenen wand naar den anderen wordt door een drietal in elkander grijpende en met fijne vezels stevig onderling verbonden beentjes bewerkt: *de z.g. gehoorbeentjes*; hamer(8), aanbeeld (9) en stijgbeugel (10). De steel van den hamer is stevig vergroeid met het trommelvlies. De voetplaat van den stijgbeugel vormt de begrenzing van het gehoor-apparaat in engeren zin.

Dit apparaat bestaat uit een met vloeistof gevuld beenig doosje, (het *inwendige oor*), (11) waarin zich twee apparaten bevinden;

a het evenwichts-orgaan, *de z. g. halfcirkelvormige kanalen* (12) en

b het gehoor-orgaan in engeren, het *z.g. slakkenhuis* (13).

Door een opening in het rotsbeen verlaat de gemeenschappelijke stam van de evenwichts- en gehoorzenuw (N. VIII zie blz. 346) het inwendig oor (14).

De uitwendige gehoorgang heeft niet uitsluitend een geleidende functie. Zij beschermt ook het teere trommelvlies tegen geweld en schadelijke invloeden van buiten als koude, te sterke uitdroging. Het trommelvlies zelf vangt alle geluidimpulsen op en

wordt daardoor in trilling gebracht. Een trilling, die via de gehoorbeentjes wordt overgebracht naar het inwendig oor. Dit vlies bestaat uit circulaire en radiaire vezels, die door de wijze van vasthechting aan den hamersteel, (die op zijn beurt door een

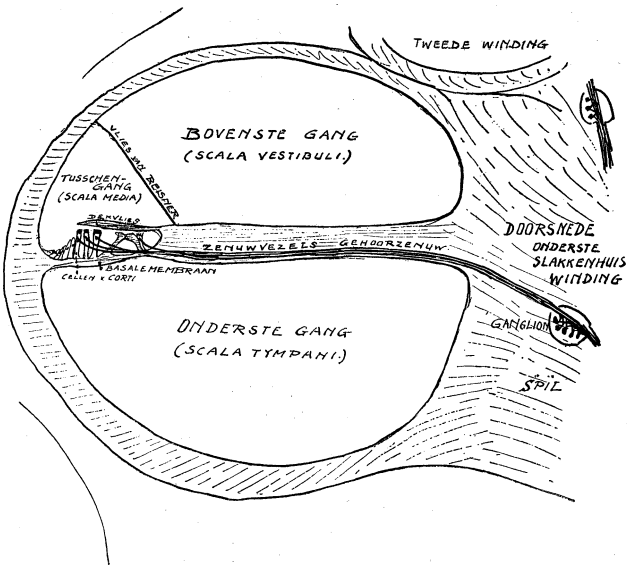


Fig. 112. Schematische doorsnede onderste slakkenhuiswinding. (Microscopisch beeld bij sterke vergrooting).

fijn spiertje naar binnen getrokken wordt) aan zeer verschillende spanning onderworpen zijn. Zoo-doende fungeert elke vezel als snaar en is het trommelvlies als geheel in staat alle geluidimpulsen op te nemen en door te geven. Daar het trommelvlies veel grooter is dan de voetplaat van den stijgbeugel,

gaat deze overbrenging niet met verzwakking, maar met versterking der indrukken gepaard (naar schatting ongeveer een tienvoudige).

Van het inwendige oor bestudeeren we thans eerst het slakkenhuis. (Fig. 112 en 113). Dit draagt zijn naam met eere: het bestaat uit een spil, waaromheen zich de steeds kleiner wordende windingen slingeren. In doorsnede blijkt, dat elke gang eigenlijk uit drie gangen bestaat;

a. een onderste, die ongeveer de halve doorsnede in beslag neemt;

b. een bovenste, die van de andere helft ongeveer $\frac{7}{8}$ gedeelte beslaat en

c. een tusschengang, waarvoor het overblijvende $\frac{1}{8}$ gedeelte gereserveerd is.

Het is in den bodem van die tusschengang, dat zich het z.g. *orgaan van Corti* bevindt, het receptieve orgaan, dat de door het middenoor op de vloeistof in het slakkenhuis overgebrachte trillingen analyseert en de geluids-impulsen omzet in nerveuse prikkels, die langs de vezels van de gehoorzenuw hersenwaarts vloeien. Dat receptieve orgaan bestaat uit een vlies, de z.g. *basaal-membraan*, die tusschengang en onderste gang scheidt. Daarop zijn een aantal lange, vrijstaande cellen ingeplant, voorzien van fijne haartjes, zooals op de fig. 112 duidelijk te zien is. Van die cellen loopen de zenuwvezels van de gehoorzenuw door den wand, die zich tusschen de onderste en bovenste gang bevindt, naar de spil van het slakkenhuis en dan verder hersenwaarts.

Boven die gevoelige cellen — de haarcellen van Corti — zweeft het z.g. dekvlies (*membrana tectoria*). Contact tusschen dat vlies en de haarcellen van Corti vormt den prikkel, die door de vezels van

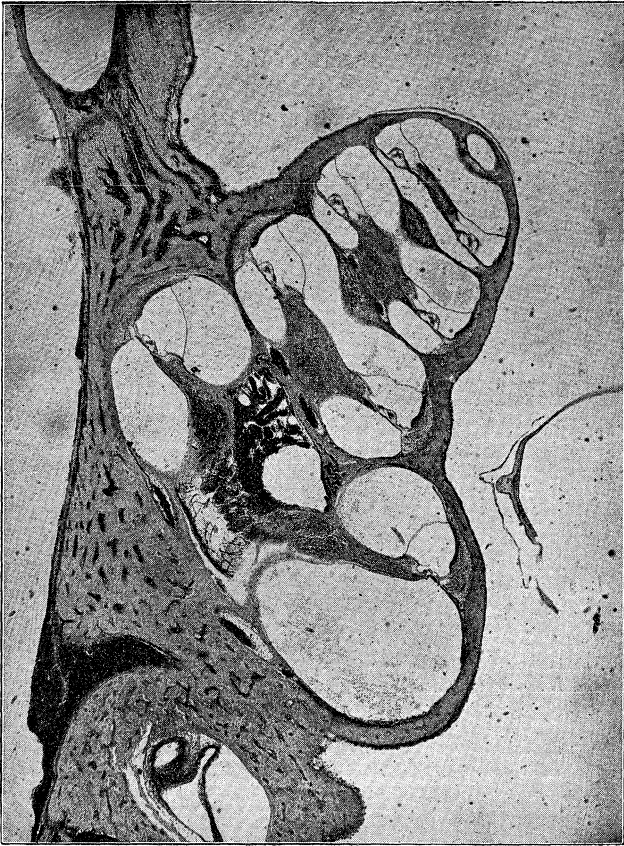


Fig. 113. *Microphoto doorsnede slakkenhuis* (J. C. Mol).

de gehoorzenuw naar de hersenschors wordt overgebracht.

Om nu een juist denkbeeld te krijgen van de wijze, waarop dit mechanisme in beweging gebracht wordt door de trillingen van de vloeistof in het inwendig oor (vestibulum) het volgende. Achter de voetplaat van den stijgbeugel — die het z.g. ronde venster afsluit — bevindt zich de met vloeistof gevulde, voorhofgang, aansluitend op één, die regelrecht toegang geeft tot de bovenste gang (scala vestibuli) van het slakkenhuis. De onderste gang van het slakkenhuis wordt door het z.g. ovale venster (15) van het middenoor afgesloten. Onderste en bovenste gang communiceren, gaan dus in elkaar over aan den top van het slakkenhuis.

Beweging (trilling onder invloed van de geluidsimpulsen, die trommelvlies en gehoorbeentjes in beweging brengen) van het ronde venster wordt dan langs de bovenste gang van het slakkenhuis voortgeleid. Er heeft een vloeistof-beweging in die gang in de richting van de top plaats. De drukverhooging in de bovenste gang, die daarvan het gevolg is, mist zijn werking niet op het fijne vliesje van Reisner, dat de bovenste gang van de tusschengang scheidt. De verhoogde druk in de tusschengang veroorzaakt trilling in den basaal-membraan. Door die trilling stooten de op den basaal-membraan ingeplante haarcellen van Corti tegen het dekvlies, wat dan zoo als we reeds meedeelden den adaequaten prikkel vormt, die door de gehoorzenuw wordt overgebracht.

En nu de analyse van het geluid. De basaal-membraan is de „harp”, waarvan we in onze inleiding op blz. 407 spraken. Ze is in hoofdzaak samengesteld uit straalsgewijs geplaatste vezels van ver-

schillende lengte. Die lengte neemt, naar mate men hooger in het slakkenhuis komt, af. Elke vezel is dus te vergelijken met een snaar van een veelsnarig instrument. Elke vezel heeft zijn eigen golflengte en toonhoogte en trilt mee, wanneer zij getroffen wordt door een trilling van dezelfde golflengte. Bij een enkelvoudig geluid — bijv. wanneer men een trillende en daardoor zingende stemvork voor het oor houdt — worden dus enkele, zeer bepaalde vezels van den basaal-membraan van het inwendig oor sterk in beweging gebracht, zoodat de op die vezels ingeplante haarcellen van Corti tegen het dekvlies stooten enz.

Vermeld moet hierbij nog worden, dat behalve de luchtgeleiding — dus de geluiden, die langs de uitwendige gehoorgang het trommelvlies bereiken — bij het hooren ook de beengeleiding een rol kan spelen. Bij vernietigd trommelvlies of op andere wijze opgeheven luchtgeleiding wordt een trillende stemvork bij plaatsing op den schedel of tegen de tanden uitstekend waargenomen. Dat de gevoeligheid dezer geleiding niet gering is, blijkt wel daaruit, dat men ook een deel van de voor het oor niet meer waarneembare trillingen van een stemvork door beengeleiding kan waarnemen. Men laat een stemvork trillen en houdt die voor het oor. Zoodra het geluid zoo zwak wordt, dat men het op deze wijze niet meer hoort, plaatst men de stemvork achter het oor of elders op den schedel en hoort dan den toon nog uitstekend. Bij die beengeleiding worden dus ook de geluidsimpulsen overgebracht naar het met vloeistof gevulde inwendig oor.

Over het aandeel, dat de hersenschors heeft in het verder verwerken en begrijpen van het gehoorde

komen we in een volgend hoofdstuk, tegelijk met de bespreking van de verwerking van alle andere zintuigelijke indrukken terug.

In aansluiting aan het gehoorzintuig dienen twee belangrijke vraagstukken besproken te worden; 1e evenwicht, 2e spraak. Het eerste is een zintuig op zich zelf, dat in enge anatomische en functioneel betrekking staat tot het gehoorzintuig. De tweede is te beschouwen als het bij het gehoor als ontvangtoestel behorende zendtoestel, waaraan voor een zeer belangrijk deel het eerstgenoemde toestel zijn waarde ontleent.

Het evenwichtszintuig is ingebouwd in het inwendig oor. Met de taak de desbetreffende impulsen op te nemen en door te zenden, zijn de z.g. halfcirkelvormige organen belast (No. 12 op fig. 111 A en C). De drie halfcirkelvormige kanalen komen uit op de voorhof van het inwendig oor. Ze zijn gevuld met dezelfde vloeistof, die ook door het slakkenhuis circuleert. Er is trouwens een open verbinding tusschen slakkenhuis en halfcirkelvormige kanalen. De laatste bestaan uit een met vocht gevuld beenig kanaal, waarbinnen zich een evenzoo met vocht gevuld vliezig kanaal bevindt. Het beenig kanaal komt uit in de voorhof. Het vliezig kanaal in een in de voorhof gelegen zakje. Op fig. 111 C is het vocht in het eerstgenoemde kanaal zwart geteekend, het vliezige kanaal en het vliezige zakje (11) wit. (Er zijn trouwens twee vliezige zakjes, het andere zakje S op fig. 111 C staat met de onderste gang van het slakkenhuis in verbinding). Even voordat de drie vliezige halfcirkelvormige kanalen uittreden in het vliezig zakje, verwijden zij zich bekervormig. In elk van die drie

bekertjes of ampullen bevindt zich een spitse verhevenheid de z.g. crista acustica (zie fig. 114), bekleed met hooge cilindrische haarcellen, die van denzelfden bouw zijn en even gevoelig als de haarcellen van Corti in het slakkenhuis. Behalve deze cristae acusticae dragen ook gedeelten van de beide vliezige zakjes, die we als maculae acusticae (zie fig. 115) plegen aan te duiden, cilindrische haarcellen. Ook deze haarcellen nemen prikkels op, die door zenuwvezels, die naar de gehoorzenuw gaan, naar de hersenschors overgebracht worden.

Op de haarcellen van de maculae acusticae ligt

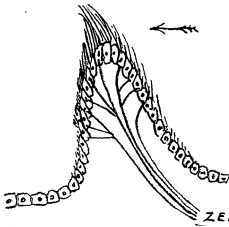


Fig. 114. Crista acustica.



Fig. 115. Macula acustica.

een fijn kristallenhoudend vliesje (de z.g. otolithenmembraan, terwijl de kristallen zelf otolithen genoemd worden). Deze kristallen zijn het, die gehoor gevend aan de wet van de zwaartekracht, drukken op de er onder liggende gevoelige haarcellen en de physiologische prikkel vormen, die deze cellen doorgeven aan de gehoorzenuw. Bij den eenen stand van het hoofd worden andere haarcellen gedrukt en dus geprikkeld dan bij den anderen. Deze otolithen zijn het, dus, die ons over den stand van ons hoofd en daarmee van ons lichaam in de ruimte op de hoogte houden. De

cristae acusticae daarentegen in de ampullen van de halfcirkelvormige kanalen worden niet door otolithen geprikkeld, maar door de stroomingen in de vloeistof, die in die kanalen circuleert, door beweging van ons hoofd veroorzaakt.

De drie halfcirkelvormige kanalen liggen in drie ongeveer loodrecht op elkaar staande vlakken. Zij onderrichten ons dus over de *beweging* van ons lichaam in de ruimte. Maculae en cristae samen oriënteren ons dus van oogenblik tot oogenblik over stand en beweging van ons lichaam, ten opzichte van de buitenwereld. Eigenlijk hebben we hier dus niet met een zintuig te doen, maar met een *statisch-kinetisch-gevoelsorgaan*. Het ontleent echter vooral zijn bijzondere waarde aan de gelegenheid, die het ons verschaft, om ons evenwicht te bewaren (vandaar den naam evenwichtszintuig), d.w.z. zoowel in rust als in beweging zorgt het, dat het zwaartepunt van ons lichaam binnen het steunvlak van ons lichaam blijft. Dat is noodzakelijk om vallen te voorkomen en zoo samengestelde reflex-bewegingen als loopen, fietsen e.d. mogelijk te maken.

De spanning van verschillende spieren van romp en ledematen wordt automatisch-reflectorisch in overeenstemming gebracht met de door verandering van stand of door beweging wenschelijk geworden verplaatsing van het zwaartepunt. Het is de verdienste van de school van Magnus en de Kleijn te Utrecht geweest bij mensch en dier nader wezen en werking, doel en mechanisme van deze reflexen en van het evenwichtsorgaan te hebben nagepeurd.

Daarbij is ook gebleken hoe innig de samenwerking tusschen al deze statische en kinetische reflexen

is en de z.g. diepere sensibiliteit, d.w.z. de voortdurend hersenwaarts vloeiende stroom van nerveuse impulsen, die hersenschors en daaronder gelegen centra op de hoogte houden van stand en spanning van spieren en gewrichten.

Uit den aard der zaak is zonder wisselwerking tusschen het evenwichtszintuig (dat ons over het al dan niet bestaan van evenwicht onderricht) en de spieren en gewrichten, met behulp waarvan we in staat zijn den stand van ons lichaam als geheel resp. van de verschillende onderdeelen te veranderen — aan te passen aan de behoefte van het oogenblik — behoud van evenwicht niet mogelijk.

Het evenwichtszintuig kan men dan ook het best als zeer belangrijk onderdeel van de diepere sensibiliteit beschouwen.

Zeeziekte en wagenziekte berusten voor een belangrijk deel op een overmatige prikkelingstoestand in de maculae acusticae. De waggelende gang van bepaalde patiënten wijst op ziekelijke veranderingen in de zenuwbanen en centra.

Van die centra mogen hier met name de kleine hersenen genoemd worden.

De spraak is, zooals reeds opgemerkt, geen zintuig, maar het bij ons gehoorszintuig (als ontvang-apparaat) behoorende zendapparaat; het communicatiemiddel bij uitnemendheid. Weliswaar stelt ons gezichtszintuig ons in staat ook door middel van het geschreven woord te correspondeeren. Ook bliken, gelaatsuitdrukkingen en handelingen kunnen welsprekend zijn. Maar toch zou zonder het gesproken woord de gelegenheid tot gedachtenwisseling zóó beperkt zijn, dat de ontwikkeling der

menschelijke samenleving op een veel lager trap zou staan, dan nu het geval is.

Eerst iets over den bouw van het spraakorgaan. Ten behoeve van de geluidsvorming zijn in het bovenste gedeelte van de luchtpijp een paar elastische banden — de z.g. stembanden — zóó ingebouwd, dat ze door den luchtstroom in trilling kunnen worden gebracht. Als luchtstroom kan zoowel de inademings-, als de uitademings-lucht gebruikt worden (practisch gesproken wordt alleen de uitademingslucht gebruikt).

De toonhoogte is behalve van lengte en spanning der stembanden afhankelijk van de lengte van de buis of pijp — in dit geval van den afstand tusschen strottenhoofd en tandenrij. — Aangezien de lengte der stembanden voor ieder persoon constant is en de genoemde afstand slechts voor geringe wijziging vatbaar is, wordt in het spraakorgaan wijziging van toon en geluid — en dus vorming van verschillende geluiden en tonen — in hoofdzaak verkregen door wijziging van de spanning en de afstand tusschen de beide stembanden. Ook de kracht, waarmede de lucht door luchtpijp en stembanden geperst wordt, kan naar willekeur geregeld worden ¹⁾. Door wijziging van vorm en sluiting van de als resonator of klankbord fungerende mond- en neuskeelholte zijn we in staat geluiden te articuleeren, zoodat letters en woorden gevormd worden.

Fig. 116, 117 en 118 geven slechts een oppervlakkig beeld van den zeer samengestelden bouw van het strottenhoofd. Voor ons doel is het vol-

¹⁾ Bij rustig spreken 14—24 c.M. waterdruk, bij hard schreeuwen tot 100 c.M. waterdruk toe. Deze druk wordt geregeld door de uitademingspijpen (zie bij de ademhaling blz. 123).

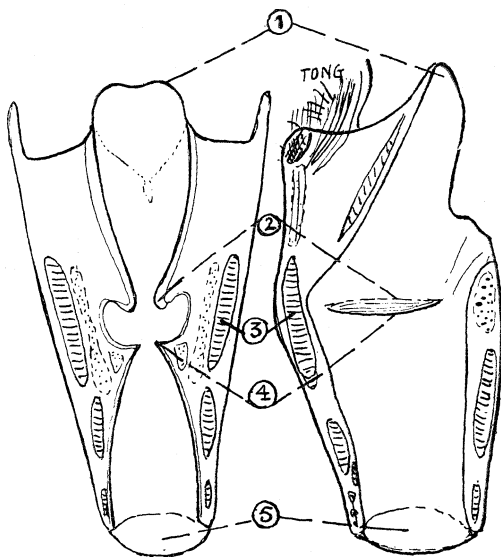


Fig. 116. Zijdelingsche doorsnede strottenhoofd

Fig. 117. Voorachterwaartsche doorsnede strottenhoofd.

1. strotklepje; 2. valsche stemband; 3. kraakbeengeraamte; 4. ware stemband; 5. luchtpijp.

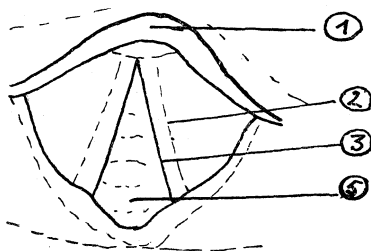


Fig. 118.

Keelspiegelbeeld.

1. strotklepje.
2. valsche stemband.
3. ware stemband.
5. luchtpijp.

doende zich het strottenhoofd voor te stellen, als een op den ingang van het strottenhoofd gebouwde kraakbeenige doos, waarin aan de wanden ter weerszijden zich de stembanden bevinden, die tusschen zich de z.g. stemspleet open laten. De lengte der stembanden is bij den man ongeveer 15 m.m., bij de vrouw slechts 11 m.m. Boven de z.g. ware stembanden bevinden zich nog een paar slijmvliesplooien, de z.g. valsche stembanden.

Het strottenhoofd ligt vlak onder de oppervlakte van de huid, aan de voorzijde van den hals en kunnen we daar van voren en van op zij betasten bij rust en ook bij beweging. Bij spreken neemt men dan kleine bewegingen waar, bij zingen van noten valt bij betasten op, dat daarbij het heele strottenhoofd trilt. ¹⁾

We kunnen ook het strottenhoofd van binnen bezien met behulp van verschillende instrumenten, o.a. met den keelspiegel. Dan kan men waarnemen hoe de afstand tusschen de stembanden zich bij het zingen van verschillende noten wijzigt (iemand die gekeelspiegeld wordt, kan uit den aard der zaak niet spreken, maar wel enkele noten zingen).

De wijze, waarop de verschillende letters door ons gevormd worden, kan ieder eigenlijk sneller bij zich zelf waarnemen, dan door ons hier in bijzonderheden worden verteld. Slechts zij er de aandacht opgevestigd, dat de klinkers — a, e, i, o, u — gevormd worden alleen door de wijdte van mond en neuskeelholte, met behulp van tong en lippen te wijzigen. De luchtstroom wordt daarbij niet on-

¹⁾ Bij slikken kan men zien en voelen, dat het strottenhoofd op de reeds op blz. 54 beschreven wijze, naar boven gaat om daarna weer naar zijn plaats terug te keeren (dat daarbij tevens het strottenhoofd wordt afgesloten, werd terzelfder tijd vermeld).

derbroken, terwijl bij de vorming der medeklinkers de luchtstroom in meerdere of mindere mate onderbroken wordt, hetzij door de lippen (lipletters; b, m, p, bijv.) hetzij door de tong (d, t).

Bij sommige letters doet de neusholte dienst als klankbord (neusgeluiden), bij andere wordt de wijdte van de mondholte tot een minimum teruggebracht; er ontstaan z.g. sissgeluiden. (s, z).

Bij nadere studie blijkt, dat het spraakvraagstuk buitengewoon ingewikkeld is en niet alleen tal van spieren in mond, neuskeelholte en strottenhoofd, bij verschillende letters en klanken zeer verschillend werken, maar ook dat de centrale regeling van deze functie een wonder is. Ook hier, neen juist hier speelt de hersenschors, met name de centra voor het verstaan en verwerken van het gesproken woord, een belangrijke rol, omdat ze zeer nauw met het centrum der woordvorming verbonden is. Leeren spreken kost niet voor niets meerdere jaren van intensieve oefening, en niet gering is het aantal dergenen, die met stoornissen in de letter- en woordvorming te kampen hebben.

Gevoel, reuk en smaak. — Van deze drie zintuigen, die we nog bespreken moeten, bewaren we het eerste voor later.¹⁾

Reuk en smaak noemt men niet ten onrechte

¹⁾ Ten aanzien van het gevoelszintuig onderscheidt men meestal de in de huid gelocaliseerde *oppervlakkige sensibiliteit* en de in spieren, pezen en gewrichten gelocaliseerde *diepe sensibiliteit*. De eerste zullen we bij de huid bespreken. Over de diepe sensibiliteit hebben we boven bij het evenwichtszintuig reeds een en ander medegedeeld, terwijl we in het aan bouw en functie van onze spieren, in één woord aan de „beweging” gewijde hoofdstuk nog gelegenheid zullen hebben op de diepe sensibiliteit, die bij de regeling van schier elke beweging van zoo buitengewone beteekenis is, terug te komen.

veelal in één adem. En dat om meer dan één reden. In de eerste plaats zijn de prikkels, die op beide zintuigen werken gelijksoortig. En in dit geval niet van natuurkundigen, maar van scheikundigen aard. Bovendien worden voor een deel beide zintuigen door de zelfde stoffen geprikkeld. In de tweede plaats is het onderscheidingsvermogen van beide zintuigen beperkt en staat meer dan de aard van den prikkel in ons bewustzijn de waardeering — hetzij in gunstigen (aantrekkenden), hetzij in ongunstigen (afstootenden) zin — op den voorgrond. Dienovereenkomstig weegt de persoonlijke, subjectieve factor zwaar. En in de derde en niet de minst belangrijke plaats zijn smaak- en reukzintuig in naburige met slijmvlies bekleede holten — mond en neusholte — gelocaliseerd, zonder dat we ons scherp van deze localisatie rekenschap geven. Het gevolg is, dat we sommige stoffen meenen te ruiken, terwijl we ze feitelijk proeven. En andere meenen te proeven, terwijl we ze eigenlijk ruiken. Zoo is het verklaarbaar, dat we allerlei stoffen, die walgelijk heeten te smaken (bijv. levertraan) uitstekend kunnen slikken, als we maar den neus dicht houden. Ook meenen we den smaak kwijt te zijn, wanneer door neusverkoudheid het reukveld in het neusslijmvlies buiten functie gesteld is. Tenslotte hebben reuk en smaak de eigenschap gemeen — voortvloeiend uit het zeer persoonlijk, subjectief karakter van de waardeering van verschillende smaak- en reukprikkel — dat daarover niet te twisten valt. Te minder, omdat smaak- en reuk-indrukken zoo weinig belijnd kunnen zijn, dat we groote moeite kunnen hebben ze te beschrijven.

Tusschen beide zintuigen is een verschil vermeldenswaard: het reukzintuig is bij den mensch in

vergelijking met dat van vele dieren buitengewoon slecht ontwikkeld — men denke eens aan de kwaliteiten van een goede speurhondenneus — terwijl de smaak bij den mensch zeer behoorlijk ontwikkeld kan zijn. Onze reuk geeft dan ook niet, zooals bij de dieren, richting aan ons doen en laten. Een behoorlijk ontwikkeld smaakzintuig daarentegen is voor voeding en spijsvertering van groote beteekenis. Zoowel door de taak, die daarvoor is weggelegd ten behoeve van de keuring van spijs en drank, als door het reflectorisch afscheiden van verschillende spijsverteringssappen. Thans enkele bijzonderheden over localisatie en functie van beide zintuigen.

De reuk is feitelijk beperkt tot een klein veld van het slijmvlies in het dak van de neusholte, (slechts enkele vierkante centimeters groot), dat in hooge mate beschermd ligt tegen uitdroging, afkoeling en neerslag van stof. Tusschen de gewone dekcellen bevinden zich hier reukcellen, die door een zenuwvezel — die door fijne gaatjes in den naburigen schedelwand de schedelholte binnendringen — regelrecht met de reukzenuw verbonden zijn. Bij de hersenzenuwen (blz. 344) hebben we die als een uitstulping van de hersenschors leeren kennen. De vertakkingen van de reukzenuw zijn op fig. 88 te zien.

Wat de reuk zelf aangaat, op dit terrein bestaan wat gevoeligheid en onderscheidingsvermogen betreft groote individueele verschillen. Ook uitgesproken eenzijdige ontwikkeling en overgevoeligheid. De één ruikt direct ook zeer geringe sporen van een bepaalde stof. Een ander is meer gespecialiseerd is op een andere stof. Een derde ruikt heel weinig. Merkwaardig is ook de vermoeibaarheid

van dit zintuig. Reeds na kortstondig verblijf in een atmosfeer, bezwangerd met de een of andere, hetzij aangename, hetzij onaangename, reukstof treedt zoodanig gewenning op, dat we de stof in kwestie niet meer ruiken. We merkten reeds op, dat de reuk voor een belangrijk deel gebonden is aan de onbelemmerde neusademhaling. Bij neusverkoudheid in den zin van met zwelling en overvloedige secretie gepaard gaande ontsteking van het neusslijmvlies, kan de reuk practisch geheel verdwijnen. De reuk van stoffen in de buitenlucht is grootendeels gebonden aan de inspiratie. Om beter te kunnen ruiken snuiven we den geur op, d. w. z. we inspireeren langzaam, terwijl we met behulp van enkele tot de mimische musculatuur behoorende spieren de neusgaten wijd openen. Daarentegen treedt de reuk van stoffen in den mond en in lager gelegen deelen van spijsverteringskanaal en luchtwegen in hoofdzaak, om voor de hand liggende redenen, bij uitademing op. Al die reukstoffen schijnen eerst in het vocht, dat de reukcellen bedekt, te moeten worden opgelost, om te kunnen worden waargenomen. Merkwaardig zijn de geringe hoeveelheden stof, die als reukprikkel kunnen optreden. ¹⁾

Onze landgenoot Prof. Zwaardemaker te Utrecht heeft zich door de studie van den reuk zeer verdienstelijk gemaakt en met name een reukmeter of

¹⁾ Van sommige stoffen is een kleine fractie van een milligram voldoende om een kamer met geur te vullen. Een liter lucht bevat dan slechts een paar milliárdste deelen van een milligram. Opvallend is trouwens het feit, dat de sterkte van den reuk bij afnemende concentratie kan toenemen (koollucht bijv.).

De meeste reukstoffen bezitten groote moleculen en dienovereenkomstig een hooge dampspanning. Tyndall slaagde er in met behulp van natuurkundige middelen de aanwezigheid van reukstoffen aan te toonen. In een goede classificatie van de verschillende reukstoffen is men tot dusverre niet geslaagd.

olfactometer geconstrueerd, met behulp waarvan hij verschillende merkwaardige vondsten deed. Daarvan willen we er alleen één vermelden nl. menging van de geuren van bepaalde sterk riekende stoffen in zekere verhouding geeft een reukloos mengsel.

De smaak is gelocaliseerd over een vrij uitgebreid gedeelte van het mondslijmvlies en gebonden aan z.g. uit smaakcellen bestaande „smaakknoppen”, receptieve zenuweindorgaantjes, die er bij sterke vergrooting uitzien, als op fig. 119 is aangegeven.

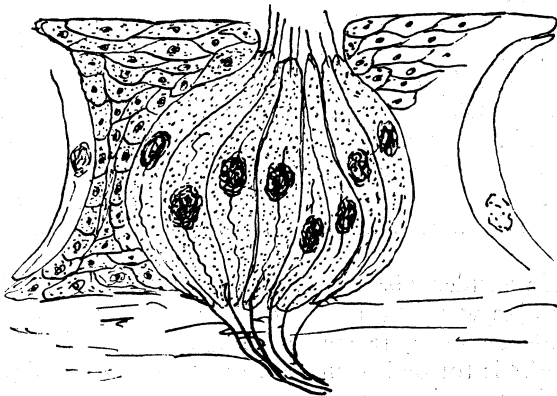


Fig. 119. Smaakknop (bij sterke vergrooting).

Vooraf op de tong treft men er een groot aantal, verspreid tusschen de dekcellen, aan. Voorts een minder groot aantal op het slijmvlies van de binnenzijde van de wang, van het verhemelte, de amandelen en den achterwand van de neuskeelholtte. Ze zenden de impulsen, die ze onder invloed van de in het speeksel opgeloste smaakstoffen ontvangen, door, langs de vezels van de smaak- of onder-tongszenuw, waarmede ze verbonden zijn.

Men onderscheidt meestal vierderlei smaak-indruk: zoet, bitter, zuur¹⁾ en zout. Maar er zijn daarenboven nog talrijke niet gemakkelijk te definiëren smaak-indrukken. Veel wat het verhemelte streelt moet men proeven om te weten hoe het smaakt, zonder dat men dan nog in staat is zich zelf, laat staan anderen, een scherp beeld te geven van de indrukken, die op deze wijze tot ons komen. De verschillende smaak-indrukken zijn blijkbaar niet over alle smaakknoppen gelijkelijk verdeeld. De zijkanten en de punt van de tong bijv. zijn veel gevoeliger voor zoet en zuur dan de rest van de tong. Het achterste gedeelte daarentegen is bijv. weer gevoeliger voor bittere stoffen.

De smaak is al even moeilijk te onderzoeken als de reuk. Ook is de concentratie waarin sommige personen bepaalde stoffen proeven zeer verschillend. Zoowel de physiologie als de psychologie van reuk en smaak hebben nog veel duisters.

We zouden afscheid kunnen nemen van de zintuigelijke waarneming als het geen aanbeveling verdiende de vraag te stellen of het aantal zintuigen beperkt is tot de boven besprokene en genoemde?

Die vraag is eenvoudiger te stellen dan te beantwoorden. Het is natuurlijk gemakkelijk de fantasie ruim baan te laten en het bestaan van allerlei nog onbekende zintuigen te veronderstellen. Maar het zou al evenzeer van grenzenlooze oppervlakkigheid getuigen zonder meer de veronderstelling te aanvaarden, dat de zintuigelijke waarneming zich beperkt tot de wereld der bekende zintuigen.

¹⁾ De intensiteit van dezen smaakindruk is niet van het zuurgehalte zonder meer, maar van de waterstofionen-concentratie, dus van de dissociatie van het zuur, afhankelijk.

Die wereld is daarvoor per slot van rekening te beperkt in verhouding tot de onbeperkteid van de buitenwereld, waar we nog steeds nieuwe krachten ontdekken (men denke bijv. aan de reeds genoemde draadlooze energie). Men behoeft nog geenszins aan occulte verschijnselen en het vermogen van sommigen om die waar te nemen te gelooven, om te weten, dat de wereld der ongeziene, ongehoorde en met de bekende zintuigen niet waar te nemen, dingen grooter is dan de wereld der zichtbare, hoorbare, zintuigelijk waarneembare z.g. realiteiten. Ik herhaal nog eens z.g. realiteiten, omdat we niet het recht hebben de *realiteit* van hetgeen we met onze zintuigen waarnemen, juister waarvan we ons met behulp van onze zintuigen een meer virtueel dan reëel beeld vormen, als het non plus ultra van menselijke wijsheid te beschouwen. De realiteit van de ongeziene dingen is er daar niet minder groot om. Niets is daardoor meer geschikt om de wetenschap te behoeden voor hoogmoed en den man van wetenschap te bewaren voor opgeblazenheid, dan de studie der zintuigelijke waarneming. Op geen enkel gebied dringt meer de waarheid tot ons door van de oude spreuk der Romeinen, die ik zoo zou willen vertalen: het leven is even kort als de werkelijkheid onbegrensd is, en dubbel moeilijk is dus de waardeering, aangezien ook de waarneming bedriegelijk is. . . .

HOOFDSTUK XI

BEWUSTZIEN EN PERSOONLIJKHEID

's Levens geheimenissen zijn vele. Er is geen hoofdstuk in dit boek, dat niet oneindig meer problemen signaleert dan oplossingen aan de hand doet voor een der vele verhoudingen, die het leven tot een levend, en dus in zijn aspecten van oogenblik tot oogenblik wisselend, raadsel stempelen. Maar het moeilijkste vraagstuk uit dit complex is en blijft ongetwijfeld dat van bewustzijn en persoonlijkheid. De brug tusschen de stoffelijke en geestelijke wereld is nog door niemand geslagen. Ja de veronderstelling ligt voor de hand, dat wij de verhouding tusschen impulsen en indrukken, tusschen fysisch en psychisch gebeuren, nooit zullen leeren doorgronden. Wij hebben nu eenmaal geen vast punt en maatstaf buiten ons zelve. Wij kunnen slechts met Cartesius ons bestaan aannemelijk achten door het bewijs uit het ongerijmde, n.l. de veronderstelling, dat denken ondenkbaar is zonder zijn en het psychisch gebeuren dús een fysisch substraat moet hebben. Wij mogen echter niet op het terrein der filosofie verdwalen. Wij moeten ons beperken tot enkele gegevens en beschouwingen over ontwikkeling en verloop van alle psychisch gebeuren, waarbij impulsen omgezet worden — hoe blijft duister — in indrukken. En indrukken verwerkt worden tot voorstellingen, voorstellingen tot denkbeelden, denkbeelden tot besluiten. Terwijl door langdurige wisselwerking tusschen fysisch en psychisch gebeuren, tusschen eigen en anderer voorstellingen, uit denkbeelden, wils- en gevoelsuitin-

gen zich vroeg of laat als hogere eenheid de persoonlijkheid ontwikkelt, die haar stempel drukt op alle psycho-physische reacties en verhoudingen. Allereerst enkele voorstellingen en begrippen, die ten doel hebben een beeld te vormen van de intrapsychische processen, die verondersteld worden zich in hersenschors en enkele naburige, lager gelegen zenuwcentra af te spelen bij de verwerking van indrukken en voorstellingen tot wils- en gevoelsuitingen. Bij deze intra-psychische processen staat één functie van het centraal zenuwstelsel, de z.g. associatie, in het middelpunt der belangstelling. Daaronder moet populair gesproken het vermogen verstaan worden, om automatisch de centra voor verwerking van verschillende zintuigelijke waarnemingen onderling en die weer met hogere en lagere centra (waarin de herinneringsbeelden van vroegere waarnemingen en associaties zijn vastgelegd) te verbinden.

Het is als met een telegram van een spoorwegongeluk, dat automatisch van station tot station wordt doorgegeven, zóó langs de heele lijn de ronde doet en overal het uitgangspunt vormt van doelmatige reacties. In de maatschappij spelen vele individuen een rol; in hersenschors en hogere zenuwcentra wordt de taak dier individuen door onderling door schakelneuronen verbonden zenuwcellen overgenomen. De impulsen, die door de receptoren worden opgenomen worden dus in velerlei richting doorgegeven, in verwarrende verscheidenheid van richting, totdat ten slotte als resultaat van het intra-psychische associatieproces een of meer motorische cellen een impuls krijgen om de corresponderende klieren en spieren in actie te brengen.

Bij dat associatie-proces wordt het geheel der

prikkels, dat onze zintuigelijke waarneming als de „situatie van het oogenblik” tot ons bewustzijn brengt dus tevens vergeleken met de herinneringsbeelden van in het verleden op gelijke wijze opgedane ervaring en de bij reactie daarop bereikte resultaten. De onveranderlijke en onvoorwaardelijke reflexbaan, die de lagere ruggemergscentra kenmerkt, maakt zodoende plaats voor de steeds wisselende en zich ontwikkelende voorwaardelijke reflexbanen, die de hoogere zenuwcentra kenmerken en inschakeling van een z.g. *associatief geheugen* veronderstellen. Zoo worden de zintuigelijke waarnemingen, die we in een vorig hoofdstuk in al hun verscheidenheid en samengesteldheid leerden kennen geanalyseerd. En dienstbaar gemaakt aan ons contact met en onze aanpassing aan de verhoudingen in de buitenwereld. Dat de centra in de hersenschors voor gezichts-, gehoor-, tast- en andere zintuigelijke indrukken door associatiebanen verbonden zijn hebben we eigenlijk reeds geïllustreerd. Immers zoowel bij het zien, als het hooren en voelen van een bepaald voorwerp blijft de indruk in onze hersenen niet beperkt tot een visuele, auditieve of taktiele impressie. Maar geeft — aangenomen, dat we met een ons bekend voorwerp te doen hebben, dat we bij het waarnemen van één indruk kunnen herkennen — tot beeldvorming aanleiding. Tot een beeld, dat ook kwaliteiten heeft, die we niet op dat oogenblik als zoodanig hebben waargenomen. Herinneringsbeelden van de klok bijv., die we zoo menigmaal hoorden en zagen, zijn het, die ons het welbekende tikken doen associeeren met het begrip, met het beeld „klok” en niet met het begrip geluid alleen.

Niet het verwerken van impulsen tot indrukken

is dan ook de voornaamste taak van ons centraal zenuwstelsel, maar het associeeren van zintuigelijke waarnemingen onderling en het vergelijken met de herinneringsbeelden afkomstig van vroegere situaties. De ontwikkelingsmogelijkheid van voorwaardelijke reflexen en de ontwikkeling van een associatief geheugen gaan dan ook hand in hand met toenemende ontwikkeling van associatiebanen en associatiecentra. Daaraan dankt de mensch de groote omvang en oppervlakte van zijn hersenschors. Daaraan dankt het menschelijk geslacht zijn ontwikkeling van intellect en gevoel; zijn vatbaarheid voor redelijke en zedelijke ontplooiing.

Ter illustratie van de wijze waarop, naar wij veronderstellen de verschillende associatiecentra werken, — ja samenwerken en ook blijkbaar moeten samenwerken om indrukken en denkbeelden om te zetten,¹⁾ — laten we hier enkele gegevens volgen over de spraak. Deze functie, draagt er haast meer nog dan het gezicht toe bij, dat de uitwisseling van gedachten tusschen verschillende menschen (en daardoor de ontwikkeling van den geest van den mensch) zoo groot is.²⁾ We willen niet terug grijpen op de in hoofdstuk X over bouw en functie van het spraakorgaan medegedeelde bijzonderheden. Maar ons uitsluitend beperken tot een poging om ons rekenschap te geven van de plaats, die bij hantee-ring van het spraakmechanisme de hersenschors speelt.

¹⁾ M. a. w. aan waarnemingen begrippen te verbinden en voorts de denkbeelden in daden om te zetten, en aan begrippen handelingen te verbinden.

²⁾ Het is de spraak, die met weinig woorden uitwisseling van reeksen indrukken en herinneringsbeelden resp. daarop gebouwde begrippen en denkbeelden, mogelijk maakt. Indrukken, begrippen en denkbeelden, die elk individu anders ten koste van veel tijd en energie zelf zou moeten verzamelen en beleven.

Zowel het gesproken als het geschreven woord is niet anders dan een symbool. Een eenvoudig symbool voor een meestal zeer ingewikkeld complex van psychische, in hoofdzaak associatieve, processen. De spraak beteekent dan ook enorme besparing van geestelijke en lichamelijke energie. Een Engelsch physioloog zegt niet ten onrecht „alle wetenschap moet inderdaad worden beschouwd als een uitbreiding in het proces der voorstelling van als herinneringsbeelden vastgelegde ervaring van ons zenuwstelsel in symbolisch snelschrift”. Deze functie kost dan ook veel tijd van aanleeren. Wie haar machtig is kan zich slechts met moeite een voorstelling maken van den aard der psychische associatieve processen, die bij deze functie een rol spelen. Bijna alle deelen van de hersenschors komen er aan te pas. Het geluid, dat bij opvangen van gesproken woorden ons oor treft en daar als impuls fungeert voor de receptoren van de gehoorzenuw moet om te beginnen een ongerept schorsgedeelte treffen, belast met de omzetting van dezen impuls in een gehoorsindruk. De indruk, die dan gevormd wordt, mag eigenlijk nog niet met het begrip „woord” worden aangeduid, want dat woord heeft nog geen inhoud, geen beteekenis, geen kwaliteit. Daarvoor is noodig, dat de associatiecentra voor het gezicht, en voor alle andere zintuigelijke waarnemingen, worden ingeschakeld, die dan het „woord” zijn inhoud en beteekenis geven. Aldus wordt het „woord” doorgegeven aan de hogere associatiecentra der begripsvorming, waar het eerst recht verstaan wordt. Dit centrum echter is niet zonder meer tot „spreken” in staat. Daarvoor is weer noodig, dat de gevormde begrippen in woorden en die woorden in motorische impulsen worden omgezet en doorge-

zonden naar de organen belast met klank- en stemvorming. Elk der schakels afzonderlijk in deze samengestelde associatie-keten kan defect zijn. Elk defect in deze keten vernietigt de spraak als eenheid van hooren, waarnemen, begrijpen en opnieuw vormen en uiten van woorden. Zoo kan alleen het opnieuw vormen van woorden bij iemand gestoord zijn. Zoo iemand kan hooren en begrijpen, is bij zijn volle verstand en heeft zelfs zijn stem niet verloren, maar kan toch niet spreken. Ook het omgekeerde komt voor n. l. dat het vermogen om woorden te vormen en uit te spreken practisch ongestoord is en ook het gehoororgaan niet geleden heeft, maar de woord-uitbeeldende klanken kunnen niet als woorden waargenomen, noch begrepen worden. Bij diverse spraakstoornissen komen weer andere defecten in dit samengestelde mechanisme voor. Defecten, die onmiddellijk van verstrekkende beteekenis zijn voor de maatschappelijke waarde van den mensch. En ook voor de verdere ontwikkeling van zijn persoonlijkheid, die bepaald wordt door het geheel van hoogere associatieve functies van de hersenschors, waarbij het gedrag in heden en toekomst bepaald wordt door de wijze, waarop nieuwe situaties getoetst worden aan de ervaring in 't verleden opgedaan.

Het fijnere mechanisme der aaneenschakeling van de verschillende associatieve processen is grotendeels nog duister. De nieuwere z.g. psychotechnische onderzoekingen hebben menig nieuw gegeven verschaft over de *wijze*, waarop en de *snelheid*, waarmede de associatieve functies van verschillende personen werken. Maar over het *wezen* van die functies en van de persoonlijkheid zelve kunnen zij ons niet inlichten. Wij kunnen hier niet dieper

op ingaan. Alleen nog iets over de intensieve wisselwerking, die er tusschen lichaam en geest bestaat. De psyche oefent beurtelings een prikkelenden en remmenden invloed uit op schier alle evenwichtsverhoudingen en energie-omzettingen in het menschelijk lichaam. Zelfs op onvoorwaardelijke en natuurlijk des te meer op voorwaardelijke reflexen, bij welks vorming psychische processen, zooals we hebben opgemerkt, zich voordoen. Toestand en functie van alle cellen en vooral van groote celcomplexen, die we gewoon zijn aan te duiden als organen en apparaten — spijsvertering, ademhaling, uitscheiding, bloedsomloop, bewegingsapparaat, vooral de interne secretie — drukken door richting en intensiteit van den stroom van afferente impulsen, die zij centraalwaarts stuwen, van oogenblik tot oogenblik een stempel op ons geestelijk leven. Een stempel van niet te miskennen duidelijkheid en beteekenis, deels van kwantitatieven deels van kwalitatieven aard. Men beschouwe dit alles niet als grof determinisme. *Invloed uitoefenen* en *stempelen* zijn betrekkelijke begrippen voor een betrekkelijke verhouding, die we met „*mede helpen vormen*” zouden willen aangeven, maar geenszins met „*vormen*” zonder meer zouden willen vereenzelvigen.

Daarvoor is onze kennis en ons inzicht veel te beperkt. Het diepere wezen van de eenheid van geest en lichaam is duister en zal wel altijd duister moeten blijven, omdat we nu eenmaal een vast punt buiten ons zelve missen, van waaruit we ons zelve zouden kunnen overzien en ontleden

HOOFDSTUK XII

BEWEGING EN ARBEID

Inleiding. — Wij hebben bij de beschrijving van de verschillende deelen en eigenschappen van het organisme verschillende groepen van levensverrichtingen leeren kennen. Sommige — adembaling, spijsvertering, bloedsomloop, uitscheiding — waren in hoofdzaak, zoo niet uitsluitend, bestemd tot instandhouding van cel, weefsel, orgaan en individu, tot voorziening van die alle van brandstof en zuurstof als onmisbare energie-bronnen voor eenigerlei prestatie.

Vele anderen — met name het zenuwstelsel en de zintuigelijke waarneming — hadden de wisselwerking, het contact met de omgeving in den ruimsten zin des woords ten doel. Receptoren namen een deel der impulsen uit de buitenwereld op. Schakelneuronen voerden ze verder naar het centraal orgaan, dat de coördinatie en coöperatie van alle lichaamcellen, weefsels en organen, dat de verwerking van impulsen tot indrukken en van indrukken tot denkbeelden en besluiten tot taak heeft. Effectoren staan dan ter beschikking om den prikkel — gevormd door de spanning, die een besluit in het centraal orgaan verwerkt — over te brengen naar de periferie; naar de organen belast met de uitvoering, met de actie, als reactie op den oorspronkelijken prikkel, met de omzetting van potentieele in kinetische energie. Voor alles in beweging en arbeid: uitwendige beweging en uitwendige arbeid. Ook inwendige beweging en inwendige arbeid. We zijn hier dus toe aan de schakel, die tot op zekere

hoogte de keten van oorzaak en gevolg sluit. Want verschillende levensverrichtingen, zooals spijsvertering en ademhaling, vereischen eenerzijds een niet onaanzienlijke hoeveelheid uitwendige en inwendige beweging en arbeid. Anderzijds maken ze die op nog veel grooter schaal mogelijk. Van de spijsvertering, die zonder darmbeweging niet mogelijk zou zijn kan het zelfde gezegd worden.

Bouw en eigenschappen van spierweefsel. — Met al die ongelijksoortige bewegingen en arbeidsprestaties is in hoofdzaak één soort cellen belast, de z.g. spiercellen. Bij verscheidenheid van vorm hebben deze één eigenschap gemeen n.l. het vermogen om zich in een bepaalde richting samen te trekken. Een samentrekking, die met verkorting in één richting en meestal met verbreding in de loodrecht daarop staande richting, gepaard gaat. Die z.g. contractie of samentrekking — een zich door beweging naar elkaar toe van de twee uiteinden van de spiercel openbarende karakteristieke spiercelfunctie — is actief. Ze komt reflectorisch tot stand onder invloed van een effectieven prikkel. Is die prikkel uitgewerkt en verwerkt, dan ontspant de spiercel zich weer, ze wordt weer langer en dunner. Deze ontspanning is echter van passieven aard. Zij behoeft geen prikkel noch energie-verbruik. Zij berust op de elasticiteit van de betrokken weefsel-substanties. Een spiercel is dus prikkelbaar. De physiologische prikkel wordt gevormd door den zenuwimpuls, die toevloeit langs het efferente motorische neuron, waarvan de ganglioncel in de voorhoorn van het ruggemerg gelegen is (zie het reflexboogschema fig. 82).

Ondertusschen is ook een van zijn verbinding

met het zenuwstelsel beroofde spiervezel prikkelbaar. Bekloppen, electriseeren heeft samentrekking ten gevolge.

Een spiercel is als alle andere cellen een klompje kernhoudend, levend eiwit, omgeven door een vliezigen wand. In verband met zijn functie bezit de cel meestal een langgerekten vorm. De lengte der verschillende spiercellen in ons lichaam varieert aanmerkelijk. Er zijn er van meerdere millimeters, er zijn er ook van meerdere centimeters lengte.

Op fig. 120 geven we een schematische voorstelling van de drie meest op den voorgrond tredende spierceltypen in ons lichaam:

a. een stuk uit een z. g. *onwillekeurige spiervezel*;

b. een stuk uit de *hartspier*;

c. een *willekeurige spiervezel*.

De eerste is het eenvoudigst van vorm en behoeft geen nadere beschrijving. De tweede en de laatste onderscheiden zich door het belangrijke feit, dat de laatste enkelvoudig en de tweede vertakt is. Juister gezegd: het willekeurige spierweefsel bestaat uit vele enkelvoudige spiervezels, die door hun wanden gescheiden zijn. Daarbij ontbreekt continuïteit in dien zin, dat er uit het protoplasma van de eene cel geen vezels direct overgaan in (of contact houden met) het protoplasma van de andere cel.

Daarentegen bestaat de hartspier uit een vlechtwerk van spiervezels, die ondanks het bezit van een eigen kern toch door protoplasmatische schakels verbonden zijn, zoodat er continuïteit van bouw en bovendien continuïteit van functie bestaat.

Van een willekeurige spier trekt elke spiervezel

zich afzonderlijk samen, onder invloed van prikkels, die de spier bereiken langs de fijne zenuwvezel, die naar elke afzonderlijke spiervezel gaat.

De hartspier luistert, zooals we gezien hebben, naar andere wetten en trekt zich als één geheel samen. De prikkel, die de eene vezel tot samen-trekking brengt wordt niet langs de zenuwbaan, maar van spiervezel tot spiervezel, doorgegeven. En dat met zoo groote snelheid, dat de geheele hartspier zich vrijwel oogenblikkelijk als geheel contrahëert. Bestudeeren we nu den bouw van een enkele willekeurige spiervezel bij zeer sterke vergrooting, zoowel bij rust als bij contractie, dan zien we met welk een samengesteld mechanisme we te doen hebben.

Fig. 122 geeft daarvan een denkbeeld:

- a. stelt de toestand voor in rust;
- b. die bij contractie.

Beide vertoonen een overdwarschen laagsgewijzen bouw. De vezel bestaat uit schijven,¹⁾ prisma's of sarcomera, die aan den bovenkant en aan den onderkant meer licht doorlaten, dan in het midden. Bij sterke vergrooting krijgen we zodoende een opeenvolging van donkere en lichte banden. Vandaar, dat men de willekeurige spieren ook als „dwarsgestreepte spieren” aanduidt en de onwillekeurige, die deze banden missen als „ongestreepte spieren”. We moeten echter voet bij stuk houden en ons nog even bepalen bij den bouw der dwarsgestreepte spieren. De functioneele eenheid is daarbij niet de vezel als geheel, maar elke schijf. Bij samen-trekking wordt zooals fig 122b doet zien het donkere gedeelte van elke schijf langer, korter en bree-

¹⁾ Er is continuïteit tusschen deze schijven, omdat overlangs fijne vezels loopen.

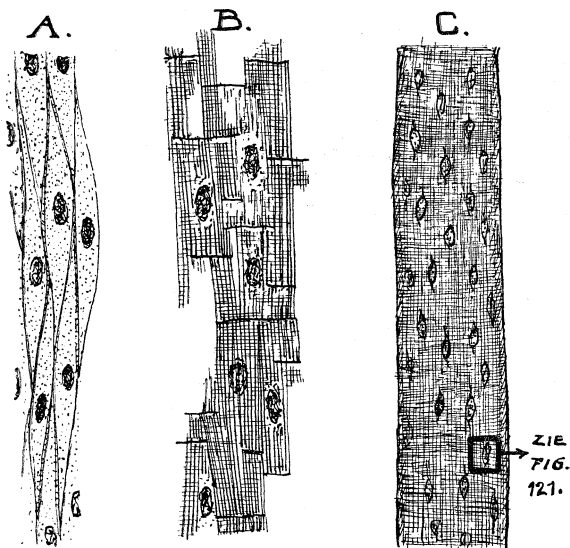


Fig. 120. Verschillende spiersoorten.

A. ongestreept onwillekeurig, B. hartspier, C. dwarsgestreept willekeurig.

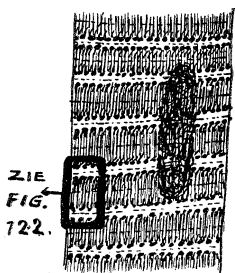


Fig. 121. Stukje Fig. 120c bij sterke vergrooting (dwarsgestreepte spier).

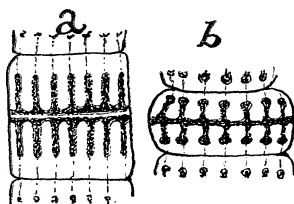


Fig. 122. Een afzonderlijke sarcomeer bij rust (a) en bij contractie (b).

der en het volume van het lichte gedeelte iets grooter. Men stelt zich voor, dat het vocht, dat zich tusschen de vezels van de donkere laag bevindt, dan uitgeperst wordt. Het totale volume wijzigt zich daarbij niet.

Bij de scheikundige samenstelling van deze spiervezels en de verandering, die deze samenstelling bij functie — dus bij samentrekking — ondergaat, kunnen we niet in bijzonderheden stilstaan. We moeten volstaan te herinneren aan het feit, dat de spiervezel als bron van energie alleen glycogeen gebruikt en dat bij de verbranding van deze koolhydraat als intermediair stofwisselingsproduct melkzuur gevormd wordt, dat bij ophooping een remmende werking op de spierfunctie uitoefent. Door uitzetting van alle haarvaten streeft het organisme er naar de functioneerende spiercel niet alleen van de noodige hoeveelheid brandstof, maar ook van zooveel zuurstof te voorzien, dat alle melkzuur verder verbrand wordt en de spier volbelast kan blijven werken.

Als de prikkel van geringe intensiteit is, komt er een geringe spiercontractie. Men moet zich dat niet zoo voorstellen, dat elke vezel afzonderlijk zich in verschillende mate kan samentrekken, al naar de sterkte van den prikkel. Maar zoo, dat de willekeurige spiercellen ieder afzonderlijk — evenals de hartspier — luisteren naar de „alles-of-niets-wet”. Met dien verstande, dat het aantal zich contraheerende spiercellen — en daarmee de kracht van de samentrekking van de spier als geheel — afhankelijk is van de intensiteit van den prikkel. Alle hartspiercellen trekken zich als gevolg van de anatomische continuïteit practisch gelijktijdig samen, want de ééne prikkel plant zich automatisch naar

alle hartspiercellen voort. Daarentegen bereikt een lichte prikkel, die langs een zenuw naar een spier vloeit, slechts een klein aantal spiercellen. Dan beperkt de samentrekking zich tot die enkele spiercellen. Zij trekken zich wel maximaal samen, terwijl de spier als geheel zich slechts in zeer geringe mate contraheert. Alleen een prikkel van voldoende kracht bereikt alle spiercellen en brengt de spier als geheel tot maximale contractie. Een contractie waarvan we verschillende eigenschappen nu iets nader willen bezien.

Twee veranderingen staan daarbij op den voorgrond n.l. *verandering van lengte* en *verandering van spanning*. Beide kunnen we meten en in getallen uitdrukken. De lengte kan in lengte-eenheden worden uitgedrukt en ook worden geregistreerd. Men fixeert dan het eene einde van de spier aan een vast



Fig. 123. Spierzenuwpraeparaat

punt en voorziet het andere einde van een lichte schrijver, die op een beroete trommel de veranderingen in lengte vastlegt. Is de schrijver licht genoeg, dan is de belasting dus minimaal en wordt geen weerstand aan de samentrekking geboden. De spanning in de spier blijft dan onveranderd (isotonische registratie). Alleen de lengte-verandering wordt vastgelegd. Belast men daarentegen het niet gefixeerde uiteinde van de spier met een voldoende gewicht, dan is het mogelijk aan de spiercontractie een zoodanigen weerstand te bieden, dat de lengte practisch geen verandering ondergaat (isometrische

registratie). Men registreert dan alleen de spanning in de spier (die zich wel belangrijk wijzigt) op de beroete trommel.

Meestal experimenteert men met een z.g. spier-zenuwpraeparaat (zie fig. 123), waarvan met behulp van elektrische stroom de zenuw geprikkeld wordt, die op haar beurt de spier geheel of gedeeltelijk tot samentrekking brengt.

De verhouding tusschen prikkel en contractie. — Daarbij is gebleken met welk een snelheid de prikkel door de samentrekking gevolgd wordt.

De latende periode — het tijdsverloop tusschen prikkel en beginnende contractie — duurt slechts 0,01 seconde.

De voor de contractie benodigde tijd bedraagt ongeveer 0,04 seconde. En de voor ontspanning benodigde ongeveer 0,05.

Zoodat in ongeveer 0.1 seconde de heele samentrekking van het moment van prikkeling tot het moment, waarop de rusttoestand teruggekeerd is, is afgelopen.

Bij sommige insecten is dit tijdsverloop nog veel en veel korter (0.005 seconde). Bij dieren komen dan ook buitengewoon snel functioneerende spieren voor, bijv. die van de vleugels. Bij den mensch komt het minder op de snelheid, dan wel op de kracht en den duur van de samentrekking aan. De samentrekkingstoestand van de spieren moet dan ook worden onderhouden doordat geregeld nieuwe prikkels toevloeien met voldoende snelheid (40 per seconde). Evenals bij de zintuigelijke waarneming kennen we hier een summatie van prikkels en een refractaire periode. De onder invloed van een prikkelstroom van voldoende intensiteit en frequentie

optredende samentrekkingstoestand pleegt als tetanische contractie of tetanus (stijfkramp) te worden aangeduid.

Is de prikkelstroom niet van voldoende frequentie, dan treden snel opeenvolgende trekkingen op, z.g. clonische contracties of clonus (bij en beneden 30 per seconde). Dit aantal kan ook bij bestudeering van de spier zelf worden waargenomen, door de elektrische veranderingen (potentiaalverschillen), die in elke spiercel optreden onder invloed van den prikkel, te registreeren. We zijn daartoe in staat door het bezit van zeer gevoelige instrumenten (bijv. de snaargalvanometer van Einthoven).

Bij al deze proeven is ook gebleken, dat de hoeveelheid arbeid verricht bij samentrekking tegen een zekeren weerstand, grooter is, dan die welke bij afwezigheid van zoodanigen weerstand gepraesteerd wordt.

Vermoeidheids-verschijnselen. — Een van de belangrijkste verschijnselen, die men bij de studie der spierfunctie waarneemt, is ook voor de practijk van het dagelijksch leven van groote beteekenis. We bedoelen het optreden van vermoeidheids- en uitputtings-verschijnselen. Blijven we de zenuw van een spier-zenuwpraeparaat, als boven bedoeld, langen tijd prikkelen en de samentrekking op een beroete trommel registreeren, dan ziet men na een zeker aantal contracties van gelijke hoogte en gelijken duur de latente periode langer worden. De sterkte van de contractie en ook de snelheid, waarmede en de mate, waarin de spier zich na samentrekking weer ontspant, neemt af. De prikkelbaarheid gaat geleidelijk verloren. Dit vermoeidheidsproces wordt versneld, wanneer de toevoer van brandstof en

zuurstof onvoldoende is en vertraagd, wanneer deze wel voldoende is. Ook herstelt zich de spier vlugger, naar mate de hoeveelheid zuurstof en glycogeen, die te zijner beschikking staat, ruimer is.

Verhoogde bloedtoevoer alleen heeft ook reeds een gunstige werking. Dat is begrijpelijk, als men bedenkt, dat deze vermoeidheids- en uitputtingsverschijnselen door melkzuurophooping veroorzaakt worden. Alles wat er toe bijdraagt, dat het melkzuur-depôt weggespoeld, of door verbranding opgeruimd wordt, bevordert ook het herstel van de prikkelbaarheid van de uitgeputte spier. Ook de ionenverhoudingen in het bloed spelen bij de prikkelbaarheid een belangrijke rol. Natrium-zouten verhoogen de prikkelbaarheid, calcium-zouten verminderen die. Ook hier blijkt, van hoe groote waarde de in hoofdstuk V genoemde evenwichtsverhoudingen in het bloed voor het behoud van leven en arbeidsvermogen zijn. En hoe diep veranderingen in het eene orgaan in de functie van een ander kunnen ingrijpen. M.a.w. hoe onmisbaar alle organen wederkeerig voor elkanders doeltreffende functie zijn.

Warmteproductie. — De spierfunctie gaat behalve met melkzuur-productie ook gepaard met warmte-productie. Beide gaan trouwens hand in hand en verlopen evenwijdig. De omzetting van glycogeen in melkzuur heeft warmte-productie ten gevolge. Een deel van het gevormde melkzuur wordt weer omgezet in glycogeen. Ook deze omzetting in omgekeerde richting veroorzaakt warmte-productie. De rest van het melkzuur wordt ook weer onder warmte-productie, verbrand. Warmte-productie en nog eens warmte-productie aan den eenen kant en

brandstof- en zuurstof-verbruik benevens koolzuur-productie aan den anderen kant, zijn dus de bij lichamelijken arbeid uit physiologisch oogpunt meest opvallende verschijnselen, die men waarneemt. Verschijnselen, die tevens ons arbeids-vermogen aan zekere maxima binden, omdat nu eenmaal de snelheid, waarmede zuurstof opgenomen en koolzuur uitgescheiden worden kan, niet onbeperkt is. Ook de snelheid, waarmede de spieren met de benoedigde hoeveelheden glycogeen voorzien kunnen worden heeft zijn grenzen. Weliswaar kan het aantal doorstroomde haarvaten in een spier, die uit rust tot arbeid overgaat, tot het veelvoudige stijgen. Daarmede neemt tevens de brandstof- en zuurstofvoorziening toe. Automatisch zet voorts het geproduceerde melkzuur (dus verandering van de koolzuurspanning in het bloed), op de op blz. 138 beschreven wijze, weer de ademhaling aan tot versnelde werking. Maar daardoor kan toch bij overmatige arbeid geen overmatige melkzuur-productie voorkomen worden, en daardoor uitputting van dien aard, dat de arbeid gestaakt moet worden. Geheel machteloos staan we tegenover dit mechanisme in zooverre niet, dat ook op dit terrein oefening kunst baart. Geregeld geoefende spieren bestaan uit sterker, ontwikkelder, langer, beter met bloed doorstroomde spiervezels, die gemakkelijker van zuurstof en glycogeen voorzien en van koolzuur en melkzuur bevrijd worden en dus op hoogere arbeidspraestatie berekend zijn, dan ongeoeffende spieren. Krachtige, goed gevoede spieren zijn in staat in afwachting van het moment, dat longen en bloedsomloop zich hebben ingesteld op de verhoogde eischen van het oogenblik, een zeker aantal seconden te functioneeren, terende op de in de spieren aanwezige hoeveel-

heden glycogeen. Dit heeft natuurlijk een snelle en geweldige melkzuurproductie ten gevolge. Maar een goed geoefend atleet, kan het precies met deze maximale inspanning uithouden tot het oogenblik, waarop bloedsomloop en longen zich aan den nieuwen toestand hebben aangepast en het hunne bijdragen, om snel in de toenemende zuurstofhonger van het organisme in het algemeen en van de spieren in het bijzonder, te voorzien. Dan wordt geleidelijk de schade, de achterstand, ingehaald. Voor de spierfunctie zelf — voor de omzetting van glycogeen in melkzuur — is praktisch gesproken geen zuurstof noodig. Voor het herstel van de uitgeputte spier des te meer. We zullen hier niet terugkomen op de reeds bij de stofwisseling besproken verhouding tusschen spierfunctie en voedselverbruik en op de mechanische efficiëntie van ons organisme in dit opzicht.

We moeten alleen even herinneren aan het feit, dat $\frac{4}{5}$ van de door de voeding ter beschikking van de spieren komende energie in warmte wordt omgezet en slechts $\frac{1}{5}$ in arbeid (een efficiëntie dus van 20, hoogstens 30 %).

Deze belangrijke warmteproductie maakt het in verband met de behoefte van tal van cellen, weefsels en organen aan het behoud van een vrijwel constante temperatuur in het belang van een bevredigende functie noodzakelijk, dat ons lichaam beschikt over middelen om die temperatuur te regelen.

Aangezien bij deze warmteregeling de huid de gewichtigste rol speelt, zullen we dit vraagstuk in hoofdstuk XIII aan de orde stellen.

De functie der onwillekeurige, ongestreepte spieren. — De z. g. ongestreepte, onwillekeurige spier-

cellen zijn de contractiele elementen, die aan een van de lagen van den wand van schier alle „ingewanden” — darmen, galwegen, blaas, nierbekken, urinewegen — en ook van de bloedvaten het vermogen verzekerden zich zoowel in overlangsche, als in dwarsche richting samen te trekken en zodoende korter en nauwer te worden. Deze spiercellen zijn, zooals we boven zagen, eenvoudiger van bouw. Ze onderscheiden zich bovendien van de dwarsgestreepte, willekeurige spieren niet alleen door den geringen invloed, die op hun functie door het bewustzijn kan worden uitgeoefend, maar ook door de zelfstandigheid, die hun functie kenmerkt. Daarmede staat de rijkdom aan ganglioncellen en eigen zenuwvezels, die niet in direct verband met de motorische voorhoornzellen van het ruggemerg staan, maar door het ingewandszenuwstelsel (zie blz. 332) geïnnerveerd worden, in verband.

De ongestreepte spiercel is trouwens in staat ongestuwd en ongeremd door zenuwinvloeden automatisch te contraheeren, zooals men proefondervindelijk kan aantoonen. Brengt men ongestreepte spiercellen, ontdaan van zenuwcellen en zenuwvezels, in een bepaalde omgeving, dan kan men die spontane contracties als reactie op verhoudingen in die omgeving waarnemen.

In verband met de lange latente periode en de geringe snelheid van samentrekking is de frequentie van het aantal contracties per minuut oneindig veel geringer dan bij de dwarsgestreepte spieren (enkele malen, hoogstens 10 à 12 maal per minuut tegen meerdere tientallen tot honderdtallen malen per seconde bij de dwarsgestreepte).

Physisch bezien valt vooral de vrije lange latente periode (0,25-1 seconde) en de zeer lange contractie-

duur (enkele seconden tot enkele minuten) op. Deze ongestreepte spieren worden in ingewanden en bloedvaten minder direct langs den weg van het zenuwstelsel, dan wel mechanisch en chemisch, geprikkeld. In de ingewanden wordt de physiologische prikkel gevormd door de spanningsverandering, die de wand van darm en blaas bijv. bij vul-ling ondergaat. Op die spannings-verandering, die voor de spiervezels in kwestie rekking beteekent, reageeren deze door rhythmische samentrekking. Het op blz. 64 beschreven mechanisme, dat menging en voortbeweging van den inhoud van maagen dar-men ten gevolge heeft, berust hierop. — Scheikun-dige prikkeling kan tot stand komen, omdat op de reeds eerder o.a. op blz. 68 beschreven wijze het bloed overstroomd wordt met het afscheidings-product van een of meer klieren met interne secre-tie (zie ook hoofdstuk VIII) en dit intern secret regelrecht op de ongestreepte spiercellen werkt.

Inderdaad berust hierop bijv. de vaatvernauwen-de werking, die allerlei factoren via adrenaline-af-scheiding (door aanzetting van de intern secre-toire functie van de bijnieren) hebben.

Voorts heeft de eigenaardige bouw van de onge-streepte-spiercellen-bevattende lagen in den wand van de darmen ten gevolge, dat hier voortschrij-dende contractie-golven ontstaan. De ééne vezel geeft den prikkel aan de naburige vezels door. Ver-ondersteld wordt door sommigen, dat ook hier (evenals bij de hartspiercellen) anatomische conti-nuïteit bestaat (fijne protoplasma-vezels, die de af-zonderlijke cellen verbinden). Volgens anderen speelt het fijne net van ganglioncellen en zenuw-vezels, die deze spierlagen herbergen, hierbij een be-langrijke rol.

Twee dingen moeten hierbij nog vermeld worden:

1e *intensieve samentrekking der ongestreepte spierlagen dringt wel tot het bewustzijn door. Een dergelijke „kramp” gaat n. l. met heftige pijn (koliek) gepaard, die niet in de ingewanden zelf gelocaliseerd is, maar in een bepaald gedeelte van de huid van den buik. Dat huidgedeelte pleegt dan trouwens ook voor tast- en pijnprikkels overgevoelig te zijn.* ¹⁾

2e *afkoeling brengt de ongestreepte spiervezels tot al dan niet krampachtige samentrekking, warmte heeft een tegenovergestelde werking. De warmte bewerkt en bevordert ontspanning van al die krampachtig samengetrokken ongestreepte spiervezels.* ²⁾

Van de met ongestreepte spiervezels voorziene organen moeten ten slotte nog huid en haren afzonderlijk genoemd worden (zie hoofdstuk XIII).

¹⁾ We hebben dus geen pijn *in de maag — in de galblaas, in de ingewanden, in de nier,* — maar pijn in een bepaald gedeelte van den buikwand, als gevolg van krampachtige samentrekking van bepaalde deelen van de ongestreepte spiervezellaag, die bepaalde ingewanden omgeeft. Die kramp en die pijn is meestal een gevolg van overmatige prikkeling (door wat dan ook, vooral afkoeling heeft kramp ten gevolge). Ziedaar dus de physiologische ondergrond van het begrip „kou op de maag”, „kou op de ingewanden”, (een verzamelnaam, waaronder overigens allerlei ontstekings-processen vallen, die met kou en afkoeling niets te maken hebben).

²⁾ Ziedaar de physiologische ondergrond van de weldadige uitwerking, die een warme kruik, een warm glas melk, een warm compres op door die warmte bereikte krampachtig samengetrokken ingewands-gedeelten (resp. huidgedeelten) heeft.

Ook de spierwand van de baarmoeder bestaat uit ongestreepte spiercellen. Ook op dit gebied kunnen vele vrouwen en meisjes meespreken van kramp en van de weldadige werking van warmte. Op de zeer bijzondere eigenschappen, die deze spier verder vertoont in verband met de belangrijke rol, die voor dit orgaan is weggelegd op het terrein van de instandhouding van het menschelijk geslacht, komen we in hoofdstuk XIV nog terug.

Gecoördineerde doelmatige beweging is een vraagstuk, dat per slot van rekening van nog wel zooveel belang is. Bouw en functie toch zijn geen doel, maar middel. En de waarde van de middelen moet worden getoetst aan hun geschiktheid om het beoogde doel te helpen benaderen. Dit doel is in dit geval niet zoo gemakkelijk met korte woorden te omschrijven. De waarde van onze spieren en het doel van het geheel van alle beweging en arbeid samen is daartoe te veelzijdig. Toch worden al die doelstellingen door één hooger motief beheerscht: de behoefte aan aanpassing aan de verhoudingen in de buitenwereld, voorzoover wij daarvan met behulp van onze zintuigelijke waarnemingen een beeld hebben gevormd. Ook hier staat dus weer de drie-eenheid „receptor (zintuig) — schakelneuron (zenuwstelsel) — effector (uitvoerder),” m.a.w. het begrip *reflex* in het middelpunt der belangstelling.

Alle beweging is reflexbeweging, onverminderd de vraag of de reflexboog kort of lang is, of hogere centra, met name het bewustzijn, zijn ingeschakeld of niet.

Beweging van dwars-gestreepte spieren veronderstelt dus een ongeschonden reflexbaan en zoodoende oock een zenuwstelsel, dat van oogenblik tot oogenblik op de hoogte wordt gehouden langs afferente banen van den *toestand*, waarin de effector verkeert, resp. van den *stand*, waarin die zich bevindt. Want niet minder dan de beweging zelf, heeft de doseering van de beweging en de samenwerking tusschen de verschillende bewegende lichaamsdeelen waarde.

De onmetelijke verscheidenheid van prikkels, die ons zenuwstelsel treffen en in kennis stellen met de

behoefte aan zeer bepaalde, samengestelde, gedoeseerde bewegingen, geeft tot een even groote verscheidenheid van impulsen tot die bewegingen aanleiding, onder voortdurende contrôle van zintuiglijke waarneming en zenuwstelsel.

Hoever moeten we onzen arm uitstrekken om iets te grijpen? Met hoeveel kracht moeten we een ei met twee vingers vasthouden om het eenerzijds niet te laten vallen en anderzijds niet stuk te knijpen? Op welke wijze moeten een paar dozijn spieren van ledematen en romp samenwerken, om ons voort te bewegen (hetzij loopend, hetzij fietsend)? Ziedaar enkele vragen uit vele, ter illustratie van de samengesteldheid der verhoudingen op dit gebied en van het groote aantal organen, prikkels, impulsen, aanzettende en remmende factoren, dat bij schier elke beweging een rol speelt. Alleen bij de allereenvoudigste reflex-bewegingen — het opwippen van het vrijhangende onderbeen bij kloppen op de kniepees bijv. — zijn de verhoudingen eenvoudig. Zoodra het bewustzijn, hetzij aanzetkend, hetzij remmend gaat werken, is de complexiteit verwarrend groot.

We moeten volstaan met hier te herinneren aan de functie van de z.g. diepe sensibiliteit, het zintuig, dat zooals op blz. 418 is uiteengezet, het centraal zenuwstelsel onderricht over *stand* en *toestand*, resp. standsverandering en toestandsverandering van alle beweegbare deelen: spieren, gewrichten, pezen. En met name ook over de plaats van het zwaartepunt van ons lichaam in verhouding tot het steunvlak. (het evenwichtszintuig zie blz. 416). Deze afferente impulsen heeft het centraal orgaan noodig voor doeltreffende uitvoering van schier alle bewuste en onbewuste reflexbewegingen.

Die reflexbewegingen zijn het, die op hun beurt het centraal orgaan voorzien van overeenkomstige afferente impulsen. Het beeld, dat we in fig. 82 D van een eenvoudige reflexboog gegeven hebben, was dan ook te eenvoudig. Van de zeer samengestelde werkelijkheid gaf fig. 82 E een juister indruk. Daarop zijn de afferente impulsen, die van uit receptor en effector en ook uit alle schakelneuronen naar het centraal orgaan vloeien inbeeld gebracht alsmede de afferente „banende” en „remmende”¹⁾ impulsen, die het centraal orgaan daarbij naar de motorische ganglioncel zendt. Zoodra deze afferente impulsen en dus die efferente „baningen” en „remmingen” wegvallen, is goede doseering en doeltreffende samenwerking van verschillende spieren onmogelijk. Bovendien hebben we gezien op welke wijze in het centraal orgaan herinneringen zijn en worden vastgelegd aan vroegere situaties en aan de wijze, waarop daarop al dan niet doeltreffend gereageerd wordt.

Met andere woorden in het centraal orgaan staat aan receptoren en effectoren een leidend informatie-bureau ten dienste, waar de ervaring in het verleden opgedaan dienstbaar gemaakt wordt aan de regeling van alle beweging in heden en toekomst.

De ontwikkelingsmogelijkheid van het centraal orgaan bepaalt dus in niet geringe mate de doelmatigheid der reflexbewegingen en tevens het vermogen zich aan snel en vaak wijzigende omstandigheden aan te passen. Niet het orgaan — de individueele spier, het speciale gewricht — dringt daarbij, als anatomisch min of meer afgerond deel,

¹⁾ Zie de inhoud van deze woorden op blz. 318 en 319.

zijn stand en toestand aan het centraal orgaan op, maar het lichaamsdeel als functioneel geheel. Gedeeltelijk zijn al deze indrukken bewust, gedeeltelijk onbewust.

Onbewust zijn ze in zooverre niet, dat we in staat zijn, door onze aandacht er op te concentreeren de drempelwaarde der waarneembaarheid zoo ver te verlagen, dat ze tot ons bewustzijn doordringen. Sluit Uw oogen en vraag U af in welken stand Uw armen en beenen, handen, voeten, vingers en teenen zich bevinden. Er is weinig oefening en aandachtsconcentratie voor noodig om practisch gesproken precies antwoord op deze vraag te kunnen geven. En ook om met gesloten oogen de eene hand en voet in een houding te brengen, die geheel symetrisch is aan die, waarin de ander zich bevindt.

Ook wanneer een ander een onzer ledematen, die we slap houden, in een bepaalden stand brengt, kunnen we (terwijl we al dien tijd onze oogen gesloten houden) dien stand aangeven en met de andere arm, been, vinger of teen symetrisch nabootsen. Als receptoren voor al deze bewegingen fungeeren in spieren en gewrichten aanwezige gevoelslichaampjes.

Bij de hoogere gecoördineerde bewegingen, die met verplaatsing van het geheele lichaam gepaard gaan, is de gecomplieerdheid door inschakeling van de vele afferente en efferente banen, waarover het evenwichtszintuig beschikt, nog veel grooter. Wij moeten (na de beschrijving, die we op blz. 416 van den bouw van het evenwichtszintuig gaven) volstaan met op het feit van die samengesteldheid te wijzen. Wij wagen ons, in dit voor zij het intellectueele leeken geschreven boek niet aan een analyse van alle factoren, die op dit gebied van invloed zijn.

Ons z.g. bewegingsapparaat. — Als we beweging van twee lichaamsdeelen ten opzichte van elkaar willen bestudeeren, moeten we eigenlijk eerst een antwoord geven op de vraag, wat eigenlijk lichaamsdeelen zijn. Eenvoudigheidshalve formuleeren we een antwoord als volgt: als lichaamsdeel pleegt te worden aangeduid een minder anatomische, dan wel functioneele eenheid, bestaande uit een afgerond deel van het beenige geraamte, omgeven door weke deelen, spieren, bloedvaten, zenuwen, huid. Het spier-zenuwpraeparaat, boven beschreven, kan niets in beweging brengen zonder vasthechting van zijn beide uiteinden aan twee ten opzichte van elkaar beweegbare deelen.

Die deelen kunnen zijn:

a twee naburige of op eenigen afstand van elkander gelegen beenderen. Grenzen de beenderen aan elkaar — de bewegelijke verbinding bestaat dan uit een gewricht, een met slijmvlies bekleede zak, die van buiten door bindweefselbanden en vliezen versterkt is — dan zijn meestal de spieren direct met de beide uiteinden aan het beenvlies, dat het been bedekt vastgehecht. (Zie fig. 124). Bij beweging van beenderen, die op afstand van elkander liggen, is de spier meestal met het eene uiteinde aan het eene been verbonden, terwijl van het andere uiteinde een bindweefselband, een z.g. pees, naar het andere been, soms over meerdere gewrichten heen, loopt en daar aan het beenvlies is vastgehecht. (Zie fig. 125).

b. twee huidgedeelten. Van het huidspierstelsel, dat bij de dieren zoo sterk ontwikkeld is, is bij den mensch alleen nog een rest aanwezig, in den vorm van de reeds eerder beschreven z.g. mimische musculatuur.

Daaronder nemen kringspieren als die, welke mond en oogleden sluiten, een bijzondere, hier niet nader te bespreken, plaats in.

We bepalen ons tot de sub a bedoelde z.g. skeletspieren, die samen met pezen, banden en het geraamte zelve, als het „bewegingsapparaat” van den

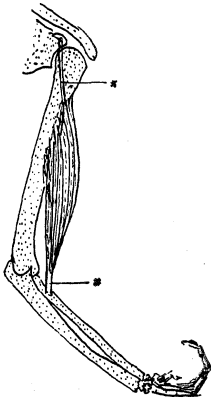


Fig. 124. Korte pees*.
(* over één gewricht).

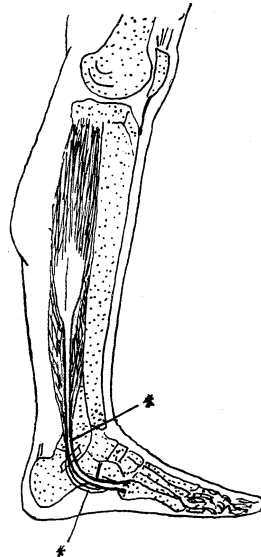


Fig. 125. Lange pees*.
(* over meerdere gewrichten).

mensch bekend zijn. Die aanduiding is toelaatbaar, mits men bedenkt, dat dit apparaat machteloos en ongeschikt tot het verrichten van eenige doelmatige beweging is, indien het niet gedreven en gecontroleerd, gericht en geremd wordt door het zenuwstelsel. De leer van bewegingen en krachten — kine-

matica en kinetica — zijn dus voor ons lichaam niet van primaire, maar van secundaire beteekenis. Beweging en arbeid is geen doel, maar middel. Dat is ook een der voornaamste redenen, waarom wij niet op de gebruikelijke wijze begonnen zijn met een bespreking van bouw en functie van het skelet en van de rest van het bewegingsapparaat, maar die eerst nu aan de orde stellen. De taak, die dit apparaat te vervullen heeft, is er niet minder belangrijk om, zooals we zagen. De onderdeelen van het bewegingsapparaat — behalve de zenuwgeleidingen — zijn opgebouwd uit, in verschillende richting, gedifferentieerde cellen van eenzelfde weefselsoort, die overigens op een naar verhouding lagen trap van ontwikkeling staat. Dit z.g. *bind- of steunweefsel* is uit verspreide cellen en een vezelige tusschenstof opgebouwd. In die tusschenstof zet zich bij het z.g. *kraakbeen* een vastere substantie van min of meer transparante structuur af, terwijl bij het *been* die afzetting uit verschillende verbindingen van kalk, magnesium en phosphor bestaat, die aan het been zijn stevigheid geven. In de ontwikkelingsgeschiedenis kan men al deze afzettingen op den voet volgen. Zoo ook de stoornissen zien optreden, die van onregelmatige of uitblijvende afzetting van kalk en phosphorverbindingen het gevolg zijn. De microscopische structuur van *kraakbeen* is op fig. 126 afgebeeld, de fijnere bouw van *been*, bij overlansche doorsnede op fig. 127. De eerste figuur behoeft geen toelichting. Bij de laatste deze: de langere beenderen — zooals die van de ledematen — zijn hol ter vermindering van de breekbaarheid (dus ter verhooging van het weerstandsvermogen). Terwijl de platte beenderen — zooals die van den schedel — massief zijn. Voorts, dat alle beenderen, die een

niet onaanzienlijk gewicht moeten dragen, in de richting van de krachten, die er op worden uitgeoefend versterkt zijn met z.g. beenbalkjes, zooals men fraai kan zien op de hiernevens afgebeelde

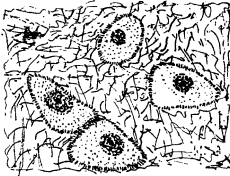


Fig. 126.

Elastisch kraakbeen.

(microscopisch beeld bij sterke vergrooting).

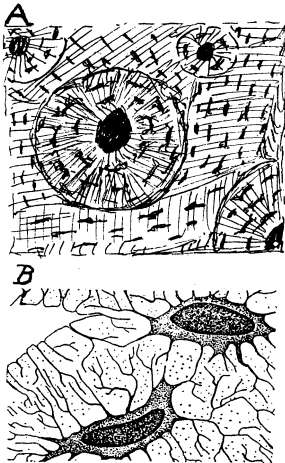


Fig. 127.

Been.

(microscopisch beeld)

A bij zwakke vergrooting,

B bij sterke vergrooting.

roëntgenfoto van een dijbeenhals. (fig. 128). Ten slotte, dat ter vermindering van de wrijving in de gewrichten, de gewrichtsuitenden met kraakbeen bekleed zijn, terwijl de gewrichtsholte van binnen met een soort weivlies bekleed is. Dit vlies scheidt een zeer geringe hoeveelheid slijmerig vocht af, dat

de kraakbeenige oppervlakten glad houdt, zoodat ze gemakkelijk over elkander glijden. In de holle pijpbeenderen bevindt zich het z.g. beenmerg. Dit is een bloedrijk en celrijk lymphoïd weefsel, dat we reeds in hoofdstuk V hebben leeren kennen, als bakermat van witte bloedcellen. Het vlies, dat het been van buiten en binnen bekleed, doet dienst bij den diktegroei van het been. De lengtegroei behoort in hoofdzaak tot de taak van de in de beide uiteinden van het been op jeugdigen leeftijd aanwezige kraakbeenige kernen. Zoodra die verbeend zijn, houdt de lengte-groei op¹⁾. Door de kalkafzetting is het been in bijzondere mate bestand tegen de inwerking van uitwendig geweld, zij het niet overal en niet bij alle personen in gelijke mate. De waarde van belastingsproeven, waarbij men honderden kilo's gewicht aan beenderen heeft gehangen of daarop heeft laten drukken, voor dat ze doorbraken of in elkander gedrukt werden, moet men ondertusschen niet al te hoog aanslaan. Dergelijke proeven bootsen eigenlijk de werkelijkheid slechts in geringe mate na: in werkelijkheid zijn veel kleinere gewichten, wanneer zij slechts van voldoende afstand met voldoende snelheid inwerken, reeds in staat het weerstandsvermogen van het been te overwinnen en breuk of indrukking te veroorzaken.²⁾

Over het skelet als geheel (zie fig. 129) en over de onderdeelen daarvan zullen we hier dan ook kort zijn, te meer daar de meesten van ons op

¹⁾ In de ontwikkelingsgeschiedenis gaat aan alle beenvorming trouwens een stadium vooraf, waarin het geheele bouwwerk nog uit kraakbeen bestaat.

²⁾ Men moet het weerstandsvermogen van het menschelijk lichaam niet overschatten. Beter is het de betrekkelijkheid daarvan in het oog te houden en daarom alle aandacht te concentreeren op de beveiliging van ons, door dichters en schrijvers van alle tijden niet ten onrechte als „broos" bestempeld, omhulsel.



Fig. 128. Roentgenfoto dijbeenbals (Dr. C. H. Kok).

school reeds met te veel, weinig wetenswaardige en weinig belangrijke details, hebben kennis gemaakt. We zullen dus den lezer niet vermoeien met de opsomming, laat staan beschrijving van de ruim 200 afzonderlijke beenderen, die ons lichaam telt, noch met den bijzonderen bouw van het beenig geraamte van schedel, borst- en buikholte, onderste en bovenste ledematen. Al die beenderen hebben gedeeltelijk een beschermende (doosvorming), gedeeltelijk een steunende, ook een zuivere kapstok functie, d.w.z. ze geven gelegenheid aan spieren, die andere beenderen moeten bewegen, om zich daaraan vast te hechten. De groote doelmatigheid is niet te miskennen. Terwijl de sterkte der beenderen in overeenstemming is met de noodige draagkracht, hangt de dikte der spieren af van de, onder normale omstandigheden, gevraagde arbeidskracht. Aangezien de krachtontplooiing van een spier in hoofdzaak een functie is van zijn oppervlakte, terwijl het gewicht der spieren een functie is van haar inhoud, kunnen in verhouding kleine menschen en dieren sterker zijn dan groote. Overmatige lengtegroei is dan ook geen voordeel. Terecht spreekt de volksmond daarbij van „uit de kracht groeien”. En voor de veronderstelling van mannen als Murk Jansen, dat de toenemende lengte van ons volk, resp. van bepaalde leeftijdsgroepen (schoolkinderen, recruten) een slecht teeken is, is dan ook meer te zeggen dan voor het tegenovergestelde.

Ook de aanhechtingsplaats van alle spieren is doelmatig gekozen, wat voor hen, die de eenvoudige wetten der physica kennen en het wezen der hefboomwerking, niet nader behoeft te worden uiteengezet. Om niet te uitvoerig te worden, moeten we ook de mechanica der functies van de verschil-

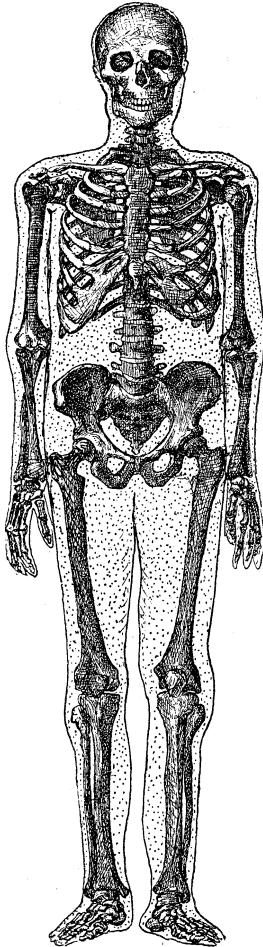


Fig. 129. *Het skelet.*

lende spieren, waarbij alle arbeid herleid kan worden tot min of meer samengestelde krachtenkoppels, opgebouwd uit verschillende draaiings- en drukcomponenten, buiten beschouwing laten.

De samengesteldheid ook van de allereenvoudigste beweging. — Zit ge rustig te schrijven, dan is wat ge daarbij doet, zóó ingewikkeld, dat het veel tijd zou vragen de serie handelingen te bespreken, die ge eigenlijk verricht: zitten, denken, schrijven. We zullen ze hier onbeschreven laten.

We vragen ons alleen even af wat er bij een schijnbaar zoo eenvoudige beweging als het oplichten van de hand van den tafel gebeurt. Daarvoor gaat er om te beginnen van uit het centraal zenuwstelsel een impuls naar een complex spieren. Die spieren bevonden zich in een bepaalden spanningstoestand. Die moet nu ten behoeve van de voorgeschreven handeling in verschillenden zin worden gewijzigd. De buigers van den onderarm (dynamische of impulsieve spieren, die de beweging in engeren zin moeten uitvoeren), met name de biceps, spannen zich (reflectorische verhooging van tonus) en trekken zich samen (contractie).

Is dat alles?! Neen, er gebeurt nog heel wat meer:

De strekkers van den onderarm moeten zich in gelijke mate en in gelijk tempo ontspannen. Niet te weinig. Anders wordt de heffing ontijdig geremd. Niet te veel. Anders gaat de heffing te ver, of liever gezegd: dan zou de gebogen extremitéit geen vastheid van stand meer hebben, niet in den gewenschten hoekstand gefixeerd worden. De strekkers zijn dus weliswaar antagonisten van de buigers, maar tevens werken ze automatisch samen om het lid in

een bepaalden hoekstand te fixeeren en tevens de mate van buiging of strekking te regelen.

2e met de buiging in het elleboogsgewricht gaat bij oplichten en buigen van den onderarm tevens een lichte heffing van den bovenarm gepaard. Ook de spieren, die het schoudergewricht omgeven en de beweging, (zoowel als de fixatie) van den bovenarm ten opzichte van den romp in alle mogelijke richtingen¹⁾ regelen, werken gecoördineerd samen om oplichten en buigen van den onderarm mogelijk te maken.

3e al die gecoördineerde bewegingen zenden nu reflectorisch weer afferente impulsen naar het centraal orgaan om dit te onderrichten over de verandering van stand, die het lid in al zijn geleidingen ondergaan heeft.

Die coördinatie, die automatische samenwerking van alle spieren, kan door oefening versterkt worden. Vandaar de groote waarde van training, die ons een economisch gebruik van de beschikbare spieren leert en het bereiken van maximaal effect door minimale krachtsinspanning. Ze kan ook door ziekelijke veranderingen in het centraal zenuwstelsel verloren gaan (zie blz. 334).

Ergographie. — De physiologen, die zich speciaal bezig houden met de studie van de training zijn gewend de kracht en het uithoudingsvermogen van verschillende spieren te meten en te registreeren. Het meest gebruikte toestel daarvoor is de z.g. ergograaf. (zie fig. 130). Dit is een toestel, waarin de hand zoodanig gefixeerd wordt, dat

¹⁾ Het schoudergewricht is evenals het heupgewricht een z.g. kogelgewricht, dat beweging in *alle* richtingen toestaat, terwijl het elleboogsgewricht evenals het kniegewricht een z.g. scharniergewricht is, dat slechts beweging in één vlak toestaat.

alleen één der vingers bewegelijk is. Aan dien vinger wordt nu een trekker bevestigd; hieraan hangt met een draad over een katrol een gewicht. Door

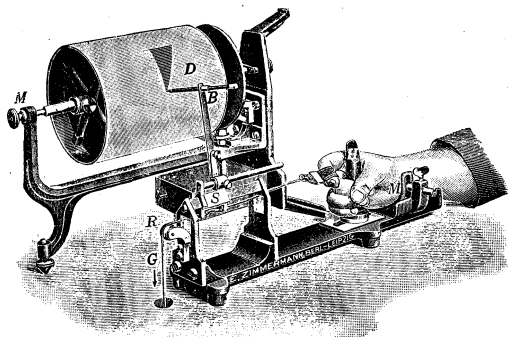


Fig. 130. Eenvoudige ergograaf.

M, schroef waarmee de pols gefixeerd wordt; H, handvat; R, katrol waarover G de kabel waaraan het gewicht hangt, dat op en neer getrokken wordt; B, schrijver; D, beroete trommel met ergogram.

dien vinger te buigen en te strekken wordt het gewicht afwisselend geheven en neergelaten. Die op-

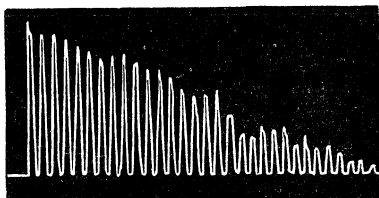


Fig. 131. Normaal ergogram.

en neergaande beweging kan nu op een beroete trommel geregistreerd worden. Een aldus verkregen beeld — ergogram — ziet men op fig. 131.

Uit dat beeld blijkt, dat de uitslagen geleidelijk kleiner worden, te sneller naar mate het gewicht zwaarder is, resp. de persoon minder geoefend is. Het ergogram geeft dus niet alleen een beeld van het *arbeidsvermogen*, maar ook van de *vermoeibaarheid*. Onderbreekt men de proef eenige oogenblikken en begint men dan opnieuw, dan blijkt, dat de uitslagen weer grooter zijn, maar tevens, dat ze sneller kleiner worden dan aanvankelijk. Naast de lichamelijke vermoeidheid treedt ook psychische vermoeidheid op bij de ergographisch registreerbare arbeidspraestatie van verschillende spieren.

Staan en loopen. — Deze reeds samengestelde enkelvoudige bewegingen zijn nog eenvoudig vergeleken bij wat er bij staan en loopen komt kijken. Hierbij vervullen het evenwichtsorgaan en de daarvan uitgaande, reeds in hoofdstuk X aangeduide, statische en kinetische reflexen een buitengewoon belangrijke taak. Zij zijn het, die er mee voor zorgen, dat de zwaartelijn (de loodlijn, die op het steunvlak wordt neergelaten uit het zwaartepunt) binnen het steunvlak (de vierhoek gevormd door de lijn, die hakken en teenen verbindt) blijft. Tal van spieren, te veel om op te noemen, moeten in verschillende mate van tonische contractie verkeerden, om den romp, de onderste ledematen, en het hoofd in den bij staan aangenomen stand te fixeeren. Bij loopen worden de verhoudingen nog samengestelder, doordat eenerzijds afwisselend het zwaartepunt moet worden verplaatst naar een zooveel kleiner steunvlak. Terwijl anderzijds ook afwisselend beide beenen ge-coördineerd in knie en heup gebogen en weer gestrekt moeten worden. Gezwegen van de vele

voet- en onderbeen-spiereu, die synergistisch of antagonistisch, regulerend of fixeereud functieueeu, zoowel bij het staan, als bij het z.g. afwikkelen van den voet, (het geleidelijk losmaken van den voet van de onderlaag).

Het behoeft dan ook geen verwondering te wekken, dat er voor het kind zooveel oefening, zooveel ervaring, zooveel vallen en opstaan, noodig is voor het leert loopen, springen, zwemmen, fietsen. Evenmin dat ook in dit opzicht alle begin moeilijk is en veel krachtsinspanning en warmteproductie vraagt. Naar mate de oefening grooter wordt, wordt de benoedigde krachtsinspanning minder en stijgt naar verhouding het nuttig effect van den gepraesteerden arbeid.

Bij de individueele en maatschappelijke waarde van beweging en arbeidsvermogen zullen we na dit alles maar niet meer stil staan.

Arbeids- en tijds-verdeeling. — Beidt Uw tijd, Duur Uw uur. De toepassing daarvan is van uitemend lichameelijk en geestelijk hygienisch belang.

Zeer veel menschen hebben geen begrip van tijdverdeeling. Dat is heel erg. Nog erger is het euvel, dat velen noch verstand hebben van „werk” (inspanning), noch van „rust”, noch van „ontspanning”. Door gebrek aan concentratie mist hun „werk” de intensiteit, die het behoeft om het gestelde doel te bereiken. Ze zijn spoedig „afgeleid”. Ja, sommigen denken tusschen hun werk door altijd aan andere dingen. Vooral als ze het nut van het werk en het doel van hun leven nog niet hebben ingezien.

„Rusten” is veel gemakkelijker. . . zeggen velen hunner. Vraagt men hen, wat ze onder rust ver-

staan, dan blijkt, dat ze het eigenlijk over „ontspanning” hebben. (En dan moet men niet vragen wat voor ontspanning.)

Beide begrippen — inspanning en ontspanning — kan men van de lichamelijke en van de geestelijke zijde bezien. Voor een harmonische ontwikkeling van lichaam en geest hebben we ze alle vier nodig: lichamelijke inspanning en lichamelijke ontspanning, geestelijke inspanning en geestelijke ontspanning.

In onze gecompliceerde samenleving is dat nog niet zoo gemakkelijk. Bij velen toch, die hun brood in het zweet huns aanschijns met handenarbeid — lichamelijke inspanning — moeten verdienen, doodt die inspanning den geest.

Zij zijn 's avonds te vermoeid om iets voor ontspanning te voelen, die nog eenige inspanning vraagt.

Niet minder groot is het aantal intellectuelen, dat een zittend leven leidt. Voor inspanning van het lichaam wordt wel gezorgd — zitten is inspannend — maar te eenzijdig. Tot voldoende ontspanning, hetzij van het lichaam, hetzij van den geest, komt het bij hun niet. „Uitgaan” vormt een vaak minderwaardig surrogaat, bij gebrek aan doelmatige geestelijke en lichamelijke ontspanning. Zoo drijven velen voort op 's levens stroom, terwijl ze al dan niet nuttigen lichamelijken of geestelijken arbeid presteeren.

Of hun leven hen bevrediging schenkt? Och, dat hangt minder af van de verhouding tusschen werk, rust en ontspanning en tusschen de hoeveelheid lichamelijke en geestelijke inspanning en ontspanning, dan wel van de eischen, die zij aan het leven stellen. Het is niet mogelijk vaste regelen te

stellen. Maar het is wel mogelijk er bij een ieder op aan te dringen, zich rekenschap te geven van eigen geestelijke en lichamelijke inventaris, van inkomsten en uitgaven op beide terreinen en zich af te vragen of niet meer levensvreugde en levensgeluk bereikbaar zou zijn, indien men zijn levenswandel meer in overeenstemming bracht met de eischen, die het gezond verstand stelt aan de hand van bovenstaande overwegingen.

En wat ook zeer goed mogelijk is en bijzondere aanbeveling verdient, is dat men zoo vroeg mogelijk het kind — de komende generatie — leert, *op tijd* te werken en goed te werken, *op tijd* te rusten en goed te rusten, *op tijd* zich te ontspannen en zich goed te ontspannen. Dat kan en moet ook aangeleerd worden. En nu leert de ervaring, dat niets zoo zeer aan een harmonische ontwikkeling van geestelijke en lichamelijke kwaliteiten en aan den opbouw van een bevredigend bestaan ten goede komt, als een goede verdeling van den tijd. Ziedaar de waarde van de bijgaande klok, (fig. 132), die van uur tot uur de bestemming van den dag — en van den nacht — aangeeft. Het is met een dergelijke klok en met het gebruik daarvan als met elke „gewoonte”: *een goede dienstknecht, doch een slechte meester*. Men moet natuurlijk geen slaaf worden, noch van zijn werk, noch van zijn rust, noch van zijn ontspanning. Maar men moet weten, wat men wil en niet gehoorzamen aan blinde instincten en invallen.

Deze „klok” heeft weinig commentaar noodig. Slechts enkele opmerkingen.

Werk nooit langer dan 3 tot 4 uur aan één stuk. Inschakeling van een uur „ontspanning” — in den goeden zin des woords — voorkomt veel onge-

deskundigen zijn het er over eens, dat een „ontspanning”, die zoo zeer inspant, dat een niet meer weldadige vermoeienis het gevolg is, geen ontspanning is.

HOOFDSTUK XIII

BIJZONDERE VERDEDIGINGSMIDDELEN

Strijd is wel een der meest karakteristieke uitingen en verschijningsvormen van het leven. Groei toch en aanpassing hebben we in hoofdstuk I leeren kennen als essentiele bestanddeelen van het begrip leven. Groei veronderstelt het tot zich nemen van materie en energie uit de buitenwereld. De hoogere organismen kunnen van anorganische materie alleen niet bestaan. Zoo is het leven één, voortdurende, strijd om het bestaan tusschen hoogere en lagere georganiseerde levende wezens. De één zijn dood is den ander zijn brood. Zóó sluit zich de kring van leven en dood, van opgaan, blinken en verzinken. Zoo is er in de natuur een wankelbaar en verplaatsbaar evenwicht tusschen ontelbare hoger en lager georganiseerde levende wezens. Tusschen rassen en geslachten. Daarbij wordt de kans om in den strijd om het bestaan niet onder te gaan bepaald door de mate van aanpassing aan het vijandige milieu. Juister gezegd: aan de in de omgeving van alle zijden loerende vijanden.

Die aanpassing manifesteert zich dus voor alles in ontwikkeling en verbetering van aanvals- en verdedigingsmiddelen. Aanvals- en verdedigingsmiddelen voor alles tegen andere organismen. Daarnaast moeten ook de beveiligingsinrichtingen genoemd worden, waarover het lichaam beschikt ten aanzien van niet organische, of georganiseerde, maar daarom niet minder nadeelige, invloeden van buiten.

Per slot van rekening berust de geheele gezond-

heidsleer op vervolmaking van al deze beveiligingsinrichtingen en verdedigingsmiddelen. Met inbegrip van het bewust vermijden van contact met en blootstelling aan de gevaren, die van buiten af — maar ook van binnen uit — ons lichaam bedreigen.

In de voorafgaande hoofdstukken hebben we bij de bespreking van de verschillende organen en hun functies, reeds overal kennis gemaakt met bijzondere beveiligings- en verdedigingsinrichtingen.

Ook zonder inschakeling van het bewustzijn, ja in hoofdzaak onbewust, reageeren al die organen op dreigend gevaar met kortsluiting in het regionale zenuwstelsel. Een reflectorische afweerbeweging of afweer-reactie is het gevolg. Een prik, een sterke warmte-, kou- of pijnprikkel doet ons het lichaamsdeel wegtrekken. Verblindend licht heeft pupilvernauwing ten gevolge. Ook zeer kleine vreemde lichaampjes op de gevoelige plekken van het slijmvlies der luchtwegen geven tot een nies- of hoestbui aanleiding. enz. enz. Zoo is er feitelijk geen orgaan, dat niet over het een of ander bijzonder afweer- en verdedigings-middel beschikt. Zooals er ook geen orgaan is, dat niet over receptoren beschikt, die door sensibele afferente zenuwbanen met het centraal zenuwstelsel verbonden zijn en dit waarschuwen, wanneer schadelijke invloeden van buiten dreigen of zich hebben doen gelden. Een niet onbelangrijk deel van de taak van alle zintuigen ligt op dit terrein. Het beste verdedigingsmiddel van al die organen is trouwens het uitgesproken vermogen om zich aan te passen aan snel zich wijzigende uitwendige en inwendige omstandigheden. Maar daarop behoeven we hier niet terug te komen, omdat we in de verschillende hoofdstukken geen

gelegenheid ongebruikt gelaten hebben om op deze verhoudingen te wijzen.

Tegenover deze bijzondere verdedigingsmiddelen willen we thans echter de meer algemeene bespreken, 1e *de huid* en 2e *het specifieke afweer-vermogen* tegen van buiten af, of van binnen uit, het lichaam bedreigende ziekteverwekkende micro-organismen.

De huid. — Van dit orgaan met een zeer samengestelde functie hebben we reeds in hoofdstuk VII één functie besproken n.l. die der zweetafscheiding. Deze functie staat gedeeltelijk in dienst van de uitscheiding van water en vergiftige stofwisselingsproducten uit het lichaam. Gedeeltelijk vervult zij ook een zeer belangrijke rol bij de nog nader te bespreken taak, die voor de huid is weggelegd, op het gebied van de warmte-regeling. Daarnaast vraagt nog tweeërlei functie de aandacht.

1e *een bedekkende, de onderliggende deelen beschermende functie.*

2e *het gevoel*, een vermogen, dat de huid stempelt tot een zeer belangrijk zintuig. Als zoodanig verschaft de huid ons een lange reeks van voor de verdediging tegen schadelijke invloeden van buiten, waardevolle zintuigelijke indrukken — aanraking, pijn, warmte, koude.

Fig. 133 geeft een schematische doorsnede van de huid. Van buiten naar binnen kan men daaraan verschillende lagen dekweefselcellen onderscheiden. De allerbovenste — de z.g. *opperhuid* — zijn verhoorned en dood. Ze schilferen geregeld af, terwijl dan nieuwe lagen verhoornen en te gronde gaan. De huid van heden is dus de huid van morgen niet.

Onze huid wordt geregeld vernieuwd, zooals dat trouwens met alle weefsels en organen het geval is, zij het op minder in het oog loopende wijze.

Aan de oppervlakte van de huid monden de uitvoergangen van twee soorten klieren uit:

a. *de zweetklieren*, waarvan de uitvoerbuis kurkentrekkervormig gewonden is, terwijl de in de diepte, — op de grens van huid en onderhuidsche vetweefsel — gelegen klier zelf uit een kluwen van kliergangen bestaat;

b. *de huidsmeerklieren*, die niet gewonden zijn, betrekkelijk oppervlakkig liggen en hun afscheidingsproduct, dat ten doel heeft de huid soepel te houden, loozen in de haarscheede.

Op fig. 133 zien we ook hoe een haar in de huid is ingeplant. Aan de onderzijde draagt elk haar een holle knopvormige verdikking, de z. g. haarknop. Die haarknop is als het ware de bakermat van de cellen, die al verhoornend, de haar-substantie zelf vormen. Het is alleen dit gedeelte van het haar dat groeit, de rest is even verhoornd en dood als de meest oppervlakkige lagen van de opperhuid. De holte in de haarknop, de papil, is voorzien van een capillair, die de haarwortel van voedsel voorziet. Trouwens ook de vlak onder de opperhuid gelegen huidlagen, die de z. g. *lederhuid* vormen, zijn rijk van haarvaten voorzien.

Van de haarwortel zien we schuin naar een naburig gedeelte van de opperhuid een fijne bundel spiervezels loopen, die men heel plastisch als de „kippevelspier” zou kunnen betitelen. Het is deze spier, die het „ten berge rijzen” der haren van de huid bij kippevel bewerkt.

Fig. 133 geeft ook een denkbeeld van de heuvels en dalen, die de fijnere bouw van de huid ken-

merken. De uittredingsplaats der haren is gewoonlijk in een dal, de uitmondingsplaats van de zweetklieren op een heuveltop.

Sommige heuvels herbergen z.g. *tast-lichaampjes* (zie den tweeden heuvel van rechts op fig. 133): fijne gewonde kluwens van zenuwvezels en eind-

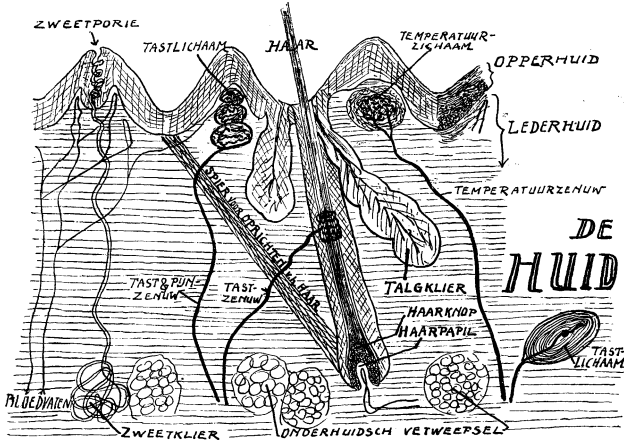


Fig. 133. Schematische doorsnede van de huid, (microscopisch beeld bij matige vergrooting).

plaatjes van zenuwvezels, die als de perifere receptoren van het tast- en pijnzintuig (zie beneden) moeten worden beschouwd. Trouwens ook om de haarschacht pleegt zich een dergelijk vlechtwerk van zenuwvezels en eindplaatjes te winden. De haren fungeeren mede als fijne voelhoorns van het tastzintuig. De tastlichaampjes en pijnlichaampjes hebben denzelfden bouw. Daarentegen vertoonen de perifere receptoren van het temperatuurzintuig

een afwijkenden bouw (zie den derden heuvel van rechts op fig. 133).

De overblijvende ruimte van de opperhuid is opgevuld met fijn-vezelig bindweefsel.

Onder de lederhuid bevindt zich het losmazige onderhuidsche vetweefsel, dat we als vet-depôt hebben leeren kennen. Deze laag vervult tevens een isoleerende, warmteverlies-belemmerende taak. Op de grens liggen nog enkele eigenaardige gebouwde tastlichaampjes (rechts in den onderhoek), die bij druk een tastindruk geven.

De huid als zintuig. — Over de verschillende receptoren voor tast-, pijn- en temperatuurzintuig is niet al te veel bekend. De zintuigelijke waarnemingen in kwestie zijn des te beter bestudeerd, niet alleen door de physiologen, maar ook door de zenuwartsen,¹⁾ Wat het temperatuurzintuig betreft, de receptoren daarvan bestaan uit verspreide lichaampjes van het boven genoemde en afgebeelde type. De plaats, waar zich zoo'n lichaampje bevindt, noemt men een „temperatuurpunt”. Bij onderzoek blijkt, dat er afzonderlijke „warmtepunten” en „koupunten” bestaan. De waarneming van warmte en kou is niet streng tot deze punten beperkt, maar straalt in de omgeving uit. In ons klimaat is de gevoeligheid van het temperatuurzintuig voor koude veel sterker ontwikkeld dan voor warmte. We behoeven ons trouwens nauwelijks tegen warmte, maar wel terdege tegen koude te wapenen. Merkwaardig is bovendien, dat de temperatuurzin niet op alle gedeelten van het lichaam gelijk is. Aan de voorzijde van het lichaam is de gevoeligheid veel grooter dan

¹⁾ Bij verschillende ziekten van het ruggemerg treden n.l. eigenaardige stoornissen in deze functies op.

aan de achterzijde. De bedekte deelen van het lichaam zijn veel gevoeliger dan de onbedekte deelen. De gevoeligheid van de huid voor warmte is op haar beurt veel grooter dan de gevoeligheid van de naburige slijmvliezen (mond, scheede) voor dien-zelfden temperatuursindruk. Heete dranken, heete scheidespoelingen van een temperatuur, die voor de naburige huid te hoog is, worden dan ook zonder bezwaar verdragen. (Een overmatige temperatuur-prikkel wordt door de huid als pijn waargenomen).

Ook het vermogen om verschil van temperatuur waar te nemen is zeer sterk ontwikkeld. Doopt men beide handen in water van een temperatuur, die slechts een gedeelte van een graad verschilt, dan kan men, wanneer de temperatuur van huid en water binnen zekere grenzen blijft, snel en zonder aarzeling aangeven, van welk water de temperatuur het hoogst is, resp. het laagst. Op dit gebied neemt men trouwens het verschijnsel der adaptatie waar (reeds in hoofdstuk X gewijd aan de zintuigelijke waarneming beschreven). Wie zijn handen in koud water gehad heeft en die in lauw water steekt, vindt dat water warm. Diezelfde handen vinden na voorafgaand kortstondig verblijf in heet water, dat zelfde lauwe water koud. En zoo is het ook, wanneer we afwisselend met lucht van verschillende temperatuur kennis maken. De eerste indruk geeft dan ook alleen de verhouding tusschen de temperatuur in de nieuwe omgeving en in die, waarin men voorheen verkeerde, aan. Daarna krijgt men pas langzamerhand een meer betrouwbaren indruk, die op vergelijking van de temperatuur van de omgeving met die van het lichaam berust. Eigenlijk wordt dus het temperatuurzintuig het sterkst geprikkeld door *verandering van tempera-*

tuur en niet door de *werkelijke temperatuur* zelf. Hoe langer men in een vertrek of in water van bepaalde temperatuur verkeert, des te grooter is de aanpassing en des te neutraler wordt de indruk (tenzij de temperatuur zoo hoog of zoo laag is, dat de warmteregeling gestoord wordt — zie beneden). Tevens wordt dan het vermogen om geringe temperatuursverschillen waar te nemen grooter.

Wat het gevoelszintuig betreft, zij er direct de aandacht op gevestigd, dat de tastlichaampjes alleen niet in staat zijn gevoels-indrukken als vorm en consistentie op te nemen. Aan de vorming van die indrukken heeft de in hoofdstuk XII beschreven diepe sensibiliteit van spieren en gewrichten een belangrijk deel. Men is weliswaar, als men met een vinger over de oppervlakte van een voorwerp strijkt, reeds menigmaal in staat zich voldoende van vorm, oppervlakte en consistentie te vergewissen, om het onderwerp in kwestie te herkennen. En dat ook als men zijn oogen daarbij gesloten houdt. Maar dat strijken gaat gepaard met beweging en ook de kleinste bewegingen brengen de diepe sensibiliteit van spieren en gewrichten in actie.

Elk tastlichaampje afzonderlijk ontvangt dan ook vermoedelijk slechts een tastindruk: een *gevaarwording van aanraking*, meestal gepaard met een *gevaarwording van druk*. Ook bij de lichtste aanraking worden nl. bijna steeds dieper gelegen tastlichaampjes van druksensatie geprikkeld.

Oppervlakte-indrukken als effen, ruw, fluweelig, zijig, relief, worden niet door elk tastlichaampje afzonderlijk, maar door het complex van tastlichaampjes, dat eenzelfde huidgedeelte herbergt, opgenomen, omdat al die tastlichaampjes in ver-

schillende mate geprikkeld worden. Volgens sommigen zijn het niet zoo zeer aanraking en druk, die de tastlichaampjes prikkelen, dan wel de zij het zeer lichte wijziging, die oppervlakte en spanning van de huid bij aanraking en druk ondergaan.

Een indruk van de snelheid, waarmede de tastlichaampjes de indrukken opnemen en doorgeven, kan men zich vormen door de uiterste frequentie te bepalen, waarmede tastimpulsen per eenheid van tijd kunnen worden toegediend om nog als afzonderlijke tastindrukken te worden waargenomen.

Bij de betrokken proeven ¹⁾ blijkt, dat zonder bezwaar bij een frequentie van een paar honderd

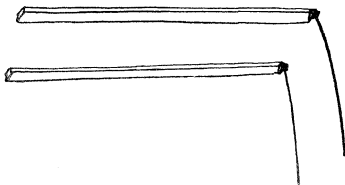


Fig. 134.

Prikkelharen van
von Frey.

per seconde de tastprikkels nog als afzonderlijk worden waargenomen en eerst bij veel hoogere frequentie een continue indruk verkregen wordt.

De verspreiding van de tastlichaampjes over het lichaam pleegt met de z.g. prikkelharen van Frey (zie fig. 134) te worden bestudeerd. Dit zijn op een houtje gemonteerde borstelharen van verschillende dikte. De druk, die met deze haren wordt

¹⁾ Men doet dit met behulp van draaiende tandwielen of van trillende stemvorken, waarvan een der beenen van een borstelhaar voorzien is. Elke trilling van zoo'n stemvork kan dan, wanneer men het borstelhaar in contact brengt met de huid als een afzonderlijke tastindruk worden waargenomen — als de frequentie niet te groot is. — Ook met den faradischen stroom kan men tastprikkels van groote frequentie toedienen.

uitgeoefend, voor ze doorbuigen kan in maat en gewicht worden vastgelegd. Met behulp van deze haren kan men de verschillende drempelwaarden voor verschillende kwaliteiten van den tastzin bepalen:

a. het vermogen geringe prikkels waar te nemen uitgedrukt in grammen druk per vierkante millimeter);

b. het vermogen geringe verschillen in prikkelintensiteit te onderscheiden (uitgedrukt door de verhouding tusschen den eersten prikkel en de toename of afneming in prikkelintensiteit in procenten aan te geven);

c. het vermogen om twee op minimalen afstand van elkaar toegediende tastprikkel van gelijke intensiteit als afzonderlijke prikkels te onderscheiden.

Het vermogen om geringe prikkels waar te nemen is het grootst aan vingertoppen, tongpunt en lippen (enkele grammen per mm.²). Het is het kleinst aan rug en buik (meerdere tientallen grammen per mm.²). Als algemeene regel kan men stellen, dat de prikkelbaarheid vanaf de periferie van het lichaam naar het centrum van den romp afneemt. Behaarde gedeelten zijn gevoeliger dan onbehaarde, vanwege de in de haarschacht aanwezige tastlichaampjes.

Het vermogen om geringe verschillen in prikkelintensiteit waar te nemen, gehoorzaamt aan de reeds in hoofdstuk X genoemde wet van Weber, volgens welke de verhooging van prikkelintensiteit, die noodig is, om een waarneembare versterking of verzwakking van indruk te weeg te brengen, altijd in een zekere verhouding staat tot de totale prikkelintensiteit. Die verhooging wisselt bij de verschillende huidgedeelten tusschen 1 : 10 à 1 : 40. Dat wil dus zeggen, dat reeds een versterking of ver-

zwakking van prikkel-intensiteit van 2,5 à 10 % als zoodanig wordt onderscheiden en waargenomen.

Het vermogen om twee op minimalen afstand van elkaar toegediende tastprikkelers van gelijke intensiteit als afzonderlijke prikkelers te onderkennen, is ook op tongpunt en vingertop het grootst (daar is dus de afstand het kleinst: 1 à 3 mm.). Aan de rugzijde van romp en ledematen is dit het kleinst (en moet dus de afstand tusschen twee prikkelers groot zijn: 3-7 cM.). Ook dit onderscheidings-vermogen neemt van de periferie naar den romp af. Over het algemeen is de fijnheid van gevoel in alle richtingen grooter, naar mate het lichaamsdeel in kwestie bewegelijker is. Per slot van rekening komt dat op het zelfde neer. De bewegelijkheid toch van het lichaam neemt naar de periferie toe. Vooral in onze vingertoppen bezitten we een fijn besnaard tastapparaat, dat ons dan ook bij allerlei, al dan niet kunstzinnigen, arbeid maar al te zeer te stade komt. Een bijzondere eigenschap, die aan alle tastlichaampjes, zij het in verschillende mate (ook weer aan de vingertoppen het meest en aan den romp, vooral aan de rugzijde, het minst) eigen is, is het vermogen de tastindrukken, zooals men dat noemt van „een lokaal teeken” te voorzien, d.w.z. de hersenschors ook op de hoogte te brengen van de plaats, die geprikkeld, aangeraakt werd. Dit is geen aangeboren, maar een verworven eigenschap. Zij is het, die ons spoedig leert taktiele en visuele indrukken te combineeren.

De door beide zintuigen in de hersenschors gewekte voorstellingen vullen elkander hoe langer hoe meer aan. Het begrip zijde, hout, water heeft voor ons zoowel een taktiele als een visuele component, die op den duur onafscheidelijk worden.

Ten slotte krijgen we zoowel bij het zien zonder aanraken, als bij het aanraken zonder zien een vrijwel gelijken indruk.

Ook bij de tastzin wordt de indruk gemeenlijk — zij het ook hier ten onrechte — vereenzelvigd met den impuls. Wij zijn gewoon aan de voorwerpen, die de receptoren van het tastzintuig prikkelen, eigenschappen toeteschrijven, waardoor zij in overeenstemming zouden zijn met de voorstellingen, die wij ons op grond van de door zintuigelijke waarneming verworven indrukken van den aard diër voorwerpen maken. ¹⁾

Ten slotte enkele opmerkingen over het pijnzintuig. De tastindruk krijgt een onaangename, als pijn tot ons bewustzijn komende kwaliteit, zoodra de prikkel-intensiteit een zeker peil te boven gaat. Bij aanraking van de huid met een scherp voorwerp in iets geringer mate dan noodig is, om haar te doorboren. De pyn-sensatie waarschuwt dus voor dreigende resp. bij ontstane verwonding. ²⁾

Bij overmatige prikkeling van de tastlichaampjes worden meestal tevens ook de temperatuurlichaampjes, speciaal de warmtepunten, sterk geprikkeld. Dat verklaart reeds gedeeltelijk het „brandend”

¹⁾ Met andere woorden: wij projecteeren onze indrukken in de buitenwereld en bekleeden de voorwerpen in de buitenwereld met die indrukken als eigenschappen. Wij noemen een baksteen, rood, rechthoekig, hard en ruw zonder te beseffen, dat kleur, vorm, consistentie en aard van de oppervlakte geen eigenschappen zijn van deze voorwerpen zelf, maar slechts woorden zijn voor voorstellingen. Voor stellingen, die wij ons vormen op grond van een beperkt aantal, door receptieve organen, ontvangen impulsen.

²⁾ Dit geldt alleen voor de huid. De gevoeligheid der ingewanden voor pijn is aan heel andere regels gebonden, zooals we in hoofdstuk II gezien hebben: voor knippen en snijden, prikken en branden, bijv. is de darm gevoelloos. Alleen gaat krampachtige samentrekking van de ongestreepte spierrok, die deel uitmaakt van den darmwand met buitengewone sterke, in de huid gelocaliseerde, pijnsensatie (koliek) gepaard.

karakter, dat pijn vaak heeft. Bovendien heeft een klap (en vooral een reeks klappen) plaatselijke verwijding der bloedvaten, dus roodheid en verhoogde temperatuur van het getroffen deel, ten gevolge. Maar deze temperatuursverhoging wordt meer als langdurig gloeien dan als brandende pijn waargenomen.

Behalve „brandend” kan de pijn ook „klopend” zijn. We nemen dit vooral waar, wanneer de pijn niet veroorzaakt wordt door overmatige prikkeling van tast- en pijn-lichaampjes bij van buiten inwerkend geweld, maar wanneer ontsteking in de huid tot verhoogde spanning ¹⁾ aanleiding geeft (doorzweeten van vocht door de beschadigde vaatwand heen).

De gevoeligheid van verschillende lichaamsdeelen wisselt naar gelang van de dichtheid, waarmede de tast- en pijnpunten gezaaid zijn. Op lip en vingertop is die dichtheid zóó groot, dat men ook met het fijnste instrument steeds een pijnpunt treft. Op den rug daarentegen is die dichtheid zoo gering, dat men daar niet zelden een onderhuidsche inspuiting kan geven, zonder dat de prik als zoodanig gevoeld wordt: men steekt tusschen de pijnpunten door.

De warmte-regelende functie van de huid is een functie, die eigenlijk slechts zijdelings verband houdt met het geheel der ter beschikking van het

¹⁾ De verhoogde spanning in de verwijde haarvaten veroorzaakt dus, dat de stroom in de haarvaten niet gelijkmatig is, maar dat ook tot hier de golving in de groote bloedvaten zich voortplant. Door de verhoogde spanning in de met vocht doordrenkte weefsels wordt deze z.g. capillairpols voortgeplant naar de overgevoelige tast- en pijnlichaampjes, zoodat „kloppen” (met een frequentie, die gelijk is aan die van het hart) wordt waargenomen.

lichaam staande verdedigingsmiddelen. Zoowel bij stijging boven, als bij daling beneden zekere temperatuur, bedreigen echter het organisme zulke groote gevaren, dat de warmteregeling zonder bezwaar als verdedigingsmiddel kan worden beschouwd. Onverschillig of het gevaar voor afwijking van de gemiddelde normale temperatuur nu meer van de zijde van de buitenwereld, dan meer door speciale in het lichaam heerschende verhoudingen dreigt. Het is trouwens niet eens gemakkelijk aan te geven, van welke zijde het grootste gevaar voor temperatuurstijging en -daling dreigt. Dat hangt van tal van omstandigheden af. In de eerste plaats van de verhouding tusschen de lichaamstemperatuur en die van de buitenwereld. Is de lichaamstemperatuur lager dan die van de omgeving, dan dreigt oververhitting. Is zij hooger, dan dreigt afkoeling. Aan den anderen kant zijn er, afgezien van de omgeving, in het lichaam zelf factoren, die temperatuurswijziging in ongewenschten zin dreigen te veroorzaken. Daar is in de eerste plaats de geweldige hoeveelheid warmte, die in het arbeidende lichaam geproduceerd wordt. ¹⁾

De warmteregeling moet dus practisch gesproken in drieërlei richting georiënteerd zijn.

1e voorkomen van afkoeling bij lagere buitentemperatuur,

2e voorkomen van oververhitting bij hooge buitentemperaturen en

3e voorkomen van overhitting door de in het lichaam geproduceerde warmte.

Voorkomen van afkoeling bij lagere buitentem-

¹⁾ Het eenige wat er aan het lichaam nog mankeert, is het vermogen om kou te produceeren (alleen bij gebruik van groote hoeveelheden ijs en ijskoude vloeistof dreigt ook afkoeling van binnen uit).

peratuur is per slot van rekening betrekkelijk eenvoudig. Door doelmatige kleding kunnen we het warmteverlies beperken. Anderzijds kan de warmteproductie door beweging en arbeid op peil gebracht worden.

Veel moeilijker is het voorkomen van oververhitting bij hoge buitentemperatuur. Door doelmatige kleding, door beperking van beweging en arbeid kan het warmteverlies bevorderd en de warmteproductie geremd worden. Het warmte-overschot, dat er dan nog bestaat, moet op andere wijze geloosd worden. Het is daar, dat de warmteregulerende functie van de huid ingrijpt en door matige tot overmatige productie van zweet water produceert, dat bij verdamping geweldige hoeveelheden warmte aan het lichaam onttrekt.

Het is dit zelfde warmteregulerende vermogen, dat waakt tegen oververhitting door de in het lichaam geproduceerde warmte, voorzoover doelmatige kleding niet bij machte is het warmteverlies te regelen.

Men herinnere zich de in hoofdstuk IV medegedeelde cijfers over de mechanische efficiëntie van het lichaam. Daaruit bleek, dat van de ter beschikking staande energie slechts 15 à 25 % effectief wordt. De rest wordt omgezet in warmte.¹⁾ De hoeveelheden geproduceerde warmte zijn bij beweging en arbeid van eenigen omvang dientengevolge zoo groot, dat we slechts bij zeer groot natuurlijk

¹⁾ Behalve de spieren nemen ook de klieren deel aan de warmteproductie, maar deze is — hoewel betrekkelijk groot in verhouding tot den omvang dezer organen — betrekkelijk klein in verhouding tot de totale hoeveelheid geproduceerde warmte. Men bedenke daarbij, dat de spieren meer dan 50 % van ons lichaamsgewicht uitmaken. Ook bij rust wordt er in de spieren warmte geproduceerd, omdat de natuurlijke spanningstoestand der spieren, die we als *tonus* hebben leeren kennen, ook met verbranding van glycogeen gepaard gaat.

warmteverlies door geleiding en afstraling naar een veel koelere buitenwereld in staat zouden zijn oververhitting te voorkomen, indien er geen speciale warmteregeling bestond.

Dit alles maakt het begrijpelijk, dat in ons klimaat regeling van het warmteverlies belangrijker is, dan de regeling van de warmteproductie.

Waar de lichaamstemperatuur in ons klimaat gewoonlijk hooger is dan die van de omgeving, zij even op het kleedingvraagstuk gewezen. Lucht is een slechte geleider van warmte. De voornaamste taak der kleeding, voorzover deze voorkomen van afkoeling ten doel heeft, is dus het vormen van meerdere luchtlagen om de huid. Die zullen des te beter warmteverlies voorkomen, naarmate de luchtbeweging in die lagen geringer is. Drie dunne kleedingstukken over elkaar houden de koude dus beter buiten (resp. de warmte beter binnen) dan één zoo dik als alle drie samen. Vochtige klee- ren daarentegen werken warmteverlies in de hand, omdat zij op elkaar plakken en de warmte-isoleerende luchtlagen dan vervangen worden door warmtegeleidende waterlagen.

Bij dreigende oververhitting is het, zooals gezegd, de warmteregeling in engeren zin, die ingrijpt door de zweetafscheiding op gang te brengen. Anderzijds is ook de hoeveelheid warmte, die de huid door afstraling verliest, voor die warmteregeling van niet geringe beteekenis, omdat ze voor wijziging vatbaar is. De huid, die aan de inwerking van koude wordt blootgesteld wordt bleek: de huidvaten trekken zich samen, worden nauwer. De hoeveelheid warm bloed, die dan voor afkoeling aan de lucht is blootgesteld is dus gering. Bij warm weer daarentegen zijn de huidvaten wijd en is de hoeveelheid

bloed, die voor afkoeling aan de lucht is blootgesteld, groot. Zweetafscheiding en vaatwijdte staan trouwens in nauw verband. Het is toch uit het bloed dat de zweetklieren het benodigde vocht betrekken moeten. Hooge functioneele activiteit der zweetklieren gaat noodzakelijk gepaard met ruime bloedvoorziening en omgekeerd. Slechts onder één omstandigheid laat dit mechanisme ons in den steek n. l., wanneer hooge buitentemperatuur gepaard gaat met verzadiging van de atmosfeer met waterdamp. Dan is verdamping van zweet onmogelijk en dreigt warmte-stuwing. De lichaamstemperatuur loopt op en de centra voor hartswerking en ademhaling loopen gevaar, vooral de eerste. Kunstmatige afkoeling kan dan vaak nog onheil voorkomen en tegemoet komen aan de te kort schietende warmteregeling, die voor 80% aangewezen is op de huid,¹⁾ die daarin door straling en geleiding, maar als het er op aan komt, bij dreigende oververhitting in hoofdzaak door transpiratie voorziet, mits het vochtgehalte van de lucht dat niet onmogelijk maakt.

De nadeelige gevolgen van verblijf van een groot aantal personen in beperkte ruimte (vooral bij onvoldoende ventilatie). Inzicht in dit vraagstuk heeft men eerst recht gekregen door talrijke onderzoekingen, die ten doel hadden zich rekenschap te geven van de factoren, die in de beroeps- en bedrijfshygiëne invloed uitoefenden op gezondheid en arbeidsvermogen van werklieden in groote bedrijven.

¹⁾ De overige 20 % van het warmteverlies komt tot stand, doordat bij het gebruik van spijs en drank van lage temperatuur, een zekere hoeveelheid warmte aan het lichaam onttrokken wordt. Ook voor de verwarming van de inademingslucht wordt soms een beroep op de warmtevoorraad van het lichaam gedaan.

Temperatuur en vochtigheid zijn, volgens de literatuur, de twee belangrijkste atmosferische invloeden, die zich doen gelden op 's menschen gezondheid en arbeidsvermogen, zoowel in woning als werkplaats.

Proeven van talrijke onderzoekers hebben het bewijs geleverd, dat de veronderstelling niet juist is, dat de nadeelige gevolgen van opeenhooping van menschen in beperkte ruimte berusten zouden op gasvormige bestanddeelen der lucht. Toen meende men dat mogelijk de menschen vergiftige organische stoffen uitwasemden. Ook dit is bij proefondervindelijk onderzoek onjuist gebleken. Ten slotte kwam men tot het inzicht, dat hooge temperatuur en vochtigheid hierbij een belangrijke rol speelden. Abnormale temperatuur en vochtigheid komen in de gematigde zône in het heete seizoen voor en in wisselende mate gedurende meerdere maanden van het jaar in de tropen. De vele punten van overeenkomst, die de sterfttekrommen in verschillende deelen der wereld vertoonen gedurende verschillend tijdsverloop, schijnen op een uitgesproken verband tusschen weersgesteldheid en ziektecijfer te wijzen. Temperatuursverhooging veroorzaakt in de gematigde zône acute stijging der sterfttekromme, terwijl de gevolgen van blootstelling aan een tropisch klimaat meer van chronischen aard zijn. Er is weinig literatuur over den invloed van temperatuursverlaging bij dieren. Excessieve koude schijnt door het menschelijk organisme beter te worden verdragen dan excessieve hitte. Dat moet gedeeltelijk worden toegeschreven aan het feit, dat de inwerking van de koude door kunstmiddelen verzacht kan worden. Poolreizigers hebben meegedeeld, dat op windstille dagen geen temperatuur te laag was om werk bui-

tenshuis te doen, terwijl op winderige dagen het onmogelijk was korten tijd buiten te zijn. Op abnormale atmosferische toestanden schijnen vrouwen sneller te reageeren dan mannen, terwijl kinderen en ouden van dagen ook bijzonder gevoelig zijn. Voor poolreizen zijn mannen tusschen 30 en 40 jaar het best geschikt.

Het vraagstuk betreffende de bronnen van dierlijke warmte was vroeger een mysterie; later kreeg men meer inzicht in de verbrandingsprocessen in het lichaam. Daarbij werd tevens vastgesteld, dat het warmtereguleerend vermogen van het lichaam aan zekere grenzen gebonden is en geen dier in staat is het onbeperkten tijd uit te houden in een temperatuur, die hooger is dan die van zijn lichaam.

Het dier sterft dan des te sneller, naarmate zijn lichaamsgewicht grooter is. Rustig verblijf in een met vocht verzadigde atmosfeer b.v. 34°C (92°F) gedurende een uur zonder luchtbeweging, veroorzaakt reeds verhooging van de lichaamstemperatuur. Van de factoren, die de uitwerking van abnormale temperatuur op het lichaam bepalen, moeten genoemd worden: vochtgehalte, luchtbeweging, lichaamsbeweging, toestand der personen, het genoten voedsel, de kleding en een persoonlijke (over)gevoelighedscomponent.

a. Vochtigheid doet de onaangename en nadelige gevolgen zoowel van hooge als lage temperaturen toenemen. Al of niet zich behagelijk voelen — te beoordeelen naar het gevoel en naar de uitkomsten van physiologische reacties — is uitsluitend van de temperatuur afhankelijk.

b. De beperking der physiologische reacties, veroorzaakt door hooge temperatuur en gekarakteriseerd door een bij overschrijding van zekere grens op-

treden van een gevoel van onbehagelijkheid, wordt niet bepaald door de lichaamstemperatuur, maar door de polsfrequentie. De eerste verschijnselen van onbehagelijkheid verschijnen bij polsfrequenties boven 135; boven 160 treden ernstige, zelfs verontrustende verschijnselen op.

c. Luchtbeweging vermindert de onaangenaamheid van hoge temperaturen beneden 38° C. (98° F); beweging van met vocht verzadigde lucht van een temperatuur boven 38° (98° F) is eerder schadelijk dan gunstig.

d. De bovengrens, waarbij nog behoorlijk — ook bij tot het middel ontbloom lichaam — gewerkt kan worden, komt overeen met een temperatuur van 39° C (100° F) en een vochtgehalte van 30 %, resp. $32-36^{\circ}$ C ($90-95^{\circ}$ F) bij met vocht verzadigde atmosfeer. De optimum-temperatuur bij rust bedraagt ongeveer 66° F., bij zwaren arbeid ongeveer 60° ; 43° F. is te koud zoowel met als zonder luchtbeweging en onafhankelijk van den vochtigheidsgraad. Bij windstilte is geen temperatuur te laag om werken buiten mogelijk te maken.

e. Normale kleding blijkt bij gemiddelde vochtigheidsgraad de afkoelende werking van wind te bevorderen, in vergelijking met de verhoudingen bij personen met tot het middel ontbloom bovenlijf. Anderzijds bevordert onder zekere omstandigheden kleding het warmteverlies door verdamping en belemmert zij stijging der lichaamstemperatuur door stralende hitte en warmtegeleiding van buitenaf. Bij rust en windstilte maakt een temperatuur van 65 tot 70° F. en 100 % relatieve vochtigheid op personen met ontbloom bovenlijf een „betrekkelijk koele” tot „aangename” indruk. Onder dezelfde omstandigheden gevoelden ze zich bij be-

trekkelijk zwaren arbeid „lekker”. Bij rust en windstilte en temperaturen tusschen 55 en 60° met 100 % relatieve vochtigheid, is kleeding vereischt om zich behagelijk te voelen, terwijl bij ontbloot bovenlichaam en middelmatig zwaren arbeid de indruk „koel” tot „behagelijk” was, resp. bij 45°-50° „koel” bij middelmatig zwaren arbeid en ontbloot bovenlijf.

Meestal treedt de dood in, zoodra de lichaams-temperatuur stijgt tot 43 à 44° C. Het vochtgehalte en de duur der blootstelling om de temperatuur tot dit fatale punt te doen stijgen, wordt in de literatuur niet nader aangegeven. De laagste temperatuur, die vereenigbaar schijnt te zijn met het leven, schijnt 27° C te zijn (bij konijnen ongeveer 20° C).

Ook zijn er in de literatuur enkele gegevens te vinden over het ongevalsgevaar bij bepaalde temperaturen. Het minimum zou zoowel voor mannen als vrouwen tusschen 65 en 69° F. liggen. Bij lagere temperaturen stijgt het gevaar voor ongevallen geleidelijk en gelijkelijk voor mannen en vrouwen totdat het bij ongeveer 50-54° ongeveer 35 % grooter is dan bij 65-69°.

Beneden 50° F. schijnt het gevaar voor ongevallen weer een weinig te dalen, vermoedelijk omdat het dan langzamerhand te koud wordt om de gebruikelijke snelheid van productie te handhaven. Boven 65-69° stijgt het ongevalsgevaar voor vrouwen betrekkelijk weinig, voor mannen daarentegen snel, zoodat het boven 75° een peil bereikt van ongeveer 39 % boven dat van 65-69°. Vermoedelijk moet het verschil tusschen beide geslachten worden toegeschreven aan het feit, dat de arbeid der mannen aanmerkelijk zwaarder was dan die

der vrouwen. Het spreekt van zelf, dat de nadeelige gevolgen van hooge temperaturen zich des te meer laten gevoelen, naarmate de arbeid zwaarder is. Een matige temperatuursverhooging, binnen physiologische grenzen, verhoogt de werking van geneesmiddelen en ook van vergiften als koolmonoxyde, mosterdgas en lood.

Ten slotte enkele gegevens over de objectieve en subjectieve verschijnselen bij blootstelling aan hooge temperaturen en vochtigheid. De meest voorkomende subjectieve verschijnselen zijn kramp, hoofdpijn, rugpijn, duizeligheid, groote dorst, rillerigheid (ook bij verhoogde lichaamstemperatuur), diarrhee, rusteloosheid en slapeloosheid. Chronische blootstelling aan overmatige hitte heeft verminderd arbeidsvermogen en verminderd weerstandsvermogen tegen vermoeienis en ziekte tengevolge. De belangrijkste objectieve verschijnselen zijn verandering in lichaamstemperatuur, polsfrequentie en bloeddruk, voorts versnelde ademhaling, verhoogde stofwisseling en daling van het lichaamsgewicht. Sommige onderzoekers beschouwen de polsfrequentie als de beste maatstaf voor de nadeelige gevolgen van hooge temperaturen.

Moeilijk kan in verband met dit alles de hygiënische en economische waarde van goede ventilatie en andere maatregelen, die temperatuur en vochtigheid op peil houden, overschat worden.

De nadeelige gevolgen van hooge temperatuur en vochtgehalte der lucht moet daaraan worden toegeschreven, dat de met waterdamp verzadigde atmosfeer de transpiratie van het lichaam belemmert, zoo niet onmogelijk maakt. En dus de veiligheidsklep, waarover het lichaam beschikt om overtollige warmte kwijt te raken (te weten de

zweetproductie gevolgd door verdamping) daardoor defect raakt. Warmtestuwing en stijging der lichaamstemperatuur treedt dan te sneller op, naarmate de temperatuur hooger is en het vochtgehalte dichter bij het punt der verzadiging komt. Dat verklaart ook, waarom de nadeelige gevolgen van hooge temperatuur en hoog vochtgehalte kunnen worden geremd, resp. tot op zekere hoogte voorkomen, door krachtige luchtbeweging — elektrische waaier — terwijl ook de mate van lichaamsbeweging invloed heeft. Bij rust is de warmteproductie van het lichaam oneindig veel kleiner dan bij beweging. Het is trouwens een ervaringsfeit, dat men des te minder last heeft van vochtige hitte, naarmate men zich rustiger houdt.

Toch zijn ook behalve arbeid, gedrag, kleeding, nog meer individueele factoren van invloed. Men moet ook het stadium der spijsvertering niet vergeten, aangezien ook deze met warmteproductie gepaard gaat. Ten slotte is de één veel gevoeliger voor de hitte dan de ander.

Toch kan men wel gemiddelde temperaturen aangeven, die als minimum, optimum en maximum moet worden beschouwd, afzonderlijk voor rust en arbeid, terwijl de zaak iets ingewikkelder wordt als men de relatieve vochtigheid belangrijk wijzigt.

De beteekenis der warmteregeling ter voorkoming van afkoeling. — Het gevaar van plaatselijke en algemeene temperatuursverlaging is geenszins denkbeeldig en de gevaren, die dan dreigen zijn maar al te duidelijk. Met temperatuursverlaging gaat n. l. belangrijke vermindering van het weerstandsvermogen gepaard tegen de van alle zijden dreigende micro-organismen. Deze zijn op en in ons lichaam

in grooten getale als onschadelijke commensalen aanwezig. Doch zoodra ze hun kans schoon zien, dringen ze binnen en ontplooiën dan, ziekte-verwekkende eigenschappen. We kunnen hier niet verder ingaan op de veelzijdige, en gedeeltelijk nog zeer duistere complexen van vraagstukken, die men onder de woorden „verkoudheid” en „rheumatiek” pleegt aan te duiden. We volstaan met de vermelding, dat bij deze vraagstukken het vermogen van de huid om op koude-prikkels te reageeren met een doelmatige afweerreactie — die plaatselijke en algemeene afkoeling en daarmee vermindering van het plaatselijke en algemeene weerstandsvermogen voorkomt — zeer belangrijk is.

Dit vermogen vormt een onderdeel van de centrale regeling van de verdeeling van het bloed over verschillende weefsels en organen (in hoofdstuk V beschreven), die onder invloed van het vasomotorische centrum in het verlengde merg staat. Kou-prikkels op sommige huidgedeelten geven dan ook niet alleen aanleiding tot wijziging in het bloedgehalte van die huidgedeelten zelf. Maar ook tot werking op afstand, tot verhoogde of verlaagde bloedtoevoer in bepaalde inwendige organen. Een doelmatige reactie voorkomt plaatselijke en algemeene afkoeling. Een ondoelmatige reactie werkt juist de gevreesde vermindering van het plaatselijk of algemeen weerstandsvermogen in de hand. Vandaar de groote waarde van een goede huidreactie, waardoor het evenwicht in de verdedigingsmiddelen van het organisme niet verbroken wordt. We hebben hier met een bijzonder samengesteld, in al zijn onderdeelen nog lang niet voldoende bekend, mechanisme te doen. De wisselende stroom van physische, chemische en andere prikkels, die van

oogenblik tot oogenblik ons huidzintuig treft heeft reflectorisch, telkens zich wijzigende, evenwichtsverhoudingen ten gevolge in de onder invloed van dat zintuig staande huidreacties. Door harding, door doelmatig-gedoseerde afwisselende temperatuurprikkelers van bepaalden aard, is het mogelijk deze reacties in het belang van het behoud van een zoo hoog mogelijk weerstandsvermogen te bevorderen. Daaraan ontleent mede een goede lichamelijke opvoeding zijn waarde.

Baden en badtemperatuur. — Een buitengewoon belangrijk onderwerp, waarvan het groote publiek niet voldoende op de hoogte is. Met dit gevolg, dat bij het zwemmen vaak gevaarlijke domheden begaan worden door het kiezen van een ongeschikte temperatuur. Terwijl daarentegen bij het nemen van een bad, in ons land ten minste, niet genoeg geprofiteerd wordt van de nuttige werking, die temperatuurs-verschillen zoowel op het menschelijk organisme, als op zijn geest kunnen hebben. In het voorbijgaan onderscheiden we reinigingsbaden en baden, die ten doel hebben het lichaam in een milieu van zekere temperatuur te brengen. We zijn dan op het terrein der physische therapie en zullen daarom van physisch-therapeutische baden spreken. Een derde categorie, geneeskrachtige of medicinale baden (waarbij aan het badwater allerlei geneeskrachtige stoffen kunnen worden toegevoegd) laten we buiten bespreking.

Reinigingsbaden worden bij voorkeur warm genomen, omdat dan met zeep en water oplossing van op de huid en in de huid-poriën (openingen van zweet- en huidsmeklieren) aanwezige vuil en verwijdering van vergiftige afscheidings- en uit-

scheidingsproducten het snelst en best bereikt wordt.

Hier willen wij het alleen over fysisch-therapeutische baden hebben, met de temperatuur als belangrijkste factor. Die temperatuur kan gelijk aan, hooger en lager dan de normale lichaamstemperatuur zijn. Wij beperken ons hier tot den normalen mensch. Zieke menschen reageren weer anders op baden van bepaalde temperatuur. Ook willen wij niet op het terrein der geneeskundige behandeling verdwalen.

We beoordeelen de gewaarwording, die de temperatuur van het water geeft naar die van ons lichaam — of van het lichaamsdeel (hand b. v.) dat in het water onderdompeld wordt. We noemen „warm” een bad van om en nabij lichaamstemperatuur (sommige menschen vinden het dan al lauw of koud).

„Heet” is het woord, dat we reserveeren voor bad-temperatuur boven lichaamstemperatuur. De individueele gevoeligheid spreekt ook hier bij mee. Vele gevoelige personen kunnen met geen mogelijkheid een temperatuur boven 38° verdragen. Anderen vinden 38° pas behaaglijk en wennen gemakkelijk aan 40° tot 45° . Er zijn er ook die het in water van 50° eenige oogenblikken uithouden.

Hier zijn we echter al aan de gevaarlijke grens toe. Het bloed stijgt dan naar het hoofd. Gevoelige menschen voelen zich reeds bij 40° spoedig zoo ziek als een hondje. Inderdaad stijgt de lichaamstemperatuur (met alle koorts-verschijnselen). Men kan het veel langer in dergelijke temperaturen uithouden als men het hoofd koel houdt: b.v. door een spons met koud water. Toch verdienen dergelijke kunsten geen aanbeveling. Men blijve in ieder geval

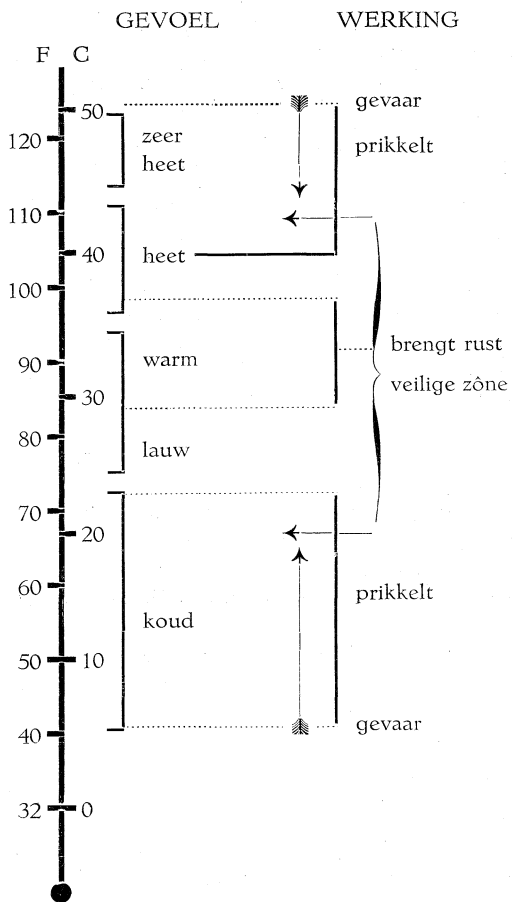


Fig. 135. *Badthermometer.*

binnen de veilige zône, d.w.z. beneden de 42° . Ook dan nog zullen velen last hebben van geprikkeldheid van het zenuwstelsel: hoofdpijn, slapeloosheid. En dat toch is niet de bedoeling van een bad. Wie de rustig-makende, verkwikkende, werking van een bad voor het naar bed gaan genieten wil, blijve met de badtemperatuur beneden de 37.5° . Een overzicht geeft fig. 135.

Ook naar beneden zijn er grenzen. De rustbrengende watertemperatuur eindigt in de buurt van de 30° . Velen beginnen het dan al niet meer „lauw”, maar zelfs „koud” te vinden. Dat is een kwestie van gewoonte. Daar beneden vormt een koel tot koud bad een krachtige prikkel voor huid, longen en hart.

Een prikkel, die naarmate de temperatuur lager is, krachtiger is en — wil de uitwerking binnen de grenzen van het normale blijven, — dan ook des te korter moet worden toegepast.

Men vereenzelvige niet baden en zwemmen. De krachtige — en zeer gezonde — lichaamsbeweging bij zwemmen produceert voldoende warmte om het warmteverlies in het koude water in belangrijke mate aan te vullen. Bij 20° is het heerlijk zwemmen. Iemand, die gewend is te zwemmen, kan het in water van 20° zelfs onbeperkten tijd uithouden. Vooral als de temperatuur van de lucht op peil is. In een bad van die temperatuur stilzittend, begint men het spoedig koud te krijgen. Is de temperatuur van het water veel lager, dan heeft men het spoedig bepaald koud en begint men te rillen. Als algemeene stelregel gelde: in een koud bad verblijf men slechts enkele seconden tot minuten, om zich daarna met een ruwe (bad)-handdoek snel en krachtig droog en warm te wrijven.

Dan, en ook dan alleen vormt zoo'n bad — voor een gezond mensch — een heilzame prikkel, die vooral 's morgens bij het opstaan gunstig werkt.

Anders daalt de lichaamstemperatuur en daarmee vermindert tevens het weerstandsvermogen tegen de ziektekiemen, die steeds op onze slijmvliezen aanwezig zijn en dan hun slag kunnen slaan. In vele gevallen werkt afwisselend — gedurende korte oogenblikken — warm en koud water als een zeer heilzamen prikkel. Men springt b. v. in heet water — enkele oogenblikken — en neemt daarna een korte lauwe tot koude douche. Die zelfde lauwe douche, die men dan koel noemt, zal den indruk van warm maken, wanneer men eerst eenige oogenblikken in een koel bad geweest is. Dat zijn echter allemaal bijzaken. Het voornaamste is, dat ons lichaam gunstig op temperatuurprikkel reageert — leert reageeren. Dan alleen werkt een bad gunstig. Men mag zich na een bad noch „verhit” noch „kil” voelen.

Behalve de temperatuur en de duur van het bad, is de wijze, waarop en de deugdelijkheid, waarmee men zich afdroogt, vooral bij het koele bad (resp. de koude douche) zeer belangrijk. Flink snel en krachtig afdrogen. Ziedaar het geheim.

De huid als lichtregelend orgaan. — Ook bij de studie van het huidzintuig is het goed zich reenschap te geven van de beperktheid van onze kennis, met betrekking tot de prikkels, die dit orgaan treffen, alsmede van de beperktheid van het aantal stralensoorten, dat het tot een bewusten indruk, dus tot een zintuigelijke waarneming, (die den drempel van het bewustzijn overschrijdt) brengen. Om een voorbeeld te noemen: noch de draadlooze

golven, noch de roëntgen- en radium-stralen worden door het huidzintuig tot indrukken verwerkt. Dat de laatste wel degelijk opgenomen worden, blijkt maar al te overtuigend uit de reacties, die uren, dagen en weken later in den vorm van roodheid en verbranding kunnen optreden. Want behalve als warmteregelend orgaan, fungeert de huid ook als *lichtregelend orgaan*. Ook dit is een verdedigingsmiddel van niet te onderschatten waarde, aangezien verschillende vormen van stralende energie, — ook in het zonnelicht — tot het bewerken van biologische omzettingen in schier alle cellen, weefsels en organen in staat zijn met een intensiteit, die niet met leven en gezondheid dier cellen in overeenstemming is. Het organisme beschut zich daartegen door pigmentvorming. Door ophooping van kleurstof in een bepaalde cellenlaag van de opperhuid, die desgewenscht dieper doordringen van de al te werkzame stralen voorkomt. Ook dit is een der vele in wezen en werking nog onvoldoende bekende huidreacties, waarvan we één ding wel met genoegzame zekerheid kunnen zeggen n.l. dat ze bij het weerstandsvermogen tegen allerlei schadelijke invloeden van buiten een zeer belangrijke, zoo niet overwegende rol spelen. De biologische werking der verschillende stralen-soorten biedt ondertusschen nog menig duister punt.

Het specifieke afweervermogen van ons lichaam tegen ziekteverwekkende micro-organismen. — We komen hier te staan tegenover een geheel andere groep van op het lichaam inwerkende factoren, dan waarmede we kennis gemaakt hebben bij de prikkelsoorten, die de verschillende zintuigen treffen en al dan niet tot de vorming van indrukken

aanleiding gaven. Al die prikkels waren van physischen of chemischen, in het algemeen van energetischen aard. Zij oefenen wel grooten invloed op leven en levensverrichtingen uit, maar veronderstellen toch het bestaan van leven niet. Geheel anders is het op het terrein der verdediging van het organisme tegen infectie. Hier hebben we te maken met strijd van leven tegen leven. Strijd van het eene georganiseerde levende wezen tegen het andere. Strijd om het bestaan, niet op kosten van in de buitenwereld aanwezige brandstof en zuurstof, maar op kosten van andere levende wezens. Ondertusschen is het verschil minder principieel dan het bij oppervlakkige beschouwing lijkt. Het leven ten koste van andere levende wezens vindt n.l. gedeeltelijk zijn verklaring in het feit, dat tal van levende wezens, speciaal uit de dierenwereld, maar gedeeltelijk ook uit het rijk der planten (waartoe men zooals men weet ook de bacteriën rekent) niet in staat zijn de voor ontwikkeling, leven en werken benoodigde hoeveelheid energie te putten uit de onuitputtelijke brandstof- en zuurstof-bronnen, waarover de natuur beschikt. Zij hebben daarvoor aan de anorganische wereld niet genoeg en zijn op de organische wereld aangewezen. Ze moeten leven van de stoffen, die andere planten en dieren in hun organisme hebben opgebouwd. Met name zijn voor opbouw en onderhoud van het levende eiwit, dat we als protoplasma hebben leeren kennen, organische bouwstoffen — in laatste instantie in hoofdzaak uit het plantenrijk afkomstig — onmisbaar. De behoefte aan organische bouwstoffen, moet echter niet vereenzelvigd worden met den strijd op leven en dood. Alle leven toch is in zich zelf beperkt, behoudens het nader in hoofdstuk XIV te

bespreken verschijnsel der biologische onsterfelijkheid.

Leven veronderstelt dus te gronde gaan van leven. De levenlooze resten van die hecatomben op zich zelf, vormen reeds een onuitputtelijke bron van anorganische bouwstoffen. Inderdaad zijn tal van micro-organismen — de z.g. *saprophyten* — in staat zich daarmee te voeden. Maar ook een deel der micro-organismen, dat hogere aspiraties heeft, strijdt daarom nog geen strijd op leven en dood met hooger-georganiseerde levende wezens. Zij vestigen zich in of op die levende wezens, zonder ze kwaad te doen, ja zelfs tot uitgesproken nut van hun *gastheeren*. Die vorm van samenleving pleegt als *commensalisme* of *symbiose* te worden aangeduid, twee woorden, die elkaar slechts gedeeltelijk dekken. Het eerste duidt samenleving zonder, het tweede met wederkeerig profijt aan. Ondertusschen is het verschil niet zoo groot, als men op grond van deze omschrijving denken zou. De colibacillen in onzen darm plegen als commensalen te worden aangeduid, terwijl het toch wel vast staat, dat ze omzettingen in allerlei organische voedingsmiddelen tot stand brengen, waardoor assimilatie van stoffen mogelijk wordt, die anders niet mogelijk zou zijn.

Wij willen het echter nu meer in het bijzonder over een derde groep deels dierlijke, deels plant-aardige micro-organismen hebben, die in hoofdzaak — sommige steeds, anders slechts onder bepaalde omstandigheden — ten koste van leven en gezondheid van mensch en dier leven.

Men pleegt ze aan te duiden als *parasieten* resp. als pathogene of ziekte-verwekkende micro-organismen. Ook de grens tusschen deze groep en die der

saprophyten en commensalen kan niet scherp getrokken worden. Er zijn talrijke micro-organismen, die onder normale omstandigheden — d. w. z. bij een normaal peil van weerstandsvermogen van het organisme — slechts in en op het lichaam als commensaal leven en gedeeltelijk ook wel als saprophyt kunnen bestaan. Onder abnormale omstandigheden — d. w. z. zodra het plaatselijk of algemeen weerstandsvermogen beneden een zeker peil daalt — wagen ze echter den aanval. Zij oefenen dan op zeer verschillende wijzen hun nadeeligen invloed op het lichaam uit:

A. door zich de voor het lichaam bestemde voedingsstoffen toe te eigenen (deze factor weegt bij de meeste micro-organismen veel minder zwaar, dan bij de in den darm levende hooger georganiseerde parasieten, als wormen enz.);

B. door aanleiding te geven tot het ontstaan van plaatselijke ontstekingsprocessen, die door uitbreiding en localisatie in levensgewichtige organen noodlottig kunnen worden;

C. door productie van gevaarlijke vergiften, die verlamming van levensgewichtige centra en uitschakeling van levensgewichtige functies ten gevolge kunnen hebben.

D. door de opneming van brandstof en zuurstof in zoodanige mate en gedurende zoo langen tijd onmogelijk te maken, dat aan het organisme reeds daardoor zijn bestaansmogelijkheid ontnomen is.

Bij de verschillende door parasieten, resp. pathogene micro-organismen, verwekte z. g. parasitaire en infectie-ziekten ¹⁾ spelen deze factoren een zeer

¹⁾ Uit den aard der zaak kunnen deze ziekten hier niet nader besproken worden. Wel is het goed de aandacht te vestigen op het feit, dat de begrippen *infectie-ziekten* en *besmettelijke ziekten* geenszins

verschillende rol, bij sommige beheerschen plaatselijke of algemeene ontsteking, bij andere vergiftiging, bij weer anderen uitschakeling van longen of maagdarmlkanaal het ziektebeeld.

Sommige micro-organismen dringen diep in het lichaam door en bereiken langs de bloedbaan alle organen. Anderen blijven aan de oppervlakte van het lichaam. Alleen worden de door hen geproduceerde vergiftige stofwisselingsproducten geresorbeerd.

En nu de verdedigingsmiddelen, waarover ons organisme in den strijd tegen al die verschillende, op verschillende wijze werkende en in verschillende mate leven en gezondheid bedreigende, vijanden beschikt. Daarbij moeten we de natuurlijke afweermiddelen — die *binnendringen voorkomen* — tot op zekere hoogte scheiden van de hulpmiddelen, die in het geweer gebracht worden om onverhoopt *toch binnengedrongen kiemen en vergiften onschadelijk te maken*.

Wat nu de natuurlijke verdedigingsmiddelen van het organisme in den boven aangeduiden zin betreft, ongeschonden huid en slijmvliezen zijn voor de meeste micro-organismen ten eenen male ondoordringbaar — ook al weer zoolang het lichaam gezond is. Dus ook aan dit plaatselijk weerstandsvermogen ligt in niet geringe mate de algemeene afweerkraft van het lichaam ten grondslag. Dit plaatselijk weerstandsvermogen wordt, wat de huid

identiek zijn. Een infectie-ziekte is een ziekte, die door infectie (besmetting met pathogene micro-organismen) *ontstaan* is. Een besmettelijke ziekte is een infectie-ziekte, die weer tot besmetting *aanleiding* geeft (z.g. *contagieus* is). Malaria en vlektyphus bijv. zijn wel infectieziekten, maar geen besmettelijke ziekten. Ze zijn niet *contagieus*, doordat de ziektekiemen resp. de parasieten den lijder niet verlaten (de besmetting kan alleen door een insect worden overgebracht).

betreft, verhoogd door de verhoorning der bovenste cellenlaag en door de fijne laag huidsmeer, die zich op en tusschen deze verhoornde laag bevindt en geen voedingsbodem voor bacteriën vormt.

Het algemeen weerstandsvermogen tegen infectie, dat zich met name min of meer krachtig openbaart, zoodra een aantal micro-organismen toch een toegangspoort gevonden heeft, is gedeeltelijk een functie van de in hoofdstuk V beschreven phagocyten of vreetcellen (dus van *cellulair* aard). Gedeeltelijk ook een functie van bijzondere eigenschappen van het bloedserum (dus van z.g. *humoraal* aard). De vreetcellen beschikken in hooge mate over het vermogen bacteriën op te eten en te verteren. Alleen wanneer het aantal micro-organismen te groot, de vergiften, die zij produceeren te venijnig, resp. de aanstormende vreetcellen te klein in aantal zijn en de ter beschikking staande humorale hulpmiddelen te kort schieten, wint het lichaam den strijd tegen de binnengedrongen micro-organismen niet.

De functie der vreetcellen (phagocytosis), juister gezegd de wisselende fasen in den strijd tusschen vreetcellen en micro-organismen openbaart zich door een reeks, soms alleen plaatselijke, vaak ook meer algemeene verschijnselen, die men met het woord *ontsteking* pleegt aan te duiden.

De klassieke reeks ontstekingsverschijnselen omvat: roodheid, temperatuursverhoging, pijnlijkheid, zwelling en functiestoornis. Wie iets dieper tot het wezen der verdedigingsmiddelen, waarover het lichaam beschikt in den strijd tegen ziekteverwekkende micro-organismen, wil doordringen, moet zich van oorsprong en doel dezer ontstekingsverschijnselen trachten rekenschap te geven.

Roodheid is een gevolg van vaatverwijding. Deze

is deels actief en heeft verhoogde bloedverzorging ten doel, deels passief onder invloed van de door de micro-organismen afgescheiden vergiften.

Temperatuurs-verhooging bij plaatselijke ontstekingen van beperkten omvang, meestal spoedig zich ook manifesterend door algemeene temperatuursverhooging (koorts). Voor zoover de temperatuursverhooging zuiver plaatselijk is, moet ze op rekening van de bovengenoemde vaatverwijding geschreven worden. Algemeene temperatuursverhooging is een bewijs van stoornis in de warmteregeling. Die stoornis wordt teweeg gebracht door inwerking van vergiftige stofwisselingsproducten van de ziektekiemen resp. van vergiftige producten, gevormd bij de inwerking van ziektekiemen en lichaamscellen op elkander.

Zwelling of zuchtigheid (oedeem) is een plaatselijk verschijnsel. Dit moet daaraan worden toegeschreven, dat de wanden der actief, zoowel als passief (zie boven) verwijde bloedvaten een verhoogde doorlaatbaarheid voor vocht — en trouwens ook voor cellen — vertoonen. Ophooping van vocht in en om den ontstekingshaard is het gevolg.

Pijnlijkheid is een plaatselijk gevolg van de verhoogde spanning, die in de weefsels op treedt, onder invloed van de verhoogde doordrenking met vocht. Daardoor worden de op blz. 477 beschreven tast- en pijnlichaampjes geprikkeld.

Functiestoornis is het voor de hand liggende gevolg van den door de zwelling belemmerden toevvoer van brandstof en zuurstof — de versnelde bloedstroom maakt als de zwelling toeneemt plaats voor verlangzaming — terwijl ook mechanisch de taak van allerlei cellen en organen door het ontstekingsproces belemmerd resp. onmogelijk gemaakt

wordt door niet zelden op groote schaal te gronde gaan van cellen. De uitzweeing van vocht gaat gepaard met uittreding van legioenen vreetcellen, die als ze den strijd niet winnen te gronde gaan. Met behulp van oplossende fermenten (zie blz. 214) helpt een deel der vreetcellen ook een handje om de in het strijdgewoel te gronde gegane lichaams-cellen, ja, heele weefselbrokken en organen los te maken en zoo veel mogelijk op te ruimen. Een ander deel der vreetcellen posteert zich op de grens van het gezonde en zieke weefsel, om den strijd zooveel mogelijk te localiseeren. Bij gevechten van eenigen omvang en duur vormen zich dan z. g. abscessen of etterbuilen, gevuld met een roomachtige massa doode bacteriën, doode vreetcellen en de resten van half of geheel opgelost, althans losgemaakt, te gronde gegaan weefsel. Een dergelijk absces heeft neiging naar buiten door te breken en dan het lichaam te bevrijden van de opgehoopte ontstekingsstoffen.

Na ontleding groeit de abscesholte meestal spoedig vol met jong, uit de omgeving woekarend, bindweefsel. De genezing is nabij en laat als de te gronde gegane cellen niet onmisbaar voor leven of gezondheid waren, geen herinnering na, dan een meer of minder opvallend litteken.

Koorts¹⁾ is een verschijnsel van infectie, dat velen gemeenzaam is, terwijl toch het inzicht in de beteekenis van dit verschijnsel zeer beperkt pleegt te zijn.

¹⁾ Prof. Nolen heeft over dit zeer ingewikkelde vraagstuk niet lang geleden voor de Nederlandsche Algemeene Ziektekundige Vereeniging een zeer belangrijke voordracht gehouden. Daaraan ontleen ik de bovenstaande, ook voor gezonden zeer wetenswaardige bijzonderheden.

Het lijkt zoo eenvoudig: „*verhoogde temperatuur*”. Maar als men over den norm begint en in een bepaald geval de grens wil aangeven, dan beginnen de moeilijkheden eerst recht. Dat de beste maatstaf nog steeds de endeldarm-temperatuur is, weet langzamerhand wel iedereen. Maar weinigen weten, hoe sterk ook daar in den endeldarm — binnen de grenzen van het normale — de temperatuur wisselen kan. Wil men houvast aan de endeldarmtemperatuur hebben, dan verdient het aanbeveling de temperatuur op te nemen bij den reeds eenigen tijd — b.v. een uur — rustig liggenden patiënt. Want bij vele menschen doen reeds geringe bewegingen, maar vooral loopen, de temperatuur in den endeldarm eenige, of zelfs vele tienden van een graad Celsius stijgen. Over de vraag binnen welke grenzen de minimale en maximale temperatuur van den gezonden mensch gelegen zijn, stemmen de meeningen der schrijvers niet geheel overeen. (Een voorbeeld geeft fig. 136). Als de minimale normale endeldarm-temperatuur wordt meestal $36,4^{\circ}$ C. als de maximale $37,4^{\circ}$ C aangeven. Nu zijn er echter een aantal menschen, bij wie de maximale temperatuur boven $37,4^{\circ}$ C, niet zelden zelfs boven 38° C. gevonden wordt. Terwijl men toch door het meest zorgvuldig onderzoek geen enkele lichamelijke afwijking, welk die abnormaal hooge temperatuur zou kunnen verklaren, kan vinden. De menschen, meestal vrouwen, die aan deze verhooging lijden, zooals men dat pleegt uit te drukken, hebben in den regel vele nerveuse klachten, als snel optredende vermoeidheid, gebrek aan eetlust, gevoel van algemeene zwakte, gedrukte gemoedsstemming. Zij zijn meestal slap en zwak van gestel en lichaamsbouw. Er is aanleiding om de reden

van die verhooging in het zenuwstelsel te zoeken. In verband daarmee worden ook de normale dagelijksche temperatuurschommelingen wel toegeschreven aan verschillen van prikkelbaarheid en prikke-

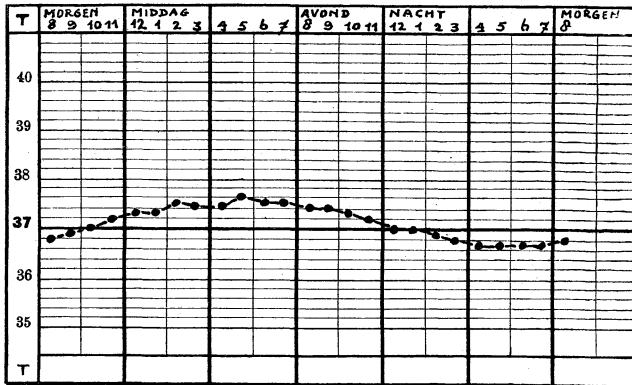


Fig. 136. Normale temperatuurschommelingen gedurende een etmaal.

lingstoestand van het zenuwstelsel bij dag en bij nacht. De geest speelt daarbij een belangrijke rol. Zoo zou het verklaarbaar zijn, dat bij menschen met een ziekelijk prikkelbaar zenuwstelsel de

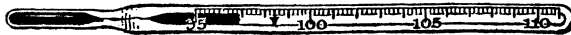


Fig. 137. Engelsch-Amerikaansche koortsthermometer. (Fahrenheit-schaal).

lichaamstemperatuur hooger stijgt, dan bij menschen met een minder onevenwichtig zenuwstelsel. Bij verschillende menschen is ook de regeling van de lichaamstemperatuur niet volkomen dezelfde.

Men kan wel zeggen, dat ook binnen de grenzen der gezondheid elk mensch zijn eigen normale temperatuurschommelingen heeft. Ook spreken de klieren met inwendige afscheiding (met name de schildklier) hierbij mee. ¹⁾

Bij echte koorts zijn er andere verhoudingen; dan veronderstelt men dat de lichaamstemperatuur op een hooger peil dan bij den gezonden mensch is ingesteld en het lichaam met hardnekkigheid er naar streeft de temperatuur op dat verhoogde peil te houden. Dat is ten minste de theorie; in de praktijk kan de temperatuur bij koortslidders zeer onregelmatig schommelen.

Een bekend Nederlandsch Sanatorium-directeur heeft van 100 kinderen zonder tuberculose (negatieve tuberculine-reactie), 100 kinderen met positieve tuberculine-reactie zonder dat tuberculeuse afwijkingen gevonden werden, en 100 kinderen met tuberculeuse afwijkingen, 3-6 maanden lang de temperatuurkrommen vergeleken.

Als meest voorkomend maximum werd bij normale kinderen een endeldarmtemperatuur gevonden van $37,3^{\circ}$ C. tot $37,6^{\circ}$ C. Bij rangschikking volgens den leeftijd bleek, dat de gemiddelden voor elke leeftijdsgroep slechts weinig verschilden, al was er bij toenemenden leeftijd een neiging tot daling van de gemiddelde temperatuur. Om een indruk te krijgen van de minimum-temperatuur, werden door denzelfden onderzoeker bij een aantal normale kinderen om de 3 uur 24 uur lang temperatuur-metin-

¹⁾ Bekend zijn de temperatuurswisselingen bij lidders aan ziekelijke veranderingen van de schildklier (krop of struma, ziekte van Basedow). Vooral bij emoties kan de temperatuur bij lidders aan de ziekte van Basedow een heel eind in de hoogte loopen (endocrine koorts), hoewel overigens de lichaamswarmte bij deze ziekte vrijwel op de hoogte van den gezonden mensch blijft.

gen verricht. Daarbij vond hij, dat het werkelijke minimum bereikt wordt des nachts tusschen 12 en 3 uur en wisselt tusschen $35,8^{\circ}$ C. en $36,3^{\circ}$ C. Des morgens tusschen 6 en 9 uur heeft een stijging plaats van meerdere tienden graden, waarbij in den regel de 37° wordt gepasseerd. Hetgeen dus gewoonlijk als minimum-temperatuur wordt opgeteekend ('s morgens om half acht of later) is dus een zeer willekeurige waarde, die meer van het uur der temperatuur-opneming afhangt, dan van den toestand van den patiënt.

Deze gegevens en beschouwingen mogen er den leek van overtuigen, dat hij allermint in staat is de beteekenis der door hem opgenomen lage, zoolwel als hooge temperatuur te beoordeelen. Lage temperaturen en daling van hooge temperaturen tot of beneden den norm kan trouwens een ongunstig teeken zijn, hooge temperatuur resp. stijging kan gunstig zijn enz.

Ik voor mij geef mijn patiënten gaarne een Engelschen of Amerikaanschen thermometer. Die heeft een Fahrenheitschaal, waarmee wij Hollanders niet gewoon zijn lichaamstemperatuur af te lezen: dan hebben de menschen voorloopig aan de aldus verkregen cijfers geen maatstaf om zelf te beoordeelen.

Per slot van rekening geven de bovenstaande bijzonderheden nog slechts een oppervlakkig en al te eenvoudig beeld van het zeer samengestelde ontstekings-mechanisme. We willen er echter maar op wijzen, dat fijnere regeling van dit mechanisme nog menig duister punt biedt en men een beroep moet doen op allerlei hypothesen om zich een voorstelling te vormen van den gang van zaken. Met name onttrekt zich bijv. het wezen van de aantrekkings-

kracht, die blijkbaar binnengedrongen ziektekiemen uitoefenen op de vreetcellen, zoodat ze van heinde en ver — uit de meest afgelegen schuilhoeken — gemobiliseerd worden en toesnellen, aan exactwetenschappelijk onderzoek. Men veronderstelt, dat hierbij scheikundige prikkelstoffen een rol spelen en duidt het verschijnsel daarom met „chemotaxis” aan. Deze naam houdt echter geen verklaring, maar slechts een veronderstelling in.

Ook de herkomst van de verschillende soorten vreetcellen en aard en functie van verschillende categorieën zwerfcellen, die zonder een actieve rol bij de phagocytose te spelen, toch voor de verdediging van het organisme tegen binnengedrongen ziektekiemen van groot belang schijnen te zijn, is nog verre van opgehelderd. Er schijnt een differentiatie te bestaan. Sommige cellen beperken zich tot het vernietigen van ziektekiemen met behulp van oplossende, vermoedelijk tot de groep der fermenten behorende, vergiften. Andere cellen — vreetcellen in engeren zin — schijnen de taak om de gedooide kiemen op te eten en verder op te ruimen op zich te nemen.

Onvatbaarheid of immuniteit tegen infectie en infectie-ziekten heeft echter ook een belangrijke humorale component. Verschillende vreet- en zwerf-cellensoorten, resp. div. vaste cellen in bloed- en lymph-cellenvormende organen produceeren stoffen, die in het bloed worden opgenomen.

Die stoffen zijn bij het weerstandsvermogen van het lichaam tegen infectie van groote beteekenis. Ze zijn deels vergiftig voor, oefenen althans een afstootende werking uit op, bepaalde ziektekiemen.

Anderdeels maken ze de door die ziektekiemen geproduceerde vergiftige producten onschadelijk. Een deel dier vergiftige bacteriële producten zijn stofwisselingsproducten, die door de kiemen in kwestie worden afgescheiden en zoo in de omringende vloeistof terecht komen (*extracellulaire toxinen*). Een ander deel zijn vergiftige producten, die in het lichaam der kiemen gevormd worden en alleen bij het te gronde gaan der bacteriën vrij worden (*intracellulaire toxinen* of *endotoxinen*).

Tegen sommige bacteriën en toxinen is het menschelijk lichaam van nature gewapend. Over het algemeen worden tegenstoffen tegen bepaalde bacteriën en bacterieele vergiften eerst door kennisgeving met die bacteriën en bacterieele vergiften verkregen. Het als overwinnaar uit den strijd te voorschijn komende organisme is onvatbaar of betrekkelijk onvatbaar geworden (*actieve immuniteit*).

Ook is het mogelijk personen actief onvatbaar te maken, door ze met stijgende hoeveelheden levende of doode ziektekiemen en bacterieele vergiften te behandelen (actieve onvatbaarmaking, inenting of vaccinatie).

Ten slotte kan met succes bij verschillende infectieziekten serum, z.g. immuunserum afkomstig van het lichaam van mensch of dier, dat actief onvatbaar gemaakt of geworden is tegen bepaalde ziektekiemen of bacterieele vergiften, ingespoten worden (*passieve immuniseering*).

De wisselwerking tusschen bacterie, resp. bacterieel toxine, en tegenstof is en blijft echter een zeer duister punt in de geheele immuniteitsleer, waarop wij hier echter niet dieper kunnen ingaan.

Het bovenstaande moge volstaan om een vaag

denkbeeld te geven van de zeer ingewikkelde verhoudingen, die ook op dit terrein der werkzaamheid van het menschelijk lichaam in het algemeen en van tal van cellen en organen in het bijzonder, bestaan.

Verhoudingen, die voor den strijd om het bestaan van individu en ras van moeilijk te overschatten beteekenis zijn. Ook daarin manifesteert zich het verwonderlijk vermogen van ons lichaam als geheel en van al zijn deelen om zich aan te passen aan de steeds wisselende invloeden, die van binnen uit en vooral uit de buitenwereld leven en gezondheid bedreigen.

De leer van onvatbaarheid en onvatbaarmaking of immunologie neemt dan ook onder de geneeskundige hulpwetenschappen, die behoud van leven en gezondheid beoogen, een steeds belangrijker plaats in, hoewel men ook van haar kan zeggen, dat zij zich nog in het allereerste ontwikkelingsstadium bevindt.

HOOFDSTUK XIV
VOORTPLANTING EN DOOD

Onsterfelijkheid is geenszins een zuiver theologisch begrip. Biologisch gezien ligt daaraan toch ongetwijfeld een niet geringe hoeveelheid exacte natuurwetenschappelijke kennis ten grondslag. Met dien verstande altijd, dat z. g. natuurwetten geen buiten en boven het menselijk verstand staande almachtige en onveranderlijke krachten zijn. Maar scheppingen van den menschelijken geest, die zijn „Kausalitätsbedürfnis” bevredigt door aan de door hem ontdekte regelmaat der dingen algemeene en altijddurende geldigheid toe te schrijven. Men miskenne echter het feit niet, dat dergelijke wetten voor den mensch slechts een beschrijvende inhoud hebben. Daarin spiegelt zich af het beeld, dat de menschelijke geest zich door eeuwen van studie gevormd heeft van wezen en samenhang der dingen. Dergelijke „wetten” mogen dus wel als werk-hypothesen en als uitgangspunt van onderzoek en bespiegeling worden gebezigd. Maar hen komt niet naast en tegenover de relativiteit aller dingen een absoluut karakter toe.

Na dit vooropgesteld te hebben, willen we even stilstaan bij twee natuurwetten, die bij de studie der onsterfelijkheid door den bioloog niet vergeten mogen worden, n.l. die met betrekking tot het behoud van massa en tot het behoud van energie.

Deze wetten houden in, dat er bij de velerlei omzettingsprocessen, die de materie spontaan of kunstmatig kan ondergaan — verbranding, ontleding, overgang in een anderen aggregatie-toestand (van

gasvorm in vloeistofvorm of in vasten vorm) enz. enz. — geen stof of kracht verloren gaat.

Het gewicht van e.v. asch en vaste, gasvormige of vloeibare verbrandingsproducten, is niet kleiner dan dat van het verbrande voorwerp. Het arbeidsvermogen van een vallend voorwerp (kinetische energie) gaat bij stuiting van den val niet verloren. Behalve de druk, die het op de onderlaag uitoefent (potentiele energie) heeft het door wrijving met name warmte veroorzaakt. Die energievorm. kan zich door geleiding of straling over kleiner of grooter afstand verplaatsen en dan weer in een anderen vorm overgaan. Maar ook dan nog blijft zij onverminderd werkzaam.

We hebben bij de bestudeering van de stofwisselingsbalans van ons lichaam reeds gelegenheid gehad om ons ook daar van de geldigheid van deze wet te vergewissen. Bij gelijkblijvend lichaamsgewicht zijn de stoffelijke en energetische inkomsten en uitgaven gelijk. Stijging of daling van het lichaamsgewicht spiegelen zich precies voor 100 % af in de stofwisselingsbalans. Het gewicht van spijs en drank en zuurstof, dat we tot ons nemen, is bij gelijkblijvend lichaamsgewicht niet kleiner noch grooter dan het gewicht van koolzuur, water en vaste, vloeibare of gasvormige uitscheidings- en afscheidings-producten, dat ons lichaam verlaat. En met de energie, die in verschillenden vorm (voedsel, warmte) als het ware de bron is van al onze levensverrichtingen, staat het niet anders. Wel gaat de eene vorm in den anderen over — in de grootst denkbare verscheidenheid van actie en reactie — maar daarbij valt noch winst noch verlies te boeken.

Natuurwetenschappelijk bezien nemen we dus

aan, dat de stof en de daaraan inherente energie onvergankelijk zijn. Onsterfelijkheid is echter nog iets anders dan materiele en energetische onvergankelijkheid. Onsterfelijkheid veronderstelt zowel onvergankelijkheid als continuïteit van „leven”.

We zullen hier natuurlijk niet ingaan op de moeilijke vraag waar de grens tusschen „leven” en „dood” ligt. We willen alleen zien in hoeverre er in de ons omgevende natuur, ook met betrekking tot den mensch, sprake is van een dergelijke onvergankelijkheid en continuïteit van leven. Van onsterfelijkheid dus in biologischen zin. Dat nu is ongetwijfeld het geval bij de verschillende vormen van voortplanting.

Bij lagere organismen, speciaal bij de eencellige, komt dat het duidelijkst uit. Het kernhoudende klompje levend protoplasma, dat wij als cel bestempelen, is als eenheid aan bepaalde afmetingen gebonden. Dat staat in verband met de behoefte aan het behoud van een bepaalde verhouding tusschen massa en oppervlakte. Bij groei neemt de massa veel sterker toe dan het oppervlak. ¹⁾

Activiteit nu is een aan de oppervlakte gebonden functie, zoodat bij groeiende massa de activiteit relatief kleiner wordt. Ook schijnt er een zekere verhouding tusschen de massa van den protoplasma-klomp en zijn kern als activiteitscentrum te moeten bestaan. We zien dan ook, dat de eencellige organismen als het ware automatisch zich in tweeën deelen, zoodra de protoplasma-klomp al groeiende

¹⁾ De massa stijgt naar verhouding tot de derde macht van den straal, het oppervlak naar verhouding tot de tweede macht van den straal, dus bij verdubbeling van den straal is de massa verachtvoudigd, de oppervlakte verviervoudigd, bij verdriedubbeling is de verhouding 27 : 9, bij viermaal zoo grooten straal 64 : 16 enz.

een zekeren omvang heeft bereikt. Dat dit als het ware automatisch geschiedt, is uit proeven gebleken, waarbij geregeld van den groeienden protoplasma-klomp stukjes werden afgesneden. Celdeeling bleef dan uit en kon op deze wijze onbeperkten tijd verhinderd worden. Ondertusschen was er toch geen sprake van dat de cel kwijnde of niet overigens in elk opzicht harmonisch functioneerde. Want van het oogenblik af aan, dat de reeks „micro-amputaties” gestaakt werd, begon de cel zich weer met de oude snelheid te deelen. Een snelheid, die onder ideale omstandigheden werkelijk aan het volstrekt ongelooflijke grenst. Onder ideale omstandigheden — voldoende voedsel en afvoer van vergiftige stoffwisselingsproducten — deelen sommige eencellige organismen zich zóó snel, dat de massa in één jaar naar berekening zou zijn aangegroeid tot den omvang . . . van moeder aarde.

Een bekend physioloog zegt het zoo karakteristiek: „Bij eencellige organismen als b.v. paramoecium of amoeba kan de dood niet beschouwd worden als een natuurlijk proces.” Bij deeling toch ontstaan twee even jonge, levenskrachtige, nieuwe individuen met het volwaardige vermogen, zich, — voeding en omgeving dienende, — ad infinitum verder te deelen. Van „verouderen” in engeren zin is dus geen sprake. Onsterfelijkheid in biologischen zin is hier in vollen omvang aanwezig. De eenige factor, die hun onbeperkten levensduur en voortplanting (in zeer hooge mate!) beperkt, is gebrek aan voedsel. Resp. de onderlinge strijd om het bestaan en de strijd om het bestaan tusschen hoogere en lagere organismen, die op elkander zijn aangewezen. Percentsgewijs is dan ook het aantal overlevende lagere organismen buitengewoon klein.

Dat doet ondertusschen aan het feit der onsterfelijkheid in biologischen zin niets af.

De verschillende vormen van voortplanting. — Bij de ééncelligen komen twee vormen van voortplanting voor:

1e z.g. *ongeslachtelijke voortplanting door deeling* van iedere cel afzonderlijk, (fig. 138 A),

2e z.g. *geslachtelijke voortplanting door paring* z.g. conjugatie (fig. 138 B).

In den eenvoudigsten vorm speelt deze z.g. conjugatie zich af bij infusoria. Twee uiterlijk gelijke

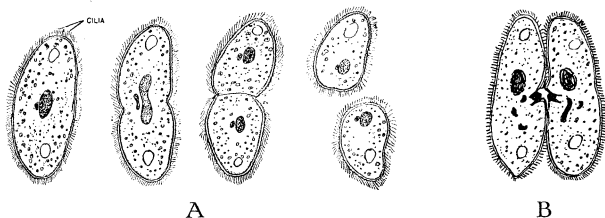


Fig. 138. Voortplanting bij een eencellig oerdiertje. A. ongeslachtelijk door deeling; B. geslachtelijk door paring.

cellen leggen zich tegen elkaar aan, terwijl de kernen van beide zich deels vereenigen, deels op eigenaardige wijze over het complex verspreiden.

Het resultaat van dit ingewikkelde proces, dat hier niet uitvoeriger kan worden besproken, is de vorming door deeling van vier nieuwe individuen. Hetzelfde spelletje begint dan opnieuw. Bij infusoria en verschillende andere lagere organismen is echter ongeslachtelijke vermenigvuldiging regel en geslachtelijke uitzondering. De laatste treedt merkwaardiger wijze alleen op onder minder gunstige uitwendige omstandigheden. Bij kunstmatig kwee-

ken onder ideale voedings- en milieu-verhoudingen kan men dezen vorm van voortplanting zelfs onbepaalden tijd voorkomen. Het is niet mogelijk het doel van deze inrichting der natuur bij de lagere organismen te doorgronden. Naarmate men hooger komt in de dierenwereld, komt de geslachtelijke voortplanting steeds meer op den voorgrond en wordt dan ook voor ons menschelijk verstand steeds treffender in zijn doelmatigheid. Want naarmate de organisatie van het levende wezen hooger is, naar diezelfde mate is elke afzonderlijke oercel de drager van een grooter aantal goede en slechte ontwikkelingsmogelijkheden. Versmelting van cellen van verschillende herkomst vergroot dan de variatiebreedte en vermindert de kans op z. g. „inteelt,” d.w.z. het gevaar voor blijvend verloren gaan van goede en het op den voorgrond treden van slechte eigenschappen. De theoretische en proefondervindelijke erfelijkheidsleer heeft op dit gebied menige wetmatigheid ontdekt; door de fokkers wordt daarmee rekening gehouden.

Bij de infusoriën zijn de cellen, die zich bij de z.g. conjugatie vereenigen nog betrekkelijk — althans uiterlijk, — gelijk en gelijksoortig. Bij de hoogere organismen is dit niet meer het geval. Daar heeft, zooals we gezien hebben, de vorming van een veelledigen celstaat aanleiding gegeven tot een steeds verder doorgevoerde verdeeling van arbeid. Differentiatie van vorm en functie gaan daarbij hand in hand, ter bereiking van een zoo hoog mogelijk peil van efficiency. Bij die verdeeling van arbeid hebben de meeste celsoorten het vermogen om zich — binnen het verband van den celstaat — ongeslachtelijk te deelen, behouden. Zij maken daar ook een zeer nuttig gebruik van ten behoeve van

groei en instandhouding van de betrokken organen. Maar de taak der voortplanting in engeren zin, de geslachtelijke vermenigvuldiging door conjugatie, die taak is aan bijzondere celgroepen toegewezen, de z.g. geslachtscellen.

Terwijl bij een deel der dieren éézelfde dier nog drager is van ongelijksoortige z.g. mannelijke en vrouwelijke geslachtscellen, heeft bij de hogere dieren en ook bij den mensch het bezit door éézelfde individu van slechts één dezer celsoorten, de scheiding in twee geslachten, het mannelijk en vrouwelijk geslacht, tengevolge. Behalve door het bezit van een bepaalde specifieke geslachtscellensoort en van organen, die tot taak hebben conjugatie en ontwikkeling van de daaruit voortvloeiende vrucht mogelijk te maken (*primaire geslachtskenmerken*), verschillen deze individuensoorten nog door het bezit van andere geestelijke en lichamelijke eigenschappen, waarmede we beneden nog zullen kennismaken (*secundaire geslachtskenmerken*).

Bij de hogere organismen is dus de taak der voortplanting slechts beperkt tot enkele cellen. Alle andere cellen gaan vroeg of laat — ook onder overigens ideale voedingsverhoudingen en uitwendige omstandigheden — te gronde. Alleen bij de geslachtscellen, zoo mannelijke als vrouwelijke, die het na conjugatie tot de ontwikkeling van een nieuw individu brengen, is van onvergankelijkheid en continuïteit van leven en dus van onsterfelijkheid in biologischen zin sprake. Starling spreekt karakteristiek van „*onsterfelijke kiemcellen in een sterfelijken gastheer of gastvrouw*”.

Goldschmidt heeft in zijn boek getiteld: „*Einführung in die Wissenschaft vom Leben*” op bui-

tengewoon aardige en suggestieve wijze die continuïteit der kiemcellen in beeld gebracht. Fig. 139 ontleen ik daaraan. Zij stelt de wijze voor, waarop bij den kikvorsch van af het ei materiaal gereserveerd wordt voor de instandhouding van de soort.

No. 1 stelt de oorspronkelijke eicel voor, het gestippelde deel daarvan kan men nu verder vervol-

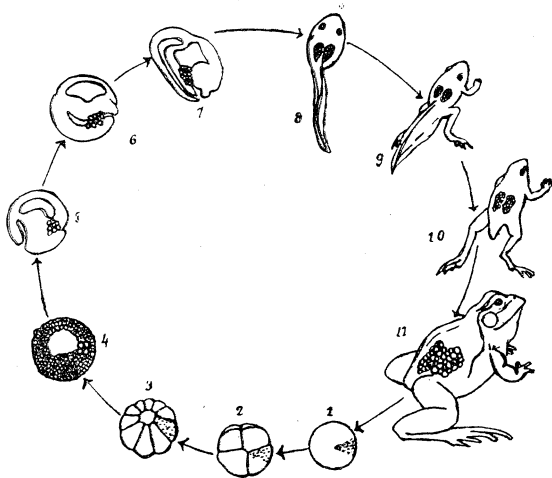


Fig. 139. De onsterfelijkheid der geslachtscellen bij den kikvorsch. (naar Goldscheider).

gen en zich tot kiemcellen zien ontwikkelen. Het ei deelt zich na de bevruchting met toenemende snelheid (No. 2 en 3). De „moerbeï” wordt tot een „blaasje” (No. 4). Daarin zonderen zich spoedig bepaalde gedeelten af voor bepaalde functies (ruggemergskanaal, maagdarmkanaal, beide zijn evenwijdig aan elkaar, mooi op No. 7 te zien). Keert men dan terug tot No. 6 en 5, dan kan men

zich ook een voorstelling maken, hoe beide zich ontwikkeld hebben: de één door instulping van de buitenwand, de ander uit de lichaamsholte. No. 8 stelt reeds het kwakbolletje voor, dat we in onze jongensjaren zich zoo menigmaal tot een volwassen kikker (No. 11) hebben zien ontwikkelen.

Dan begint de kringloop opnieuw.

Bouw en verrichtingen der mannelijke en vrouwelijke geslachtsorganen. — Fig. 140 geeft een overzicht van de mannelijke organen. De mannelijke geslachtscellen, z.g. zaaddiertjes of spermatozoen worden bij millioenen gevormd in *den teelbal*. Dit begint eerst omstreeks den leeftijd van 13 à 14 jaar (puberteit, geslachts-rijpheid), gelijktijdig met de ontwikkeling der z.g. secundaire geslachtskenmerken. Dit levensstadium is gekenmerkt door verhoogden lengtegroei van het beenderstelsel, door ontwikkeling van het strottenhoofd (verandering van de stem), door haarvorming op de daarvoor aangewezen plaatsen en door psychische veranderingen (Sturm und Drang, ontwikkeling van de geslachtsdrift).

Die vorming van zaadcellen in den teelbal heeft vrijwel ononderbroken plaats. Zij duurt vaak tot op hoogen leeftijd voort. Als reservoir fungeeren de achterop de blaas gelegen *zaadblaasjes* (2). Vandaar wordt het zaad ter zijner tijd door de afvoerende urinewegen naar buiten uitgestort. Het geloosde zaad bevat millioenen levende en zich onder den microscoop sterk bewegende zaaddiertjes. Het aantal wordt op een paar honderd millioen per zaadloozing (60.000 per mm.³) geschat . . . slechts één daarvan *kan* zijn bestemming bereiken en door versmelting met

king toch van het aantal geslachtscellen zou de kans op bevruchting niet onbelangrijk dalen.

Fig. 141 en 142 geeft een overzicht van de vrouwelijke organen. De vrouwelijke geslachtscellen, z.g. eicellen, sluimeren van af de geboorte in de *eierstok* (1). In aanleg zijn daar alle eicellen, die later tot

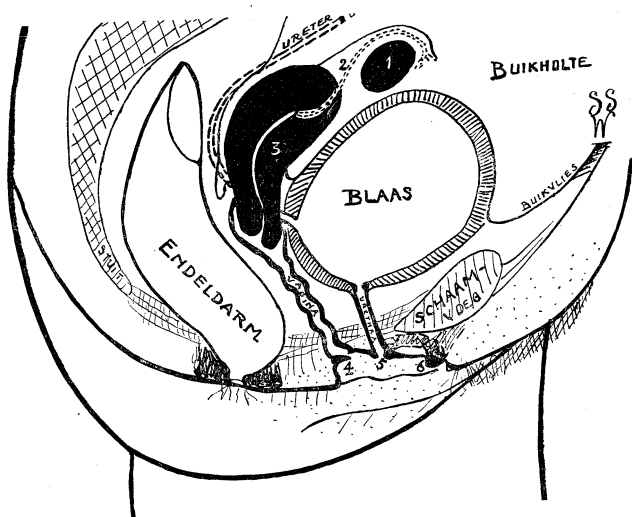


Fig. 141. Schematische doorsnede van de bekkenorganen der vrouw. 1. de eierstok (ovarium); 2. de eileider (tuba); 3. de baarmoeder (uterus); 4. het maagdevlies (hymen); 5. de uitmonding van de urethra; 6. de kittelaar (clitoris).

rijpheid zullen kunnen komen, reeds aanwezig. In tegenstelling tot de verhoudingen bij de zaadcellenproductie heeft hier tijdens het leven geen vorming van *nieuwe* eicellen, maar slechts rijping van reeds van af de geboorte aanwezige plaats.

Tegen het 12-16e levensjaar gaan langzamer-

hand de in de eierstok sluimerende eicellen zich ontwikkelen. Fig. 143 geeft daarvan een schematisch overzicht. De onrijpe eicellen z.g. primordiaalfollikels (1), worden tot z.g. Graafsche follikels (2 en 3). Die dragen met eere den naam van den grooten vaderlander, Reinier de Graaf (1641-1673), die ze ontdekte. De volwassen Follikels van de Graaf (nog iets grooter dan 3) vormen een met

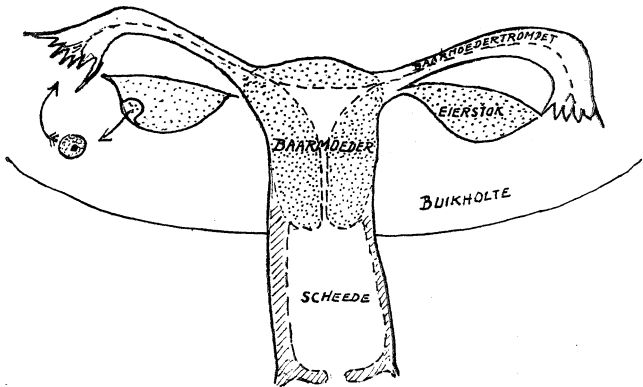


Fig. 142. Schematisch overzicht van de inwendige vrouwelijke geslachtsorganen. (Frontaanzicht, links de inwendige wandeling van het eitje).

vocht gevuld blaasje. Dat blaasje herbergt in het wandstandige laagje protoplasma de eicel. Het barst op eengegeven oogenblik (4). De rijpe eicel wordt dan de vrije buikholve ingeslingerd (ovulatie), om opgevangen te worden door de baarmoedertrompet, waarlangs het de baarmoeder bereiken kan. (Zie ook fig. 142). Het achtergebleven leeg hulsel (4) ondergaat een eigenaardig schrompelingsproces. Daarbij worden bepaalde stoffen gevormd, die in

den bloedsomloop opgenomen worden, en specifieke veranderingen in baarmoederslijmvlies en andere organen teweeg brengen.

Ook bij het meisje kondigt de puberteit zich aan door ontwikkeling van z.g. secundaire geslachtskenmerken. Meer dan de lengtegroei van den jongen valt bij het opgroeiende meisje de groei in de breedte (o.a. van het bekken en van de taille) en speciaal het zich vullen der lichaamsvormen op.

Een harmonische ontwikkeling van de onderhuidsche vetlaag rondt de voorheen scherpe en hoekige vormen af.

Op de daarvoor aangewezen plaatsen ontwikkelt zich de karakteristieke beharing. Maar meer dan dat valt tweëerlei verschijnsel op:

- 1e de ontwikkeling der borsten en
- 2e de verschijning der z.g. maandstonden (menstruatie).

Gezwegen van de ook bij het vrouwelijk geslacht niet te miskennen psychische veranderingen.

Het meest opvallende verschijnsel is zeker de menstruatie. Die kondigt zich normalerwijs elke 28 à 30 dagen — bij het gezonde niet zwangere vrouwelijke organisme gedurende een tijdperk van ± 35 jaar ($\pm 13-48$ jaar) — aan door bloedverlies.¹⁾

Aan dit verschijnsel ligt een periodieke, onder invloed van de eirijping in het ovarium staande verandering van het baarmoederslijmvlies²⁾ ten grondslag.

¹⁾ In de geheele physiologie is dit het eenige voorbeeld van een proces, waarbij onder normale verhoudingen bloed de vaten en het lichaam verlaat, zonder dat inwendig of uitwendig werkend geweld of een ziekelijk proces de weefsels en de bloedvaten beschadigd heeft. In dit geval $\pm 100-130$ cc.

²⁾ Dit slijmvlies, dat onder normale omstandigheden 2 m.M. dik is,

Dit proces moet als het ware beschouwd worden als de voorbereiding van dit slijmvlies voor de nesteling van het bevruchte eitje.¹⁾ Gaat het eitje onbevruucht te gronde dan barsten er talloze fijne haarvaten. De oppervlakkige laag gezwollen baarmoederslijmvlies wordt afgestooten en de typische menstruatie treedt op.

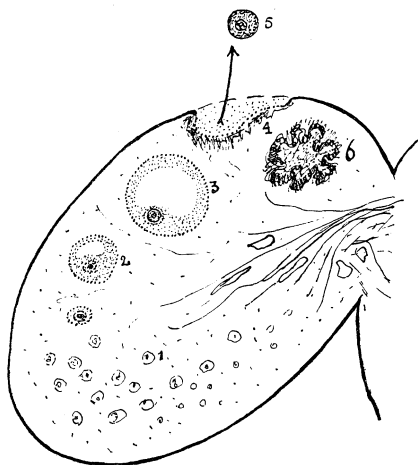


Fig. 143. Schematisch overzicht van de ontwikkeling der vrouwelijke geslachtscellen en van den eierstok. 1. primordiaalfollikels; 2 en 3. Graafsche follikels; 4. uitstooting van het rijpe eitje (5); 6. geel lichaam (corpus luteum).

Wordt het eitje bevrucht en nestelt het zich in het, voor dit doel in „idealen” staat verkeerende,

groeit. — z.g. hypertrophieert — en zwelt en bereikt een dikte van 6 m.M. Daarmede gaat verhoogde bloedtoevoer en uitzetting der plaatselijke bloedvaten gepaard.

¹⁾ Physiologisch gezien heeft de leeken-opvatting, dat menstruatie een periodieke „zuivering” van het bloed van daarin opgehoopte ongerechtigheden is, geen wetenschappelijke grond.

baarmoederslijmvlies, dan treedt er geen menstruatie op.

Tusschen het tijdstip der ovulatie en dat van het begin der menstruatie verloopt een tijdsduur van naar schatting 12 dagen.

Men veronderstelt, dat de rijpe eicel en de rijpe zaadcellen elkander gewoonlijk in de baarmoedertrompet ontmoeten en daar dus de bevruchting, in

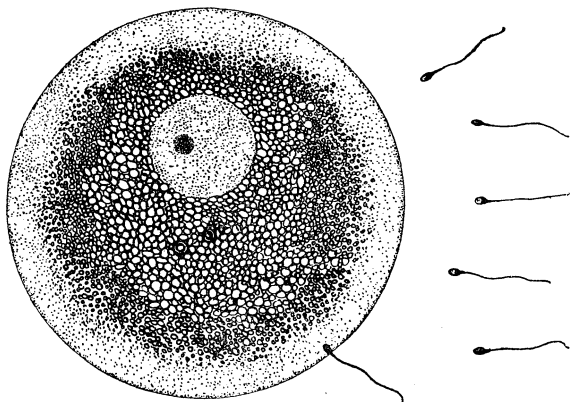


Fig. 144. De bevruchting van het rijpe eitje door binnendringen van een zaaddiertje. (natuurlijke grootteverhouding, beide 250 maal vergroot).

den engeren zin van *conjugatie van ongelijksoortige geslachtscellen*, plaats heeft. (Zie fig. 144).

Alleen de kernhoudende kop van de zaadcel dringt de eicel binnen (de staart valt dan af). Dit binnendringen wordt direct gevolgd door het zich verdikken van den eicelwand, waardoor het voor andere zaadcelletjes onmogelijk wordt binnen te dringen.

Met bepaald duizeligwekkende snelheid gaat nu

het bevruchte eitje zich deelen. Eerst in vieren dan in zestien enz. Reeds voor dat nesteling optreedt in het baarmoederslijmvlies loopt het aantal cellen in de honderden. Anders zou een nesteling dan ook niet mogelijk zijn. Want nesteling berust als het ware op een energiek aanvretingsproces. Het eitje zendt naar alle zijden uitloopers in het baarmoederslijmvlies. Die uitloopers groeien tot in de bloedvaten van dit slijmvlies door en zuigen als wortels uit vochtige vruchtbare aarde daaruit de benodigde levenssappen op.

Maar terwijl de plant haar stofwisselings-producten aan de lucht afstaat, geeft het zich in het baarmoederslijmvlies ontwikkelende vruchtje¹⁾ zijn stofwisselings-producten weer af via zijn in het moederlijk bloed geplante vezelen. Het complex dier vezelen is de z.g. moederkoek (de placenta). Met dat complex is het vruchtje door de navelstreng verbonden. (Zie fig. 145).

De nesteling van het bevruchte eitje en de ontwikkeling daarvan drukken hun stempel op het geheele vrouwelijk lichaam. Dat past zich aan de nieuwe verhoudingen en gaat zich voorbereiden op de eischen, die daaraan na het ter wereld komen van het kindje zullen gesteld worden. We willen alleen de ontwikkeling noemen, die de baarmoederwand zelf doormaakt. Deze wand bestaat uit een inwendig met slijmvlies en uitwendig met buikvlies bekleede, in alle richtingen vervlochten, veelvoudige spierlaag. Naarmate de zwangerschap vor-

¹⁾ Een denkbeeld van de afmetingen der vrucht gedurende de achtereenvolgende maanden der zwangerschap, geven de volgende cijfers resp. van de 1—10 maand der binnenbaarmoederlijke ontwikkeling 1, 4, 9, 16, 25, 30, 35, 40, 45 en 50 c.M., terwijl de gewichtsverhoudingen ongeveer als volgt zijn 0,5, 4, 25, 125, 300, 750, 1250, 2000, 2500, 3000 gram.

dert groeien de vezels dier laag in lengte en breedte.¹⁾ Fig. 146 geeft van de verhoudingen een zeer sprekend beeld.

Leven en dood. — Wonderlijker, aangrijpender vooral dan deze physiologische bijzonderheden,

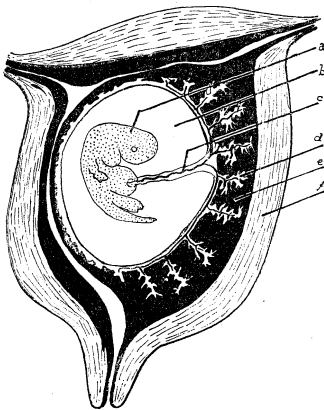


Fig. 145. Het zich ontwikkelende vruchtje in de baarmoeder. a. het vruchtje; b. het vruchtwater; c. de navelstreng; d. vlokken kinderlijk weefsel in het baarmoederslijmvlies; f. baarmoederspierwand.



Fig. 146. Spiercellen van de baarmoederwand. a. aan het eind der zwangerschap b. na terugkeer tot rusttoestand.

¹⁾ De capaciteit van de maagdelijke baarmoeder bedraagt ongeveer 2-5 cc. en bij het einde der zwangerschap 5000-7000 cc. (kind plus vruchtwater). Ten slotte zijn de vezels 7-11 maal zoo lang en 3-5 maal zoo dik als ze oorspronkelijk waren (zie fig. 146). De geweldige groei heeft nog een ander doel dan alleen verhooging van de baarmoeder capaciteit n.l. de voorbereiding voor een zeer belangrijke functie der baarmoeder, het uitdrijven van de voldragen vrucht. Na de bevalling schrompelen de baarmoederspiervezels weer tot hun oorspronkelijken omvang.

zijn de mysteriën van het kiemend leven zelve. Men geve zich bovendien een oogenblik rekenschap van wezen en doel der voortplanting. En dan keeren we vanzelf terug tot ons uitgangspunt: de bespreking van de middelen, waarover de natuur beschikt, om energetische en materieele onvergankelijkheid te paren aan continuïteit van „leven”. Hier grenst het raadsel van het leven aan het raadsel van den dood.

Aan eencellige organismen kan men zoo ideale bestaansvoorwaarden geven, dat ze noch verouderen, noch sterven. Onmiddellijk zij toegegeven, dat onder natuurlijke verhoudingen een dergelijke onsterfelijkheid onbestaanbaar is. Practisch is zij trouwens ondenkbaar, omdat de materie en de energiebronnen der natuur, hoe onmetelijk ook, toch ten slotte hun grenzen hebben. Daarop is trouwens de strijd om het bestaan tusschen al wat leeft gebaseerd.

Bij onbeperkte voortplanting van één soort is evenwicht in deze biologische samenleving dan ook niet denkbaar zonder te gronde gaan van een andere soort. Een dergelijk verdwijningsproces komt ongetwijfeld — zij het in beperkte mate — voor. Maar ook daaraan zijn de aangeduide natuurlijke grenzen. Bij potentieel-onsterfelijke eencellige organismen worden deze grenzen aangewezen door de uitwendige omstandigheden: met name voedselvoorraad (de strijd om het bestaan in engeren zin) en overwicht van andere organismen (de strijd om het bestaan in ruimeren zin).

Bij den mensch en bij de hooger georganiseerde dieren wordt de grens voor een deel bepaald door de sterfelijkheid van het stoffelijk omhulsel der potentieel-onsterfelijke kiemcellen. Het in diepsten

grond duistere wezen dier sterfelijkheid, stellen we ons zoo voor, dat de lichaamscellen (met uitzondering van de kiemcellen) onder de verhoudingen, die zij in het lichaam aantreffen, slechts het vermogen tot een beperkt aantal deelingen bezitten. Dat vermogen staat in niet geringe mate onder invloed van de in hoofdstuk VIII besproken klieren met inwendige afscheiding. In den loop der jaren daalt dat vermogen: de cellen verouderen en wij met haar.

Eens heeft dat vermogen zijn natuurlijke grens bereikt: de cellen sterven en wij met haar. Ziekte en dood zijn geen gelijksoortige biologische verschijnselen. Ziekte en dood als gevolg van ziekten, is voor een belangrijk deel een gevolg van den strijd om het bestaan tusschen hoogere en lagere organismen (soms ook van de menschen onderling!). Voor een ander deel zeker ook van ongunstige levensomstandigheden uit anderen hoofde. Maar ook, wanneer wij er in slagen mochten, alle ziekte te voorkomen, zou de dood zijn realiteit en prikkel niet verliezen. De wijzers van den tijd draaien nu eenmaal nooit terug. Ook bij de gunstigst denkbare uitwendige omstandigheden zou de levensduur van „het stoffelijk omhulsel der potentieel-onsterfelijke kiemcellen” beperkt zijn.

Ook te dezen aanzien zullen we niet verdwalen op theologisch, teleologisch en eugenistisch gebied. Volstaan worde met de opmerking, dat *voortplanting* (in het algemeen „leven”) en *dood* twee zijden zijn van eenzelfde levensraadsel. Twee zijden, die biologisch gezien onafscheidelijk zijn.

Een levensraadsel, dat we met onze beperkte verstandelijke vermogens noch oplossen, noch omvatten, noch zelfs peilen kunnen. Wij kennen ten deele.

De natuur zou ik in dit opzicht willen vergelijken met Pandora's doos. Vol is zij, vol raadselen en gevaren. Raadselachtige gevaren. Eén ding blijft er steeds in over: *de Hoop*

INHOUD

	BLZ.
WOORD VOORAF	5
HOOFDSTUK I; LEVEN EN LEVENSVERRICHTINGEN	7
Inleiding over leven en dood 7; Levensverrichtingen en levensverschijnselen 11; De cel als eenheid van leven en levensverrichtingen 15; De z.g. colloïden 20; Wisselwerking tusschen cel en omgeving 22; De celkern 25; Van cel tot celstaat 26.	
HOOFDSTUK II; SPIJSVERTERING	29
Energiebronnen 29; Het spijsverteringsapparaat 30; Slijmvlies 30; Ingewandsspierstelsel 31; Ingewandszenuwstelsel 34; Klieren en klierfunctie 34; Reflectorische regeling van het secretieproces 41; Enzymen of fermenten 41; De mond 46; Speekselafscheiding en speeksel 49; De slokdarm 52; Slikken 53; De maag 57; Functies van maag en ingewanden 64; Het maagsap 71; De darmen 74; De lever 76; De gal 82; De alvleeschklier 87; De resorptie in den darm 91; Spijsvertering in den dikken darm 103; De ontlasting 107.	
HOOFDSTUK III; ADEMHALING	112
Inleiding 112; De bovenste luchtwegen 115; De benedenste luchtwegen 119; De longen in engeren zin 120; Het ademhalingsmechanisme 123; Longventilatie en gaswisseling 128; De regeling der ademhaling 135; Ademhaling bij abnormale drukverhoudingen 140.	
HOOFDSTUK IV; STOFWISSELING	145
Inleiding 145; Het basaal metabolisme 148; Calorimetrie 154; Stofwisseling bij voedsel-onthouding 158; De invloed van voedsel op de stofwisseling 160; Arbeid en stofwisseling 175; De doelmatige samenstelling van onze voeding 179; Z.g. voedingszouten en vitaminen 182; Kwantiteit en kwaliteit	

BLZ.

van ons dagelijksch voedsel 188; Z.g. versterkende middelen 197.

HOOFDSTUK V; BLOED EN BLOEDSOMLOOP 201

Inleiding 201; Het bloed 203; De evenwichtsverhoudingen in het bloed 208; De witte bloedcellen of leucocyten 210; Bloedplaatjes en bloedstolling 214; Bloedvatenstelsel en bloedsomloop 217; Het hart en zijn werking 227; De arbeidsprestatie van het hart 239; De voeding van het hart 242; De innervatie van het hart 242; De wisselwerking tusschen hart en vaten, de polsslag 245.

HOOFDSTUK VI; WEEFSELVOCHT EN WEEFSELVOCHTSTROOM 249

Lymfhe en lymfvaten 249; Lymphklieren en milt 254.

HOOFDSTUK VII; UITSCHEIDING 260

Asch en rook 260; Uitscheidingsorganen 261; Zweetafscheiding 263; Urineafscheiding en nieren 269; Samenstelling der urine 278; De lagere urinewegen 282.

HOOFDSTUK VIII; INTERNE SECRETIE 287

Inleiding 287; De studie der interne secretie 290; De schildklier 292; De bijschildklieren 296; De bijnieren 297; De geslachtsklieren 300; De zwezerik 301; De hypophyse 302; De alvleeschklier 304.

HOOFDSTUK IX; ZENUWEN EN ZENUWSTELSEL 306

Inleiding 306; Zenuwvezels en zenuwcellen 309; Reflexen 315; Bouw en functie centraal zenuwstelsel 321; Het ruggemerg 322; Het ingewandzenuwstelsel 332; Samengestelde reflexwerkingen 334; Het z.g. verlengde merg 339; De z.g. hersenzenuwen 342; De hersenen 347; Voorwaardelijke reflexen 351; De voeding van de hersenen 357.

HOOFDSTUK X; ZINTUIGELIJKE WAARNEMING . 359

Inleiding 359; Het wezen der zintuigelijke waarneming 360; Het gezicht 365; De bouw van het oog

BLZ.

370; De optische eigenschappen van het oog 376; Het netvlies 383; De verhouding tusschen lichtprikkel en lichtindruk 392; Kleurgevoeligheid, gezichtsveld en binoculair zien 401; Het gehoor 405; Het gehoororgaan 407; Het evenwichtszintuig 416; De spraak 419; Gevoel, reuk en smaak 423.

HOOFDSTUK XI; BEWUSTZIJN EN PERSOONLIJKHEID 430

HOOFDSTUK XII; BEWEGING EN ARBEID 437

Inleiding 437; Bouw en eigenschappen van spierweefsel 438; De verhouding tusschen prikkel en contractie 444; Vermoeidheidsverschijnselen 445; Warmteproductie 446; De functie der onwillekeurige, ongestreepte spieren 448; Gecoördineerde doelmatige beweging 452; Ons z.g. bewegingsapparaat 456; De samengesteldheid ook van de allereenvoudigste beweging 464; Ergographie 465; Staan en loopen 467; Arbeids- en tijdsverdeeling 468.

HOOFDSTUK XIII; BIJZONDERE VERDEDIGINGSMIDDELEN 473

Strijd 473; De huid 475; De huid als zintuig 478; De warmteregelende functie van de huid 485; De nadeelige gevolgen van verblijf van een groot aantal personen in beperkte ruimte 489; De beteekenis der warmteregeling ter voorkoming van afkoeling 495; Baden en badtemperatuur 497; De huid als lichtregelend orgaan 501; Het specifieke afweervermogen van ons lichaam tegen ziekteverwekkende micro-organismen 502; Koorts 509; Onvatbaarheid of immuniteit tegen infectie en infectie-ziekten 514.

HOOFDSTUK XIV; VOORTPLANTING EN DOOD .. 517

Onsterfelijkheid 517; De verschillende vormen van voortplanting 521; Bouw en verrichtingen der mannelijke en vrouwelijke geslachtsorganen 525; Leven en dood 533.

INHOUD 537

BIJ DE MAATSCHAPPIJ VOOR GOEDE EN
GOEDKOOPE LECTUUR (Wereldbibliotheek)
TE AMSTERDAM-SLOTERDIJK VERSCHENEN
REEDS EERDER DE NAVOLGENDE WERKEN:

I. ZEEHANDELAAR

DE ONTWIKKELING DER GEESTELIJKE
GENEESMETHODEN

(suggestie, hypnose, psycho-analyse enz.)

Dit werk van den bekenden psychiater is in het bijzonder voor leeken geschreven, maar is evenzeer van betekenis voor medici, juristen en studenten.

In lusteren keurband f 3.25

PROF. DR. J. BOEKE

DE AFSTAMMING VAN DEN MENSCH

Met 29 tekstfiguren en register.

„Het streven van Prof. Boeke was niet, zoals zoo dikwijls in populaire geschriften juist over dit vraagstuk geschiedt, een volledig geconstrueerd beeld te geven van de afstamming van den mensch, zoals de schrijver van zulk een boekje zich die toevallig denkt, maar te laten zien, hoe weinig men er eigenlijk aan positieve feiten over weet en welke beschouwingen zich aan die weinige feiten laten vastknoopen.” *Het Vaderland.*

In lusteren keurband f 2.25

PROF. DR. J. BOEKE

ALGEMEENE BIOLOGIE

Rijk geïllustreerd. 111 afbeeldingen

„Het is een heel mooi en heel merkwaardig boek geworden, waarin de algemeene levensverschijnselen, ook het vraagstuk der erfelijkheidsproblemen in het kort behandeld worden.” *N. R. Crt.*

„Men zal dit werk met graagte ter hand nemen.”

De Maasbode.

In lusteren keurband f 2.25

DR. M. A. VAN HERWERDEN
ERFELIJKHEID BIJ DEN MENSCH EN
EUGENETICA

„Er is misschien geen wetenschap, die zoo belangrijk belooft te zijn voor het toekomstige menschenslacht”.

Algem. Handelsblad.

„Overzichtelijke opzet en heldere behandeling kenmerken dit bezonken boek, dat een ontzaglijk studiemateriaal op echt-wetenschappelijke wijze voor een grooter publiek toegankelijk maakt.

Ik durf dit boek aan ieder belanghebbende dringend aanbevelen. Het moge een ruime verspreiding vinden!”.

(Dr. Fred. Sassen).

Herdruk in bewerking

DR. A. MAEDER
GENEZING EN ONTWIKKELING IN HET
ZIELELEVEN

Psychoanalyse.

Vertaald door Dr. N. van Suchtelen, met een voorwoord van Dr. Katz.

„Schenkt ons een grondig inzicht der psychoanalyse en hare beteekenis voor het leven.

De Standaard.

„Een dieptastende psychologische verhandeling van hooge rang.”

Ons Land.

Gebonden f 1.—

F. STEENSMA
WETTEN DER ERFELIJKHEID

„Een hoogst leerzaam en interessant werkje.”

Delftsche Courant

In lusteren Keurband f 1.25

ABONNEMENTEN
„NAAR VRIJE KEUZE”
 UIT DEN VOLLEDIGEN BOEKCATALOGUS VAN
 DE WERELDBIBLIOTHEEK
 (ruim 750 werken)

Om ieder gelegenheid te geven zich ook onze reeds verschenen uitgaven tegen aanmerkelijk verlaagden prijs aan te schaffen, hebben wij onze ABONNEMENTEN NAAR VRIJE KEUZE ingesteld, opklimmend van f 15.— tot f 250.—, met kortingen van $16\frac{2}{3}$ tot 36 %.

Dat wil zeggen: Wie uit onzen volledige catalogus een aantal werken uitkiest ter waarde van:

Prijs	Betaalt in eens	Of in 4 Driemaandelijke Termijnen	Of in 10 Maandelijke Termijnen
Gld.	Gld.	Gld.	Gld.
15.—	12.50	4.— + 3 × 3.—	1.75 + 9 × 1.25
25.—	20.—	5.50 + 3 × 5.—	2.50 + 9 × 2.—
35.—	27.50	7.— + 3 × 7.—	3.25 + 9 × 2.75
50.—	37.50	9.50 + 3 × 9.50	4.25 + 9 × 3.75
75.—	55.—	15.— + 3 × 13.50	6.— + 9 × 5.50
100.—	70.—	18.— + 3 × 17.50	7.50 + 9 × 7.—
150.—	100.—	25.50 + 3 × 25.—	10.50 + 9 × 10.—
200.—	130.—	33.— + 3 × 32.50	13.50 + 9 × 13.—
250.—	160.—	40.50 + 3 × 40.—	16.50 + 9 × 16.—

Als de prijs der gekozen boeken de genoemde bedragen iets overschrijdt wordt het surplus (zonder korting) bij den eersten termijn gevoegd. B.v. kosten de boeken f 15.65, dan betaalt men f 13.15 in eens, of f 4.65 plus 3 maal f 3.— of f 2.40 plus 9 maal f 1.25.

Van elken titel mag slechts één exemplaar worden gekozen in elk abonnement. De volledige VONDEL-uitgave kan niet in een Abonnement NAAR VRIJE KEUZE worden opgenomen.

De boeken worden direct bij betaling van den
 eersten termijn geleverd.

GEABONNEERD ZIJN OP DE WERELDBIBLIOTHEEK

beteekent tegen den geringen
prijs van slechts *f* 20 per jaar

15 FRAAI UITGEVOERDE EN GEBONDEN DEELLEN

ontvangen, waardoor men ge-
leidelijk in het bezit komt van
een keur

ONTWIKKELINGS- EN ONT- SPANNINGSLITTERATUUR

Het volledige prospectus met
vermelding van de titels van
den loopenden jaargang wordt
U op aanvraag gaarne koste-
loos toegezonden door den
boekhandel of de uitgeefster:

MIJ. VOOR GOEDE EN GOEDKOOPE LECTUUR
AMSTERDAM-SLOTERDIJK