

(Aus der Pathologisch-Anatomischen Abteilung des Staatsinstituts für experimentelle Medizin zu Leningrad [Petersburg]. — Vorstand: Prof. Dr. N. Anitschkow.)

Zur Ausbreitung und Charakteristik pathologischer Veränderungen im Arteriensystem.

(Arterien des Beckens und des Oberschenkels.)

Von

Dr. L. A. Lotzmann.

(Eingegangen am 17. Dezember 1924.)

Das Studium der überaus zahlreichen Veröffentlichungen über die Frage nach den unter der Bezeichnung „Arteriosklerose“ zusammengefaßten Arterienveränderungen lehrt uns, daß ihre überwiegende Mehrzahl sich auf Untersuchungen an einer bestimmten Arterie stützen, wie z. B. Aorta, A. pulmon., A. radial., A. femor., A. tempor. usw. Zwar sind in einigen — besonders größeren — Arbeiten (*Jores, Faber*) von den Verfassern auch mehrere oder sogar eine ganze Reihe verschiedener Arterien untersucht worden, jedoch gibt es bisher nur überaus wenige systematische Beschreibungen der Ausbreitung pathologischer Prozesse in einem bestimmten System von Arterien.

Indessen verdient eine systematische Untersuchung der Ausbreitung pathologischer Veränderungen in einem ganzen System von Arterien, welche die Verzweigungen eines bestimmten Hauptstammes darstellen, wohl ein größeres Interesse. Durch derartige Untersuchungen ließe es sich leicht feststellen, welche Äste desselben Systems mehr von diesen und welche mehr von jenen Prozessen befallen werden, und welches morphologische Bild und welchen Grad der Veränderungen wir in den einzelnen Zweigen finden. Hiermit hätten wir dann einiges Material beisammen zur Beurteilung der Bedeutung der strukturellen Eigentümlichkeiten dieser oder jener Arterie und der örtlichen Bedingungen überhaupt für den Charakter der pathologischen Prozesse in den Arterienwandungen.

Von diesem Standpunkte ausgehend, habe ich die systematische Untersuchung der Veränderungen in der A. iliaca comm. und in einer ganzen Reihe der Abzweigungen dieser Arterie vorgenommen. Das ganze System dieser Abzweigungen sowie die Hauptstämme wurden bis zum Abgang der A. profunda und circumflexa femoris von der A. femoralis untersucht, wobei auch noch diese beiden letzteren Arterien

mituntersucht wurden. So habe ich denn in einer Reihe von Fällen fast alle größeren Arterien, welche die Gegend des Beckens und des Oberschenkels versorgen und letzten Endes von der A. iliaca comm. abgehen, untersucht. Gerade in dieser Gegend werden ja bekanntlich im höheren Alter so überaus häufig atherosklerotische Veränderungen der Arterien beobachtet, und folglich konnte es genau festgestellt werden, wie sich dieselben auf die einzelnen Äste des oben genannten Systems verteilen.

Das Material zu meinen Untersuchungen entnahm ich 11 Leichen alter Leute, wobei in jedem einzelnen Falle folgende Arterien in toto und im Zusammenhang miteinander präpariert wurden: Aa. iliaca comm., iliaca ext., femoralis, profunda femor., circumfl. femor., hypogastrica, glutea sup., ileolumbalis, obturatoria, sacralis media und vesicalis sup. Nach der Fixierung in 10 proz. Formol wurden die Arterien in ihrer ganzen Länge aufgeschnitten, makroskopisch genau untersucht und dann jeder Arterie 3—4 Segmente aus verschiedenen veränderten sowie anscheinend unveränderten Bezirken entnommen. Von diesen Segmenten wurden dann mit dem Gefriermikrotom Querschnitte angefertigt und mit Hämalaun-Eosin, nach *van Gieson*, *Weigert-Hart* (elastisches Gewebe) und mit Sudan III-Hämalaun gefärbt.

Zunächst soll nun der Bau der Arterienwand — in dem von mir untersuchten Gefäßbezirk — an solchen Stellen, wo weder Platten noch Fettflecken vorhanden waren, beschrieben werden.

Art. iliaca comm. An der Grenze zwischen Intima und Media ist eine deutlich ausgeprägte Lam. elast. int. vorhanden, welche das Aussehen einer ununterbrochenen, dicken, geschlängelten Linie hat, mit nur vereinzelt Unterbrechungen; nach innen zu und parallel der Lam. elast. int. verlaufen gleichfalls ununterbrochene elastische Membranen und Fasern, welche sich stellenweise in Form von bogenförmigen Erhebungen von derselben abtrennen, und deren Anzahl an den verschiedenen Stellen und in den verschiedenen Fällen bedeutenden Schwankungen unterworfen ist. Manchmal sind nur 1—2 Reihen, an anderen Stellen wiederum mehrere vorhanden. Die äußerste elastische Membran, welche der Lam. elast. int. meist dicht anliegt, ist gewöhnlich dicker als die übrigen. Nur stellenweise ist in einigen Fällen zwischen diesen beiden Membranen eine schwach ausgeprägte elastisch-muskuläre Schicht vorhanden. So muß denn diese der Lam. elast. int. nächstliegende Membran als innere Grenzlamelle angesprochen werden. Nach innen zu von dieser letzteren sind in individuell stark schwankender Anzahl die obengenannten parallelen Reihen elastischer Fasern vorhanden, welche die gewöhnlich recht schwach ausgeprägte elastisch-hyperplastische Schicht bilden. Nach innen zu ist dann gewöhnlich eine deutlich ausgeprägte bindegewebige Schicht zu erkennen, welche aus kollagenen und elastischen Fasern mit dazwischenliegenden langgezogenen Zellen besteht. Die Media besteht aus zirkulären ziemlich dünnen elastischen Fasern und Membranen, von denen einzelne auch gröber sein können. Die Menge des elastischen Gewebes in der Media und die Dicke der einzelnen Fasern sind je nach dem untersuchten Gefäßabschnitt verschieden und nehmen anscheinend in der distalen Richtung ab. Zwischen den elastischen Membranen verläuft eine dicke Schicht glatter Muskelfasern und auch feine elastische Fasern. In den äußeren Mediaschichten sind dichtere Geflechte elastischer Fasern vorhanden, welche dann in das deutlich ausgeprägte Netz elastischer Fasern der Adventitia übergehen.

Art. iliaca ext. Der Bau der Intima ist etwa derselbe wie in der *A. iliaca comm.*, nur im allgemeinen etwas einfacher und gleichmäßiger wie in dieser letzteren. Die Lam. elast. int. und die innere Grenzlamelle sind deutlich ausgeprägt; zwischen ihnen liegt die in einzelnen Abschnitten verschieden dicke elastisch-muskuläre Schicht, welche meist besser entwickelt ist als in der *A. iliaca comm.* Die hyperplastische Schicht ist ungleich, im allgemeinen aber nicht deutlich ausgeprägt. Die bindegewebige Schicht ist die breiteste und fast überall stark ausgesprochen. In der Media sind noch weniger elastische Fasern vorhanden als in der Media der *A. iliaca comm.*; sie sind hier auch feiner und nicht so regelmäßig kreisförmig angeordnet wie oben. Das elastische Gewebe der Adventitia ist sehr scharf ausgeprägt und besteht in den inneren Schichten aus zirkulären, in den äußeren aus längsverlaufenden groben elastischen Fasern. Im allgemeinen stimmt diese Beschreibung der *A. iliaca ext.* mit derjenigen von Grünstein überein.

Art. hypogastrica; sie steht ihrem Baue nach der *A. iliaca comm.* näher als der *A. iliaca ext.* Die Entwicklung der einzelnen Intimaschichten ist hier bedeutenden Schwankungen unterworfen. Die elastisch-muskuläre Schicht ist im allgemeinen schwach entwickelt. Die elastisch-hyperplastische Schicht ist in den einzelnen Fällen und an verschiedenen Stellen bald stärker, bald schwächer ausgeprägt.

Die *Art. femoralis* gleicht in ihrem Bau sehr der *A. iliaca ext.*, so daß sich eine spezielle Beschreibung erübrigt. Die *A. prof. femor.* erinnert wiederum sehr an die *A. femor.* Die Lam. elast. int. ist deutlich ausgeprägt und nur stellenweise unterbrochen. Die elastisch-muskulöse und hyperplastische Schicht ist je nach Fall und Gefäßabschnitt verschieden deutlich, meist aber nur schwach ausgeprägt. Die bindegewebige Schicht ist fast überall gut entwickelt. Im übrigen entspricht der Bau demjenigen der *A. femoralis*.

Die *Art. circumfl. femor.* ist bedeutend einfacher in ihrem Bau als die *A. prof. femor.* und *femoralis*. Die Lam. elast. int. ist scharf ausgeprägt, meist in 2 oder mehrere Membranen gespalten. Die elastisch-muskulöse Schicht als solche ist schwach entwickelt. Auch die bindegewebige Schicht ist meist nur schmal. Die Media ist rein muskulös mit einer nur geringen Anzahl feiner elastischer Fasern. Das elastische Fasergeflecht der Adventitia ist deutlich ausgeprägt, jedoch etwas schwächer als in der *A. femoralis* und besonders der *A. iliaca ext.*

A. glutaica sup. Die Intima ist von der Media durch eine deutlich ausgeprägte Lam. elast. int. getrennt: nach innen zu von dieser befindet sich eine allerdings meist schwach entwickelte, muskulös-elastische Schicht; weiter nach innen zu folgt dann eine dicke innere Grenzlamelle und häufig auch noch einige elastische Schichten der hyperplastischen Schicht, welche jedoch in den einzelnen Fällen und auch Bezirken sehr verschieden stark ist. Die bindegewebige Schicht ist weniger deutlich ausgeprägt als in den vorherbeschriebenen und besonders den größeren Gefäßen. Die Media enthält recht viele feine elastische Fasern. Das elastische Fasernetz der Adventitia ist besonders in den inneren Schichten gut entwickelt.

Die *A. ileolumbalis* weist im allgemeinen denselben Bau auf wie die *A. glutaica*, nur ist ihre Intima schwächer entwickelt und besteht meist nur aus 1–2 Reihen elastischer Fasern, welche der Lam. elast. int. parallel verlaufen und stellenweise auch mit dieser verschmelzen. In anderen Fällen können auch sämtliche Schichten ausgeprägt sein, die bindegewebige jedoch stets nur sehr schwach.

A. obturatoria. Die Intima ist meist sehr schmal, stellenweise besteht sie nur aus einer Endothelschicht und der Lam. elast. int., stellenweise ist diese letztere in einige Faserreihen gespalten. Manchmal ist jedoch die elastische Längsfaser-

schicht deutlich ausgeprägt und die hyperplastische Schicht recht breit. Die elastisch-muskuläre Schicht ist schwach entwickelt. Die bindegewebige Schicht fehlt meist, ist nur stellenweise vorhanden. Die Media ist rein muskulös und enthält nur einzelne feine elastische Fasern. Das elastische Fasernetz der Adventitia ist deutlich ausgeprägt.

Die *A. vesicalis sup.* und *A. sacralis med.* weisen einen der *A. obturatoria* sehr ähnlichen Bau auf. Die Intima besteht vorzugsweise aus einer Lam. elast. int., welche in einem größeren oder geringeren Teil des Gefäßumfanges in 2 oder mehrere Lamellen gespalten ist. Die bindegewebige Schicht fehlt entweder ganz, oder aber sie ist überaus schwach entwickelt.

Aus dieser Beschreibung geht hervor, daß die Intima in den größeren Arterien des untersuchten Gebietes am stärksten entwickelt ist (s. Tab.). In der *A. iliaca comm.*, *iliaca ext.*, *femoralis*, *prof. femor.* und *hypogastrica* sehen wir alle drei Intimaschichten deutlich ausgeprägt, und zwar mit besonderer Betonung der bindegewebigen Schicht. In den kleineren Arterien — *glutaea*, *obturatoria*, *ileolumbalis*, *sacralis med.* und *vesicalis* — ist nur eine schwache oder auch gar keine Bindegewebsschicht vorhanden, und die Intima wird fast ausschließlich durch die elastisch-hyperplastische Schicht gebildet. Bei der Untersuchung der einzelnen Fälle läßt es sich feststellen, daß die Entwicklung der einzelnen Schichten systemweise vor sich geht und hierbei nicht wahllos diese oder jene Arterie betroffen wird. Wenn also die bindegewebige Verdickung deutlich ausgeprägt ist, so erstreckt sich dieselbe auf alle diejenigen Arterien, für welche sie überhaupt charakteristisch ist. Dasselbe bezieht sich auch auf die elastischen Schichten, welche die Intima der kleineren untersuchten Arterien bilden.

Die Atherosklerose.

Die Verfettungserscheinungen der Arterienwände ließen sich in allen von mir untersuchten Fällen beobachten, und zwar in der überwiegenden Mehrzahl der Arterien (s. Tabelle). Jedoch waren diese Erscheinungen verschieden stark ausgeprägt, je nach dem einzelnen Falle und Gefäßabschnitt. Deswegen erscheint es auch notwendig, das vorliegende Material von diesen zwei Standpunkten aus zu betrachten und vor allem festzustellen, wie sich die zu untersuchenden Veränderungen in den einzelnen Arterien äußern.

A. iliaca comm. In den früheren Stadien der Verfettung lokalisiert sich das Fett als Regel in der hyperplastischen Schicht, wobei sich die elastischen Fasern durch Sudan III färben. Das Fett liegt entweder in Form kleiner Tröpfchen längs den Fasern, oder aber die letzteren erscheinen diffus gefärbt. Die frühesten Fettablagerungen lassen sich meist an der inneren Grenzlamelle beobachten, häufig im ganzen Umfange des Gefäßes. Eine etwas schwächere aber immerhin deutlich ausgeprägte Verfettung sehen wir fernerhin an den abgespaltenen Lamellen der hyperplastischen Schicht. Die Lam. elast. int. unterliegt seltener und in geringerem Grade der Verfettung. Häufig beschränkt sich der ganze Prozeß in der Intima auf die eben angeführte Verfettung der elastischen Lamellen und Fasern, besonders in den Fällen, wo die bindegewebige Schicht verhältnismäßig schwach

Tabelle 1¹⁾.

Nr.	Alter u. Ge- schlecht Jahre	Anatomische Diagnose	A. iliaca comm.	A. iliaca ext.	A. femo- ralis	A. pro- funda femoris	A. circumfl. femoris	A. hypo- gast.	A. gluta- sup.	A. ileolum- balis	A. obtura- toria	A. vesi- calis super.	A. sacralis med.
1	65 ♂	Mesaortitis luetica, Aortenathero- sklerose, Lungenemphysem	++ 000	++ 00	++ 000 ××	++ 000 ×	++ 000 ×	++ 000 -	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	+
2	70 ♀	Atherosklerose d. Aorta, Herz- hypertrophie, Lungenemphysem, Schrumpfleiere	++ 00	++ 00	++ 00 ××	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	+
3	70 ♀	Schwere Aortenatherosklerose, Lungenemphysem, eitrige Bron- chitis	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ××	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	+
4	59 ♂	Aortenatherosklerose, kankröses Geschwür am Halse	++ 00	++ 00	++ 00 ××	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	+
5	65 ♂	Schwere Atherosklerose d. Aorta, Lungenemphysem, Herzhyper- trophie, Schrumpfleiere	++ 000	++ 00	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	+
6	53 ♂	Leichtere Aortenatherosklerose, Lungenemphysem	++ 0	++ 0	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	+
7	69 ♀	Schwere Atherosklerose, Gallen- blasenkrebs	++ 000	++ 00	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	+
8	53 ♂	Ulceröse Lungenphthise, Darm- tuberkulose, Aortenatheroskle- rose leichten Grades	++ 000	++ 00	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	+
9	65 ♀	Lungenkrebs, Atherosklerose der Aorta	++ 00	++ 00	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	+
10	58 ♂	Aortenatherosklerose, Lungenem- physem, eitrige Cholangitis	++ 0	++ 0	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	+
11	59 ♂	Schwere Aortenatherosklerose, Sklerose der Gehirnarterien, Lungenemphysem	++ 000	++ 00	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	++ 00 ×	+

¹⁾ Erklärung der Zeichen: + = Intimahypertrophie, 0 = Verfettung (bzw. Atherosklerose), × = Mediaverkalkung. Die Anzahl der Zeichen entspricht der Schwere der Veränderungen.

ausgeprägt ist. Der Prozeß trägt einen mehr diffusen Charakter und erstreckt sich auf größere Gefäßabschnitte; gleichzeitig ist häufig auch eine Verfettung der bindegewebigen Schicht vorhanden. Hier ist der Prozeß meist mehr lokalisiert und führt letzten Endes zur Bildung einzelner größerer Verfettungsherde, in deren Bereich sich schon die beiden Formen der Verfettung — der hyperplastischen und bindegewebigen Schicht — nicht mehr voneinander trennen lassen. Die Lipidablagerung in der bindegewebigen Schicht beginnt mit dem Auftreten einer kleintröpfigen Masse in der Zwischensubstanz zwischen Zellen und Fasern. Außerdem tritt das Fett aber auch schon bald in den Zellen auf, wobei ich aber eine stärker ausgesprochene Bildung von „Xanthomzellen“ nicht feststellen konnte. Die Fettablagerungen finden sich meist in der äußeren Partie der bindegewebigen Schicht, häufig sieht man aber auch zwischen der verfetteten bindegewebigen und hyperplastischen Schicht nicht verfettete Partien der Gefäßwand. Diese letzteren gehören den inneren Schichten der hyperplastischen und den äußeren der bindegewebigen Schicht an, welche häufig ohne deutliche Abgrenzung ineinander übergehen. Bei stärker ausgeprägter Verfettung kommt es zu einer fibrösen Verdickung und hyalinen Umwandlung der bindegewebigen Schicht. Diese hyalinen Fasern können häufig diffus verfettet sein. Die Fettablagerungen sind am geringsten in den innersten Schichten, welche dem Gefäßlumen am nächsten liegen und gewissermaßen die atheromatösen Massen bedecken. In denselben Fällen fand sich in der *A. iliaca comm.* neben der Intimaverfettung in der Regel auch eine solche der Media, welche bisweilen sogar in solchen Fällen deutlich hervortrat, wo die Intima nicht hochgradig verändert war und die Ablagerungen der Lipide sich nur auf die elastischen Fasern der hyperplastischen Schicht beschränkten. Im allgemeinen läßt es sich jedoch feststellen, daß die Intensität der Mediaverfettung mehr oder weniger derjenigen der Intima entspricht. So ist die Fettablagerung in der Media an denjenigen Stellen besonders deutlich ausgeprägt, welche den atheromatösen Herden der Intima entsprechen. Die größte Menge der Fetttropfen liegt stets in den inneren Mediaschichten, und zwar in der Zwischensubstanz derselben. Nur in weit vorgeschrittenen Fällen finden sich auch in den übrigen Mediaschichten Fettablagerungen, jedoch stets in einer nach außen zu abnehmenden Menge.

Die *A. iliaca ext.* Der morphologische Charakter der Fettablagerung in diesem Gefäß entspricht im allgemeinen genau demjenigen in der *A. iliaca comm.* In jedem einzelnen Falle ist der Prozeß hier jedoch anscheinend schwächer ausgesprochen als im vorhergehenden Gefäß, sogar in den Gefäßabschnitten, wo die bindegewebige Schicht verhältnismäßig stark entwickelt ist; auch die Mediaverfettung erreicht gewöhnlich nur geringere Grade als in der *A. iliaca comm.*

Die *A. hypogastrica* unterscheidet sich morphologisch in bezug auf die Fettablagerungen nicht von den vorhergehenden Gefäßen, und der Grad der Veränderungen in den einzelnen Fällen entspricht etwa demjenigen in der *A. iliaca externa*.

Die *A. femoralis*. Auch in diesem Gefäß lassen sich keine wesentlichen Abweichungen im Vergleich mit den vorhergehenden nachweisen, und es steht im allgemeinen der *A. iliaca ext.* am nächsten.

Die *A. profunda femoris*. Morphologisch trägt auch hier der Verfettungsprozeß denselben Charakter wie in den früher beschriebenen Gefäßen, ist aber vielleicht noch schwächer ausgeprägt; jedenfalls in den einzelnen Fällen schwächer als in der *A. femoralis*; was die Media betrifft, so finden sich in derselben fast gar keine Fettablagerungen, und nur an denjenigen Stellen, welche großen Fett-herden in der Intima entsprechen, ist auch in der Media Fett in bedeutenderer Menge vorhanden.

Die *A. circumflexa femor.* Der Verfettungsvorgang entspricht in bezug auf Morphologie und Ausdehnung demjenigen im vorhergehenden Gefäß; ungeachtet einer stellenweise bedeutenden bindegewebigen Verdickung der Intima kann die Fettablagerung eine nur geringe sein.

Die *A. glutaeca sup.* weist gleichfalls denselben Typus der Verfettung auf, jedoch ist die Intensität der letzteren geringer als in der *A. hypogastrica*. Die Media ist in der Regel fettfrei; und nur die einem Atherom entsprechenden Stellen weisen größere Fettmengen auf. Außer einer Fettablagerung in den tieferen bindegewebigen Schichten sieht man hier auch solche in den inneren fibrösen Fasern, welche dem Lumen am nächsten liegen.

Die *A. ileolumbalis*. Der Prozeß entspricht hier demjenigen in der *A. glutaeca*, ist aber in den einzelnen Fällen weniger deutlich ausgesprochen.

Die *A. obturatoria*. Der Verfettungsvorgang ist hier ein wesentlich schwächerer als in den oben beschriebenen Gefäßen. Eine deutliche Atherombildung konnte kein einziges Mal festgestellt werden. Nur in einem einzigen Falle erstreckte sich die Verfettung auf die Bindegewebsschicht, sonst beschränkte sich der Vorgang stets auf die Fasern der hyperplastischen Schicht. In einer Reihe von Fällen konnten überhaupt keine Fettablagerungen nachgewiesen werden.

Die *A. sacralis media*. Die Verfettung ist trotz einer sehr stark entwickelten hyperplastischen Schicht nur sehr schwach und wurde nur in 2 Fällen beobachtet in Form von Ablagerungen längs den elastischen Fasern der hyperplastischen Schicht.

Die *A. vesicalis sup.* Der Prozeß ist hier schwach ausgeprägt, obgleich er häufiger beobachtet wird als in der *A. sacralis med.* In 2 Fällen waren Fettablagerungen nicht nur an den Fasern der hyperplastischen, sondern auch der bindegewebigen Schicht vorhanden.

Aus der Beschreibung der atherosklerotischen Veränderungen in den einzelnen Arterien geht hervor, daß dieser Prozeß im allgemeinen in den größeren Arterien die verhältnismäßig höchsten Grade erreicht — in der *A. iliaca comm.*, *iliaca ext.*, *hypogastr.*, *femorals* — und zwar den höchsten Grad wohl in der erstgenannten. Etwas schwächer, jedoch auch noch deutlich, ist der Prozeß ausgeprägt in der *A. profunda femor.*, *circumflexa fem.* und *glutaeca*, wesentlich schwächer in der *A. ileolumbalis*, noch schwächer in der *A. obturatoria* und endlich ganz schwach oder meist sogar gar nicht vorhanden in der *A. sacralis med.* und *vesicalis*. In der *A. iliaca comm.*, *iliaca ext.*, *hypogastr.*, *femorals*, *profunda femor.* und *glutaeca sup.* kommt es häufig zu einer Bildung von Platten mit fettigen Zerfallmassen, welche mit einer Schicht fibrösen Gewebes bedeckt sind. In den übrigen Arterien konnten derartige Erscheinungen nicht beobachtet werden, auch nicht in denjenigen Fällen, wo in den eben genannten Gefäßen eine deutlich ausgesprochene Atherosklerose vorhanden war; der Prozeß äußerte sich hier nur in einer diffusen geringen Verfettung der mehr oder weniger verdickten Intima. Was die Topographie der Fettablagerungen betrifft, so ist in erster Linie die Intima zu nennen, in welcher sie sich hauptsächlich lokalisieren. Jedoch in den größten der untersuchten Arterien — *iliaca comm.*, *iliaca ext.*, *hypogastrica*, *femorals* — unterliegt auch die Media der

Verfettung. In den übrigen Arterien beschränkt sich der Prozeß auf die Intima.

Die Lokalisation der Ablagerungen in der Intima selbst läßt sich folgendermaßen charakterisieren: das Fett tritt meist zuerst längs den elastischen Fasern der elastisch-hyperplastischen Schicht auf und auch in der Zwischensubstanz dieser letzteren. Besonders stark ist meist die Verfettung der inneren Grenzlamelle ausgeprägt. In den kleineren Arterien ohne deutlich ausgesprochene bindegewebige Schicht (*A. obturatoria*, *ileolumbalis*, *vesicalis sup.*, *sacralis med.*) beschränkt sich der Verfettungsprozeß auf die eben beschriebenen Veränderungen. In den größeren Arterien mit stark entwickelter Bindegewebsschicht erstreckt sich die Fettablagerung auch auf diese, wobei anfangs die Zwischensubstanz der tiefen Schichten und die Zellen befallen werden, dann aber auch die fibrösen, hyalinen Fasern. Die Verfettung der elastischen Fasern der hyperplastischen Schicht erstreckt sich meist auf einen beträchtlichen Teil des Gefäßumfanges. Die Fettablagerung in der bindegewebigen Schicht ist dagegen eine mehr herdförmige. Im allgemeinen ist der Verfettungsgrad meist um so höher, je besser die Bindegewebsschicht entwickelt ist, jedoch ist dieses nicht immer der Fall.

Was nun die plaqueförmigen Verdickungen der Intima betrifft, so findet man solche mit sehr geringem Fettgehalt — nur in den tiefen Schichten längs den elastischen Fasern — und anderseits richtige Fett-herde, wo die bindegewebige Schicht nur noch aus groben hyalinen Fasern besteht, welche den atheromatösen Herd vom Gefäßlumen trennen; diese Fasern können jedoch scheinbar auch sekundär verfetten. Sogar in denjenigen Gefäßbezirken, wo kein Atherom vorhanden ist, lassen sich bisweilen Fettablagerungen an diesen groben hyalinen Fasern der oberflächlichen Intimaschichten beobachten. So haben wir denn in den Fällen mit einem völlig ausgesprochenen Verfettungsprozeß folgendes Bild der Fettverteilung vor uns: Fettansammlungen längs den elastischen Fasern der hyperplastischen Schicht, Fettherde in der Tiefe der Bindegewebsschicht — bis zur Bildung von Atheromen — und Verfettung der fibrösen Fasern der innersten bindegewebigen Schichten.

Die Mediaverfettung kommt, wie schon gesagt, nur in den größeren Arterien der untersuchten Gefäßsystems vor, wobei sich die Ablagerungen auf die Zwischensubstanz beschränken, und zwar vorzugsweise in den inneren Schichten, in weit vorgeschrittenen Fällen jedoch auch in den mehr nach außen zu liegenden und — selten — in fast allen Mediaschichten. Am deutlichsten ist die Mediaverfettung stets an solchen Stellen ausgeprägt, welche den bedeutendsten Fettablagerungen mit Atherombildungen in der Intima entsprechen.

Was nun den Prozeß in den einzelnen Fällen betrifft, so muß gesagt werden, daß in der Regel zwar systemweise alle untersuchten Gefäße befallen waren, jedoch nahm die Intensität in der Richtung von den größeren zu den kleineren Gefäßen zu ab (s. Tabelle). Je deutlicher die Verfettung in den größeren Arterien ausgesprochen war, desto stärker war sie es auch in den kleineren und ließ sich in diesen weiter peripherwärts verfolgen. So ist denn für jeden einzelnen Fall dieser oder jener Grad der Verfettung aller betreffenden Gefäße charakteristisch. Es konnten niemals in einer kleinen Arterie, z. B. der A. obturatoria oder sacralis med., bedeutendere Fettablagerungen nachgewiesen werden als in der größeren Arterien derselben Körpergegend, z. B. der A. iliaca comm., iliaca ext. oder hypogastrica. *Der Prozeß der Fettablagerung setzt sich also gesetzmäßig im untersuchten System von Arterien fort, und zwar sowohl in bezug auf die Topographie als auch die Intensität.*

Die Verkalkung.

In den von mir untersuchten Arterien waren sehr häufig Ablagerungen von Calciumsalzen vorhanden, wobei sich auch hier die drei bekannten Formen der Verkalkung nachweisen lassen:

1. die isolierte Verkalkung der Lam. elast. int.,
2. die Mediaverkalkung und
3. die Verkalkung der atheromatösen Herde der Intima.

Alle diese Abarten der Verkalkung können in den einzelnen Fällen auch kombiniert vorkommen. Hier sollen vorzugsweise die beiden ersten Formen besprochen werden, da es sich bei diesen um primäre Prozesse handelt, welche nicht mit einer evtl. Verfettung im Zusammenhang stehen. Bei der Untersuchung der Kalkablagerungen in den betreffenden Arterien konnten einige charakteristische Eigenheiten in der Ausbreitung dieses Prozesses sowohl in den einzelnen Fällen als auch in den verschiedenen Arterien festgestellt werden. Über die Art des Prozesses in den einzelnen Arterien gibt uns folgende kurze Übersicht ein Bild.

In der A. iliaca comm. war die Verkalkung sogar in denjenigen Fällen, wo andere Arterien sehr hohe Grade der Kalkablagerung aufwiesen, stets nur äußerst schwach ausgeprägt. Es waren hier nur geringe Kalkmengen längs der Lam. elast. int. vorhanden. Dieselben fanden sich sowohl in Fällen mit mehr oder weniger großen Fettablagerungen als auch in solchen mit sehr geringer Verfettung. Die Verkalkung zeigte hier das Bild der typischen Kalkablagerung längs der Lam. elast. int., welche stellenweise gestreckt und auch gebrochen erschien. Dieser Prozeß erreichte aber, wie schon gesagt, keine bedeutenden Grade, es waren stets nur kleine Kalkherde vorhanden, und er ließ sich auch nur in 5 von 11 untersuchten Fällen nachweisen. Nur ein einziges Mal konnte außerdem auch noch in der Media Kalk nachgewiesen werden. Jedoch auch in diesem Falle waren die Kalkherde sehr klein und bestanden nur aus einzelnen Kalkkörnchen längs den elastischen Fasern, stellten also das Anfangsstadium dieses Prozesses dar. Die

Ablagerung von Kalksalzen in den atheromatösen Massen der Intima war in einigen Fällen sehr deutlich ausgeprägt; in denselben Fällen war entweder gar keine oder eine nur unbedeutende Verkalkung der Media und der Lam. elast. int. vorhanden.

Die *A. iliaca ext.* steht sowohl in bezug auf den Grad als auch die Lokalisation der Kalkablagerung der *A. iliaca comm.* sehr nahe. In denjenigen Fällen, wo eine wenn auch geringe Verkalkung der *A. iliaca comm.* bestand, war dieselbe in der *A. iliaca ext.* deutlicher ausgesprochen, was sich darin äußerte, daß sowohl an der Lam. elast. int. als auch in der Media zahlreichere Kalkherde vorhanden waren. Im allgemeinen ist aber auch in diesem Gefäß die Verkalkung stets nur gering, auch in Fällen von schwererer Verkalkung der kleineren Arterien.

Die *A. hypogastrica.* Auch diese gleicht in bezug auf Grad und Lokalisation der Verkalkung der *A. iliaca comm.* Der Prozeß ist gewöhnlich schwach ausgeprägt, wenn auch etwas stärker als in jenem Gefäße.

Die *A. femoralis.* Die Mediaverkalkung ist hier bedeutend stärker ausgesprochen als in den vorhergehenden Arterien. Neben größeren Kalkablagerungen in der Media finden sich in denselben Fällen auch solche längs der Lam. elast. int. Zum Unterschiede von den vorher beschriebenen Arterien finden sich hier in der Media nicht nur einzelne Kalkablagerungen an den elastischen Fasern, sondern auch größere massive Kalkherde mit Krystallisation der Kalksalze.

Die *A. profunda femor.* Die Verkalkungserscheinungen sind sehr stark ausgesprochen, besonders in den Fällen mit gleichzeitiger schwerer Verkalkung der *A. femoralis.* Die Intensität des Prozesses ist vielleicht etwas größer als in der *A. femor.*

Die *A. circumflexa femor.* Die Intensität und Art der Verkalkung entspricht derjenigen in der *A. prof. femor.*

Die *A. glutaea sup.* Die Verkalkung ist eine hochgradige, jedoch nicht in allen Fällen, und besonders stark bei gleichzeitigen bedeutenden Kalkablagerungen in anderen Arterien. Ist überhaupt wenig Kalk vorhanden, so trifft man ihn meist nur an der Lam. elast. int. an. In vorgeschrittenen Fällen ist auch in der Media Kalk vorhanden, und zwar in größeren Mengen als in den übrigen Arterien, ausgenommen vielleicht nur die *A. femoralis.*

Die *A. ileolumbalis.* In den entsprechenden Fällen ist die Verkalkung eine wesentlich geringere als in der *A. glutaea, femoralis*, und ihren Zweigen. (*profunda* u. *circumfl. femoris*). Die Media verkalkt nur unwesentlich, größere Kalkherde sind hier selten und stets von geringerer Ausdehnung. Hauptsächlich haben wir es hier mit einer Verkalkung der Lam. elast. int. zu tun, jedoch auch diese ist nur schwach ausgeprägt.

Die *A. obturatoria.* Die Verkalkung erreicht hier auch nur geringe Grade, etwa wie in der *A. ileolumbalis*, auch wenn die *A. glutaea sup., femor.* usw. stark verkalkt sind.

Die *A. vesicalis sup.* Nur in 3 Fällen ließ sich hier längs der L. elast. int. Kalk nachweisen; zweimal waren gleichzeitig auch in der Media, wenn auch nur geringe Ablagerungen vorhanden; es handelte sich um die Fälle, bei denen der Prozeß in der *A. glutaea* und *femoralis* am stärksten ausgeprägt war.

Die *A. sacralis med.* Hier konnten nur kleine Kalkherde längs der Lam. elast. int. nachgewiesen werden, sogar in den Fällen mit hochgradiger Verkalkung der *A. glutaea sup.*

Aus dieser Beschreibung und der beigefügten Tabelle geht hervor, daß einige der untersuchten Arterien in der Regel mehr oder weniger stark verkalken, andere Arterien dagegen in denselben Fällen ent-

weder nur geringe oder auch gar keine Kalkablagerungen zeigen. So konnten in meinen Fällen die bedeutendsten Mengen von Kalksalzen in der A. femoralis, profunda fem., circumflexa fem. und glutaea sup. nachgewiesen werden (s. Tabelle), während in denselben Fällen die a. ilaca comm., iliaca ext., hypogastrica, sacralis med. und vesic. sup. wesentlich schwächer oder auch überhaupt gar nicht verkalkt waren. Die A. obturatoria und ileolumbalis stehen in bezug auf die Kalkablagerungen zwischen diesen beiden Gruppen. Auch bei *Faber* finden sich Hinweise auf eine besonders häufige Verkalkung der A. glutaea sup. In den von mir untersuchten Arterien fand ich am häufigsten eine Ablagerung von Kalksalzen längs der Lam. elast. int. Anscheinend schließt sich dann späterhin hieran eine Verkalkung der Media. In denjenigen Arterien, in welchen der Verkalkungsprozeß überhaupt schwach ausgeprägt ist (s. oben), fand sich derselbe in der Regel nur an der Lam. elast. int. Manchmal finden sich gleichzeitig auch kleine Herde körniger Kalkablagerungen in der Media, während in denselben Fällen in den leicht verkalkenden Gefäßen schon große massive Herde mit Krystallbildung vorhanden sind. Eine genauere Beschreibung des mikroskopischen Bildes dieser Kalkherde in den verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung erübrigt sich, da sich eine solche bei *M. Hesse* findet, deren Ausführungen völlig mit den meinigen übereinstimmen.

Was nun die sekundäre Kalkablagerung in den atheromatösen Massen der Intima betrifft, so ist dieselbe in den Fällen mit hochgradiger Mediaverkalkung gleichfalls stärker ausgeprägt. Manchmal waren Stellen vorhanden, wo sich der Prozeß der Verkalkung eines atheromatösen Herdes gleichsam auch auf die innersten Mediaschichten fortsetzte. Das Zusammentreffen eines typischen primären Kalkherdes in der Media mit einem darüber liegenden atheromatösen Herde in der Intima kommt verhältnismäßig selten vor.

Was den Grad der Verkalkung in den einzelnen Fällen betrifft, so lassen sich hier sehr bedeutende Schwankungen beobachten. Einige Fälle waren durch eine besonders stark ausgesprochene Verkalkung ausgezeichnet, wobei sich stets die oben angeführte Gesetzmäßigkeit in bezug auf den Grad der Veränderung in den einzelnen Arterien beobachten ließ. Im allgemeinen trugen wir bei der Untersuchung der uns hier interessierenden Arterien den Eindruck davon, daß die Verkalkung weder in den ganz großen noch in den kleinen Arterien besonders stark ausgesprochen ist, sondern in den mittleren, in der Muskulatur gelegenen Ästen, obgleich hier natürlich außer dem Kaliber der Gefäße auch noch andere Faktoren mitsprechen können. So ist z. B. die A. vesical. sup. in ein und demselben Fall in der Regel stärker verkalkt als die A. sacralis med.

In den einzelnen Fällen findet man die verschiedensten Kombinationen der Fett- und Kalkablagerungen in den Arterienwandungen. So kann beispielsweise für den einzelnen Fall (Fälle 2, 3, 4) die Verkalkung charakteristisch sein, am deutlichsten natürlich in den oben genauer beschriebenen, hierzu prädisponierten Arterien (A. femoral., glutaea, profunda fem., circumfl. fem.). In anderen Fällen wiederum standen die atherosklerotischen Erscheinungen mit ihrer Lokalisation in bestimmten Arterien (s. oben) an erster Stelle (Fälle 1, 5, 11), während die Verkalkungserscheinungen nur gering waren. Endlich wurden auch Fälle beobachtet, in welchen beide Vorgänge mehr oder weniger deutlich ausgeprägt waren. So konnten wir denn in den hier untersuchten Gefäßen keine unmittelbaren Beziehungen der Verfettungs- und Verkalkungsgrade zueinander feststellen. Desgleichen bestehen auch keinerlei Beziehungen in der Ausbreitung dieser beiden Prozesse in den einzelnen Arterien dieses Gebietes. Für die Fettablagerung ist die Lokalisation in der einen Gruppe von Arterien charakteristisch, während die Verkalkung in einer anderen Gefäßgruppe beobachtet wird.

Endlich ist auch die Lokalisation der für diese beiden Prozesse charakteristischen Veränderungen in den einzelnen Wandschichten eine verschiedene. Der Verkalkung unterliegt die Media einiger hier untersuchter Arterien; eine Fettablagerung in der Media derselben Arterien läßt sich in der Regel nicht beobachten, auch nicht in solchen Fällen, wo beispielsweise in der Intima reichliche Fettmengen vorhanden sind. Dagegen ist aber die Mediaverfettung in der Regel in denjenigen Arterien deutlich ausgesprochen, wo diese Schicht gewöhnlich nicht verkalkt (A. iliaca comm., iliaca ext., hypogastr.), trotz bedeutender Kalkablagerungen in der Media anderer Arterien desselben Falles.

Fernerhin kann man häufig Kalkablagerungen an der Lam. elast. int. beobachten, während eine Verfettung dieser Membran wesentlich seltener vorkommt. Die Fettablagerungen werden vielmehr an der inneren Grenzlamelle und den von dieser abgespaltenen Fasern der hyperplastischen Schicht beobachtet; eine Verkalkung dieser Schichten fehlt dagegen in der Regel. Diese Unterschiede im Verhalten der Lam. elast. int. und der inneren Grenzlamelle der Verfettung und Verkalkung gegenüber sind sehr charakteristisch und hängen vielleicht von der verschiedenen chemischen oder physiko-chemischen Eigenart dieser beiden Membranen ab.

Die atheromatösen Herde der Intima verkalken sekundär auch in solchen Fällen, wo in den übrigen von uns untersuchten Arterien nur wenig Kalk vorhanden war. Jedoch, wie schon gesagt, ist diese Verkalkung bei gleichzeitiger stärkerer primärer Mediaverkalkung deutlicher ausgesprochen. Dieses ist der einzige Punkt, in welchem sich eine gewisse Wechselbeziehung zwischen Verkalkung und Fett-

ablagerung äußert. Im allgemeinen haben wir es aber mit 2 völlig selbständigen Prozessen zu tun, mit einer charakteristischen Lokalisation der Veränderungen sowohl was die einzelnen Arterien als auch die Wandschichten betrifft.

Schlußfolgerungen.

In der vorliegenden Arbeit habe ich in mehreren Fällen eine Reihe von Arterien verschiedener Art und verschiedenen Kalibers untersucht, wobei es sich um Äste und Verzweigungen eines Hauptstammes handelte. Es ließ sich erwarten, daß die pathologischen Veränderungen dieser Arterien ihrer Art und Stärke nach vor allem von dem Bau und dem Kaliber der betreffenden Arterien abhängen. Diese Voraussetzung hat sich tatsächlich bis zu einem gewissen Grade bestätigt. So hat sich die Verfettung als für die größeren Gefäße charakteristisch erwiesen, wo wir es mit einer gut entwickelten bindegewebigen Schicht zu tun haben, hierbei spielt der Bau der Media, etwa in bezug auf einen größeren oder geringeren Reichtum an elastischen Fasern, keine Rolle. In den kleineren Arterien war die Fettablagerung weniger deutlich ausgesprochen und beschränkte sich, wie übrigens auch in den größeren, auf die elastisch-hyperplastische Schicht. Kalkablagerungen konnten nur in Arterien vom rein muskulären Typus nachgewiesen werden; in gewissen Arterien dieser Art war die Verkalkung in der Regel stark ausgeprägt, in anderen Arterien desselben Falles dagegen wesentlich schwächer.

So hängen denn die pathologischen Veränderungen der Arterienwände in einem bestimmten Körperteile nur bis zu einem gewissen Grade von dem Bau und Kaliber dieser Gefäße ab. Eine größere Bedeutung kommt in dieser Beziehung scheinbar den allgemeinen Faktoren zu, welche für diesen oder jenen Fall als Ganzes ausschlaggebend sind. So ist z. B. für die eine Gruppe von Fällen die Ablagerung von Lipoiden charakteristisch, und wir sehen dann eine systemweise hochgradige und typische Verfettung derjenigen Arterien, welchen dieser Vorgang überhaupt eigen ist. In anderen Fällen wiederum besteht eine Neigung zur Ablagerung von Kalksalzen, und wir sehen dann ein gesetzmäßiges Fortschreiten dieses Prozesses in den hierzu veranlagten Arterien. In diesen letzteren Fällen kommt es auch zu einer besonders scharf ausgesprochenen Verkalkung der atheromatösen Herde.

Wir müssen es uns also so vorstellen, daß nicht so sehr die örtlichen Bedingungen dieser oder jener Arterie, als vielmehr *die allgemeinen Stoffwechselstörungen* für das Auftreten der infiltrativen Veränderungen der Arterien dieses Gebietes und für den Grad dieser Veränderungen ausschlaggebend sind. Die örtlichen Bedingungen — der histologische

Bau, das Kaliber und andere schwer zu bestimmende Faktoren—schaffen den günstigen Boden in diesem oder jenem Gefäß, welcher dann zu den genannten Prozessen prädisponiert. Diese Faktoren bedingen *die Lokalisation* des Prozesses. Der Ablagerungsprozeß aber und seine Stärke hängt nicht von den örtlichen, sondern von den allgemeinen Bedingungen ab. *Die Kombination dieser beiden Faktoren* [s. *Anitschkow*¹⁾] *gibt dann in jedem einzelnen Falle das für diesen Fall charakteristische Bild der pathologischen Arterienveränderungen.*

Literaturverzeichnis.

- ¹⁾ *Anitschkow, N.*, Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. **249**, 73. 1924. —
¹⁾ *Faber, A.*, Die Arteriosklerose. Jena 1912. — ²⁾ *Grünstein*, Arch. f. mikroskop. Anat. **47**, 62. 1896. — ³⁾ *Hesse*, Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. **249**, 437. 1924. — ⁴⁾ *Jores*, Wesen und Entwicklung der Arteriosklerose. Wiesbaden 1903.
-