

verständlich erst wird entwickeln lassen, wenn es gelungen ist, die in Rede stehenden Fermente als chemische Körper darzustellen, nichts Neues beibringen kann, brauche ich kaum hervorzuheben; es sei mir nur noch gestattet zu erwähnen, dass auch ich nicht im Stande gewesen bin, die geringste Einwirkung aller jener Fermente auf Cellulose und Gummi zu constatiren, sowie dass Kreatinin durch sie nicht in Kreatin, das sich von jenem bekanntlich nur durch Mehrgehalt von 2 HO unterscheidet, übergeführt wird.

VIII.

Anatomische Studien an den Extremitätengelenken Neugeborener und Erwachsener.

Von Dr. C. Hueter,

Assistenzarzt an der chirurgischen Klinik zu Marburg.

(Hierzu Taf. III.)

(Fortsetzung von Bd. XXV. S. 599 und von Bd. XXVI. S. 518.)

In den vorigen Abschnitten, welche sich auf die Gelenke der unteren Extremität beziehen, war es vorzugsweise meine Aufgabe, den Effect der bei dem Gehen in grosser Regelmässigkeit ausgeführten Bewegungen der Gelenke an der Umbildung der Form ihrer Flächen nachzuweisen. Die Bewegungen der oberen Extremität sind so mannigfaltig, so wenig regelmässig, dass man eine analoge Umbildung ihrer Gelenkflächen nicht voraussetzen darf. Ich halte es zwar nicht für unwahrscheinlich, dass gewisse Beschäftigungen, welche constante Bewegungen der Armgelenke in bestimmter Richtung erfordern, den Formen der Gelenkflächen gewisse Nuancen aufzuprägen vermögen, welche ein minutiöses anatomisches Studium vielleicht würde nachweisen können; doch wird man vergeblich nach einer solchen Gleichartigkeit der Bewegungen suchen, wie dieselbe für die Mechanik des Gehens erforderlich ist, und

vor allem wird man selbst bei einer gewissen Gleichartigkeit der Bewegungen an der oberen Extremität stets die Einwirkung einer bedeutenden Kraft vermissen, welche ebenso, wie das Körpergewicht in gewissen Stellungen der Fussgelenke und des Kniegelenks, die Einwirkung der Muskelkräfte auf die Umbildung der Gelenkflächen in erheblicher Weise unterstützt. Es bieten deshalb auch die Gelenke der oberen Extremität in ihrer Entwicklung während des Lebens bei weitem nicht dasselbe Interesse, wie die der unteren Extremität; doch wird eine kurze Vergleichung der fötalen Gelenkformen mit den Formen bei Erwachsenen auch an der oberen Extremität schon deshalb nicht überflüssig sein, weil sie dazu dienen kann, die Gesetze für die Umbildung der Gelenke, welche in Folge meiner Untersuchungen an den Gelenken der unteren Extremität aufgestellt werden können, in vielen Beziehungen zu bestätigen und zu ergänzen.

V. Das Radio - Carpalgelenk.

Die Hand pflegt bei Neugeborenen mehr in Palmarflexion zu stehen, als bei Erwachsenen, und diese Stellung trifft mit einer kürzeren Entwicklung der Beugemuskeln zusammen. Für die Form der unteren Radiusgelenkfläche ist diese Stellung ohne besondere Bedeutung, weil an der Beugung der Hand die verschiedenen Handwurzelgelenke Antheil nehmen. Zugleich steht häufig, besonders bei nicht ausgetragenen Früchten, die Hand in einem ziemlich hohen Grade von Ulnarabduction, d. h. so, dass die Längsaxe der Hand von der Längsaxe des Vorderarms nach der Ulnarseite hin abweicht. Der Einfluss dieser Stellung auf die Form des unteren Radiusendes spricht sich in solchen Fällen dadurch aus, dass der Processus styloideus radii und der ihm zunächst liegende Theil des Radius viel weiter, als gewöhnlich, nach unten über die untere Fläche der Ulna und den ihr zunächst liegenden Theil des Radius hervorragen. Auch bei Erwachsenen weicht die untere Gelenkfläche des Radius vom Processus styloideus gegen die Ulna hin nach oben zurück; bei Neugeborenen aber kann der Winkel, welchen die untere Fläche des Radius mit der Horizontalebene bildet, so bedeutend werden, wie in dem Fig. 1. abgebildeten Fall.

Die Ulnarabduction der Hand bietet natürlich dem über dem Processus styloideus gelegenen Theil der Epiphyse viel günstigere Wachstumsbedingungen, und wenn, z. B. durch Muskelparalyse, während des Lebens die Verhältnisse sich nicht ändern, so kann eine Art Klumphand entstehen, welche wesentlich durch die eigenthümliche Form des unteren Endes des Radius bedingt wird. An einem Präparat dieser Art von einem Erwachsenen konnte ich mit Bestimmtheit die Uebereinstimmung dieser Form mit der in Fig. 1. abgebildeten nachweisen.

Schon bei Neugeborenen befindet sich an dem unteren Ende des Radius auf der Gelenkfläche eine First, welche von vorn nach hinten verläuft und die Gelenkfläche in zwei kleinere Flächen für die Articulation mit dem Os lunatum und mit dem Os scaphoideum zerlegt. Die First entspricht in ihrem Verlauf dem Ligamentum lunato-scaphoideum, welches die Lücke zwischen beiden Knochen an der dem Radius zugekehrten Fläche ausfüllt, und ist bei Erwachsenen immer sehr deutlich ausgebildet. Auf der Höhe der First zeigt der Knorpelüberzug bei Erwachsenen häufig Auflockerung und Zerknitterung; welche ebenso wie an den früher schon beschriebenen Stellen der Fusswurzelknochen wahrscheinlich als Folgen des geringeren Druckes angesehen werden müssen. Ein Knorpelschwund entwickelt sich an dieser Stelle nur in seltneren Fällen; die eigenthümliche, von Knorpel entblösste Knochenfurche, welche in Fig. 2. abgebildet ist, könnte leicht zu falschen Deutungen, z. B. zu der Annahme einer früher erfolgten und bis in das Gelenk sich fortsetzenden Längsfractur des Radius verleiten.

VI. Das Ellenbogengelenk *).

Das Ellenbogengelenk steht jedenfalls in der letzten Zeit der intrauterinalen Lebensperiode in gebeugter Stellung, wie aus der in vielen Fällen deutlich nachweisbaren, relativ kürzeren Entwicklung seiner Beugemuskeln hervorgeht. Wenn man aber aus den Formen der Gelenkflächen Schlüsse ziehen darf, so muss als wahr-

*) Herr Cand. med. Römer, welcher sich an den Untersuchungen über das Ellenbogengelenk betheiligte, hat dieselben zum Gegenstand seiner Inaugural-Dissertation gemacht.

scheinlich angenommen werden, dass zu der Zeit, in welcher sich die Formen der Gelenkflächen und der übrigen in der Kapsel eingeschlossenen Knochentheile entwickeln, das Gelenk sich in gestreckter Stellung befindet. Auffallender Weise ist nämlich am unteren Ende des Humerus die über der hinteren Grenze der Trochlea gelegene und in die Gelenkkapsel eingeschlossene Fossa olecrani bei Neugeborenen vollkommen gut entwickelt, während die über der vorderen Grenze der Trochlea befindliche Fossa antica major und ebenso die über der Rotula liegende Fossa antica minor bei Neugeborenen noch nicht vorhanden sind. Man ist deshalb nach meiner Ansicht zu dem Schluss berechtigt, dass zu der Zeit der Entwicklung der Knochenformen das Gelenk sich in Streckung befindet, oder dass innerhalb des Uterus energische Streckbewegungen ausgeführt werden; dagegen kann man mit Bestimmtheit annehmen, dass häufige und energische Beugebewegungen, durch welche der Processus coronoideus ulnae und der vordere Rand des Radiusköpfchens gegen den Humerus angedrängt werden, innerhalb des Uterus nicht stattfinden. Die beiden Fossae humeri anticae müssen demnach als Producte der während des Lebens ausgeführten Beugebewegungen angesehen werden, und ihre Entstehung kann sowohl durch die Behinderung des Knochenwachstums in der Richtung von hinten nach vorn, als auch durch Atrophie des schon ausgebildeten Knochens in Folge des Drucks bedingt sein. Dass auch der letztere Vorgang an dieser Stelle sich nachweisen lässt, lehrt eine Vergleichung von Fig. 4., dem sagittalen Längsdurchschnitt durch die Mitte der Trochlea und des unteren Humerusendes von einem Neugeborenen, mit Fig. 3., dem analogen Durchschnitt von einem Erwachsenen. In Fig. 4. beträgt die Dicke der Scheidewand zwischen der Fossa olecrani und der Stelle, an welcher später die Fossa antica major sich entwickelt, ungefähr eine Linie; in Fig. 3. aber beträgt in Folge der Entwicklung der Fossa antica major die Dicke der Scheidewand nur den Bruchtheil einer Linie, so dass an dieser Stelle ein eigentlicher Druckschwund des Knochens stattfinden muss.

Als Analogon des an der unteren Gelenkfläche des Radius in seltenen Fällen bemerkbaren, dem Zwischenraum zwischen Os lu-

natum und Os scaphoideum entsprechenden, von Knorpel entblößten Streifs ist ein Knorpelschwund anzuführen, welcher ebenfalls nur in seltneren Fällen an der First eintritt, die die Trochlea gegen die Rotula hin begrenzt. Diese First entspricht genau dem Zwischenraum zwischen Ulna und Radius, und die Entstehung eines Knorpelschwunds an dieser Stelle kann mithin auf dieselben Ursachen, auf Verminderung des Druckes und der Reibung, zurückgeführt werden, von welchen die oben näher beschriebene Knorpelerkrankung an der unteren Gelenkfläche des Radius abhängig zu sein scheint.

Die Form der Gelenkfläche der Ulna bei Neugeborenen deutet ebenfalls darauf hin, dass zu der Zeit der Entwicklung dieser Form das Gelenk sich in gestreckter Stellung befand. Vergleicht man in der Profilansicht den Verlauf der Längsfirst, welche sich in der Mitte dieser Fläche befindet, bei Neugeborenen und Erwachsenen (vgl. Fig. 5. und 6.), so bemerkt man, dass bei Erwachsenen (Fig. 5.) die Form dieser First ziemlich genau einem halben Kreisbogen entspricht, dass aber bei Neugeborenen (Fig. 6.) die beiden Enden der First am Olecranon und am Processus coronoideus nach oben und unten zu weit abstehen, um in die Peripherie des Kreises zu fallen, dem der mittlere Abschnitt der First angehört. Es ist aber die Krümmung der Linie a b (Fig. 6.) durchaus entsprechend der Krümmung der Linie a b (Fig. 4.), und es congruiren deshalb beide Linien bei gestreckter Stellung des Gelenks, während bei Neugeborenen in gebeugter Stellung die Olecranonspitze etwas von der Fläche der Trochlea absteht. Da nun während des Lebens das Gelenk gewöhnlich in halber Beugung steht, so schliessen sich die der Olecranonspitze und dem Processus coronoideus zunächst liegenden Theile der Ulnargelenkfläche allmählig genauer der eigentlichen Humerusgelenkfläche in ihren Krümmungsverhältnissen an, und gerade diese Theile der Gelenkfläche bilden bei Erwachsenen die innigsten Berührungspunkte mit der Trochlea. Der mittlere Theil der Ulnargelenkfläche steht dagegen bei halber Beugung in keinem genauen Contact mit der Trochlea, wie sogleich näher gezeigt werden soll.

In dem mittleren Theil der Ulnargelenkfläche befindet sich bei

Erwachsenen eine von Henle *) erwähnte, von Knorpel entblösste Querfurche, welche die Gelenkfläche in eine obere und untere Hälfte theilt. Bei Neugeborenen fehlt diese Furche, sie ist aber auch bei Erwachsenen durchaus nicht ganz constant und in ihrer Ausdehnung bei den einzelnen Individuen sehr verschieden. Die Entstehung des Knorpelschwunds an dieser Stelle bietet einige Schwierigkeiten, welche sich nur beseitigen lassen, wenn man auf die Krümmungsverhältnisse der entsprechenden Theile der Ulna und des Humerus Rücksicht nimmt. Ein horizontaler Durchschnitt durch den mittleren Theil der Ulnargelenkfläche, gerade an der Stelle, an welcher der Knorpelschwund sich entwickelt, zeigt als Durchschnittslinie der Fläche einen stumpfen Winkel, dessen Scheitel der Längsfirst der Gelenkfläche entspricht. Bei gestreckter Stellung des Gelenks befindet sich diese Stelle dem hinteren Abschnitt der mit Knorpel überzogenen Trochleafläche gegenüber, dessen Durchschnittslinie, wie Fig. 7. zeigt, ganz dieselben Krümmungsverhältnisse darbietet. Der Winkel dieser Durchschnittslinie ist ungefähr ebenso gross, wie der der Ulnargelenkfläche; sein Scheitel entspricht der tiefsten Stelle der Trochlearinne und von dieser steigen gleichmässig die beiden Seitenflächen nach links und rechts empor. Im mittleren Abschnitt der Trochlea steigt aber nur die innere Seitenfläche so steil aus dem Sulcus empor, während die äussere nur ganz leicht gegen die Rotula hin ansteigt; eine Durchschnittslinie der Gelenkfläche an dieser Stelle (Fig. 8.) muss einen viel stumpferen Winkel liefern, als die Durchschnittslinie am hinteren Abschnitt. Wenn nun bei der Beugung der mittlere Theil der Ulnarfläche sich dieser Stelle gegenüber befindet, so können unmöglich mehr die beiden Flächen aufeinander schliessen; die First der Ulnarfläche wird zwar noch mit der tiefsten Stelle der Trochlea in Berührung stehen, auf der äusseren Seite aber muss es zum Klaffen der Gelenkflächen kommen, oder es kann, wie in Fig. 8., ein geringeres Klaffen auf beiden Seiten entstehen. In dieser Stellung müssten auch seitliche Wackelbewegungen des Gelenks möglich sein, wenn nicht die vorderen und hinteren Ab-

*) Handbuch der Knochenlehre. S. 224.

schnitte beider Gelenkflächen in genauem Contact sich befänden. Die halbe Beugung ist nun die Stellung des Gelenks, welche dasselbe gewöhnlich einnimmt, und da also fast stets an dieser Stelle die Gelenkflächen sich gegenseitig nur sehr unvollkommen berühren, so ist es sehr begreiflich, dass hier ebenso wie an einem luxirten Gelenkkopf Knorpelschwund eintritt. Der Knorpelüberzug der Trochlea erkrankt deshalb nicht, weil dieselbe auch bei nicht extremen Bewegungen schon wieder mit Theilen der Ulnarfläche in Berührung kommt, deren Form der Form der Trochleafläche congruent ist, weil also die einzelnen Theile des mittleren Abschnitts der Trochlea immer nur vorübergehend den Contact mit der Ulnarfläche entbehren; der Knorpelüberzug der Ulna muss aber deshalb an der beschriebenen Stelle zum Schwinden kommen, weil dieselbe erst am Schlusse der Streckung mit correspondirenden Flächen des Humerus in Berührung kommt, und das Gelenk in dieser Stellung sich immer nur vorübergehend befindet. Die individuellen Verschiedenheiten in der Ausdehnung des Knorpelschwunds können wohl in Nüancen der Flächenkrümmungen und in der Verschiedenheit der angewöhnten Haltung des Gelenks ihre Erklärung finden. Am seltensten schwindet der Knorpel gerade in der Mitte, und dieser Punkt, ein Theil der Längsfirst muss ja auch unter allen Umständen in Berührung mit dem Sulcus der Trochlea bleiben. Der Knorpelschwund scheint an dieser Stelle erst in der Zeit der Pubertät zu beginnen und weniger auf einer Wucherung und Absorption des Knorpels, als auf einer Verknöcherung desselben zu beruhen, indem der Knorpelüberzug dünn wird, die Knochensubstanz durchscheinen lässt und dann verschwindet. Dass aber selbst in hohem Alter die ganze Erscheinung fehlen kann, geht daraus hervor, dass ich an der Leiche eines 70jährigen Mannes fast keine Spuren des Knorpelschwunds entdecken konnte.

Das Radiusköpfchen zeigt ebenfalls in seiner Entwicklung während des Lebens einige Eigenthümlichkeiten. Bei Neugeborenen ist nicht nur die Oberfläche desselben, welche mit der Rotula articulirt, sondern auch die Seitenfläche, welche dem Sinus lunatus ulnae und dem Ligamentum annulare entspricht, in ihrer ganzen Circumferenz mit einem glatten Knorpelüberzug versehen. Der

durch das Ligamentum annulare verstärkte Theil der Kapsel vermag nun zwar für den äusseren Theil des Seitenrandes des Capitulum den Mangel einer correspondirenden Gelenkfläche in ähnlicher Weise zu ersetzen, wie dieses die Bandscheibe des Ligamentum calcaneo-naviculare am Caput tali thut; aber in späteren Jahren pflegt doch an dem äusseren Theil des Seitenrandes der Knorpelüberzug zu verschwinden und ein dünner fibröser Ueberzug des Knochens an seine Stelle zu treten. In vielen Fällen bleibt nur soweit der Knorpelüberzug am Seitenrand des Capitulum in seiner ursprünglichen Höhe erhalten, als derselbe bei pronirter Stellung des Vorderarms mit der Gelenkfläche des Sinus lunatus ulnae sich in Berührung befindet (vgl. Fig. 9.). Es bleibt zwar in allen Fällen in dem ganzen Umfang des Seitenrandes eine etwa 1. Linie hohe Knorpelschicht übrig; man kann sich aber an einem Durchschnitt des Radiusköpfchens ohne Mühe überzeugen, dass diese Knorpelschicht dem ziemlich dicken Knorpelbelag der Oberfläche des Radiusköpfchens angehört.

Die Verhältnisse der Kapselinsertion zu den Diaphysenknochen bieten am Ellenbogengelenk ein ähnliches Interesse, wie am Hüftgelenk. Sowohl am Radius, als am Humerus befindet sich nämlich bei ausgetragenen Neugeborenen ein Stück des Diaphysenknochens innerhalb der Kapsel, und ich werde genöthigt sein, auf die Bedeutung dieses Befundes weiter unten noch einmal zurückzukommen. Ebenso will ich hier nur kurz erwähnen, dass in dem dünnen fibrösen Ueberzug, welchen die innerhalb der Kapsel befindlichen Knochenflächen des Humerus in der Fossa olecrani und den beiden Fossae anticae besitzen, einzelne inselförmige Stellen eines consistenteren Ueberzugs vorkommen, dessen feinere Zusammensetzung in histologischer Beziehung sehr interessant ist, aber erst später genauer erörtert werden kann.

VII. Das Schultergelenk.

Die Form des Oberarmkopfs zeigt bei Neugeborenen eine so überraschende Aehnlichkeit mit der Form des Oberschenkelkopfs, dass man sich die Frage stellen muss, weshalb bei Erwachsenen die Differenzen in der Form beider Scelettheile so bedeutend sind.

Diese Frage beantwortet sich dadurch, dass am oberen Ende des Femur sich der Schenkelhals entwickelt, während bei Erwachsenen am oberen Ende des Femur ein Knochenstück von ähnlicher Ausdehnung und Form fehlt; es müssen also die Ursachen dieses Mangels erörtert werden. Wir haben in der Entwicklung des Schenkelhalses das Resultat des Längenwachsthum des Femur an seiner oberen Diaphysengrenze kennen gelernt, und der Mangel eines ähnlichen Products am oberen Ende des Humerus lässt zunächst an ein weniger intensives Wachstum desselben denken. In der That ist die Längendifferenz zwischen Femur und Humerus, ebenso wie zwischen Unterschenkel und Vorderarm bei Neugeborenen relativ viel geringer, als bei Erwachsenen und es wird hierdurch der Beweis dafür geliefert, dass die Intensität des Längenwachsthum am Humerus geringer sein muss, als die des Femur. Wenn es demnach zu einer Bildung eines eigentlichen Humerushalses käme, so würde die Länge desselben unbedeutender sein müssen, als die des Schenkelhalses. Das langsamere Wachstum des Diaphysenknochens an dem oberen Ende des Humerus bedingt auch ein Verhalten des Diaphysenknochens zu den Knochenkernen des Humeruskopfs und des Tuberculum majus, welches bedeutend von dem Verhalten der analogen Theile des Femur zu einander abweicht. Am Femur schiebt sich der Diaphysenknochen zwischen den Trochanter major und den Schenkelkopf und bildet so die obere Peripherie des Schenkelhalses; am oberen Humerusende verschmelzen aber die Knochenkerne des Kopfs und der Tubercula viel früher mit einander, als der Diaphysenknochen die Einschnürungsstelle zwischen dem Kopf und den Tuberculis erreicht. Man bemerkt in Fig. 11., dem frontalen Durchschnitt des Humeruskopfs von der Leiche eines 16jährigen Individuums, dass die Verschmelzung zwischen Diaphyse und Epiphyse noch nicht vollendet ist, während zwischen den Knochenkernen der Epiphyse keine Knorpellinie mehr zu erkennen ist. Aus derselben Zeichnung geht hervor, dass wie am Femurkopf auch hier der Diaphysenknochen in die eigentliche Substanz des Humeruskopfs in dem unteren Abschnitt desselben eindringt. Es verläuft also auch hier ein Theil des Längenwachsthumprocesses an der oberen Diaphysengrenze

innerhalb der Gelenkkapsel, aber nur an dem am tiefsten gelegenen Abschnitt derselben, so dass man nur hier die Bildung eines rudimentären Humerushalses erwarten darf, dessen obere Peripherie aber von den verschmelzenden Knochenkernen der Epiphyse bedeckt und deshalb am Skelet des Knochens nicht sichtbar ist. Wirklich findet sich an dem Schultergelenk Erwachsener zwischen den Theilen der Gelenkkapsel, welche sich am tiefsten an die innere Seite des Humerus inseriren, und der unteren Grenze des Knorpelüberzugs des Humeruskopfs, eine 2—3 Linien hohe Knochenfläche und diese Fläche muss als Analogon des Schenkelhalses aufgefasst werden. Bei Neugeborenen inserirt sich die Kapsel an die tiefste Stelle des Gelenks ungefähr gerade an die obere Grenze des Diaphysenknochens, zuweilen aber befindet sich schon deutlich innerhalb der Gelenkkapsel ein kleines Stück des Diaphysenknochens. Es scheint mir dieser Umstand für die schon bei Gelegenheit des Hüftgelenks erwähnte Frage über das Längenwachsthum der langen Röhrenknochen von Wichtigkeit zu sein; da nun sonstige Veränderungen am Humeruskopf nicht zu erwähnen sind, und da ich es für angemessen halte, noch eine Uebersicht über die allgemeinen Resultate meiner Untersuchungen folgen zu lassen, so scheint es mir am passendsten zu sein, anknüpfend an die Verhältnisse des Humerus diese Uebersicht damit zu beginnen, dass ich meine Ansichten über das Längenwachsthum der Knochen noch einmal zur Sprache bringe.

Bei Neugeborenen ist die Kapselinsertion am Radiusköpfchen ungefähr 2 Linien von der Oberfläche desselben entfernt (vgl. Fig. 1.), und das ebenso lange Stück des Radius, welches sich demnach innerhalb der Kapsel des Ellenbogengelenks befindet, wird zu etwa gleichen Theilen von dem Epiphysenknorpel und einem kleinen Stück des Diaphysenknochens gebildet. Ebenso geht aus Fig. 4. hervor, dass das untere Ende der Diaphyse des Humerus sich in der Höhe von 1.—2 Linien innerhalb der Gelenkkapsel befindet und dass die Diaphysen-Ossification schon bis zu der eigentlichen Trochlea vorgedrungen ist. Wenn man die Insertion der Kapsel an die Diaphysenknochen als feste Punkte derselben betrachten will,

so lässt sich, ebenso wie am oberen Ende des Femur, durch einfache Rechnungen beweisen, dass das Längenwachsthum an der oberen Epiphyse des Radius und an der unteren Epiphyse des Humerus nicht zur Erklärung des gesammten Längenwachsthums der beiden Knochen ausreichen kann. Bei Erwachsenen beträgt die Entfernung von der Kapselinsertion bis zu der Oberfläche des Radiusköpfchens ungefähr 1 Zoll; es müsste demnach das Product des Längenwachsthums an der oberen Epiphyse noch weniger als 1 Zoll sein, so dass, wenn der Radius im ganzen sich während des Lebens von der Länge von 2 Zoll zu der Länge von 1 Fuss, seine obere Hälfte also von der Länge von 1 Zoll zu der Länge von 6 Zoll entwickelte, 4 Zoll ungefähr auf Rechnung des interstitiellen Längenwachsthums der oberen Diaphysenhälfte kommen würden. Hier lässt sich noch, wie bei dem Femur der Einwurf machen, dass vielleicht das Wachsthum an der unteren Epiphyse viel bedeutender sei, als an der oberen, für den Humerus aber fällt auch dieser Einwurf weg, weil auch an dem oberen Ende desselben, wenn auch weniger regelmässig und weniger deutlich, als am oberen Ende des Femur, bei Neugeborenen die Kapselinsertion am Diaphysenknochen sich befindet und deshalb das Längenwachsthum auch hier gemessen werden kann. Dann kann man noch behaupten, dass eine Verschiebung der Kapselinsertion stattfindet, welche nicht durch das Wachsthum des Knochens, sondern durch andere Einflüsse, z. B. Muskelzug bedingt sei, dass also ein innerhalb der Kapsel gebildetes Knochenstück aus der Kapsel deshalb herauswächst, weil die Kapsel dem Zuge des in die Länge wachsenden Knochens Widerstand leistet. Aber wie sollte man sich vorstellen können, dass eine so dehnbare Membran, wie die Kapsel, dem ausserordentlich langsamen Zuge des in die Länge wachsenden Knochens nicht folgen würde?

Ich muss bekennen, dass mir eine solche Anschauung nicht plausibel erscheinen will; aber selbst wenn dieselbe sich mit einer vorurtheilsfreien Betrachtung der anatomischen Verhältnisse vereinbaren liesse, so kann doch aus dem Verhältniss des Diaphysenknochens am unteren Ende des Humerus trotz der Annahme einer Kapselverschiebung die Nothwendigkeit des interstitiellen Knochen-

wachsthums in der Längsrichtung mit ziemlicher Bestimmtheit nachgewiesen werden. Die Grenze des Diaphysenknochens befindet sich hier, wie schon bemerkt wurde, an der oberen Grenze der eigentlichen Trochlea und dringt schon in den ersten Lebensjahren in die eigentliche Substanz derselben ein; alle an der unteren Grenze des Diaphysenknochens producirt neuen Längsstücke des Knochens müssen demnach eine Form besitzen, welche der Form der horizontalen Durchschnitte des Humerus durch die Trochlea selbst oder unmittelbar über derselben entspricht; und wie könnten Längsstücke dieser Form zu einem Theil des Humerusschafts umgeformt werden? Man kann nach meiner Ansicht mit fast absoluter Bestimmtheit annehmen, dass die Höhe der Trochlea bei dem ausgewachsenen Menschen fast das Gesamtproduct des Längenwachsthums an der unteren Grenze der Diaphyse und an den Knochenkernen der Epiphyse repräsentirt. Was den Antheil der letzteren an dem Längenwachsthum betrifft, so geht aus Fig. 10., dem frontalen Durchschnitt des unteren Humerusendes eines 16jährigen Individuums, hervor, dass dieser Antheil sich auf wenige Linien beschränkt: Allerdings entstehen diese Knochenkerns erst einige Jahre nach der Geburt; aber wenn diese Kerne in einer Reihe von Jahren nur um wenige Linien in die Höhe wachsen, obgleich sie 2 Ossificationsflächen, eine obere und untere für das Wachsen in der Längsrichtung besitzen, dann muss es ziemlich unbegreiflich scheinen, dass in derselben Zeit das Längenwachsthum an der einen Ossificationsebene des Diaphysenknochens einige Zoll betragen soll. An allen Punkten nun, an welchen man das Höhenwachsthum an den Diaphysengrenzen messen kann, vorausgesetzt, dass man die Insertion der Kapsel an den Diaphysenknochen als festen Punkt gelten lassen will, erhält man zwar Differenzen in der Intensität des Längenwachsthums an der Diaphysengrenze und am Epiphysenkern, doch sind diese Differenzen von so geringem Umfang, dass man dieselben wohl unberücksichtigt lassen darf; im ganzen geht aus der Vergleichung des Höhenwachsthums der Epiphysenkerns mit dem muthmaasslichen Höhenwachsthum an der Diaphysengrenze am oberen Femurende, am oberen Radiusende und an beiden Enden des Humerus hervor, dass hier die Wachs-

thumsintensitäten in der Längsrichtung für den Epiphysenkern und das ihm angrenzende Diaphysenende ziemlich gleich sind. Wenn man aber an den erwähnten Punkten nach den bisher allgemein herrschenden Anschauungen das gesammte Längenwachsthum auf das Wachsthum an der Grenze des Diaphysenknochens und auf das Wachsthum des Epiphysenkerns beziehen will, so wird man sich auch die Aufgabe stellen müssen, die colossalen Differenzen, welche sich bei dieser Anschauung für die Intensität des Längenwachsthum an der Grenze der Diaphyse und am Epiphysenkern ergeben, in irgend einer Weise zu deuten und zu erklären. So lange diese Aufgabe ungelöst bleibt, so lange es ferner nicht gelingt, die Wanderungen der Kapselinsertion am wachsenden Diaphysenknochen an den genannten Stellen und die Bedingungen dieser Wanderungen nachzuweisen, bleibt die bis jetzt allgemein anerkannte Theorie über das Längenwachsthum der Knochen in Frage gestellt; dass aber in meinen Untersuchungen die dringendste Aufforderung zu einer weiteren Discussion dieser Frage liegt, halte ich nicht für das werthloseste Resultat derselben.

Die intracapsulären Knochenflächen, d. h. die eines Knorpelüberzugs entbehrenden Knochenflächen, welche sich innerhalb der Gelenkkapseln befinden, wurden an den verschiedenen Stellen genauer beschrieben, und es scheint mir nicht ohne Interesse, die nach der Art ihrer Entstehung geschiedenen Gruppen dieser Flächen hier noch einmal übersichtlich zusammen zu stellen. Das Fehlen des Knorpelüberzugs an einem Theil der von der Kapsel umfassten Knochenfläche ist wesentlich dadurch bedingt, dass dieser Theil bei den Bewegungen des Gelenks nicht mit der Fläche eines anderen Knochens oder anderen, den Gelenkflächen analogen Theilen in Berührung kommt. Es sind die Gelenkflächen an verschiedenen Stellen durch Bandscheiben ergänzt, und es genügt für die Erhaltung des fötalen Knorpels an der Oberfläche des Knochens, dass an derselben sich eine andere Fläche, z. B. auch die Fläche einer Sehne bewegt. Ich erinnere an den Sulcus ossis cuboidei, in welchem die Sehne des *M. peroneus longus* verläuft, an die Stelle der Incisura ischiadica minor, welche von der Sehne des *M. obturator int.* bedeckt ist, und an andere analoge Stellen, welche

man zu den Sehnenscheiden und Schleimbeuteln zu rechnen pflegt. An allen Stellen, an welchen eine Sehnenfläche in inniger Berührung mit der Oberfläche eines Knochens steht und bei der Contraction des Muskels sich auf dieser Fläche bewegt, ist in der Regel sowohl im Periost des Knochens, als auch in der Sehnenoberfläche Knorpelgewebe nachweisbar, und man würde diese Stellen gewiss ganz passend als „Sehnengelenke“ bezeichnen können. Als Uebergang zwischen den Knochengelenken und Sehnengelenken könnte der Schleimbeutel des M. popliteus gelten, dessen eigenthümliche Entstehung ich bei der Besprechung des Kniegelenks genauer beschrieben habe. Wenn nun die Berührung zweier Flächen und ihre Bewegung aufeinander die nothwendige Bedingung für die Erhaltung des Knorpels an den Extremitäten ist, so wird derselbe dort an der Oberfläche des Knochens schwinden müssen, wo diese Bedingung fehlt. Der Vorgang des Knorpelschwunds innerhalb der Gelenkkapsel kann sich aber in einer doppelten Weise entwickeln; entweder kann der Knorpelüberzug bei dem Fortschreiten der Ossification einfach sich in Knochengewebe umwandeln, oder es kann dem Knorpelschwund eine Erkrankung des Knorpelgewebes vorhergehen. Die erste Art des Knorpelschwunds kommt in der Mitte des vorderen Randes der Talusrolle und am äusseren Theil der Seitenfläche des Radiusköpfchens zur Beobachtung; auch ist vielleicht zum Theil der Knorpelschwund in der Mitte der oberen Gelenkfläche der Ulna hierher zu rechnen. Die zweite Art des Knorpelschwunds würde sich als einen pathologischen Vorgang bezeichnen lassen, wenn derselbe nicht an gewissen Stellen mehr oder weniger constant unter übrigens durchaus normalen Verhältnissen der Gelenke beobachtet würde. Die Erkrankung characterisirt sich durch Wucherung des Knorpels und Zerfaserung seiner Oberfläche, durch Vermehrung der Knorpelzellen und durch fettige Degeneration derselben, welche schliesslich eine Absorption des ganzen Knorpelüberzugs zur Folge haben kann. Die verschiedenen Stadien des Processes lassen sich am genauesten an den Seitentheilen des vorderen Randes der Talusrolle übersehen und wurden bei der Beschreibung dieser Stelle auch erwähnt; die Anfangsstadien der Erkrankung sind an dem hinteren Abschnitt der Talusrolle, an den

Firsten, welche die verschiedenen Facetten der Gelenkfläche des Taluskopfs trennen, an einzelnen Stellen der Kniegelenksflächen und an der unteren Gelenkfläche des Radius nachzuweisen. Der Vorgang der Knorpelerkrankung an diesen Stellen kann gewissermaassen als physiologischer Typus für eine Art der pathologischen Knorpelerkrankung aufgefasst werden, welche bei chronischen Gelenkentzündungen beobachtet wird und in ihren ätiologischen Beziehungen bis jetzt nach meiner Ansicht nicht immer richtig gedeutet wurde; ich glaube zwar nicht, dass man in vielen Fällen den vermehrten Druck der Gelenkflächen als Ursache des Knorpelschwunds wird leugnen können, und dass die entzündlichen Processe der übrigen Theile des Gelenks ohne Einfluss auf die Absorption des Knorpelüberzugs sind, ich bin aber auch davon überzeugt, dass man dem Druckschwund des Knorpels und dem rein entzündlichen Schwund desselben eine dritte Art von Knorpelschwund gegenüberstellen muss, welche wesentlich durch den Mangel der Berührung mit einer anderen Gelenkfläche bedingt ist.

Die intracapsulären Knochenflächen, welche durch Schwund des Knorpelüberzugs entstehen, sind durchaus von den Knochenflächen zu unterscheiden, welche innerhalb der Kapsel dadurch entstehen, dass der Knochen wächst, während für ein gleichzeitiges Wachsen des Knorpelüberzugs die nothwendigen Bedingungen, die Berührung und Reibung mit einer anderen Fläche, nicht vorhanden sind. Zu dieser Kategorie können zunächst die intracapsulären Knochenflächen gerechnet werden, welche sich schon bei Neugeborenen nachweisen lassen. So lange nicht genaue embryologische Forschungen das Gegentheil nachgewiesen haben, wird man annehmen können, dass bei der ursprünglichen Anlage der Gelenke die Kapselinsertion sich genau an die Grenze der eigentlichen Gelenkflächen anschliesst. Ist diese Voraussetzung richtig, so muss man das intracapsuläre Stück der Femurdiaphyse im Hüftgelenk, die intracapsulären Knochentheile an beiden Enden der Humerusdiaphyse und den innerhalb der Kapsel des Ellenbogengelenks befindlichen Theil der Radiusdiaphyse als Producte des Ossificationsprocesses betrachten, welcher an den genannten Stellen schon in der intrauterinalen Lebensperiode in die von der Gelenkkapsel um-

fassten Theile des fötalen Knorpelscelets vordringt. Am unteren Femurende liegen bei Neugeborenen in der Kapsel des Kniegelenks an den Seitenflächen der Condylen Knorpelflächen eingeschlossen, welche an der Stelle der glatten Oberfläche eine Art von Perichondrium besitzen und nicht zu den eigentlichen Gelenkflächen gehören. Diese Flächen sind, wie schon bei der Besprechung des Kniegelenks erwähnt wurde, vielleicht als Resultat einer intracapsulären Wucherung des Epiphysenknorpels anzusehen, und müssten, wenn diese Vermuthung richtig ist, an die bei Neugeborenen schon entwickelten intracapsulären Knochenflächen angereiht werden. Dass alle diese Flächen sich während des Wachsens der Knochen weiter entwickeln, wird keiner weiteren Erklärung bedürfen, und in Betreff der Art dieser Entwicklung und ihrer Resultate verweise ich besonders auf die nähere Beschreibung der Entwicklungsvorgänge am Hüftgelenk.

Am Talus und Calcaneus findet man an einigen Stellen bei Erwachsenen intracapsuläre Knochenflächen, welche das Resultat des Wachstums dieser Knochen während des Lebens sind. Besonders charakteristisch ist die Bildung der kleinen Knochenfläche an dem inneren unteren Theil des Taluskopfs im Talo-naviculargelenk; man sieht hier deutlich, dass der Knorpelüberzug des Taluskopfs für das Längenwachsthum des Talus die Bedeutung eines Epiphysenknorpels besitzt, aber nur an der Stelle, welche unter einem relativ geringeren Druck steht. Man könnte sich denken, dass der Gelenkknorpel überhaupt eine Rolle in dem Wachsthum der Knochen analog der Epiphysenlinie spielen müsste, wenn nicht durch gleichmässig vertheilten, in senkrechter Richtung auf die Gelenkfläche einwirkenden Druck ein Wachsthum des Knochens in derselben Richtung durch Wachsen und Ossificiren seines Knorpelüberzugs unmöglich gemacht würde. Bei bedeutenden Differenzen in der Vertheilung des Drucks kann aber wirklich an den wenig belasteten Stellen das Knochenwachsthum durch Wucherung und Verknöcherung des Knorpelüberzugs sich entwickeln, und die oben näher geschilderte Wucherung des Gelenkknorpels an Stellen, welche nur unter einem sehr geringen Druck stehen, würde sich von diesem Wachsen des Knorpelüberzugs nur durch das abortive

Zugrundegehen der gebildeten Elemente unterscheiden, so dass hier an die Stelle der Knochenneubildung die Absorption des Knorpelüberzugs treten kann. Indessen scheint für die Entwicklung solcher intracapsulären Knochenflächen der Knorpelüberzug nicht notwendig zu sein. Von der intracapsulären Knochenfläche des Taluskopfs im Talo-naviculargelenk nur durch die Kapselinsertion getrennt, befindet sich auch innerhalb der Sprunggelenkkapsel am Talus eine intracapsuläre Knochenfläche, an deren Entwicklung zwar, besonders am mittleren und äusseren Abschnitt unzweifelhaft die Ossification des Knorpelüberzugs und die Absorption desselben Antheil nehmen, welche aber auch zum Theil als Product des Längenwachsthum des Talus aufgefasst werden könnte. Schon bei Beschreibung des vorderen Randes der Talusrolle wurde auf diese Möglichkeit hingewiesen, und es sind vorzugsweise die pathologischen Vorgänge bei Pes valgus, welche zu Gunsten der Zulässigkeit dieser Auffassung entscheiden. Bei höheren Graden der abducirten Contractur in den Gelenken zwischen dem Talus und dem Fuss steigert sich die Druckdifferenz zwischen dem inneren und äusseren Abschnitt des Taluskopfs in bedeutendem Maasse, und die Verminderung des Drucks auf den inneren Abschnitt bedingt eine excessive Entwicklung der beiden intracapsulären Knochenflächen an diesem Theile des Taluskopfs. In solchen Fällen kann eine über einen halben Zoll breite Knochenfläche zwischen dem vorderen Rande der für den Malleolus int. bestimmten Gelenkfläche und der Kapselinsertion sich befinden, welche natürlich als Resultat des pathologisch vermehrten Längenwachsthum des Talus aufgefasst werden muss. Dieses Verhalten macht es im höchsten Grade wahrscheinlich, dass auch bei der normalen Entwicklung des Fusses der innere Abschnitt der intracapsulären Knochenfläche des Sprunggelenks zum Theil durch das Längenwachsthum des Talus bedingt ist. Vorausgesetzt nun, dass nicht hier eine Wanderung der Kapselinsertion an dem wachsenden Knochen nach vorn stattfindet, dass also nicht der Knorpelüberzug des Taluskopfs den Längsabschnitt des Knochens erzeugt, welcher sich später in der Gelenkkapsel des Sprunggelenks befindet, wird man genöthigt sein, das Längsstück des Talus, dessen Oberfläche von dem inneren

Abschnitt des vorderen Randes der Sprunggelenkfläche und der Kapselinsertion begrenzt wird, als Product des interstitiellen Knochenwachsthumms des Talus in der Richtung von vorn nach hinten zu bezeichnen.

Für die Erhaltung des Knorpels an der Oberfläche der Extremitätenknochen scheint, wie oben schon bemerkt wurde, die Berührung und Bewegung zweier Flächen die nothwendige Bedingung zu sein, und man wird im ganzen die zelligen Elemente, welche sich in den Knorpelüberzügen der Extremitätenknochen bei Erwachsenen vorfinden, als Derivate der an denselben Stellen das fötale Scelet constituirenden Elemente anzusehen haben. Wenn demnach die Knorpelflächen an den Extremitätenknochen Erwachsener nur die Reste des fötalen Knorpelscelets sind, so vermag ihre Entwicklung durchaus keinen Aufschluss über das Wesen der Knorpelneubildung zu geben. Vielleicht dürfen die Knorpelzellen, welche Kölliker*) in den verschiedenen an der Zusammensetzung der Synovialsäcke Antheil nehmenden Gebilden und den Synovialfortsätzen der Gelenkkapseln fand, zum Theil als aus den zelligen Elementen des Bindegewebes, in welchem sie liegen, neu gebildete Knorpelzellen betrachtet werden, doch kann man auch hier nicht mit Bestimmtheit behaupten, dass jene Zellen nicht die Abkömmlinge der Zellen des fötalen Knorpelscelets sind. Es gibt aber ganz unzweifelhaft pathologische Vorgänge, welche zur Entwicklung anomaler Gelenke führen und diese Entwicklung scheint davon abhängig zu sein, dass zwei Knochenflächen mit einander in Berührung kommen, dass Bewegungen zwischen ihnen stattfinden und dann aus dem Periostüberzug beider Knochen ein Knorpelüberzug sich entwickelt, welcher sich makroskopisch von dem gewöhnlichen Knorpelüberzug der Gelenkflächen durch seine unregelmässige zottige und zerklüftete Oberfläche, mikroskopisch aber durch die fibröse Intercellulärsubstanz des Knorpelgewebes unterscheidet. Ein solches pathologisches Gelenk findet sich fast constant bei hochgradigem Pes valgus zwischen dem Malleolus externus, dessen spitzes Ende zu einem Gelenkkopf umgestaltet wird, und der Ober-

*) Mikroskopische Anatomie. 1858. Bd. 2. 1. Hälfte. S. 228—233 u. S. 324.

fläche des Processus anter. calcanei, auf welcher sich eine Gelenkpfanne bildet, und bei der näheren Untersuchung eines solchen Präparats stellte ich mir die Frage, ob nicht an irgend einer Stelle der Extremitäten knorpelfreie Knochenflächen auch unter normalen Verhältnissen bei den Bewegungen in Contact kommen, und an diesen Stellen sich Knorpelneubildung nachweisen und genauer in ihrer Entwicklung verfolgen lasse. Zunächst fand ich, dass zuweilen bei ganz regelmässig gebildeten Fusswurzelgelenken eine Knorpelneubildung an der Vorderfläche des Taluskörpers vorkommen könne, welche bei der Contractur des Fusses in abducirter Stellung gewöhnlich eine bedeutendere Entwicklung erreicht und schon bei der Schilderung der Entwicklungsvorgänge an den Gelenken zwischen Talus und dem Fuss erwähnt wurde. Ferner wurde meine Aufmerksamkeit auf das Ellenbogengelenk gerichtet, weil hier die Hemmung der Bewegungen durch Contact der Knochenflächen an verschiedenen Punkten geschieht und gerade diese Punkte zum Theil schon bei Neugeborenen vollständig ossificirt sind. Bei Neugeborenen sind die Fossae anticae oder die Stellen, an denen dieselben sich dadurch entwickeln, dass am Schluss der Beugung der Processus coronoideus ulnae und der vordere Rand des Radiusköpfchens auf die Fläche des Humerus stossen, und die Fossa olecrani, so weit sie innerhalb der Kapsel liegen, von einer gleichmässig dicken Periostschicht überzogen, welche bei der mikroskopischen Untersuchung die gewöhnlichen Elemente des Periosts zeigt. Bei Erwachsenen ist der Periostüberzug der bezeichneten Stellen im Allgemeinen ziemlich dünn, scheint an einzelnen Stellen ganz zu fehlen und an anderen Stellen findet man den Periostüberzug zu dichteren Lagen einer fibrösen, zuweilen sehnig glänzenden, zuweilen aber mehr knorpelartigen Substanz entwickelt. Gerade die letzteren Stellen sind es aber, mit denen die Vorderarmknochen am Schluss der Streckung und Beugung in Berührung kommen, und an diesen Stellen kann es deshalb am leichtesten gelingen, neugebildetes Knorpelgewebe unter dem Mikroskop nachzuweisen. Als die Punkte, an welchen sich die beschriebenen Schichten am regelmässigsten und am deutlichsten, wenn auch nicht in allen Fällen entwickeln und welche sich demnach am besten für die

mikroskopische Untersuchung eignen, möchte ich die Theile der Fossa olecrani, an welche am Schluss der Streckung die Seitenränder des Olecranon anstossen, und den inneren Theil der Fossa antica minor hervorheben, welcher mit dem inneren Abschnitt des vorderen Randes des Radiusköpfchens am Schluss der Beugung in Berührung kommt. Man findet zuweilen die fibröse Grundsubstanz angefüllt mit rundlichen Zellen, deren granulirter Inhalt von einer mächtigen Hülle umgeben ist; häufig liegen auch 2 kleinere Zellen in einer gemeinschaftlichen Hülle und zeigen eine überraschende Aehnlichkeit mit dem bekannten Bild der grossen Knorpelzellen, welche zwei Tochterzellen einschliessen. Endlich findet man auch zuweilen 3—4 kleinere Zellen in der Richtung der Faserung der Intercellularsubstanz aneinander gereiht, parallel der Längsaxe der kleinen Bindegewebszellen, welche in ihrer Umgebung liegen, und solchen Bildern wird man kaum eine andere Deutung geben können, als die, dass die Knorpelzellen an diesen Stellen sich aus den zelligen Elementen der bindegewebigen Grundsubstanz entwickeln. Ist diese Deutung richtig, so ist die Möglichkeit der Entwicklung der Knorpelzelle aus der Bindegewebszelle festgestellt, und die Möglichkeit, welche Kölliker *) erwähnt, dass in den Sehnen und Sehnencheiden umgekehrt die Knorpelzellen sich in Kernfasern umwandeln können, würde hierdurch sehr an Wahrscheinlichkeit gewinnen. Besonders verdient aber hervorgehoben zu werden, dass durch die Berührung zweier Knochenflächen nicht nur die Erhaltung des Knorpels an den Extremitätengelenken bedingt ist, sondern auch, und zwar unter physiologischen Verhältnissen, eine Knorpelneubildung eingeleitet werden kann, deren Mutterboden in dem Periost zu suchen ist. Letzterer Umstand könnte für die Praxis der Gelenkresectionen nicht ohne Bedeutung sein; er könnte dazu auffordern, bei der Resection an den Stellen, an welchen die Bildung eines künstlichen Gelenks wünschenswerth scheint, einen Periostlappen über die Sägeflächen der Knochen zu befestigen, um durch frühzeitig begonnene Bewegungen eine Knorpelneubildung einzuleiten und vielleicht auf diesem Wege eine dem physiologischen Gelenk am nächsten stehende Pseudarthrose zu erzielen.

*) a. a. O. S. 233.

Als die wichtigsten Resultate meiner Untersuchungen möchte ich die Aufschlüsse bezeichnen, welche ich durch dieselben über die Aetiologie einiger Gelenkcontracturen erhielt. Um die Hemmungen und Excesse der Entwicklung der Gelenke begreifen zu können, war ein genaueres Studium der Physiologie ihrer Entwicklung nothwendig, und gerade deshalb, weil ich von diesem Gesichtspunkte aus meine Studien begann, wird man um so mehr entschuldigen können, dass bei denselben manche nicht uninteressante Punkte, besonders die kleineren Gelenke des Fusses und der Hand unberücksichtigt geblieben sind. Uebrigens halte ich die Ergebnisse meiner Untersuchungen für die Aetiologie der Fusswurzelcontracturen für zu entscheidend und die Fragen über die Aetiologie dieser interessanten Krankheitsgruppe für zu wichtig, als dass ich meine Ansichten über dieselben in kurzen Worten ohne die nöthigen Belege aus den Ergebnissen der klinischen und pathologisch-anatomischen Untersuchungen hier auseinandersetzen möchte; ich muss in dieser Beziehung auf einen Aufsatz über diesen Gegenstand verweisen, welcher demnächst in Langenbeck's Archiv f. klin. Chir. veröffentlicht werden soll. Die Ansichten, welche ich mir aus den entwickelungs-geschichtlichen Vorgängen des Kniegelenks über die Ursachen und das Wesen des Genu valgum gebildet habe, wurden schon bei der Besprechung des Kniegelenks erwähnt und ich wiederhole nur, dass ich das Genu valgum, ebenso wie den Pes valgus für die Resultate eines Excesses der physiologischen Umbildung der betreffenden Gelenke zu halten geneigt bin. Auch in diesen Fragen bin ich mir wohl bewusst, nicht bis zu ihrer endgültigen Entscheidung vorgedrungen zu sein, und ich kann diese Blätter nur mit dem Wunsche der Oeffentlichkeit übergeben, dass die fragmentarischen Resultate meiner Studien bald von einem geübteren Fachgenossen zu einem mehr einheitlichen System ergänzt werden, damit auch jene Fragen ihre Lösung finden mögen.

Es sei mir gestattet, als Anhang zu den Studien über die Entwicklung der Gelenke auch

über die Entwicklung der Muskeln an den Extremitäten

einige Bemerkungen folgen zu lassen, welche sich nur auf die Entwicklungsperiode nach der Geburt, und zwar auf die Veränderungen der Längenentwicklung antagonistischer Muskelgruppen beziehen werden. Dass die Möglichkeit dieser Veränderungen durch das Längenwachsthum der Extremitäten gegeben ist, wird kaum bezweifelt werden, die Art und die Ursachen dieser Veränderungen scheinen mir aber bisher nicht so genau untersucht worden zu sein, als dieselben nach meiner Ansicht verdienen.

Zur Erklärung der Entwicklungsvorgänge an der Talusrolle wurde ich schon veranlasst, die Veränderungen in den Längenverhältnissen der beiden antagonistischen Muskelgruppen, welche das Sprunggelenk bewegen, zu besprechen. Ich wiederhole hier kurz, dass bei Neugeborenen die an der Vorderfläche der Tibia und Fibula entspringenden Muskeln gewöhnlich kürzer entwickelt sind, als die Wadenmuskeln, dass aber schon in den ersten Lebensjahren die Wadenmuskeln bedeutend in ihrer Längenentwicklung zurückbleiben und bei Erwachsenen durch ihre passive Spannung die Bewegung der Dorsalflexion hemmen. Als Ursachen der relativ geringen Längenentwicklung der Wadenmuskeln kommen die bei jedem Schritt kraftvoll ausgeführten Contractionen dieser Muskeln in Betracht und man könnte sich denken, dass in den energisch sich contrahirenden Muskeln eine physiologische Contractur sich entwickeln könne. Ich bin aber überzeugt, dass die Stellung des ruhenden Fusses von grösserer Bedeutung für das Längenwachsthum der beiden Muskelgruppen ist. Da der grössere Theil des Fusses vor der Axe des Sprunggelenks liegt, so wird der Fuss durch die Schwere in der Richtung der Plantarflexion bewegt und wird sich demnach bei Unthätigkeit der Muskeln in Plantarflexion befinden, wenn er nicht zufällig durch mechanische Mittel, welche den Einfluss der Schwere des Fusses zu paralyisiren vermögen, in der Stellung der Dorsalflexion befestigt ist. Im Allgemeinen sind also bei ruhiger Lage die Insertionspunkte der Wadenmuskeln einander genähert, und es entwickelt sich dann durch nutritive Muskelverkürzung eine physiologische Contractur, welche man im Gegensatz zu der pathologischen Contractur nicht als eine Verkürzung durch Absorption eines gewissen Theils von der Länge der Mus-

kelfasern, sondern als relative Verkürzung durch mangelhafte Entwicklung der Länge der Muskelfasern auffassen muss. Durch dieselben mechanischen Bedingungen werden die Insertionspunkte der an der Vorderfläche der Tibia und Fibula entspringenden Muskeln von einander entfernt und hierdurch wird eine relativ bedeutendere Längenentwicklung dieser Muskelgruppe bedingt. Was den Einfluss betrifft, welchen die Wadenmuskeln wegen ihrer relativen Kürze auf die Bewegungen des Sprunggelenks, und besonders die Gastrocnemii auf die Bewegungen des Knie- und Sprunggelenks ausüben, so verweise ich auf die Experimente, welche ich bei der Besprechung des Sprunggelenks genauer beschrieben habe. Die eigenthümliche Wirkung der Gastrocnemii, vermöge deren eine Streckung des Kniegelenks eine passive Bewegung des Sprunggelenks in der Richtung der Plantarflexion einleiten kann, wird durch die schematische Fig. 13. etwas erläutert. Das Femur (F) bildet mit dem Unterschenkel (C) einen nach hinten offenen stumpfen Winkel, der vordere Theil des Fusses (P) mit dem Unterschenkel einen nach vorn offenen spitzen Winkel; das Kniegelenk befindet sich demnach in Beugung, das Sprunggelenk in Dorsalflexion. Die Gastrocnemii sind durch die unterbrochene Linie (G) bezeichnet. Bewegt sich nun F in der Richtung des Pfeils, nimmt also das Kniegelenk die gestreckte Stellung ein, so wird der obere Insertionspunkt der Gastrocnemii von dem unteren entfernt und der letztere wird bei einer geringen Extensibilität der Gastrocnemii nach oben folgen, der Fuss in der Richtung des Pfeils sich bewegen, d. h. passiv die Bewegung der Plantarflexion ausführen müssen. Dass aber wirklich ein solcher Mechanismus bei Erwachsenen nachgewiesen werden kann, geht aus den früher beschriebenen Versuchen hervor.

Das Kniegelenk und das Hüftgelenk befinden sich im Uterus in gebeugter Stellung und von dieser Stellung hängt es ab, dass die Beugemuskeln dieser Gelenke kürzer entwickelt sind, als die Streckmuskeln. Zuweilen sind in Folge dieses Verhältnisses die Streckungen dieser Gelenke in dem Grade, dass die Längsaxe des Oberschenkels mit der Längsaxe des Rumpfs, oder die Axe des Unterschenkels mit der des Oberschenkels in eine Linie fällt, ganz

unmöglich; beiläufig mag auch erwähnt werden, dass ich an einzelnen Präparaten die Adductoren des Oberschenkels so kurz entwickelt fand, dass eine Abduction desselben nicht ausgeführt werden konnte. Der grössere Theil der Beugemuskeln des Unterschenkels entspringt von dem Tuber ischii, und zwischen ihren Insertionspunkten sind demnach das Kniegelenk und Hüftgelenk eingeschaltet; es ist einleuchtend, dass in Folge dessen bei einer gewissen Kürze dieser Beugemuskeln eine analoge Abhängigkeit der Bewegungen des Kniegelenks von denen des Hüftgelenks stattfinden kann, wie ich oben die Abhängigkeit der Bewegungen des Sprunggelenks von denen des Kniegelenks nachgewiesen habe. Durch die gebeugte Stellung des Hüftgelenks im Uterus würde der untere Insertionspunkt von dem oberen entfernt werden und deshalb bei Neugeborenen eine bedeutendere Längenentwicklung der Beugemuskeln des Unterschenkels bedingt sein, wenn nicht das Auseinanderrücken der Insertionspunkte durch die gebeugte Stellung des Kniegelenks mehr als compensirt würde, in welcher der Fötus wenigstens in der letzten Periode seiner intrauterinalen Entwicklung verharret. Man muss demnach annehmen, dass die Längenentwicklung der Beugemuskeln des Kniegelenks durch die Stellung des Fötus im Uterus etwas gehemmt wird, und wirklich kann man bei Neugeborenen die relative Kürze dieser Muskeln sehr leicht durch einige Bewegungsversuche zur Anschauung bringen. Wenn man das Hüftgelenk möglichst streckt, so kann auch das Kniegelenk gestreckt werden; wenn man aber das Hüftgelenk beugt, so wird bei Fortsetzung der Beugung allmählig durch die passive Spannung der Muskeln, welche vom Tuber ischii zu dem Unterschenkel verlaufen, eine passive Beugung des Kniegelenks bewirkt, und wenn das Hüftgelenk im Extrem seiner Beugung steht, ist die Streckung des Kniegelenks kaum mehr soweit möglich, dass Ober- und Unterschenkel mehr als einen rechten Winkel mit einander bilden. Dieselben Wechselbeziehungen zwischen den Bewegungen beider Gelenke finden auch bei Erwachsenen statt, doch ist bei ihnen die Differenz in den Längenverhältnissen der antagonistischen Muskelgruppen zum Theil ausgeglichen. Sowohl die vollkommene Streckung des Hüftgelenks, als auch die des Kniegelenks ist ausführbar,

was nothwendig voraussetzt, dass durch die bei dem Gehen ausgeführten Streckbewegungen beider Gelenke die Beugemuskeln derselben etwas gedehnt werden. Die Beugemuskeln des Unterschenkels bleiben indessen noch kurz genug, um von den stärkeren Beugebewegungen des Hüftgelenks passive Beugebewegungen des Kniegelenks abhängig zu machen. Ergreift man an einer in horizontaler Lage befindlichen Leiche, bei der also Knie- und Hüftgelenk gestreckt sind, den Fuss und führt denselben nach oben, so dass eine Beugebewegung im Hüftgelenk ausgeführt wird, während das Kniegelenk in gestreckter Stellung verharret, so bemerkt man bei allmäliger Steigerung der Beugung, häufig schon sobald der Oberschenkel beginnt, einen grösseren Winkel als 45° mit der Horizontalebene zu bilden, eine spontane Beugung des Kniegelenks, welche sich in demselben Grade steigert, als die Beugebewegung des Hüftgelenks fortgesetzt wird. Jeder kann diesen Versuch an sich selbst wiederholen; sobald von gestreckter Stellung aus das Hüftgelenk um etwas mehr als 45° gebeugt wurde, wird es unmöglich, durch active oder passive Kräfte das Kniegelenk in das Extrem der Streckung zu bringen, und wenn die Längsaxe des Oberschenkels mit der des Rumpfs ungefähr einen rechten Winkel bildet, so steht auch das Kniegelenk beinahe in rechtwinkliger Beugung, und die grössten Kraftanstrengungen vermögen nicht das Kniegelenk auch nur annähernd in das Extrem der Streckung zu bringen. Der Mechanismus, auf welchem diese Erscheinungen beruhen, ergibt sich einfach aus Fig. 12. Die Längsaxe des Rumpfs (R), des Oberschenkels (F) und des Unterschenkels (C) befinden sich in einer Linie, und die Länge der vom Tuber ischii (T) entspringenden Beugemuskeln des Unterschenkels ist durch die unterbrochene Linie (B) angedeutet. Bewegt sich nun F in der Richtung des Pfeils und bildet mit R einen nach vorn offenen stumpfen Winkel, so muss bei fast constanter Länge von B, d. h. bei geringer Extensibilität der Beugemuskeln des Unterschenkels, C mit F einen nach hinten offenen stumpfen Winkel bilden, d. h. das Kniegelenk eine Beugebewegung machen. Die oben beschriebenen Versuche bestätigen diesen einfachen Mechanismus, dessen mathematische Nothwendigkeit sich aus der schematischen Zeichnung er-

gibt. Im ganzen bleibt demnach das Längenverhältniss der Beuge- und Streckmuskeln des Kniegelenks während des Lebens so erhalten, wie es schon bei Neugeborenen besteht, und als Ursache hierfür lässt sich der Umstand anführen, dass bei den Bewegungen des Gehens sich stets die Beugebewegung des Hüftgelenks mit der des Kniegelenks combinirt, dass eine Beugebewegung des ersteren und gleichzeitige Streckung des letzteren Gelenks nicht zu den gewöhnlichen Bewegungen gehört, und also jede Bedingung für eine relativ bedeutendere Längenentwicklung der Beugemuskeln des Unterschenkels fehlt.

Für die Mechanik des Gehens hat die Anordnung der Längenverhältnisse der verschiedenen Muskelgruppen an der unteren Extremität eine gewisse Bedeutung, welche bisher nicht gehörig beachtet worden ist. Wenn man die Phasen eines Schritts genauer verfolgt und die Combination der verschiedenen Bewegungen beachtet, so kommt man zu einigen nicht uninteressanten Resultaten. Fig. 12. stellt die erste Phase eines Schritts vor, welche damit beginnt, dass die Spitze des in Plantarflexion befindlichen Fusses den Fussboden verlässt, und der Oberschenkel in der Hüftpfanne die Pendelbewegung beginnt. Diese Pendelbewegung ist eine Beugebewegung des Hüftgelenks, und während diese Bewegung ausgeführt wird, muss gleichzeitig auch eine Beugung im Knie ausgeführt werden, damit das untere Ende der pendelnden Extremität nicht auf dem Boden anstosse. Die Beugung des Hüftgelenks ist freilich nicht bedeutend genug, um durch den oben beschriebenen Mechanismus eine passive Beugung des Kniegelenks zu bewirken, aber durch die Beugung des Hüftgelenks werden die Beugemuskeln des Unterschenkels in eine passive Spannung versetzt, welche die active Contraction der Muskeln in Betreff ihrer Leistung bedeutend erleichtert. Man denke sich, dass bei gestrecktem Hüftgelenk eine gleich grosse Beugung des Kniegelenks bei dem Gehen ausgeführt werden müsste; die Contraction der Beugemuskeln müsste dann zuerst die erschlafften, gefalteten Muskeln geradlinig machen, ehe die Einwirkung auf das Kniegelenk beginnen könnte, und die für den ersteren Zweck nothwendige Muskularbeit wird durch die gleichzeitige Beugung des Hüftgelenks erspart. Während das Kniegelenk

gebeugt wird, geht der Fuss in dem Sprunggelenk aus dem Extrem der Plantarflexion in einen leichten Grad von Dorsalflexion über, damit die Ferse bei dem Aufsetzen des Fusses zuerst den Boden berührt. Diese Bewegung des Fusses kann natürlich um so leichter ausgeführt werden, weil durch die Beugung des Kniegelenks die Gastrocnemii erschlafft sind, während dieselben Muskeln bei gestrecktem Knie, den in der Richtung der Dorsalflexion wirkenden Kräften einen energischen Widerstand leisten können. In Fig. 13. ist die zweite Phase des Schritts schematisch dargestellt. Im Beginn dieser Phase sind Knie- und Hüftgelenk gebeugt, der Fuss steht in Dorsalflexion und es werden gleichzeitig die Streckung des Hüft- und Kniegelenks und die Plantarflexion des Fusses ausgeführt, welcher successive mit allen zwischen der Ferse und der Fussspitze gelegenen Theilen mit dem Boden in Berührung kommt. Die Streckung des Hüftgelenks wird wesentlich durch die gleichzeitige Streckung des Kniegelenks erleichtert, indem durch diese Bewegung die von dem Tuber ischii entspringenden Beugemuskeln des Unterschenkels gespannt werden, welche bei gebeugtem Knie durch ihre Erschlaffung zu einer streckenden Wirkung auf das Hüftgelenk unfähig sein würden. Die Streckung des Kniegelenks begünstigt aber auch die Wirkung der Gastrocnemii, welche gemeinschaftlich mit den übrigen Wadenmuskeln trotz des Widerstands des Körpergewichts die Plantarflexion im Sprunggelenk ausführen müssen; auch hier kommt es nicht zu einer eigentlichen passiven Plantarflexion durch die oben beschriebene Wirkung der Gastrocnemii, aber diese Muskeln werden passiv in eine Spannung versetzt, welche einen Theil der unter anderen Umständen nothwendigen Muskelarbeit überflüssig macht. Bei gebeugtem Knie würden sich die Fasern der Gastrocnemii durch ihre Contraction, bevor dieselbe ziehend an dem unteren Insertionspunkt wirken kann, um soviel verkürzen müssen, als die beiden Insertionspunkte dieser Muskeln durch die Beugung des Kniegelenks einander genähert worden sind. Aus dem Gesagten geht hervor, dass die Längenverhältnisse der Muskelgruppen an der unteren Extremität in nicht unwichtigen Beziehungen zu der Mechanik des Gehens stehen. Die besprochenen Verhältnisse sind aber auch für die chirurgische Pathologie und

Orthopädie von Interesse. Dass z. B. neben einer Beugecontractur des Hüftgelenks eine Beugecontractur des Kniegelenks vorkommen kann, welche auf der passiven Wirkung der Beugemuskeln des Unterschenkels beruht, wird gewiss nicht bezweifelt werden können. Ebenso wird nicht erst noch bewiesen werden müssen, dass bei der orthopädischen Behandlung der Fusswurzelcontracturen die Beugung des Kniegelenks ein zwar nicht sehr energisches, aber gewiss auch weniger als die Tenotomie der Achillessehne eingreifendes Mittel zur Erschlaffung eines Theils der Wadenmuskeln ist. Ähnliche für die Praxis wichtige Consequenzen meiner Untersuchungen würden sich noch in grösserer Anzahl hier anreihen lassen, wenn dieses mich nicht von meiner eigentlichen Aufgabe zu weit entfernen würde.

An der oberen Extremität sind zuweilen bei Neugeborenen, und zwar besonders bei nicht ganz ausgetragenen Früchten eigenthümliche Längenverhältnisse der Muskelgruppen zu beobachten. Zuweilen gelingt es nicht, das Ellenbogengelenk in vollständige Streckung zu bringen, und durch die Durchschneidung der Beugemuskeln am Oberarm wird die Hemmung sofort beseitigt. Der Vorderarm steht in Pronation, und die Kürze der Pronatoren macht die Ausführung der Supination in dem Grade, wie dieselbe in späteren Perioden gelingt, unmöglich. Die Hand steht in Palmarflexion, und die Dorsalflexion kann häufig nur in beschränktem Maasse ausgeführt werden; bei forcirter Dorsalflexion werden passiv durch die langen Flexoren die Finger gebeugt, so dass man, wenn man den eigenen Finger in die Palma legt, deutlich empfindet, dass die Finger der Leiche um den eigenen Finger sich zusammenkrallen. Die relative Kürze der verschiedenen Muskelgruppen, welche sich auf diesem Wege nachweisen lässt, wird natürlich durch die im Leben ausgeführten Bewegungen ziemlich ausgeglichen, und bei Erwachsenen ist die Hemmung der Bewegungen durch die Muskeln auf diesem einfachen Wege nicht mehr nachzuweisen. Dennoch wird man sich wohl die Frage stellen müssen, ob nicht auch bei Erwachsenen die Muskeln an einzelnen Gelenken die Bewegungen hemmen, und ob es nicht möglich wäre, diese Hemmungen in ähnlicher Weise nachzuweisen, wie mir dieses für

die Dorsalflexion des Sprunggelenks gelungen ist. Wenn man z. B. behauptet, dass der vordere Theil der Kapsel des Hüftgelenks durch seine Spannung die Streckung hemmt, so wäre doch zu untersuchen, ob die Kapsel in dieser Function nicht sehr wesentlich durch den *M. ileo-psoas* unterstützt würde. Wir sehen unter dem Einfluss der Bewegungen der Gelenke die Formen der Knochen sich umgestalten, welche durch dieselben in Berührung kommen, und deshalb wird es gewiss nicht wahrscheinlicher, dass Bänder ähnlichen Einflüssen einen besseren Widerstand zu leisten vermögen. Aber auch an den Stellen, an welchen der Contact der Knochenflächen die Bewegung hemmt, könnten die Muskeln an der hemmenden Function Antheil haben, um den fortschreitenden Druckschwund der hemmenden Flächen zu verhindern. Gewiss verdienen diese Fragen eine genauere Untersuchung.

Marburg, im Januar 1863.

Erklärung der Abbildungen.

- Fig. 1. Ulna und Radius eines Neugeborenen, in der Ansicht von vorn. *ki* bezeichnet die Linie der Kapselinsertion am Radiusköpfchen.
- Fig. 2. Die untere Gelenkfläche des Radius eines Erwachsenen.
- Fig. 3. Sagittaler Durchschnitt durch die Mitte der Trochlea und das untere Ende des Humerus eines Erwachsenen.
- Fig. 4. Derselbe Durchschnitt von einem Neugeborenen. *ki* bezeichnet die Durchschnittspunkte der Kapselinsertion.
- Fig. 5. Profilsicht des oberen Endes der Ulna eines Erwachsenen.
- Fig. 6. Dieselbe Ansicht von einem Neugeborenen.
- Fig. 7 u. 8. Schematische Zeichnungen von Durchschnitten des unteren Humerusendes (*H*), um das Verhältniss des horizontalen Durchschnitts durch die Mitte der Ulnargelenkfläche (*O*) zu den verschiedenen Abschnitten der Trochlea zu zeigen.
- Fig. 9. Das obere Ende des Radius und der Ulna eines Erwachsenen in der Ansicht von vorn. Der Radius ist in halber Supination, um den mit Knorpel überzogenen, dem *Sinus lunatus ulnae* entsprechenden Theil der Seitenfläche des Radiusköpfchens zu zeigen.
- Fig. 10. Frontaler Durchschnitt durch das untere Humerusende eines 16jährigen Individuums. *Ei* bezeichnet den *Epicondylus int.*, *Ee* den *Epicondylus ext.*
- Fig. 11. Frontaler Durchschnitt durch das obere Humerusende eines 16jährigen Individuums. *Ki* bezeichnet den Durchschnittspunkt der Kapselinsertion.
- Fig. 12. Schematische Darstellung der ersten Phase des Schritts.
- Fig. 13. Schematische Darstellung der zweiten Phase des Schritts.

