

XXII.

Ueber Knochenerweichung durch Atrophie.

(Aus der Berliner Universitäts-Kinderklinik.)

Von Dr. Wilhelm Stoeltzner.

(Hierzu Taf. XV.)

Im Jahre 1888 veröffentlichte Wichmann¹⁾ eine Reihe von Fällen, in denen bei Kindern, deren eines Bein wegen *Fractura femoris vertical extendirt* war, in der suspendirten Extremität sich eine acute Knochenerweichung entwickelt hatte. Auffallend war, dass die Affection nur bei Rachitischen, bei diesen aber constant eintrat. Wichmann erhielt den Eindruck, dass es sich um eine *locale Steigerung des rachitischen Prozesses* handele. Beweisen konnte er diese Vermuthung nicht, da er keine Gelegenheit hatte, anatomisch zu untersuchen. Auch von anderer Seite sind meines Wissens bisher derartige Untersuchungen nicht bekannt geworden.

Im Laufe des Sommersemesters 1894 wurden in der Berliner Universitäts-Kinderklinik zwei Fälle beobachtet, die sich in Allem den von Wichmann beschriebenen anreihen lassen; beide Kinder starben. Durch das Entgegenkommen des Herrn Geheimrath Heubner war es mir möglich, den einen Fall zu anatomischen Untersuchungen zu verwerthen.

Das Kind, von dem meine Präparate stammen, war ein Knabe, der das erste Lebensjahr vor Kurzem überschritten hatte. Etwa 14 Tage vor der Aufnahme in das Haus brach er den linken Oberschenkel. Am Tage der Aufnahme, den 4. Juli 1894, wird eine mässige Callusentwickelung constatirt; das Bein wird *vertical extendirt*. Am 23. Juli Abnahme des Extensionsverbandes,

¹⁾ Wichmann, Schädliche Wirkung der senkrechten Extension in der Behandlung von Oberschenkelbrüchen rachitischer Kinder. Jahrb. f. Kinderheilk. Bd. 27. 1888.

Fig. 1.

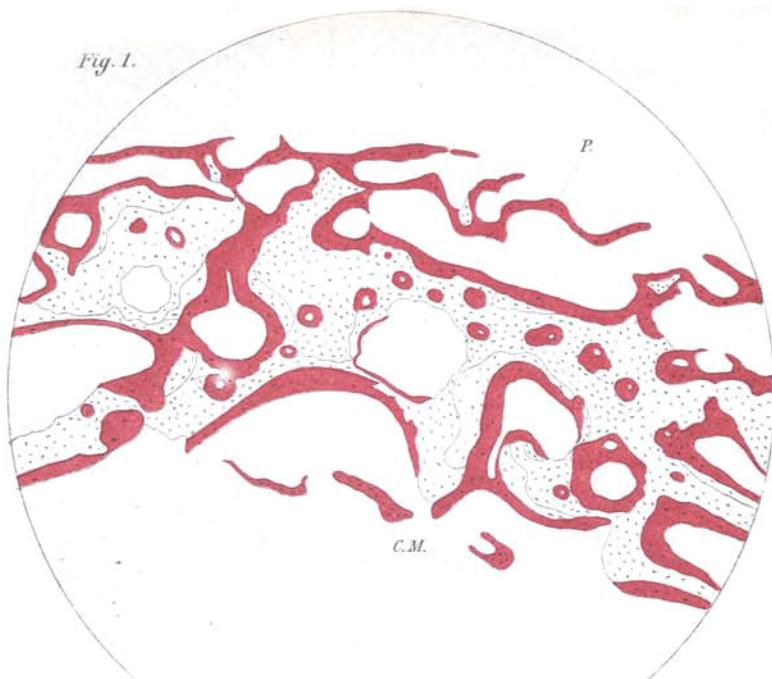


Fig. 2.



am 26. Juli Anlegen eines Schienenverbandes, am 30. Juli Exitus lethalis. Am folgenden Tage Section.

Makroskopisch bestand der auffälligste Unterschied in der sehr bedeutenden Consistenzverminderung, welche die Knochen des linken Beins zeigten gegenüber denen des rechten. Behufs histologischer Untersuchung wurden mir zur Verfügung gestellt der linke Oberschenkel, die linke Tibia, die linke Fibula, die rechte Tibia und die rechte Fibula.

Die Knochen lagen 3½ Monate in Müller'scher Flüssigkeit, die häufig gewechselt wurde. Weitere Entkalkung wurde nicht vorgenommen. Als Einbettungssubstanz wählte ich das Celloidin. Ich färbte die Präparate zunächst 6 bis 24 Stunden in einer dünnen Lösung von neutralem carminsaurem Ammoniak, darauf 5 Minuten in Vesuvian.

Bei dieser Doppelfärbung erscheinen die kalklose Knochensubstanz und die Bindegewebsfasern roth, die Knorpelgrundsubstanz gelb, die Kerne dunkelbraun. Auch das Celloidin nimmt vielfach einen leicht gelblichen Ton an; doch beeinträchtigt dieser Umstand die Uebersichtlichkeit der Präparate in keiner Weise. Die kalkhaltige Knochensubstanz ist grösstenteils ungefärbt, theilweise ganz schwach grünlich durch die Müller'sche Flüssigkeit; in denjenigen Präparaten, die 24 Stunden in Carmin gelegen haben, schwach röthlich; der Unterschied zwischen kalkhaltiger und kalkloser Substanz ist überall äusserst eclatant.

Ich fertigte Präparate an von folgenden Stellen:

1. Rechte Tibia: Quer- und Längsschnitte von der Mitte der Diaphyse, von der oberen und unteren Epiphysengrenze.
2. Rechte Fibula: Quer- und Längsschnitte von der Mitte der Diaphyse.
3. Linke Tibia: Quer- und Längsschnitte von der Mitte der Diaphyse, von der oberen und unteren Epiphysengrenze; ferner Querschnitte von der Diaphyse, nahe der oberen und nahe der unteren Epiphyse.
4. Linke Fibula: Quer- und Längsschnitte von der Mitte der Diaphyse; ferner Querschnitte von der Diaphyse, nahe der oberen und unteren Epiphyse.
5. Linker Oberschenkel: Längsschnitte von der oberen und unteren Epiphysengrenze; ferner Quer- und Längsschnitte aus

dem oberen, dem mittleren und dem unteren Drittel des Callus; ferner Querschnitte von der Diaphyse, nahe der oberen und der unteren Epiphyse.

Ich gehe jetzt über zur Beschreibung der erhaltenen Befunde.

Kalkhaltige Substanz.

Sie ist in allen Präparaten an weitaus den meisten Stellen deutlich lamellös gebaut. Die Zahl der Kittlinien ist in den einzelnen Präparaten verschieden; am reichlichsten sind sie beiderseits in der Mitte der Diaphysen vorhanden, weniger zahlreich an den Enden der Diaphysen, am spärlichsten in der unmittelbaren Nähe der Epiphysengrenzen, wo sie in manchen Präparaten ganz fehlen.

Auch die Havers'schen Kanäle finden sich beiderseits in unmittelbarer Nähe der Epiphysengrenzen bei weitem spärlicher als in den übrigen Abschnitten der Diaphysen. Ihre absolute Zahl ist, ebenso wie die absolute Zahl der Kittlinien, in den Knochen der linken Seite geringer als in den Knochen der rechten Seite. Ich werde auf diese Verminderung der Kittlinien und Havers'schen Kanäle nicht mehr zurückkommen, da sie sich weiter unten als selbstverständliche Begleiterscheinung der übrigen Differenzen zwischen den Knochen der beiden Extremitäten herausstellen wird. Was die Weite der Havers'schen Kanäle betrifft, so haben diese in den Präparaten von den Knochen der rechten Seite grösstentheils enge Lumina; in den Präparaten von den Knochen der linken Seite theilweise weitere; doch finden sich auch hier nicht wenige Havers'sche Kanäle mit engem Lumen. Jedenfalls aber haben die Kanäle durchschnittlich links etwas weitere Lumina als rechts.

Ein sehr grosser, durchgehender Unterschied besteht darin, dass die kalkhaltige Substanz in den Präparaten von der rechten Seite nur auf kleine Strecken hin, in den Präparaten von der linken Seite dagegen in sehr grosser Ausdehnung lacunär arrodirt freiliegt. Die Lacunen sind beiderseits mit Zellen belegt in einfacher oder mehrfacher Schicht. Grossentheils gleichen diese Zellen den Markzellen vollkommen, theilweise sind sie etwas grösser, theilweise deutlich spindelförmig. Mehrkernige Zellen sind an keiner Stelle aufzufinden.

Die Knochenkörperchen der kalkhaltigen Substanz haben in den Knochen beider Extremitäten im Allgemeinen sehr zierliche Form; an den wenigen Stellen, an denen die kalkhaltige Substanz nicht deutlich lamellös gebaut ist, sind sie plumper, zahlreicher und stehen in Gruppen.

Kalklose Substanz.

Sie ist überall da, wo sie die kalkhaltige Substanz in einigermaassen dicker Schicht bekleidet, deutlich lamellös gebaut. Dagegen zeigen beiderseits die periostalen Auflagerungen, sowie die grösste Zahl der kalklosen Balken der Spongiosa keine deutlich lamellöse Struktur. An einigen wenigen Stellen ist die kalklose Substanz lacunär arrodiert, besonders linkerseits; an den meisten Stellen wird die Begrenzung gegen das Mark- und Cambiumgewebe durch eine gerade Linie dargestellt.

In den Präparaten von der rechten Seite ist die centrale Markhöhle, ebenso wie die kleineren in der Knochenrinde gelegenen Markräume und die Havers'schen Kanäle zum weitaus überwiegenden Theil von Schichten kalklosen Knochengewebes in beträchtlicher Dicke ausdehnung ausgekleidet. In den Präparaten von der linken Seite sind in schroffem Gegensatz dazu dickere Lagen kalkloser Substanz nur an wenigen Stellen auffindbar. Ein grosser Theil der Oberflächen ist hier von ganz dünnen Säumen kalkloser Substanz bedeckt, auf weite Strecken hin liegt die kalkhaltige Substanz nackt zu Tage.

Die Oberflächen der kalklosen Substanz sind beiderseits bedeckt von Zellen, die sich unmittelbar fortsetzen in diejenigen Zellreihen, die den Lacunen der kalkhaltigen Substanz anliegen. Morphologisch zeigen die Osteoblasten kein einheitliches Verhalten. Viele sind in nichts von den Markzellen verschieden, andere sind etwas grösser, noch andere zeigen deutliche Spindelform. Die Knochenkörperchen sind beiderseits in den lamellösen Partien spärlich und klein, in den periostalen Auflagerungen, sowie in der Mehrzahl der kalklosen Balken der Spongiosa grösser und bedeutend zahlreicher.

Grenzen.

Die Begrenzung der kalklosen Substanz gegen die kalkhaltige ist an vielen Stellen lacunär, besonders beiderseits in der Nähe

der Knorpelknochengrenzen. An allen Stellen, an denen die Begrenzung nicht lacunär ist, scheint sie bei schwacher Vergrösserung geradlinig zu sein; bei etwas stärkerer Vergrösserung dagegen zeigt sich, dass hier jedesmal eine schmale körnig-krümelige Zone den Uebergang bildet zwischen der vollständig verkalkten und der vollständig kalklosen Substanz. Es ist hervorzuheben, dass in den Präparaten von der linken Seite sich die lacunäre Form der Begrenzung mit auffallender Regelmässigkeit an denjenigen Stellen auch der Diaphysenmitten findet, an denen die kalklose Substanz nur in sehr dünner Schicht die kalkhaltige Substanz bedeckt.

Mengenverhältniss.

Wenn die periostalen Auflagerungen unberücksichtigt bleiben, so ergiebt sich zwischen den Knochen beider Extremitäten ein durchgreifender Unterschied. In den Präparaten von der rechten Seite fällt auf den ersten Blick als pathologische Erscheinung die mächtige Entwicklung der kalklosen Substanz auf; wenngleich an absoluter Menge auch hier die kalkhaltige Substanz noch überwiegt. In den Knochen des linken Beins dagegen tritt durchgehends die kalklose Substanz an Menge so sehr zurück hinter die kalkhaltige, dass man, ohne die anatomischen Verhältnisse der anderen Extremität zu kennen, aus manchen Präparaten von den Diaphysen der linken Seite eine Rachitis höheren Grades nicht diagnosticiren würde.

Durchbohrende Kanäle.

Ihre Zahl ist in den einzelnen Abschnitten der Knochen sehr verschieden; sie fehlen constant in der Nähe der Epiphysengrenzen. Es gelang nicht, in Bezug auf die durchbohrenden Kanäle zwischen den beiden Extremitäten durchgehende Unterschiede aufzufinden.

Mark.

Beiderseits ist das Mark der centralen Markhöhlen ausserordentlich reich an Zellen und enthält ziemlich zahlreiche Gefässer meist engen Calibers. Eine Reihe von Markräumen theilt beiderseits die Knochenrinde annäherungsweise in 2 Platten, deren Continuität, besonders in den Knochen der linken Seite, an einzelnen Stellen unterbrochen ist; andererseits stehen die

beiden Platten, besonders in den Knochen der rechten Seite, vielfach durch Knochenspangen in Verbindung. Das Mark dieser in der Knochenrinde gelegenen Markräume ist an Zellen erheblich ärmer, als das der centralen Markhöhlen; die Gefäße dagegen zeigen vielfach ein weiteres Lumen.

Das Gleiche wie von den in der Knochenrinde gelegenen Markräumen gilt von den Markräumen der Spongiosa. In den letzteren sind die Zellen deutlich spindelförmig und laufen an beiden Enden in je einen langen Fortsatz aus, wodurch das Mark ein fasriges Aussehen erhält. Im Mark der Spongiosa sieht man, um so reichlicher, je weiter man sich von der Längsaxe des Knochens entfernt, wellig verlaufende, mit Carmin gefärbte Faserbündel, welche 2 Stellen kalkloser Knochensubstanz verbinden und unmittelbar in die kalklose Knochensubstanz übergehen. Vielfach, jedoch keineswegs immer, bilden diese carmingefärbten Bündel Septa zwischen je 2 weiten Capillaren.

Periost.

Die Dicke der Cambiumschicht ist sehr verschieden; links ist sie durchweg bedeutender als rechts. Periostale Auflagerungen fehlen in wenigen Präparaten, doch ist ihre Entwicklung sehr ungleich. Links sind sie stärker ausgebildet als rechts. An Stellen, an denen sie rechts fehlen, sind sie vielfach links wenigstens angedeutet. Die Auflagerungen bestehen ganz vorwiegend aus kalklosem Knochengewebe; nur die der übrigen Knochensubstanz nächsten Bälkchen enthalten vereinzelte kalkhaltige Einsprengungen.

Die Räume zwischen den einzelnen periostalen Auflagerungen, sowie zwischen diesen und der übrigen Knochensubstanz sind erfüllt zum kleineren Theil von Cambiumgewebe, zum grösseren Theil von ziemlich zellarmem Markgewebe. In reichlicher Menge sieht man carmingefärbte Faserbündel, die sich unmittelbar fortsetzen in kalklose Knochensubstanz. Stellenweise zeigen die Auflagerungen selbst deutlich fasrige Struktur.

In manchen Präparaten, besonders vom linken Oberschenkel und der linken Tibia, sind in der centralen Markhöhle einzelne Bälkchen kalkloser Substanz gelegen, die der Knochenrinde anähernd parallel laufen und ganz den periostalen Auflagerungen gleichen.

Die Gefässes des Periosts sind an keiner Stelle auffallend zahlreich, im Gegentheil vielfach äusserst spärlich, auch in den Präparaten von der rechten Seite.

Knorpelknochengrenze.

Bezüglich der anatomischen Verhältnisse an den Knorpelknochengrenzen ergibt sich zwischen den beiden Extremitäten keine Differenz. An allen Knochen ist die Verbreiterung der Knorpelwucherungsschicht sehr augenfällig. Verkalkt sind nur ganz minimale Partien des Knorpels. An vielen Stellen schieben sich die Markräume weit in die Wucherungsschicht hinein vor. Die Spongiosa zerfällt in eine engmaschige und eine weitmaschige Zone. Letztere grenzt an die centrale Markhöhle.

Der Knorpel zeigt gegen die angewandten Farbstoffe ein wechselndes Verhalten. Der grösste Theil des Epiphysenknorpels ist durch Vesuvin gelb gefärbt. Gegen die Knorpelknochengrenze hin wird die Gelbfärbung an sehr vielen Stellen schwächer. Diejenige Schicht, welche unmittelbar an die engmaschige Spongiosa grenzt, ist grösstentheils gänzlich ungefärbt. In diesem ungefärbten Knorpel tritt nun gegen die engmaschige Spongiosa hin Carminfärbung auf. Zunächst sind rothgefärbt die Knorpelkapseln und die Knorpelzellen, während die Intercellularsubstanz weiss erscheint. Weiter nach der engmaschigen Spongiosa zu wird die Carminfärbung intensiver; hier ist die Intercellularsubstanz ebenfalls roth gefärbt.

Die Bälkchen der engmaschigen Spongiosa bestehen grossenteils aus solchem carmingefärbten Knorpel. Oft ist die Anordnung deutlich derartig, dass um einen Kern von carmingefärbtem Knorpel eine Schicht kalklosen Knochengewebes herumliegt. Andere Bälkchen bestehen im Centrum aus ungefärbtem, in der Peripherie aus carmingefärbtem Knorpel; auch diese sind stellenweise von kalkloser Knochensubstanz bekleidet. Noch andere Bälkchen bestehen aus vesuvingefärbtem Knorpel, wieder andere theils aus vesuvingefärbtem, theils aus carmingefärbtem Knorpel; dazwischen liegt meist eine schmälere oder breitere Zone ungefärbten Knorpels. Auch diese Bälkchen können stellenweise von kalkloser Knochensubstanz bekleidet sein. Bei aller Mannichfaltigkeit ist doch die Anordnung eine gesetzmässige; es ergiebt

sich vom Centrum nach der Peripherie der Bälkchen die Reihenfolge: vesuvingefärbter, ungefärbter, carmingefärbter Knorpel, kalklose Knochensubstanz. Gegen die weitmaschige Spongiosa hin verschwindet der carmingefärbte Knorpel allmählich; statt dessen tritt im Centrum der Knochenbalken verkalkte Substanz auf.

Sehr übersichtliche Bilder liefert die Carmin-Vesuvin-Doppelfärbung von den im Epiphysenknorpel sich findenden Hohlräumen. Diese Hohlräume sind von einem lockerfasrigen Gewebe erfüllt; die Fasern zeigen Carminfärbung und setzen sich vielfach direct in diejenige Schicht des umgebenden Knorpels fort, welche unmittelbar an das fasrige Gewebe angrenzt. Diese Schicht ist ebenfalls vom Carmin gefärbt; die Carminfärbung geht ganz allmählich in die Vesuvinfärbung über. Es ist also offenbar, dass das lockerfasrige Gewebe entstanden ist durch Umwandlung von Knorpelgewebe. Das Fasergewebe enthält zahlreiche Zellen, welche regellos durch einander liegen, ferner einige Capillarschlingen. Ueber die Herkunft der letzteren geben die Präparate keinen Aufschluss.

Es ergiebt sich also, dass in der Gegend der Epiphysengrenzen die Knochen beider Extremitäten die gleichen anatomischen Verhältnisse darbieten. Auch zahlreiche, mit dem Mikrometer vorgenommene Messungen, welche sich besonders auf die Höhe der Knorpelwucherungsschicht erstreckten, ergaben keine Differenz.

Aus den Präparaten von den Diaphysen dagegen geht hervor, dass links die Havers'schen Kanäle durchschnittlich weitere Lumina zeigen als rechts, dass links die kalkhaltige Substanz in bei weitem grösserer Ausdehnung lacunär arrodirt freiliegt, dass links die kalklose Substanz ganz wesentlich dünnere Lagen bildet, sowie schliesslich, dass links die Cambiumschicht des Periosts breiter ist und reichlichere Auflagerungen enthält. Die mikrometrischen Messungen ergeben ausserdem, dass auch die Dicke der kalkhaltigen Substanz links erheblich geringer ist, und ferner, dass die Weite der in der Knochenrinde gelegenen Markräume links bedeutender ist als rechts. So ist in beiden Tibien das Verhältniss der kalkhaltigen Substanz rechts zu links

2,0 : 1,1; das der kalklosen 0,6 : 0,15. Die Weite der in der Knochenrinde gelegenen Markräume verhält sich rechts zu links wie 2,0 : 2,4; die Dicke der Cambiumschicht wie 1,2 : 2,1.

Die anatomische Veränderung, welche der in rachitischen Knochen durch verticale Suspension entstehenden Knochenerweichung zu Grunde liegt, erweist sich also als eine Einschmelzung des Knochengewebes vom Periost, den Markräumen und den Havers'schen Kanälen aus. An die Stelle der Knochensubstanz ist theils Markgewebe, theils Cambium getreten. In welcher Weise der Ersatz des Knochengewebes durch Mark- und Cambiumgewebe des Näheren erfolgt, darüber geben meine Präparate keinen Aufschluss; auch ist diese Frage der allgemeinen Anatomie hier nicht zu erörtern.

Auch im normalen Knochen, zumal im wachsenden, findet beständig theilweise Einschmelzung von Knochengewebe statt; doch wird hier der Verlust gedeckt durch Knochenapposition an anderen Stellen. Es fragt sich nun, ob die in den suspendirten Extremität eingetretene Knochenveränderung auf verminderde Apposition, oder auf vermehrte Resorption zurückzuführen ist, oder ob beide Momente mitgespielt haben.

Es ist ohne Weiteres klar, dass in den suspendirten Knochen weniger neoplastische Substanz apponirt worden ist. Ja es ist mir wahrscheinlich, dass die Apposition, so lange die Extremität suspendirt war, nahezu ganz geruht hat.

Denn was die schmalen kalklosen Anlagerungen, sowie die starke Entwicklung der periostalen Auflagerungen in den Präparaten von der linken Seite anbelangt, so vermuthe ich, dass erstere grossentheils, letztere wenigstens zum kleineren Theile sich nach Abnahme des Extensionsverbandes in den letzten 7 Tagen des Lebens gebildet haben. Die Begründung dieser Vermuthung finde ich in dem Umstände, dass die Dicke der kalkhaltigen Substanz links geringer ist als rechts, auch an denjenigen Stellen, an denen sich Säume kalkloser Substanz finden. Daraus scheint mir hervorzugehen, dass auch die kalkhaltige Substanz in erheblichem Grade durch Resorption eingeschmolzen worden ist, und dass die schmalen kalklosen Anlagerungen sich nachträglich, vermutlich nach Abnahme des Extensionsverbandes, gebildet haben. Dafür spricht ferner der Umstand, dass die

schmalen kalklosen Anlagerungen an auffallend vielen Stellen scharf lacunär gegen die kalkhaltige Substanz abgegrenzt sind.

Schwieriger zu beantworten ist die Frage, ob man berechtigt ist, auch eine Steigerung der Resorption anzunehmen. Man fühlt sich sehr dazu versucht, wenn man sieht, auf wie weite Strecken die kalkhaltige Substanz lacunär arrodirt frei liegt. Doch ist zu bedenken, dass Stellen, an denen Resorption stattgefunden hat, dagegen neoplastische Substanz noch nicht wieder apponiert ist, leicht den Eindruck noch fortschreitender Resorption machen können. Es könnte also durch Ausbleiben oder erhebliche Verminderung der Apposition eine gesteigerte Resorptionsfähigkeit vorgetäuscht werden.

Vielelleicht ist es aber auf anderem Wege möglich, wenigstens zu einem Wahrscheinlichkeitsschluss zu gelangen. Sollten nehmlich die schmalen kalklosen Anlagerungen in den Knochen der suspendirt gewesenen Extremität sich wirklich erst in den letzten 7 Tagen des Lebens gebildet haben, so könnte man daraus eben schliessen, dass zur Bildung einer Schicht neoplastischen Gewebes von der betreffenden Dicke etwa 7 Tage nothwendig sind. Für eine Zeit von wenigen Wochen kann man auch im wachsenden Knochen annehmen, dass Apposition und Resorption sich das Gleichgewicht halten. Es würden also auch zur Resorption einer gleich dicken Knochenschicht etwa 7 Tage gehören. Die Extremität war nicht ganz 3 Wochen suspendirt. Die Einschmelzung an den Knochen der linken Seite beträgt nun aber nicht das Dreifache, sondern das Neunfache der Dicke, die jene schmalen kalklosen Anlagerungen aufweisen. Unter diesen Umständen ist es mir in der That sehr wahrscheinlich, dass in den Knochen der linken Extremität während der Zeit der verticalen Suspension die Resorption eine gesteigerte gewesen ist.

Eine weitere Erwägung dürfte geeignet sein, diese Vermuthung als noch berechtigter erscheinen zu lassen. Im wachsenden Knochen erreicht die Resorption an der periostalen Oberfläche normaler Weise keine nennenswerthe Ausdehnung. In den Präparaten von den suspendirt gewesenen Knochen ist aber gerade die Verbreiterung der Cambiumschicht sehr beträchtlich. Die Resorptionstähigkeit, welche hier das Periost entfaltet hat,

übersteigt bei Weitem das gewöhnliche Maass und rechtfertigt die Annahme einer pathologischen Steigerung.

Es würden demnach Verminderung der Apposition und Steigerung der Resorption concurriren, um das Knochengewebe zu Gunsten des Marks und des Cambiums einzuschmelzen.

Will man der beschriebenen Veränderung in einer Klasse bekannter Knochenaffectionen eine Stelle anweisen, so kann man sie wohl am besten zu den concentrischen Knochenatrophien rechnen; sie ist verbunden mit Osteoporose.

Trotz der Entwicklung erheblicher Atrophie in den Knochen der suspendirt gewesenen Extremität ist die Fractur glatt geheilt. In dem von mir untersuchten Fall wurde allerdings schon am Tage der Aufnahme ein Callus constatirt. Doch geht aus den Erfahrungen Wichmann's hervor, dass in keinem Fall die Callusbildung durch die acute Knochenerweichung merklich beeinträchtigt wird. Diese Thatsache darf nicht Wunder nehmen. Gurlt¹⁾ hebt besonders hervor, dass bei allen Arten der Knochenatrophie nicht nur Heilung, sondern in manchen Fällen sogar rasche Heilung der Fracturen zu Stande kommt. Ob der Callus nicht vielleicht im einzelnen Fall unter anderen Umständen umfangreicher geworden wäre, ist natürlich nicht zu entscheiden; jedenfalls reicht aber die Callusproduction in der Mächtigkeit, wie sie in den atrophischen Knochen stattfindet, vollkommen zur Vereinigung der Bruchenden aus. Meine Präparate ergeben Folgendes:

An der Bildung des Balkenwerks, welches den Callus repräsentirt, betheiligen sich ausser der kalklosen Knochensubstanz vesuvingefärbter, ungefärbter und carmingefärbter Knorpel. Vesuvingefärbter Knorpel findet sich sowohl im periostalen, als auch im myelogenen Callus. Er zeichnet sich aus durch die sehr grossen, deutlichen, eng an einander liegenden Knorpelkapseln, die je eine Knorpelzelle enthalten. Ungefärbter Knorpel ist wenig vorhanden, fast nur an der Peripherie von Strängen vesuvingefärbten Knorpels. Carmingefärbter Knorpel ist reichlicher vorhanden. Im Allgemeinen liegt der vesuvingefärbte

¹⁾ Gurlt, Ueber Knochenbrüchigkeit und über Fracturen durch blosse Muskelaktion. Deutsche Klinik. 1857. 25—29.

Knorpel in den Balken am meisten central. Dann folgt der ungefärbte, darauf der carmingefärbte Knorpel, dann die kalklose Knochensubstanz. Das Verhältniss ist hier also ein ganz ähnliches, wie an den Epiphysengrenzen. Die kalklose Knochensubstanz des Callus enthält zahlreiche Knochenkörperchen.

Die Ursachen der bei Rachitischen durch Anwendung der verticalen Extension in der elevirten Extremität entstehenden Knochenerweichung glaube ich an anderer Stelle¹⁾ genügend klargestellt zu haben. Als prädisponirendes Moment ist der rachitische Zustand der Knochen, als Veranlassungsursache die verticale Suspension anzusehen. Letztere wiederum wirkt wahrscheinlich durch die Aenderung der Circulationsverhältnisse. Dass die verticale Suspension die Circulationsverhältnisse in der That wesentlich beeinflusst, ist erwiesen. So giebt König²⁾ an, dass bei Resectionen nach Lösung des Esmarch'schen Schlauches fast gar keine Blutung erfolgt, wenn man die Extremität, nachdem alle sichtbaren Gefässer unterbunden sind, vollkommen senkrecht in die Höhe hält. Und zwar wird sowohl die arterielle als auch die venöse Blutung durch die verticale Suspension beschränkt.

Es wird demnach durch die verticale Suspension in der elevirten Extremität arterielle und venöse Anämie erzeugt. Die arterielle Anämie hat zur Folge, dass dem Mark und dem Cambium weniger Ernährungsmaterial zugeführt wird. Die Apposition, welche als formativer Prozess günstige Ernährungsverhältnisse voraussetzt, unterbleibt; dagegen erfolgt die der Apposition entgegengesetzte Knochenresorption in gesteigertem Maasse.

Eine grosse Stütze gewinnt diese Auffassung durch die Erfahrungen, welche Helperich³⁾ und Schüller⁴⁾ über den Einfluss

¹⁾ Ueber die Anwendbarkeit der verticalen Extension bei der Behandlung von Oberschenkelfracturen rachitischer Kinder. Inaug.-Diss. Berlin 1895.

²⁾ König, Ueber die Vortheile der Verbindung der verticalen Suspension mit dem Esmarch'schen Verfahren zum Zweck der Erzielung blutloser Operation. Centralbl. für Chirurgie. VI. 33. 1879.

³⁾ Helperich, Ueber künstliche Vermehrung der Knochenneubildung. Archiv für klin. Chirurgie. Bd. 36. 1887.

⁴⁾ Schüller, Mittheilung über die künstliche Steigerung des Knochenwachsthumus beim Menschen. Berl. klin. Wochenschr. XXVI. 2, 3. 1889.

von Stauungshyperämie auf das Knochenwachsthum gemacht haben. Helferich hat durch künstliche Erzeugung venöser Stauung mit Hülfe eines nur geringen Druck ausübenden elastischen Schlauches eine Steigerung des Knochenwachsthums, sowohl in die Länge, als auch in die Dicke, erreicht. Schüller wandte dieselbe Methode an, in Verbindung mit Massage, Turnübungen, möglichst kräftiger Ernährung und Seebädern.

Will man durch Constriction Steigerung des Knochenwachsthums erzielen, so darf man den Schlauch nicht zu fest anlegen. Nur die Venen, nicht aber die Arterien sollen comprimirt werden. Uebt der Schlauch gerade den erforderlichen Druck aus, so beeinflusst er die Circulationsverhältnisse in dem distalwärts liegenden Abschnitt der Extremität in ganz bestimmter Richtung. Der venöse Abfluss wird sehr bedeutend erschwert. Die Folge ist venöse Hyperämie, da mit dem Abfluss nicht zugleich der Zufluss behindert ist, vielmehr von den Arterien her das Blut in gewöhnlicher Weise nachdrängt. Da die Venen nicht beliebig dehnbar sind, so wird sehr bald auch der Abfluss des Blutes aus den Arterien in erheblichem Grade erschwert. Der arterielle Zufluss ist unbehindert; die nothwendige Folge ist arterielle Hyperämie.

Nach den Erfahrungen über die Wirkung der verticalen Suspension einerseits, der Constriction andererseits ist man wohl berechtigt, an der Ansicht festzuhalten, dass Anämie zu Steigerung der Knocheneinschmelzung, Hyperämie zu Steigerung der Knochenanbildung führt.

Die Ansicht, dass Anämie zu Knochenatrophie und Osteoporose führt, ist nicht die allein herrschende. Aus früherer Zeit nenne ich als Vertreter der entgegengesetzten Ansicht Meyer¹⁾. Nach ihm ist in letzter Linie jede Osteoporose Folge einer Hyperämie des Periosts, oder des Marks, oder beider zusammen.

In neuerer Zeit hat besonders Kassowitz²⁾ die Hyperämie als die Ursache der Knochenatrophie hingestellt. Er wiederholte

¹⁾ Meyer, Zur Lehre von den Knochenkrankheiten. Henle und Pfeufer's Zeitschr. III. 2. 1853.

²⁾ Kassowitz, Die normale Ossification u. s. w. 1. Theil. Wien 1881.

die Versuche, die Nasse¹⁾) fast 30 Jahre früher angestellt und 1 Jahr vor dem Erscheinen der Arbeit von Kassowitz wiederum eingehend besprochen hatte.

Kassowitz durchschnitt einer grösseren Anzahl von wachsenden Kaninchen den Ischiadicus einer Seite und untersuchte nach 18 bis 80 Tagen die Knochen. Es ergab sich concentrische Atrophie, verbunden mit Osteoporose. Ueber die Ursache sagt Kassowitz: „Es ist also offenbar, dass die erweiterten Gefässe des Periosts einerseits eine theilweise Einschmelzung der oberflächlichen Schichten bewirkt haben, und andererseits die Auflagerung neuer Schichten verzögern und theilweise verhindern.“ „Dasselbe ist, wenn auch nicht in so auffallendem Maasse, auf der Innenfläche des Knochens in der Markhöhle der Fall.“ „Da das schon durchaus fettige Mark im Vergleich zum Periost nur wenig gefässreich ist, so ist die geringere Ausprägung der Resorptionserscheinungen von der Markhöhle aus sehr gut erklärlich.“

Ich kann nicht umhin, zu erklären, dass ich die Deutung, die Kassowitz seinen Befunden giebt, für ganz irrtümlich halte, mir vielmehr die diametral entgegengesetzte Auffassung allein berechtigt zu sein scheint.

Vor Allem ist es keineswegs anerkannt, dass die Nervendurchschneidung zu dauernder Hyperämie der Knochen führt. Nasse hebt in seiner vortrefflichen Arbeit ausdrücklich hervor, dass die Knochenatrophie „nicht der primäre Effekt der Nervendurchschneidung“ ist, sondern erst entsteht, „wenn die Circulation des Blutes in den gelähmten Theilen sich vermindert“. „Die Gewichtsabnahme der Knochen bei längerer Dauer der Lähmung erfolgt dann aus demselben Grunde, wie bei der Unterbindung der Arterie.“ Ferner setzt die Durchschneidung des Ischiadicus einen grossen Theil der Musculatur des Beines ausser Thätigkeit und beeinträchtigt dadurch noch weiter die Ernährung der Extremität. Ferner würde, wenn die Nervendurchschneidung vermittelst Hyperämie zur Knochenatrophie führte, diese Thatsache in krassem Widerspruch stehen zu den eindeutigen Ergebnissen,

¹⁾ Nasse, Ueber den Einfluss der Nervendurchschneidung auf die Ernährung, insbesondere auf die Form und die Zusammensetzung der Knochen. Pflüger's Archiv. Bd. 23. 1880.

zu denen Helferich und Schüller gelangt sind. Endlich ist es denkbar, dass mit der Durchschneidung des Ischiadicus ein trophischer Reiz zum Wegfall kommt, der normaler Weise vom Centralnervensystem her auf die Knochen der Extremität einwirkt.

Ich erkläre mir die Befunde, welche Kassowitz bei seinen Versuchen erhalten hat, in der Weise, dass die Nervendurchschneidung durch die nach einem kurzen Stadium der Hyperämie sich einstellende Verminderung der Circulation, durch die Lähmung zahlreicher Muskeln und vielleicht auch noch durch trophischen Einfluss zu einer Beeinträchtigung der Ernährung der Extremität geführt hat. Die Folge der mangelhaften Ernährung ist Verminderung der Apposition und Steigerung der Resorption.

Kassowitz müsste freilich, wenn er dieser Auffassung sich anschliessen wollte, seine ganze Theorie der Rachitis fallen lassen. Bekanntlich sieht er das Primäre des Prozesses in der aus unbekannter Ursache krankhaft gesteigerten Vascularisation der Knochen, und auf diese führt er auch die Steigerung der Resorption zurück, die nach ihm eine constante Theilerscheinung der rachitischen Knochenveränderung ist. Ich habe in meinen Präparaten die „enorme Hyperämie“ durchaus vermisst. Ich kann daher auch nicht das Primäre des rachitischen Prozesses in der gesteigerten Vascularisation der Knochen erblicken. Ich muss mich vielmehr auf Grund meiner Präparate durchaus an Pommer¹⁾ anschliessen, der in seiner umfangreichen klassischen Arbeit zu dem Schluss gelangt, dass bei der Rachitis in keinem der Gewebe, welche den Knochen constituiren, eine constante anatomische Veränderung gefunden wird, die geeignet wäre, das Kalklosbleiben der neoplastischen Substanz zu erklären.

Die Versuche von Kassowitz können mich also durchaus nicht bestimmen, die Anschauung, dass Anämie zu Knochenatrophie führt, aufzugeben; vielmehr sehe ich in ihnen gerade einen neuen Beweis für die Richtigkeit der von mir acceptirten Auffassung.

Nicht rachitische Knochen erleiden durch eine mässige Atrophie keine wesentliche Einbusse an Festigkeit; ist der Prozess vorgeschritten, so zeigen sie Neigung zu Fracturen. Verfallen dagegen rachitische Knochen der Atrophie, so werden sie in abnormem Grade biegsam.

¹⁾ Gustav Pommer, Untersuchungen über Osteomalacie und Rachitis. Leipzig 1885.

Den Grund hierfür sehe ich in dem Umstande, dass auch in atrophischen rachitischen Knochen noch ein Theil der Knochensubstanz kalklos ist.

Die mitgetheilten histologischen Untersuchungen wurden begonnen im Berliner II. anatomischen Institut. Für die gütige Erlaubniss hierzu spreche ich Herrn Prof. Hertwig auch an dieser Stelle meinen wärmsten Dank aus. Fortgesetzt wurden die Untersuchungen im Laboratorium der Berliner Universitäts-Kinderklinik. Herrn Geh.-Rath Heubner bin ich für die Erlaubniss hierzu, sowie für die Ueberlassung des Materials und das fortdauernd meiner Arbeit entgegengebrachte Interesse zu ganz besonderem Danke verpflichtet.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XV.

- Fig. 1. Rechte Tibia. Mitte der Diaphyse. Querschnitt. C M Centrale Markhöhle. P periostale Auflagerungen.
 Fig. 2. Linke Tibia. Mitte der Diaphyse. Querschnitt. C M Centrale Markhöhle. P periostale Auflagerungen.
-