

Sitzungsberichte
der
mathematisch-physikalischen Classe
der
k. b. Akademie der Wissenschaften
zu München.

1901. Heft I.



München.
Verlag der k. Akademie
1901.

In Commission des G. Franz'schen Verlags (J. Neuber)

Herr J. Rückert berichtet über eine im Anatomischen Institut München von Herrn A. Hasselwander¹⁾ ausgeführte Untersuchung:

Ueber die Ossification des menschlichen Fusseskelets.

(Eingelaufen 2. März.)

Das Untersuchungsmaterial bestand in den Füßen von 277 Föten, Kinderleichen und lebenden Kindern. Sämmtliche Objekte, gleichviel ob lebende oder todte, wurden zuerst mittelst der Röntgenphotographie untersucht. Daran schloss sich für den grösseren Theil des Materials, nämlich die Füße von 188 Föten und Kinderleichen, die anatomische Untersuchung, die theils durch makroskopische und mikroskopische Präparation, theils durch einfache Aufhellung mittelst der von O. Schultze empfohlenen Kaliglycerinbehandlung vorgenommen wurde. Die Kombination des röntgographischen mit dem rein anatomischen Untersuchungsverfahren hat den grossen Vortheil, dass sie Mängel, welche jeder dieser beiden Methoden bei alleiniger Anwendung anhaften, beseitigt.

Die Ergebnisse der Untersuchung sind folgende:

Calcaneus.

In mehr als der Hälfte der Fälle tritt bei $4\frac{1}{2}$ —5-monatlichen Föten eine dünne periostale Knochenscheibe auf, die der

¹⁾ Herr Hasselwander wird später eine ausführliche mit Abbildungen versehene Darstellung seiner Untersuchungen an anderer Stelle publiciren.

hinteren Hälfte des Processus trochlearis aufsitzt. Dazu kommt im 6. Fötalmonat der enchondrale Kern. Vom Ende des 6. Monats sind die beiden Kerne verschmolzen, doch weist die kräftige periostale Schale am fibularen Umfang des späteren Calcaneus-Kernes noch beim Neugeborenen und in den ersten Lebensmonaten auf die geschilderte Entstehung hin.

In der weiteren Entwicklung bilden der Calcaneus und ebenso der Talus sehr frühzeitig, nachdem der centrale Kern das Perichondrium erreicht hat, eine periostale Rinde. Hierdurch stehen diese Knochen in einem Gegensatz zu den übrigen Fusswurzelknochen, die erst nach Jahre langem Wachstum ihren Periostknochenüberzug erhalten.

Talus.

Die Ossification fand sich durchschnittlich im 7. Fötalmonat, ausnahmsweise schon im 6. An einem Teil der Füße tritt die erste Ossification in Gestalt zweier kleiner Knochenkerne auf. Da diese offenbar sehr schnell verschmelzen, ist es möglich, dass die Anlage des Talus aus 2 Kernen ein häufiges Vorkommnis ist, obwohl die beiden Kerne nur ab und zu getrennt angetroffen werden.

Die Ossification im Processus posterior beginnt nicht vor dem 7. Jahr.

Naviculare.

Die Verknöcherung tritt meist mit $3\frac{1}{2}$ Jahren auf, ausnahmsweise schon mit 1 Jahr 8 Monaten, oder fehlte noch mit 4 Jahren. Nicht selten entsteht sie in Form zweier Knochenkerne.

Cuneiforme I.

Die Ossification erscheint gewöhnlich mit 3 Jahren. Ausnahmsweise war sie schon mit 1 Jahr 8 Monaten vorhanden und fehlte noch bei einem 3 Jahre 2 Monate alten Kinde.

Der Knochen legt sich zuweilen aus 2 Kernen an. Diese

liegen über einander, ein Verhalten, welches dem am fertigen Fuss beschriebenen Cuneiforme I. bipartitum entspricht.

Cuneiforme II.

Der Kern erscheint mit 3 Jahren, fast gleichzeitig mit dem Cun. I, wahrscheinlich ein wenig später. Er war stets einheitlich.

Cuneiforme III.

Die Ossification beginnt gewöhnlich im 5—6. postfötalen Monat, ausnahmsweise wurde sie schon im 2. Monat nach der Geburt gefunden und im 7. noch vermisst.

Cuboideum

verknöchert nicht vor dem 9., meist im 10. Fötalmonat. Nur einmal unter 36 Kindern des 1. Lebensjahres fand sich erst im 6. Monat die Vorbereitung zur Ossification. Beim Neugeborenen ist der Kern in etwa 50% der Fälle vorhanden.

Im Cuboideum entsteht zuerst ein rundlicher, zuweilen doppelter Kern, dann ein zweiter lateral gelegener, der den ersten schalenförmig deckt und später mit ihm verschmilzt. Aus der Hakenform des vereinigten Kerns kann man nachträglich noch eine Zeit lang die Entstehung aus 2 Stücken erkennen.

Metatarsus.

Die Ossification der Diaphyse findet von der 9. Woche ab statt, wenigstens für einen Teil der Zehen; von der 10. Woche ab sind die Ossificationspunkte in sämtlichen Zehen vorhanden. Die Reihenfolge des Entstehens ist II. III. IV. V. I., wie schon einige frühere Autoren richtig angegeben haben.

Der Knochenkern der Epiphysen ist durchschnittlich mit 3 Jahren vorhanden, ausnahmsweise schon mit 2 Jahr 4 Monaten. Das älteste Kind, welches ausnahmsweise noch keine Epiphysenkerne besass, zählte 5 Jahre.

An der grossen Zehe, deren Metatarsus bekanntlich im Gegensatz zu dem der übrigen Zehen einen basalen Epiphysenkern

besitzt, erscheint der Ossificationspunkt zuerst, dann folgen die Köpfchen-Epiphysen II, III, IV und V.

An allen denjenigen Knorpelepiphysen, die einen Knochenkern bekommen, tritt an der Grenze zwischen Epiphyse und Diaphyse besonders intensive Säulenknorpelbildung auf. Dieser histologische Befund harmoniert mit den schon von anderen Autoren durch Messung konstatierten lebhafteren Wachstum an den betreffenden Epiphysen.

Nach den bisherigen Angaben in der Litteratur kommt am Metatarsus nur in der Köpfchenepiphyse der grossen Zehe eine Pseudoepiphysenbildung vor, in Wirklichkeit finden wir aber diesen Vorgang, der eine Uebergangsstufe zwischen der typischen Epiphysenbildung und dem gänzlichen Ausfall derselben vorstellt, ab und zu auch an den Basalepiphysen der Metatarsen, jedoch in etwas schwächerem Masse als an der Köpfchenepiphyse des Hallux.

Phalanx I.

Diaphyse. Die Ossification beginnt durchschnittlich in der 14. Fötalwoche, was mit der kürzlich gemachten Angabe von Lambertz übereinstimmt. Die Schwankungsbreite erstreckt sich von der 12. zur 16. Woche.

Die von dem eben genannten Autor statuierte Reihenfolge, nach welcher die Ossification der Basalphalangen zuerst an der ersten Zehe auftreten und von da fibularwärts bis zur V. Zehe fortschreiten soll, wurde nicht immer gefunden.

Der Kern der (proximalen) Epiphyse tritt gewöhnlich im Verlauf des 3. Jahres auf und zwar zuerst an den mittleren Zehen, zuletzt an den randständigen, mit einer Schwankungsbreite von 1 Jahr 5 Monat bis 3 Jahren.

Phalanx II.

Dass der Diaphysenkern an der Mittelphalanx später auftritt, als an den übrigen Phalangen, ist eine bekannte Thatsache, aber die Grösse des Unterschiedes ist in der Litte-

ratur für alle Zehen, namentlich für die V., viel zu gering angegeben, und ferner sind die Differenzen, welche zwischen den einzelnen Zehen in dieser Richtung sich ergeben, ungenügend berücksichtigt.

Es zeigt sich in dieser Hinsicht folgendes:

An der II. Zehe erscheint die Ossification der Mittelphalanx gewöhnlich im 6. Monat des Fötallebens, ausnahmsweise schon im 4., an Zehe III im 7. Fötalmonat, hie und da schon im 5., während sie im 9. noch fehlen kann, an Zehe IV ebenfalls schon im 7. Fötalmonat, jedoch mit einer Schwankungsbreite vom 5. Fötal- bis 7. Lebensmonat.

Eine besondere Stellung nimmt die Mittelphalanx der V. Zehe ein, insoferne der zeitliche Eintritt von deren Ossification in evidenter Weise davon abhängig ist, ob die knorpelige Anlage dieses Skeletstücks von dem Knorpel der Endphalange getrennt oder mit ihm verschmolzen ist. Ist das erstere der Fall, was in etwa 50% der daraufhin untersuchten Kinder und Föten gefunden wurde, so erscheint der Knochenkern in der Diaphyse der Mittelphalanx durchschnittlich im 10. Fötalmonat, ausnahmsweise wurde er schon im 7. Monat des intranterinen Lebens konstatiert, und im 7. Monat nach der Geburt noch vermisst.

In der anderen Hälfte der Fälle dagegen, in welcher die oben genannte, von Pfitzner zuerst beschriebene Knorpelverschmelzung vorlag, trat der Kern mit grossen zeitlichen Schwankungen bei den einzelnen Individuen auf und erheblich später als bei der ersteren Kategorie.

Unter 61 untersuchten Individuen vom 7. Fötalmonat bis zum Ende des 2. Jahres fand er sich nur bei 6 Individuen vor, darunter einmal schon im 9. Fötalmonat, während die übrigen 5 Fälle dem 1. und 2. Lebensjahr angehörten. Konstant vorhanden ist er erst vom Ende des 3. Lebensjahres an. Dieses verspätete und für die einzelnen Zehen sehr ungleichmässige Auftreten der Ossification in den Mittelphalangen weist auf eine im Gang befindliche Rückbildung dieses Skeletstücks hin,

die vom fibularen Fussrand aus gegen den tibialen zu fortschreitet. Am fertigen Fuss skelet existiert, wie Pfitzner eingehend gezeigt hat, eine allgemeine Neigung der Mittelphalangen zur Verkürzung.

Was den feineren Vorgang bei der Ossification der Mittelphalangen anlangt, so kann man hier drei auf die einzelnen Zehen folgendermassen sich verteilende Typen unterscheiden:

1) an der II. Zehe und bei einem Teil der Füsse an der III. Zehe, ausnahmsweise an der IV. tritt der normale Typus der Röhrenknochenbildung auf.

2) An der III. Zehe in einem Teil der Fälle, an der IV. Zehe in den meisten Fällen erscheint zuerst ein periostales Knochenplättchen am dorsalen Umfang der Diaphyse, und geht von dieser Stelle aus die enchondrale Ossification zapfenartig in die Tiefe,

3) an der IV. Zehe in einigen Fällen, und stets an der V. Zehe ist nur ein enchondraler Knochenkern vorhanden, wie Pfitzner schon beschrieben hat. Auch in dem histologischen Verhalten des Ossificationsvorganges macht sich somit eine Abstufung von den tibialen zu den fibularen Zehen bemerkbar.

Die Epiphyse der Mittelphalanx fehlt wie Pfitzner gezeigt hat stets an der V. Zehe, nur in einem Fall fand sich eine Pseudoepiphyse, an der II.—IV. ist immer eine Epiphyse oder Pseudoepiphyse vorhanden. Sie treten auf zwischen $2\frac{1}{2}$ und 3 Jahren, verfrüht schon mit 2 Jahren, während sie ausnahmsweise mit 4 Jahren 9 Monaten noch fehlen.

Auch in Bezug auf den Untergang der echten Epiphysen existiert eine Stufenreihe, die vom tibialen zum fibularen Fussrand führt; an der II. Zehe ist die Entwicklung einer echten Epiphyse die Regel, an der III. Zehe ist bei einem kleineren Teil der Fälle die Epiphyse durch eine Pseudoepiphyse ersetzt, an der IV. Zehe ist dies meist der Fall und an der V. ist überhaupt von einer Epiphysenbildung nichts mehr erhalten, abgesehen von dem seltenen Fall einer Pseudoepiphysenbildung daselbst.

Phalanx III.

Die Diaphyse der Endphalanx an der I.—IV. Zehe erscheint zwischen der 9. und 11. Fötalwoche. Ein grösserer Unterschied zwischen diesen 4 Zehen in Bezug auf das zeitliche Auftreten des Kernes besteht nicht; doch kann man sagen, dass die fibularen im Allgemeinen etwas später ossificieren als die tibialen und dass speciell die erste Zehe den übrigen stets vorangeht, so dass ihre Endphalanx der zuerst verknöchernde Röhrenknochen des Fusses ist.

In der Endphalanx der V. Zehe wurde erst vom 4. Fötalmonat an ein Knochenkern gefunden, doch wurde er öfters noch an erheblich älteren Füßen vermisst und zwar dann immer an solchen, die eine Verschmelzung mit der Mittelphalange besaßen. Es macht sich also an der kleinen Zehe auch für die Endphalanx eine gewisse Inconstanz bemerkbar, wenn auch in viel geringerem Grade als für die Mittelphalange. Auch in Bezug auf den histologischen Vorgang der Ossification zeigt die Endphalange Schwankungen.

Pfitzner hat angegeben, dass an derselben im Gegensatz zu den übrigen Zehen die Knochenbildung auf die periostale Ossification der Endkappe beschränkt sei. Dies kann aber höchstens für einen Teil der Füße Geltung haben, an denen sich in der That nur die periostale Endkappe vorfand, an anderen, vielleicht der Mehrzahl der Füße, schliesst sich an diese Ossification eine enchondrale wie bei Zehe I—IV an.

Unter den Epiphysen der Endphalanx nehmen die der I und V eine besondere Stellung ein; es sollen daher zuerst die Epiphysen der Zehen II—IV besprochen werden. Hier tritt der Kern durchschnittlich im fünften Jahr auf, also ein wenig später als an den übrigen Phalangen. Ausnahmsweise wurde er schon bei 3 Jahren 1 Monat gesehen und in einem vereinzelt Fall noch mit 7 Jahren 4 Monaten an einer Zehe vermisst.

Bei Zehe V besteht ein durchgehender Unterschied, je nachdem eine Verschmelzung der Endphalanx mit der Mittelphalanx existiert oder nicht. Im letzteren Fall tritt der Epi-

physenkern zur gleichen Zeit auf, wie an den Zehen II—IV, eher noch etwas früher. Im ersteren Fall dagegen fehlt der Epiphysenkern vollständig. Es steht dies in Widerspruch zu den Angaben Pfitzner's, nach welchen der Epiphysenkern der V. Zehe, ohne dass eine Unterscheidung zwischen beiden Fällen gemacht wird, stets erhalten bleiben und gross werden soll. Es zeigt sich also an Zehe V bei Verschmelzung der beiden Phalangen auch an der Epiphyse der Endphalange eine entschiedene Rückbildungserscheinung.

Die Epiphyse der Endphalange an Zehe I steht zu denen der übrigen Zehen durch eine auffallend frühzeitige Ossification in einem unvermittelten Gegensatz. Der Kern tritt gewöhnlich im 3. Lebensjahr auf, wiederholt wurde er bei Kindern des zweiten Jahres konstatiert. Bei einem polydactylen Kind von $3\frac{1}{2}$ Monaten fand sich im Röntgenbild an beiden Füßen zwischen End- und Grundphalange der grossen Zehe ein kleiner Kern, der kaum anders denn als früh aufgetretener Epiphysenkern der Endphalange gedeutet werden konnte. Durch dieses frühe Auftreten der Epiphyse unterscheidet sich die Endphalange des Hallux nicht nur von den Endphalangen der übrigen Zehen, sondern von sämtlichen Röhrenknochen des Fusses.

In diesem Befund können diejenigen Forscher, welche am Daumen und der Grosszehe einen Ausfall der Mittelphalange annehmen, eine ontogenetische Unterlage für ihre Ansicht erblicken, indem sie sich vorstellen, dass die früh entstehende Epiphyse der Endphalanx einer Diaphyse der vermissten Mittelphalanx entspricht. Die Mittelphalanx des Hallux würde alsdann nicht verloren gegangen sein, sondern würde, nachdem sie sich mit der Endphalanx vereinigt — eine Vereinigung wie sie an den fibularen Zehen, besonders der V. (vgl. Pfitzner's Untersuchungen) jetzt noch im Gange ist — zur Bedeutung einer Epiphyse der Endphalange herabgesunken sein. Es erscheinen aber solche Schlussfolgerungen deshalb zum mindesten verfrüht, weil für die Vorfrage, ob überhaupt an Pollex und Hallux ein Glied verloren gegangen ist, die vergleichend anatomische Unterlage fehlt.
