

(Aus dem anatomischen Institut zu Würzburg.)

## Anatomische Beschreibung des Skeletts und der Weichteile eines angeborenen Klumpfußes.

Von

Luitpold Pfrang.

Mit 11 Abbildungen im Text.

(Eingegangen am 9. April 1920.)

### Literatur.

1. Abel, Paläobiologie. — 2. Balli, Note anatomiche sopra un caso di piede varo-talo bilaterale. Gazz. intern. di med.-chir. 1914, Nr. 13. — 3. Bergmann und Bruns, Deutsche Chirurgie. Lief. 66. I. — 4. Bonnet, Traité des sections tendineuses et musculaires. 1841. — 5. Fick, Rud., Anatomie und Mechanik der Gelenke. — 6. Gegenbaur, Anatomie des Menschen. — 7. Hoffa, Lehrbuch der orthopädischen Chirurgie. — 8. Hueter, Grundriß der Chirurgie. — 9. König, Lehrbuch der speziellen Chirurgie. 3. — 10. Nasse, Chirurgische Krankheiten der unteren Extremitäten. I. Hälfte. 87ff. — 11. Sobotta, Deskriptive Anatomie. I.

Das vorliegende Präparat wurde im Wintersemester 1918/19 im Präparier-saal der hiesigen Anatomie entdeckt, als es schon von der Leiche getrennt und ziemlich weit bearbeitet war. Die Herkunft läßt sich nicht mehr mit Sicher-heit feststellen; doch scheint es sich nach der Zartheit des Knochenbaues um ein Bein einer weiblichen Leiche zu handeln. Die exakte Darstellung der Muskeln und Faszien war, nachdem das Präparat aus dem Präpariersaal entfernt worden war, schon vorgenommen, als ich selbst an die genaue Untersuchung und Be-schreibung heranging. Die Nerven und Gefäße fehlten bereits; nur die Muskeln, Bänder, Reste des Ligamentum cruciatum, das Ligamentum transversum, das Retinaculum peroneaeorum, sowie die Plantaraponeurose waren noch erhalten.

Nach der starken Deformierung der Knochen, der guten Beschaffenheit der Muskeln, dem Fehlen aller durch Kontrakturen hervorgerufenen Rück-bildungen der Muskulatur zu schließen, liegt ein angeborener Klumpfuß vor. In der Literatur finden sich nur wenige Angaben über die Anatomie des Klumpfußes und diese beziehen sich fast ausschließlich auf die Skelettverhält-nisse. Daher erschien es notwendig, das vorliegende Präparat einer Untersuchung und Beschreibung zu unterziehen. Dies ist auch in allgemein morphologischer Hinsicht wertvoll, weil die Analyse eines solchen Präparates Anpassungen des menschlichen Körpers an neue Verhältnisse zeigt und somit Schlüsse auf die

Anpassungsfähigkeit und die Vorgänge bei der Anpassung gestattet. Nach der ganzen Beschaffenheit des Präparates, dessen Zerstörung vermieden werden mußte, wird es sich vorzugsweise um eine Beschreibung der Weichteile handeln, während das Skelett nur insoweit berücksichtigt werden kann, als sich seine Verhältnisse durch genaue äußere Betastung und durch das Röntgenbild feststellen lassen. Es kommt mir also hauptsächlich darauf an, die Beziehungen der Muskeln, Sehnen und Bänder zueinander und ihr Verhalten gegenüber den Knochen, sowie ihre veränderten Funktionen bei Bewegungen der verschiedenen Gelenke zu erörtern.

Ich werde im ersten Teil die Anatomie des ungebildeten Fußes beschreiben, in einem zweiten Teil auf die neugegebenen funktionellen Verhältnisse eingehen und in jedem Teil die dazugehörige Literatur zur Sprache bringen. In einem dritten Teil sollen allgemein morphologische Bemerkungen angeschlossen werden.

## I. Anatomischer Teil.

### a) Beschreibung.

#### 1. Knochen.

Die beiden Unterschenkelknochen sind in ihrem unteren Teil nach außen rotiert, so daß die Fibula ziemlich weit hinter die Tibia zu liegen kommt und die vordere Tibiakante nach vorn lateral sieht. Die distalen Enden von Tibia und Fibula sind sehr stark entwickelt. Die Fibula mit dem Malleolus externus reicht als dicker Wulst weit hinab. Der laterale Teil des Tibiaendes ist als mächtiger Knochenvorsprung durch die derben Bänder durchzufühlen und hebt sich schon für das Auge deutlich von seiner Umgebung ab. An der Stelle, wo der Malleolus medialis in der Norm liegen müßte, findet sich eine etwa  $\frac{1}{2}$  cm hohe Knochenplatte zwischen der vorderen und der medialen Tibiakante; diese steht rechtwinklig zur Facies articularis inferior der Tibia und ist allem Anschein nach ihr nach aufwärts gedrückter Malleolus medialis.

Der Fuß ist stark supiniert, die Fußhöhlung sehr deutlich ausgeprägt, die Fußspitze adduziert. Die Fußsohle mit dem Fersenhöcker sieht vollkommen nach innen, der Fußrücken nach außen. Als Standfläche dient die äußere Fußkante: die sonst lateral blickende, hier nach unten leicht konvexe Seitenfläche des Kalkaneus, der dicke Malleolus lateralis, das Corpus tali, das Os cuboides, das Metatarsale V und die kleine Zehe, sämtliche Knochen mit ihrer sonst lateralen Fläche. Es sind also alle Fußknochen um ihre Längsachse um etwa  $90^\circ$  nach außen verdreht. Nach Ausweis der Röntgenbilder ist diese Drehung, wie gleich hier bemerkt werden soll, durch eine Knickung erfolgt, die der Kalkaneus unmittelbar unter seiner Verbindung mit dem Talus erlitten hat. Hierdurch ist zwischen der unteren Gelenkfläche der Tibia und der Innenfläche des Kalkaneus, welche gewöhnlich das Sustentaculum tali trägt, ein Knick entstanden. In diesem tief einschneidenden Knick eingeschlossen liegt die Sehne des Flexor hallucis longus. Ob hierbei wirklich eine Neubildung von Gelenkflächen vorliegt, läßt sich ohne Präparation der tiefen Weichteile nicht feststellen. Da bei passiven Bewegungen eine erhebliche Verschiebung in diesem Knick möglich ist und da auch die ganze Mechanik des mißgebildeten Fußes

zum größten Teil auf dieser Bewegung beruht, so möchte ich die Bildung eines Gelenks an dieser Stelle für wahrscheinlich halten.

Der Kalkaneus scheint etwas verlängert und ziemlich hoch zu sein: das Tuber ist hoch, an beiden Seiten abgeflacht, sein Processus lateralis sehr stark entwickelt. An der Standfläche hat das Fersenbein eine gut überknorpelte Rinne für die Sehne des Peronaeus longus.

Der Talus liegt mit seinem mächtigen Korpus zwischen dem dicken Fibularrande und dem lateralen Vorsprung der Tibia, gleichsam von beiden aus dem Gelenk heraus gegen den lateral gewendeten Fußrücken gepreßt, wo er sich als breiter Knochen mit stark entwickeltem Processus lateralis vorwölbt. Der Hals zieht nach der inneren Fußkante und der Fußsohle hin gerichtet unter das Navikulare, das den Kopf vollkommen überlagert.

Das Navikulare ist von ungefähr normaler Höhe, dagegen sehr breit, so daß es etwa  $\frac{2}{3}$  der Fußbreite einnimmt. An der oberen Fußkante schiebt es einen starken Fortsatz gegen den oben erwähnten Knochenwall am medialen Teil des unteren Tibiarandes, mit dem dieser ein Gelenk bildet. An der Fußsohlenseite dieses Fortsatzes fühlt man einige spitze Exostosen. Die stärkste von ihnen hat eine Rinne für die Sehne des M. flexor digitorum longus.

Das Kuboid trägt an seiner unteren, sonst lateralen Seite die überknorpelte Rinne für die Sehne des Peronaeus longus.

Das Metatarsale V ist stark hyperplastisch, besonders die Tuberositas. Diese überragt die Gelenkfläche des Kuboid nach außen unten. Die als Standfläche dienende, sonst laterale Fläche zeigt annähernd Dreieckform.

Die übrigen Fußknochen lassen außer der Verdrehung um die Längsachse keine Abweichung von der Norm erkennen.

Bei Betrachtung hinter dem Röntgenschirm sowie auf der Photographie von verschiedenen Seiten her sieht man sehr deutlich die Konturen der einzelnen Knochen; nur die Form des Talus kommt nicht sehr genau zum Ausdruck, da er bei allen Aufnahmen teilweise durch Projektionsbilder anderer Knochen verdeckt ist.

Zunächst (vgl. die einzelnen Röntgenbilder) erkennt man die starken distalen Enden der Unterschenkelknochen, den dicken Wulst der tief nach unten reichenden Fibula, den lateralen Knochenvorsprung und den medialen umgekrempelten unteren Rand der Tibia.

Der Kalkaneus ist abnorm lang und hoch, läuft nach hinten breit keilförmig zu.

Vom Talus sieht man besonders den Hals und den Kopf mit der distalen Gelenkfläche. Diese steht von medial hinten nach lateral vorn, was auf die Verlängerung des lateralen Halsteiles zurückzuführen ist. Das Corpus tali ist, soweit man erkennen kann, in die Länge gezogen, nach hinten verjüngt und läuft bis unter das dicke Fibulaende. Der innere Teil des Tibiarandes zieht über den Talus nach abwärts und legt sich an die innere obere Fläche des Kalkaneus an.

Das Navikulare ist stark verbreitert und schiebt einen mächtigen Fortsatz über den Taluskopf hinweg nach plantarwärts und oben, der mit dem unteren medialen, hochgekrempelten Tibiarand ein Gelenk bildet.

Das Kuboid erscheint vom Fußrücken gesehen ziemlich breit und viereckig.



Abb. 1.

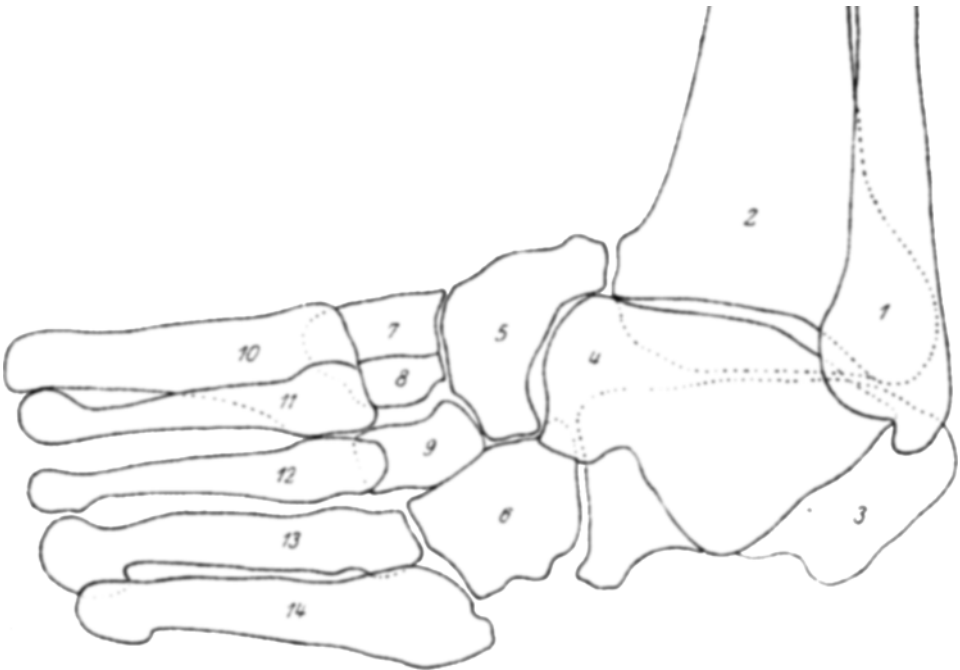


Abb. 2. 1 = Fibula, 2 = Tibia, 3 = Kalkaneus, 4 = Talus, 5 = Os naviculare, 6 = Os cuboideum, 7 = Os cuneiforme I, 8 = Os cuneiforme II, 9 = Os cuneiforme III, 10 = Os metatarsale I, 11 = Os metatarsale II, 12 = Os metatarsale III, 13 = Os metatarsale IV, 14 = Os metatarsale V.

Das Metatarsale V ist sehr stark entwickelt, besonders seine Tuberositas. Diese weicht nach hinten und gegen die Fußsohle zu etwas vom Kuboid ab. Die übrigen Fußwurzel- und Zehengelenkknochen zeigen normale Form.



Abb. 3.

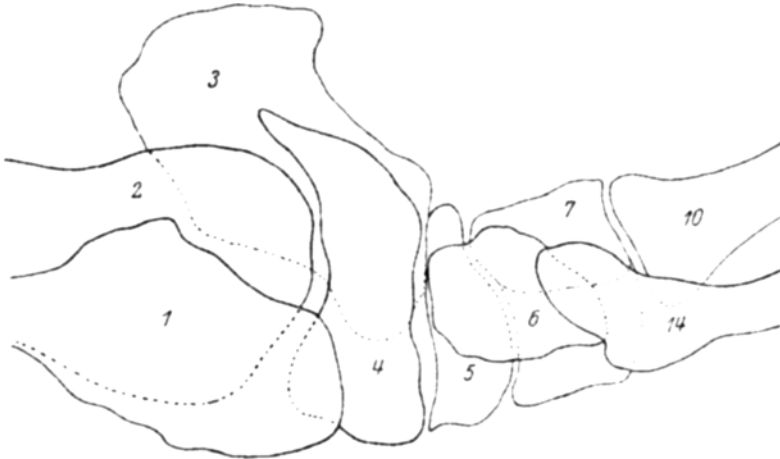


Abb. 4.

## 2. Faszien und Bänder.

Von den Bändern fallen vor allem das Retinaculum peronaeorum superius und inferius in die Augen; diese ziehen, zu einer derben Platte vereinigt, vom Tuber calcanei zum unteren Ende der Fibula und zum Talus hin und erstrecken sich von da auf den lateralen Vorsprung des distalen Tibiaendes.

Die kräftige Plantaraponeurose entspringt vom Tuber calcanei, spaltet sich aber dann sofort in zwei Zipfel; der mediale Zipfel teilt sich in fünf End-



Abb. 5.



Abb. 6. 15 = tendo m. flex. hall. long., Ansatzstelle mit calcaneus.



Abb. 7.

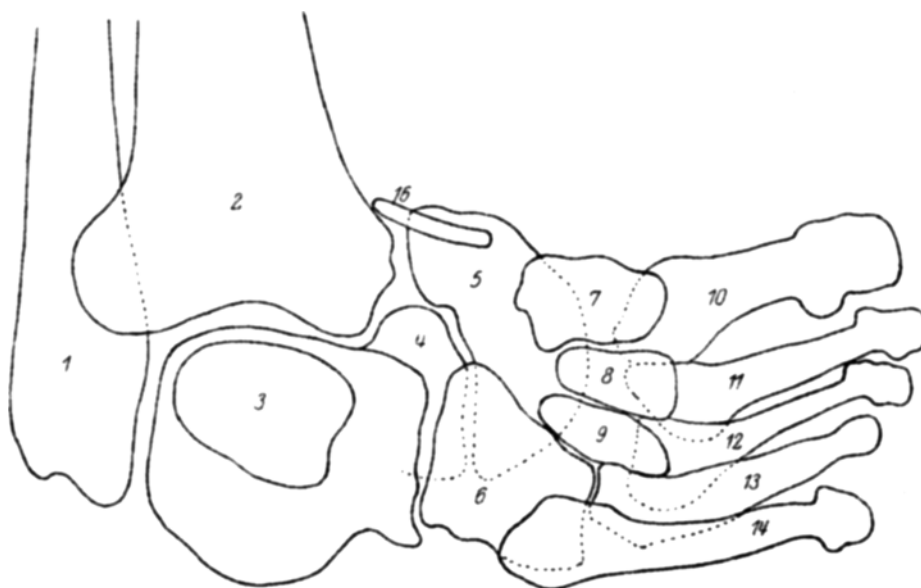


Abb. 8. 16 = tendo m. tibial. ant. unter dem lig. crue.

zipfel, die an die Basen der Zehen hingehen; die große Zehe erhält nur einen ganz schwachen Streifen, der am lateralen Sesambein ansetzt. Der laterale Teil der Aponeurose verläuft kräftig bis an die Tuberositas ossis Metatarsalis V. Zwischen den beiden Teilen der Aponeurose besteht ein Spalt, der nur durch eine schmale Verbindung überbrückt wird.

Die übrigen Faszien und Bänder bieten, soweit sie erhalten sind, normale Verhältnisse; nur sind die Bänder entsprechend der Verlagerung der Knochen

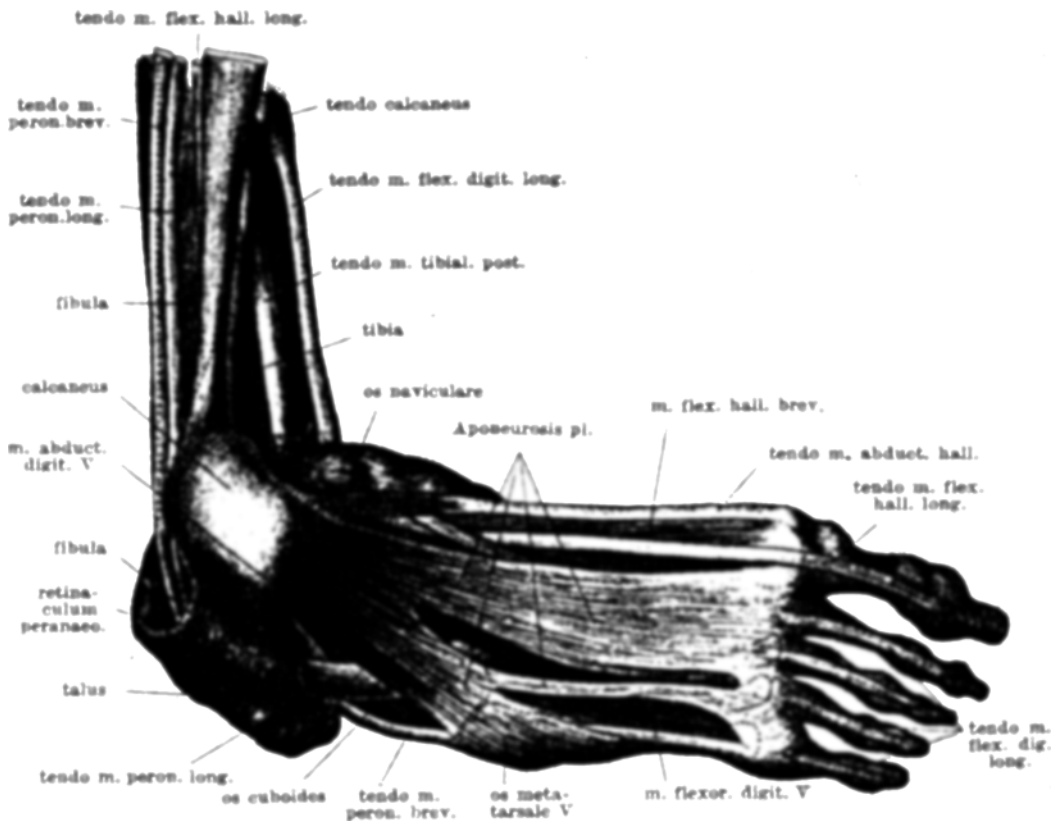


Abb. 9.

gegeneinander teils verkürzt, teils verlängert. So überbrückt ein sehr derber, kurzer, breiter Bänderstreifen das neugebildete Tibionavikulargelenk.

### 3. Gelenke.

Für das obere Sprunggelenk ergibt sich, wie wir bereits bei der Beschreibung der Knochen gesehen haben, daß der Talus teilweise herausgedrängt ist und das untere Ende der Tibia dafür eine neue Verbindung mit dem Kalkaneus bekommen hat. Der verdrängte Taluskörper liegt dann mit der medialen und vorderen Seite des dicken unteren Fibulaendes in breiter Gelenkfläche aneinander.



Im unteren Sprunggelenk liegen dagegen nur Verschiebungen, keine grundsätzlichen Veränderungen in der Zahl der beteiligten Knochen vor. Auf der plantaren, jetzt einwärts gekehrten Fläche ist der Spalt, welcher durch das Ligamentum calcaneonaviculare plantare überbrückt wird, breiter als in der Norm.

Neugebildet ist das Gelenk zwischen dem medialen Rand des Naviculare und der Tibia.

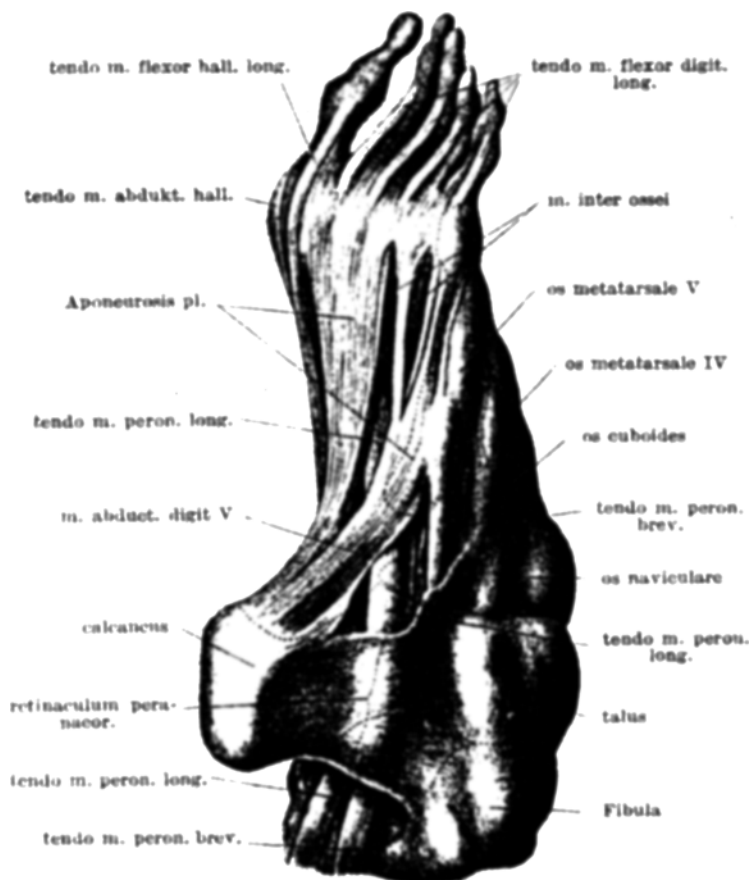


Abb. 10.

Das Talonavikulargelenk steht nach dem Röntgenbild von medial hinten nach lateral vorn.

Die hintere Gelenkfläche des Metatarsale V ist über das Kuboid etwas nach der äußeren Fußkante, hier Standfläche, und nach der Fußsohle hin verschoben.

Die übrigen Gelenke lassen außer der Verdrehung um die Längsachse des Fußes nach der lateralen Seite keine Veränderungen erkennen.

#### 4. Muskeln.

Die Muskeln des Unterschenkels sind ziemlich gut entwickelt und bieten in ihren Ursprungsstellen keine Abweichungen von der Norm. Nur der M. flexor

hallucis longus ist stärker atrophisch. Die Sehnen der Unterschenkelmuskeln haben, wie auch manche Fußmuskeln, entsprechend der Verdrehung des Fußes mehr oder weniger ihre normale Lage geändert.

Die Achillessehne weicht durch die Verlagerung des Fersenhöckers, an dem sie ansetzt, ganz nach der medialen Seite hin ab. Die Sehne des Plantaris bleibt selbständig bis zu ihrem Ansatz an der medialen Seite des Tuber calcanei und an der Fascia cruris.

Die Sehne des Tibialis anterior kommt nach ihrem Durchtritt durch das Ligamentum cruciatum auf die nach oben gestellte mediale Fußkante zu liegen

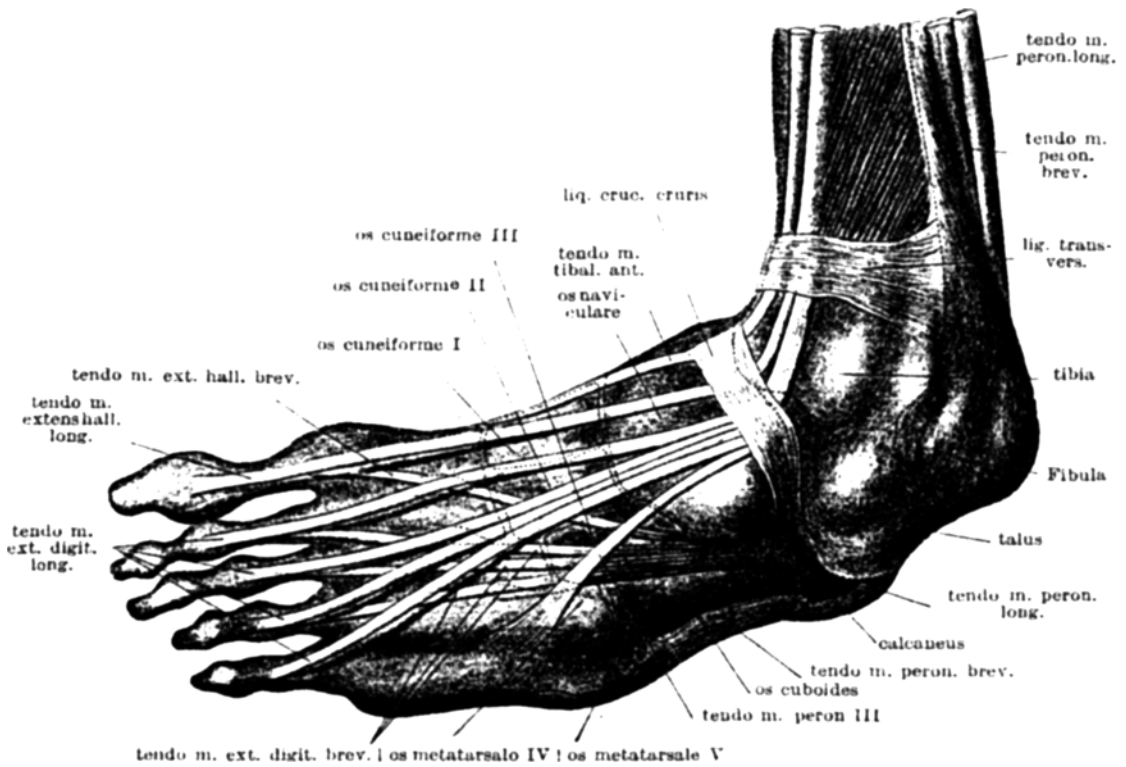


Abb. II.

und geht zum Os cuneiforme I und zur Basis ossis metatarsalis I. Die Sehnen des Extensor hallucis longus und des Extensor digitorum longus ziehen über den lateral blickenden Fußrücken hin zu den Dorsalflächen der Zehen. Dabei gibt die Sehne des Extensor hallucis longus etwa in Höhe des Tarsometatarsalgelenks einen dünnen Sehnenfaden zur Dorsalaponeurose der großen Zehe ab. Der Peroneus tertius zieht über das Caput tali und die kleinen Fußwurzelknochen hinweg und setzt breit an der lateral gestellten Rückenante des Metatarsale V an.

Die Sehne des Tibialis posterior verläuft hinter dem Fortsatz des Naviculare vorbei zur Plantarfläche der Ossa cuneiformia. Die Sehne des M. flexor

digitorum longus biegt um den untersten Teil der medialen Tibiakante nach vorne und geht über eine Rinne in der Exostose des Os naviculare und über die medial gestellte Fußsohle hin zu den Nagelphalangen der vier lateralen Zehen. Die Sehne des *M. flexor hallucis longus* ist an ihrer Umbiegungsstelle in dem Knick zwischen Kalkaneus und Tibia gleichsam eingeklemmt. Sie ist hier unterbrochen und zwar sieht man, daß der hinter der Tibia verlaufende obere Teil der Sehne unter bindegewebiger Verbreiterung in jenen Spalt eintritt. Der in der Fußsohle verlaufende Teil der Sehne ist unabhängig von dem oberen Teil an der unteren, eigentlich medialen Seite des Kalkaneus festgewachsen, geht mit der Sehne des *M. flexor digitorum longus* keinerlei Verbindungen ein und setzt an der Nagelphalanx der großen Zehe an.

Den wichtigsten Befund bilden die *Musculi peronaei*, weil ihnen, wie wir sehen werden, für die Lokomotion die Hauptbedeutung zukommt. Ihre Sehnen verlaufen auf der Rückseite des Unterschenkels und über die nach unten gewendete Außenseite des Kalkaneus auf die neue Standfläche, zunächst von dem breiten *Retinaculum peronacorum* überlagert. Der *M. peronaeus brevis* setzt dann an der mächtigen *Tuberositas ossis metatarsalis V* an. Der *M. peronaeus longus* bettet sich in seinem Verlauf nicht nur wie normal in eine überknorpelte Rinne im Kuboid, sondern auch in eine solche auf der äußeren, hier unteren Fläche des Kalkaneus ein, gibt einen Sehnenstreifen zum *Os metatarsale V*, der unterhalb des *M. peronaeus brevis* inseriert, und geht mit seinem Hauptteil in der Tiefe der *Planta pedis* zur *Tuberositas ossis metatarsalis I*.

Die kurzen Muskeln der Fußsohle bieten wenig Besonderheiten. Der *M. flexor digitorum brevis* entspringt am *Processus medialis tuberis calcanei* mit dem Hauptteil der *Plantaraponeurose* zusammen und im Beginn fest mit ihr verwachsen und zieht mit vier dünnen Sehnen, die von denen des *M. flexor digitorum longus* durchbohrt werden, an die Mittelphalangen der vier lateralen Zehen. Der *M. quadratus plantae* entspringt von der plantaren Fläche des Kalkaneus und vom *Ligamentum plantare longum* und geht über in die Sehne des *M. flexor digitorum longus* kurz vor ihrer Teilungsstelle. Der *M. abductor hallucis* zieht vom *Processus medialis tuberis calcanei* medial von der *Plantaraponeurose* zum medialen Sesambein unter dem Grundgelenk der großen Zehe. Der *M. flexor hallucis brevis* verläuft von der plantaren Fläche des *Os cuneiforme II* und *III* und vom *Ligamentum plantare longum* zu den beiden Sesambeinen und der Grundphalange der großen Zehe. Der *M. adductor hallucis* geht von der plantaren Fläche des *Cuneiforme III* und vom *Ligamentum plantare*, bzw. von den *Tarsometatarsalgelenken* der 3.—5. Zehe zum lateralen Sesambein und zur Grundphalanx der großen Zehe. Am Kleinzeheballen zieht der *M. abductor digiti V* vom *Processus lateralis* des Fersenhöckers und vom lateralen Teil der *Plantaraponeurose* zur *Tuberositas ossis metatarsalis V* und zum lateralen Rand der Grundphalanx der kleinen Zehe, ist also an der Bildung der Standfläche beteiligt. Der *M. flexor digiti V brevis* entspringt mit dem *M. opponens digiti V* zusammen aus dem vorderen Teil des *Ligamentum plantare longum* und setzt an der Grundphalanx der kleinen Zehe an, während der *M. opponens* zum lateralen Rand des *Os metatarsale V* läuft.

Der *M. extensor digitorum brevis* sowie der *M. extensor hallucis brevis* nehmen ihren Ursprung von der hier ziemlich nach unten gelegenen *Facies*

dorsalis calcanei vor dem Corpus tali und ziehen über den stark gewölbten Fußrücken unter den Sehnen des *M. peronaeus tertius* und der langen Strecken hinweg zu der Dorsalaponeurose der drei mittleren und der großen Zehe. Die Sehne des *M. extensor digitorum brevis* für die kleine Zehe fehlt, was normalerweise auch häufig der Fall ist. Die *Mm. interossei* und die *Mm. lumbricales* bieten, soweit es sich verfolgen läßt, keinerlei Abweichung von der Norm dar.

## b) Abweichungen von der Norm.

### 1. In der Gesamtheit der topographischen Beziehungen.

Wenn wir nun diese Betrachtungen zusammenfassen, so finden wir eine ganze Reihe Abweichungen von der Norm. Zunächst fällt die Außenrotation im unteren Teil der Unterschenkel und die starke Supination des Fußes auf. Durch die Außenrotation kommt die Fibula fast hinter die Tibia zu liegen. Durch die Supination ist die abnorme Standfläche auf der lateralen Fußkante und dem Malleolus lateralis hervorgerufen worden. In der Verlagerung des Körpergewichts auf diese Teile ist ihre starke Ausbildung begründet. Eine mächtige Verdickung zeigt das untere Fibulaende und auch die Tibia weist gegen die laterale Seite hin einen starken Knochenvorsprung auf. Sehr kräftig ist sodann das Corpus tali mit dem Processus lateralis, sowie der Processus lateralis des Tuber calcanei. Die laterale, hier untere Seite des Os metatarsale V ist zu einer breiten dreieckigen Fläche umgeformt mit besonders deutlich ausgeprägter Tuberositas. Letztere mit dem Processus lateralis tali und dem Processus lateralis tuberis calcanei bilden auch die Ruhepunkte in der Standfläche. Neben diesen Knochenveränderungen ist an der Standfläche die derbe Bänderplatte zu bemerken, die durch Verschmelzung der starken Retinacula peronaeorum entsteht.

An der medial gestellten Fußsohle sieht man die Spaltbildung der Plantaraponeurose mit der schmalen Brücke zwischen beiden Teilen und der nur sehr zarten Zipfelbildung an die große Zehe. Zwischen der oberen, sonst medialen Fläche des Kalkaneus und der unteren Gelenkfläche der Tibia findet sich der oben erwähnte Knick. In diesem wird die Sehne des Flexor hallucis longus durch einen breiten Bindegewebsstreifen unterbrochen. Außerhalb des Spaltes entspringt dann die Sehne wieder unabhängig vom Muskel. An der Kreuzungsstelle dieser Sehne mit der des Flexor digitorum longus, fehlt die sonst konstante Anastomose zwischen beiden.

Die Verhältnisse des Fußrückens bieten außer der Abweichung nach der lateralen Seite in der Gesamtheit keine wesentlichen Veränderungen. Nur der *M. extensor hallucis longus* gibt etwa in Höhe des Lisfrancschen Gelenks einen dünnen Sehnenfaden an die Dorsalaponeurose über dem Grundgelenk der großen Zehe ab.

Am Unterschenkel verläuft der *M. plantaris* ganz selbständig, was allerdings auch unter normalen Verhältnissen vorkommt. Die Achillessehne ist infolge der Verlagerung des Fersenhöckers nach medial abgewichen. An ihre Stelle an der Hinterfläche des Unterschenkels treten die Sehnen des *M. peronaeus longus* und des *M. peronaeus brevis*. Diese ziehen nicht wie gewöhnlich hinter dem Malleolus lateralis vorbei; haben aber ihre Lage zum Kalkaneus beibehalten

und nur die Drehung mit diesem mitgemacht. Die nach unten blickende laterale Fläche des Kalkaneus bildet nahe der Facies articularis cuboidea eine überknorpelte Rinne für die Sehne des *M. peroneus longus*.

Eine abnorme Gelenkbildung besteht zwischen dem umgekrempelten Malleolus medialis der Tibia und dem Navikulare, wahrscheinlich auch zwischen der Facies articularis inferior tibiae und der inneren, hier oberen Fläche des Kalkaneus.

## 2. Ausbildungsgrad der einzelnen Muskeln.

An dem vorliegenden Präparat springen vor allem die mächtigen Sehnen der *Mm. peronei* und die schwache Achillessehne in die Augen. Der *M. flexor hallucis longus* ist der einzige Muskel, der deutlich atrophisch ist; dies erklärt sich daraus, daß er infolge der bindegewebigen Unterbrechung im Knick zwischen Tibia und Kalkaneus vollkommen außer Funktion gesetzt ist. Der *M. extensor digitorum brevis* ist vielleicht etwas schwächer, der *M. peroneus tertius* etwas stärker wie gewöhnlich. An der Standfläche ist der *M. abductor digiti V* sehr kräftig; auch der *M. flexor digitorum brevis* gibt einen relativ starken Sehnenzipfel zur fünften Zehe ab, der nicht von der Unterfläche des Muskels entspringt, wie dies gewöhnlich der Fall ist (Gegenbaur), sondern von der lateralen Seite.

## c) Vergleich mit der Literatur.

In der Literatur finden wir bei mehreren Autoren anatomische Abhandlungen über den angeborenen Klumpfuß.

Hueter stellt in seinem „Grundriß der Chirurgie“ den Satz auf: „Der *Pes varus congenitus* beruht auf einer exzessiven Ausprägung der Gestalt der Knochen und der Gelenke nach demselben Typus, nach welchem auch die physiologischen Formen der Fußwurzelknochen und -Gelenke innerhalb des Uterus sich entwickeln.“ Während der intrauterinen Entwicklung befinden sich die Füße in hochgradiger Supinationsstellung. In seinen weiteren Ausführungen schildert er verschiedene Abweichungen von der Norm. Der *Processus anterior calcanei* erreicht ungefähr die Höhe des Kalkaneuskörpers und bildet beim Versuch der Pronation ein Hindernis, schon längst bevor der äußere Fußrand mit dem inneren in eine Ebene rückt. Das *Sustentaculum tali*, welches normal die Supinationsbewegungen hemmen soll, existiert nicht und deshalb fehlt diese Hemmung. Beim Talus bestehen die wichtigsten Veränderungen am Kollum und an der für das *Os naviculare* bestimmten ovalen Gelenkfläche. Das *Collum tali* ist zwischen dem vorderen Rand der Talusrolle und dem äußeren Ende des Ovals zu einem langen Knochenstück ausgebildet. Nach innen wird das *Collum tali* schnell kürzer und das innere Ende des Ovals stößt mit der Gelenkfläche des Talus, welche dem Malleolus internus entspricht, ebenso zusammen, wie dies auch normal bei Neugeborenen geschieht. Durch die lange Entwicklung des Kollum auf der Außenseite ist das äußere Ende des Ovals weit nach unten gerückt und der Längsdurchmesser desselben steht beim *Pes varus* nicht mehr in der fast horizontalen Richtung wie beim physiologischen Taluskopf des Neugeborenen, sondern erst mit seinem äußeren Ende tief nach unten, mit dem inneren hoch nach oben gerichtet. Wenn der Taluskopf in seiner perversen Form, also bei Nichtheilung der Kontraktur, sein Wachstum vollendet, so trägt er die intrakapsulären Knochenstreifen, welche sich sonst am inneren Abschnitt des *Collum tali* entwickeln müssen, umgekehrt am äußeren Abschnitt und ihre Entwicklung läßt die perverse Stellung des Ovals um so mehr hervortreten. Das *Os naviculare* steht mit seinem Längsdurchmesser ebenso verkehrt wie das Oval des Taluskopfes, welches ihm entspricht; und wie das *Os naviculare* stehen auch die *Ossa cuneiformia*, die entsprechenden Metatarsi und die Zehen, d. h. der innere Fußrand steht exzessiv hoch, der äußere exzessiv tief. Wie sich die physiologische Supination immer mit einer Adduktion der Fußspitze und mit einer Plantarflexion, also einer Senkung der Fußspitze

assoziiieren muß, so gesellt sich auch zu der pathologischen Supinationsstellung eine Adduktion und Plantarflexion des Fußes, wesentlich bedingt durch die beschriebene Längenentwicklung des Collum tali in seiner äußeren Hälfte. Der Pes varus congenitus ist eine reine Kontraktur des Talotarsalgelenks ohne wesentliche Teilnahme des Talokruralgelenks; und wenn er als Pes equino-varus aufzutreten scheint, so muß man sich daran erinnern, daß eine hochgradige Supination notwendig auch zu einer erheblichen Plantarflexion des Fußes führen muß und daß das höhere oder geringere Maß der letzteren Stellung beim Pes varus von der eigentümlichen Längenentwicklung des Collum tali abhängt. Die Veränderungen am Os cuboides, am Os naviculare und an den Ossa cuneiformia sind von geringerer Bedeutung.

Von den Muskeln hebt Hueter besonders den Verlauf der Sehne des Peroneus longus hervor. Konstant fand er dieselbe über eine gut ausgebildete Rinne am Kalkaneus ziehen, nicht wie normal über eine solche des Os cuboides. Außerdem beobachtete er ein Tibionavikulargelenk zwischen dem Innenrand des Os naviculare und dem Vorderrand des Malleolus internus, sowie ein Kalkaneofibulargelenk zwischen dem hinteren Rand des Malleolus externus und der Außenfläche des Kalkaneus. Im übrigen sind nach ihm zur Zeit der Geburt bei der großen Mehrzahl der Fälle die Muskeln ganz intakt und erleiden erst späterhin sekundäre Veränderungen, besonders durch den mangelhaften Gebrauch beim Gehen. Als Folgen dieser mangelnden Muskelarbeit sieht er fettige und bindegewebige Degeneration, Atrophie der kontraktilen Substanz und konsekutive Parese und Paralyse an. Bei einseitigem Klumpfuß soll noch das Längenwachstum der Extremität gehemmt sein und bei langjährigem Bestehen des Klumpfußes die Ernährung desselben leiden, so daß der Fuß klein und verkrüppelt bleibt.

Albert Hoffa schreibt in seinem „Lehrbuch der orthopädischen Chirurgie“ unter Hinweis auf Hueter und andere: Das pathologisch-anatomische Substrat des Klumpfußes ist hauptsächlich im Skelett zu suchen. Dabei ist aber nicht nur ein oder der andere Knochen deform, sondern die Deformität betrifft die ganze Knochenkombination, welche das Skelett des Fußes erzeugt. Alle Veränderungen, die wir an den Weichteilen treffen, sind sekundärer Natur. Die anatomischen Veränderungen, die wir als wesentlich beim Klumpfuß zu betrachten haben, sind sehr verschiedener Art. Die alte Annahme, daß mit der Zeit sämtliche Klumpfußformen einen gleichen anatomischen Bau bekommen, ist eine durchaus falsche. Das Skelett eines ausgebildeten Klumpfußes ruht auf der Unterlage mit seiner früheren lateralen Seite, der Kleinzehenseite, oder seiner früheren dorsalen Seite, dem Fußrücken auf, je nach der Hochgradigkeit des Falles. Die Längsachse des Klumpfußskeletts verläuft in einem nach innen konkaven Bogen, der dadurch, daß der Fuß im Chopartschen Gelenk wie abgelenkt erscheint, fast zu einem Winkel wird. Diese Eigentümlichkeit des Baues verdankt der Klumpfuß: 1. einer falschen Form und Stellung des Talokrural- und Talotarsalgelenks im Sinne einer Plantarflexion und Adduktion, 2. einer falschen Form des Chopartschen Gelenks im Sinne der Supination. In morphologischer Hinsicht ist bezüglich des pathologisch-anatomischen Details des neugeborenen und erwachsenen Klumpfußes das Hauptgewicht zu legen, 1. auf die Veränderungen des Talus und seiner Gelenkflächen und 2. auf die Form und Stellung des Kalkaneus.

Am Talus ist beim Neugeborenen, noch mehr beim Erwachsenen, die Abplattung, die keilförmige Zuspitzung nach hinten, die stumpfwinklige Knickung der Rolle deutlich ausgesprochen; der ganze Taluskörper ist stark verkürzt, der Hals auf der Außenseite hochgradig verlängert, auf der Innenseite durch Druck des Naviculare verkürzt. Die Achse des Halses ist stark median- und plantarwärts gerichtet und fällt schließlich mit dem Taluskörper zusammen. Die Artikulation für das Os naviculare ist von ovaler Form und aus ihrer normalen horizontalen Lage in eine schief von innen oben nach außen unten verlaufende Richtung verdrängt. Zuweilen findet sich ein vollständig neues Gelenk zwischen Os naviculare und dem Malleolus internus der Tibia.

Als Bildungsfehler des Kalkaneus hebt Hoffa die abnorme Höhenentwicklung des Processus anterior, das Fehlen des Sustentaculum tali hervor, wodurch die starke Supination bedingt bzw. die Hemmung derselben aufgehoben ist. Während normalerweise die Längsachse des Kalkaneus mit derjenigen des Talus einen nach vorne offenen Winkel bildet, verläuft sie beim angeborenen Klumpfuß gerade umgekehrt, d. h. von außen und hinten nach innen und vorn. Der Processus anterior calcanei ist demzufolge nach

einwärts gewendet und die Gelenkfläche des Os cuboideum vollständig auf die mediale Seite verlegt, der Fersenfortsatz dagegen ganz nahe an den Malleolus externus herangerückt. Da außerdem der ganze Kalkaneus etwas nach lateralwärts verschoben ist, so ist auch das Ligamentum calcaneofibulare außerordentlich verkürzt und andererseits der Malleolus externus im Wachstum zurückgeblieben. Im Talokalkanealgelenk ist die Gelenkfläche in ihrer Richtung so verschoben, daß sie nach oben und innen schaut. Der Fersenhöcker erscheint im Sinne der Supination herumgedreht, abgeflacht, verbreitert und keilförmig zugespitzt. Das Os cuboideum ist beim Klumpfuß des Neugeborenen in seiner Gestalt mehr viereckig geworden und in seiner Höhenentwicklung beeinträchtigt. Außerdem wird seine Lage von der Stellung des Kalkaneus beeinflusst. Während es beim neugeborenen Klumpfuß nur nach innen abgewichen ist, ist es beim Erwachsenen auf den Kalkaneus subluxiert. Zu gleicher Zeit hat es eine Art von Drehung gemacht. Die Artikulation des Os cuboideum mit dem Metatarsus V ist am erwachsenen Klumpfuß ebenfalls modifiziert, indem der Metatarsus nach unten und hinten abgewichen ist.

Das Os naviculare erscheint dicker als normal, ist auf der äußeren Seite, namentlich an der unteren Partie, schmaler als normal. Die vordere und hintere Gelenkfläche berühren sich auf der unteren Seite nahezu, so daß der Knochen eine keilförmige Gestalt annimmt. Die Keilbeingelenkfläche erscheint medianwärts verschoben, während die Talusgelenkfläche viel weniger nahe an die Tuberositas heranreicht als normal. Das Os naviculare befindet sich in der Regel nach ein- und aufwärts von dem Caput tali disloziert, meist der inneren Fläche des Halses anliegend. Statt horizontal liegt es in hochgradigen Fällen geradezu vertikal.

Die Ossa cuneiformia stehen mehr hinter als nebeneinander, die hinteren Gelenkflächen verlaufen statt senkrecht schräg nach rückwärts, so daß sie von oben sichtbar werden. Bei veralteten Klumpfüßen findet man nicht selten knöcherne Verwachsungen zwischen den einzelnen Gelenken.

Tibia und Fibula sind in ihrem unteren Teil um ihre Längsachse nach einwärts rotiert.

Wie bei alten Deformitäten, so folgen die Weichteile auch beim Klumpfuß dem allgemeinen Gesetz, daß sie sich dort verkürzen, wo ihre Ursprungs- und Ansatzstellen dauernd einander genähert sind, während sie im entgegengesetzten Falle länger und schlaffer werden. So verkürzen sich alle Weichteile der Konkavität des Fußes sowie der Wade. Hier ist besonders die Verkürzung des Gastrocnemius und das strangartige Vorspringen der Achillessehne für den Klumpfuß charakteristisch. Durch die veränderte Funktion sind die Wadenmuskeln gleichzeitig stark atrophisch. An den über den Fußrücken hinziehenden Strecksehnen ist meist eine Verlagerung nach dem medialen Fußrande hin wahrzunehmen. Die Sehnenrinne des Peroneus longus findet sich statt am Talus am Processus anterior calcanei. Die Sehne des Tibialis posticus zieht über eine glatte Rinne an der Rückseite der Tibia herunter an den Hinterrand des Malleolus internus.

Die Fußgelenkkapsel kann infolge der hochgradigen Plantarflexion des Talus zwischen Tibia und Talus eingezogen und zu einem typischen Meniskus mit scharfem, vorderen Rande umgewandelt werden.

Franz König lehnt sich in seinem „Lehrbuch der speziellen Chirurgie“ vielfach an Hueter und andere Autoren an und stimmt in der Schilderung der pathologisch-anatomischen Verhältnisse des angeborenen Klumpfußes in den meisten Punkten mit Hueter und Hoffa überein. Nach seinen eigenen Untersuchungen und nach denen seiner Gewährsmänner sind schon beim Neugeborenen die Knochen verbogen, die Gelenkflächen erscheinen verschoben. Beim hochgradigen Klumpfuß gewinnt man den Eindruck, daß eine Gewalteinwirkung auf die ganze äußere und die daranstoßende Vorderseite gewirkt haben muß und daß infolgedessen sämtliche Knochen des Tarsus, nicht selten auch des Metatarsus in ihrer Form sowohl als auch in der Stellung ihrer Gelenke verändert sein müssen. Es handelt sich nicht nur um eine Kontraktur im Talotarsalgelenk, sondern auch das Sprunggelenk zeigt entsprechende Veränderungen. Das Talokruralgelenk erscheint meist zu klein für die Aufnahme des Talus, insofern die Knochen wenig ausgebildet sind und vor allem der laterale Knöchel nach hinten steht. Bei den schweren Fällen von Klumpfuß ist nicht nur der Fuß, sondern auch der Unterschenkel, das Knie, ja die Hüfte nach innen verdreht.

Der Talus ist abgeplattet, keilförmig nach hinten zugespitzt; er steht im Sprunggelenk plantarflektiert und adduziert. Der Talushals erscheint nach unten und gleichzeitig nach innen verbogen, indem die äußere Seite desselben ungewöhnlich lang ist. Dadurch wird seine ovale Gelenkfläche, auf welcher das Navikulare artikuliert, aus der fast horizontalen in die schiefe, von innen oben nach außen unten verlaufende Richtung gedrängt. In derselben schiefen Richtung liegen aber nun die Gelenke des Navikulare, der Kuneiformia usw., entsprechend der supinierten Stellung des ganzen Fußes.

Dazu kommt, daß auch der Kalkaneus erhebliche Differenzen zeigt. Die wesentlichste ist die abnorme Höhenentwicklung seines Processus anterior. Diesem Teil kommt bekanntlich die Hemmung der Pronationsbewegung zu, indem der Talus mit seiner seitlichen Ecke an ihm anstößt. Die Pronation ist durch die Erhöhung des Processus anterior schon aufgehoben, bevor sie soweit getrieben wird, daß der innere Fußrand den Boden berührt. Dagegen fehlt auf der Innenseite der Hemmungsapparat für die Supination, das Sustentaculum tali. Die Stellung des Talokalkaneusgelenks ist eine stark plantarflektierte und adduzierte. Die Längsachse des Knochens verläuft von hinten oben außen nach vorn innen unten; während der Fersenfortsatz dem äußeren Knöchel sehr nahe steht und das Ligamentum calcaneofibulare erheblich verkürzt ist, erscheint der Processus anterior stark einwärts gewendet.

Bezüglich der Weichteile hebt König nur die Verkürzung der Achillessehne und der übrigen Plantarflexoren und Supinatoren hervor, während die Antagonisten verlängert erscheinen. Auch erwähnt er die Spannung der Plantaraponeurose bei Hohlfußbildung. Eine ausgesprochene Muskelatrophie, besonders der Wade, fand er nur in den extremsten Fällen, wo das Dorsum pedis als Stützfläche benutzt wurde.

Professor Dr. Nasse bringt in der „Deutschen Chirurgie“ eine Zusammenstellung der Forschungen mehrerer Autoren über die pathologische Anatomie des angeborenen Klumpfußes und findet ebenfalls die Hauptveränderungen am Skelett. Er schreibt: Bei einem Klumpfuß höheren Grades ist der Vorderteil des Fußes hochgradig adduziert und supiniert. Die Fußspitze ist gesenkt und nach einwärts gerichtet, die Sohle schaut nach innen, der Fuß ruht, wenn er aufgesetzt wird, mit seiner lateralen Kante oder sogar mit dem Dorsum auf dem Boden auf. Die Stützpunkte des Fußes fand v. Meyer bei einer Reihe von Klumpfüßen bald in der Tuberositas metatarsi V, bald in dieser zugleich mit dem Os cuboidees oder auch dem Processus anterior calcanei. In hochgradigen Fällen können sogar die Rolle und der Hals des Talus als Stützfläche benutzt werden. Die wichtigsten Veränderungen betreffen die beiden Sprunggelenke und das Chopartsche Gelenk. Es handelt sich um eine perverse Form und Stellung des Talokrural- und des Talokalkanealgelenks im Sinne einer Plantarflexion und Adduktion und ferner eine perverse Form des Chopartschen Gelenks im Sinne einer Supination (Bessel-Hagen). Daher finden wir auch die wichtigsten Veränderungen der Knochenform am Talus und Kalkaneus.

Der Körper des Talus ist abgeplattet und nach hinten keilförmig zugespitzt. Die Talusrolle steht infolge einer Plantarflexion nur mit ihrem hinteren Teile noch mit der Tibia in Kontakt. An dem vorderen frei vorragenden Abschnitte der Rolle ist daher der Knorpel degeneriert, in dem hinteren Abschnitte aber wohl erhalten, ja er dehnt sich etwas weiter als normal nach hinten aus. Die Gelenkrolle ist daher nach hinten verlängert und zugleich etwas schmaler als sonst. Häufig stoßen die beiden Abschnitte des Gelenkknorpels unter einem stumpfen Winkel aneinander und bilden eine deutliche, quer verlaufende Kante auf der Rolle. Die übertriebene Plantarflexion des Talus hat Hueter mit Unrecht gelegnet. Kocher fand den Flexionswinkel zwischen Talus und Unterschenkel bis über 150° gesteigert, während physiologisch die Plantarflexion nur bis 130° möglich ist. Er fand ferner sogar den hinteren Abschnitt der Kapsel zwischen die Gelenkflächen mit hineinbezogen und zu einem schönen typischen Meniskus mit scharfem, vorderen Rande umgewandelt. Für die Veränderung der beiden seitlichen Gelenkflächen des Talus kommt außer der Plantarflexion noch die Adduktionsstellung in Betracht. Die Angaben über diese Veränderungen weichen etwas voneinander ab. Adams fand in jedem Falle den Körper des Talus nicht, wie er erwartet hatte, einwärts rotiert oder geneigt, sondern den Teil, welcher normalerweise in Kontakt mit der Malleolengabel ist, in größerer oder geringerer Ausdehnung auswärts rotiert, die Gelenklinie statt horizontal schräg nach aufwärts und außen zur Fibula hin gerichtet. Dementsprechend ist die Gelenkfläche für den Malleolus



nternus verkleinert, nahe dem hinteren Ende des Talus. Sie artikuliert mit dem Malleolus nur teilweise und unvollkommen. Kocher fand sie mit dem Malleolus durch fibröse Adhäsionen in ganzer Ausdehnung verschmolzen. Die äußere Gelenkfläche des Talus steht mit dem Malleolus externus in genauem Kontakt. Sie ist wohl entwickelt und nach Adams etwas größer als normal, da sie sich weiter nach hinten ausdehnt. Dieser Beschreibung widerspricht zum Teil die Angabe Kochers, welcher die Gelenkfläche für den Malleolus externus und den Knochenfortsatz, welcher sie trägt, nach vorn gegen den Talushals zu verschoben fand, so daß der hintere Rand der oberen Gelenkfläche nicht wie normal in denjenigen für den Malleolus externus überging, sondern zwischen beiden ein dreieckiges Stück Knochenfläche sich hineinschob.

Sehr wichtig sind die Veränderungen des Halses und des Kopfes des Talus. Der Hals ist auf seiner äußeren Seite verlängert und nach innen gerichtet (Adams, Hueter). Diese Veränderung des Talushalses ist wichtig, weil sie die Abknickung des Fußes im Chopartschen Gelenk bedingt. Die Gelenkfläche des Kopfes sieht mehr nach innen und abwärts als normal. Sie ist bisweilen in zwei Teile geteilt, welche unter stumpfem Winkel aneinander stoßen, von denen nur die größere innere Fläche noch mit dem Navikulare artikuliert, die äußere dagegen nur von einer dünnen Knorpelschicht bedeckt nach vorn frei steht. Das Navikulare ist also nach innen subluxiert.

Am Kalkaneus fand Adams nur unwesentliche Veränderungen. Hueter hob dagegen mit Recht die abnorme Höhenentwicklung des Processus anterior hervor. Durch diese wird die Pronation des Fußes abnorm früh gehemmt, ehe noch der innere Fußrand den Boden berühren kann. Umgekehrt steht das Sustentaculum tali, der Hemmungsapparat für die Supination abnorm tief oder fehlt ganz. Sehr wichtig ist ferner die Stellung des Kalkaneus, welcher ebenso, ja in noch stärkerem Maße wie der Talus plantarflektiert steht. Dies kann so weit gehen, daß die Tibia nur auf dem hintersten Teile des keilförmig zugespitzten Taluskörpers ruht und der Kalkaneus in großer Ausdehnung mit den Unterschenkelknochen artikuliert. Ferner ist der Kalkaneus im Sinne der Adduktion gedreht. „Während in der Norm die Längsachse des Kalkaneus mit derjenigen des Talus einen nach vorn offenen Winkel bildet, verläuft sie am angeborenen Klumpfuß gerade umgekehrt, nämlich, abgesehen von der schrägen Richtung nach abwärts, von hinten und außen nach vorn und innen. Der Processus anterior calcanei ist demzufolge nach einwärts gewendet, der Fersenfortsatz dagegen ganz nahe an den Malleolus externus herangerückt. Da außerdem der ganze Kalkaneus etwas lateralwärts verschoben ist, so ist auch das Ligamentum calcaneo-fibulare außerordentlich verkürzt und andererseits der Malleolus externus im Wachstum zurückgeblieben.“ Kocher macht ferner darauf aufmerksam, daß die Längsachse des Kalkaneus so verbogen ist, daß eine innere Konvexität entsteht. Hierdurch und durch die von Bessel-Hagen beschriebene Drehung der Achse wird es begreiflich, daß die Gelenkfläche für das Os cuboideum vollständig auf die mediale Seite verlegt ist.

Entsprechend der Stellungsveränderung des Kalkaneus zeigt auch die Drehungsachse des Talokalkanealgelenks eine gänzlich von der Norm abweichende Richtung. Die Gelenkfläche des Kalkaneus ist mehr einwärts gewendet, ihr Längsdurchmesser nach innen und unten gerichtet. Außerdem ist die Gelenkfläche konvex von vorn nach hinten gestaltet und durch wenig ausgesprochene Cristae in drei Teile geteilt. Die äußerste und höchst gelegene Fläche entspricht der Gelenkfläche für den Malleolus externus und die Tibia, die mittlere, welche besonders die Konvexität ausmacht, entspricht in ihrem vorderen Teil dem äußeren Teil der Talusaushöhlung, in ihrem hinteren der Tibia; die innere Fläche endlich, welche die vollständig atrophizierte Kalkaneusapophyse repräsentiert, entspricht den beiden unteren und inneren Teilen der Talusfazette. Diese Verhältnisse finden sich um so deutlicher, je älter der Klumpfuß wird (Hoffa).

Das Os cuboideum nähert sich nach Kocher von oben gesehen mehr einem Viereck, indem die vordere und hintere Gelenkfläche nach außen hin weniger konvergieren. Ferner ist seine Höhenentwicklung dadurch geringer, daß die Tuberositas, welche von hinten her den Sulcus für die Sehne des Peroneus longus begrenzt, weniger stark entwickelt ist, da die Sehne nach rückwärts verlagert ist und über die untere und äußere Fläche des Proc. ant. calcanei verläuft. Es ist nach innen abgewichen und beim Erwachsenen sogar auf den Kalkaneus subluxiert. Zugleich ist es so gedreht, daß seine dorsale Fläche zur vorderen oder sogar zur unteren geworden ist.

Das Os naviculare ist an der Innenseite, da, wo es im Bereich der Tuberositas dem vermehrten Druck ausweichen kann, dicker als normal, auf der Außenseite und namentlich an der Unterfläche, dagegen viel schmaler, so daß die vordere und hintere Gelenkfläche sich beinahe berühren und der Knochen eine mehr keilförmige Gestalt bekommt. Die Keilbeingelenkfläche des Navikulare erscheint medianwärts verrückt, während umgekehrt die Talusgelenkfläche mit ihrem medialen Ende viel weniger nahe an die Tuberosita, heranreicht.

Die Ossa cuneiformia stehen nicht nur in anderer Weise aneinander gereiht, mehr hinter als nebeneinander, sondern sie sind gleichzeitig in der Weise verbildet, daß die hinteren Gelenkflächen statt senkrecht schräg rückwärts verlaufen, so daß sie von oben sichtbar werden.

Schließlich weisen auch die Unterschenkelknochen eine erhebliche Anomalie auf. Die Tibia ist, wie schon Eschricht, Adams, Volkmann, Kocher u. a. betonen, in ihrem unteren Teile um ihre Längsachse einwärts rotiert. Dieser Drehung folgt auch die Fibula, so daß der Malleolus externus statt nach hinten außen nach vorn außen zu stehen kommt, indem die Querachse des Fußgelenks eine Richtung von hinten und innen nach vorn außen einnimmt. In der Regel ist die Fibula schwach entwickelt und gegen die Tibia gebogen, so daß das Spatium interosseum verringert ist. Die Rotation nach einwärts ist aber nicht ausnahmslos der Fall, vielmehr findet man bisweilen im Gegenteil eine Rotation der Unterschenkelknochen nach außen (Dubrenil, Redard). Ich habe dieselbe mehrfach konstatiert. Ferner findet man bei den sekundären, durch Uterusdruck entstandenen Klumpfüßen bisweilen nach außen konvexe Krümmungen der Unterschenkelknochen.

Die Weichteile des Klumpfußes sind im allgemeinen an der konkaven Seite des Klumpfußes geschrumpft und verkürzt, an der konvexen Seite gedehnt. Die Verkürzung findet sich also sowohl an der Konkavität des Fußes wie auch an der Wade. Die Gelenkbänder sind am meisten in der Gegend zwischen Malleolus internus, Kalkaneus, Talus, Navikulare und innerem Keilbein verkürzt. Die Schrumpfung der Sprunggelenkscapsel betrifft die hintere Fläche, eine Einstülpung der Kapsel an dieser Stelle gleich einem Meniskus haben wir schon erwähnt. An der vorderen Seite des Talokruralgelenks finden wir die Kapsel entweder gedehnt, indem die Ansatzstelle des Kapselbandes mit der vorderen Begrenzung der Talusrolle entsprechend der Plantarflexion nach abwärts gerückt ist, oder die Kapsel überbrückt straff den Spalt des Talokruralgelenks und inseriert sich nahe dem vorderen Rande der Tibifazette am Talus. Dann hat also eine Verlagerung der Kapselinsertion stattgefunden. Bessel-Hagen faßt dies als charakteristisch für den primären Klumpfuß auf.

Von den Muskelverkürzungen ist diejenige des Gastrocnemius am wichtigsten. Aber auch die Musculi tibialis anticus und posticus und die kurzen Sohlenmuskeln sind verkürzt. Desgleichen sind die übrigen Weichteile an der Konkavität geschrumpft. Am wichtigsten ist von diesen noch die Schrumpfung der Plantarfaszie und der Haut.

Die Sehnen am Fuß finden wir oft verlagert, entsprechend dem Grade der Deformität. So findet sich die Sehnenrinne des Peroneus rückwärts verlagert an der Außen- und Unterfläche des Processus anterior calcanei (Hueter, Kocher), statt an der Unterfläche des Os cuboideum. Die Sehne des Tibialis post. zieht über eine glatte Rinne von der Rückfläche der Tibia herunter an den Hinterrand des Malleolus int. Die Strecksehnen des Fußrückens sind meist medial verlagert und das Lig. fundiforme ist mit den Sehnen medialwärts gezerrt und verlängert. In anderen Fällen inseriert sich das Lig. fundiforme statt am Sinus tarsi auf der lateralen oder dorsalen Seite des Talushalses oder gar des Navikulare. Bessel-Hagen hält diese Verschiebung der Insertion wiederum für eine Eigentümlichkeit des idiopathischen Klumpfußes. Er fand ferner bei diesen Klumpfüßen Verlagerung der Ursprünge für die kleinen Fußmuskeln und abnorme Bandzüge an den Gelenken. Im übrigen weisen die Muskeln des kongenitalen, nicht paralytischen Klumpfußes in der Regel keinerlei Veränderungen auf. Nur selten findet man eine leichte intrauterin entstandene Atrophie (Bessel-Hagen), die wohl auf die mangelhaften Bewegungen des Fötusfußes zurückzuführen ist.“

Weitere Mitteilungen über Anatomie des angeborenen Klumpfußes sind mir nicht bekannt. Die Arbeiten von Balli und Bonnet waren mir nicht zugänglich.

Wenn ich diese Angaben nochmals überblicke und die Hauptpunkte hervorhebe, so komme ich zu folgender Zusammenstellung: Die Unterschenkelknochen sind nach Ansicht der Autoren in ihrem unteren Teil meist nach einwärts rotiert und wenig ausgebildet. Die laterale Fußkante, die Kleinzehenseite, dient als Stützfläche, in hochgradigen Fällen der Fußrücken. Die Höhlung der Fußsohle ist sehr stark ausgeprägt, die Fußspitze adduziert und plantarflektiert.

Der Kalkaneus ist verdreht, seine laterale Seite zeigt nach außen unten, die mediale nach innen oben. Der Processus anterior calcanei der Autoren (die gegenwärtige anatomische Nomenklatur kennt diesen Ausdruck nicht; gemeint kann nur der vordere seitliche Teil des Kalkaneuskörpers sein) ist abnorm hoch, das Sustentakulum fehlt. Der Fersenhöcker sieht nach medial, ist abgeflacht, verbreitert und keilförmig zugeschärft.

Auf die Veränderungen des Talus wird allseitig der Hauptwert gelegt. Er ist abgeplattet, nach hinten keilförmig zugespitzt, die Rolle deutlich stumpfwinkelig geknickt: Der Taluskörper ist stark verkürzt, das Kollum auf der Außenseite hochgradig verlängert, auf der Innenseite verkürzt. Dadurch ist die Achse des Halses median-plantarwärts gerichtet.

Das Navikulare hat keilförmige Gestalt, ist im ganzen verdickt, die äußere untere Partie schmaler als normal, so daß sich hier die Gelenkflächen nahezu berühren. Der Knochen ist in der Regel nach ein- und aufwärts vom Caput tali subluxiert.

In der Beschreibung der Gelenke stimmen die Ansichten der Autoren nicht völlig überein. Die falsche Form und Stellung des unteren Sprunggelenks und des Chopartschen Gelenks im Sinne der Supination, Adduktion und Plantarflexion erwähnen alle. Hoffa und Bessel-Hagen glauben das obere Sprunggelenk auch dabei beteiligt, während Hueter eine wesentliche Teilnahme desselben leugnet. Nach König ist das Talokruralgelenk zu klein für die Aufnahme des Talus.

Das ovale Talonavikulargelenk ist infolge der Veränderung des Talushalses aus seiner normalen horizontalen Lage in eine schief von innen oben nach außen unten verlaufende Richtung gedrängt. Das Kalkaneokuboidgelenk ist durch die Drehung des Kalkaneus vollständig auf die mediale Seite verlagert. In der Artikulation des Os cuboides mit dem Metatarsale V ist das Os metatarsale nach unten und hinten abgewichen.

Von abnormen Gelenkbildungen heben Hueter und Hoffa ein Tibionavikulargelenk zwischen dem Innenrand des Os naviculare und dem Vorderrand des Malleolus medialis hervor. Hueter erwähnt außerdem noch ein Kalkaneofibulargelenk zwischen dem hinteren Rand des Malleolus lateralis und der Außenfläche des Kalkaneus. Ferner fanden Hoffa und Nasse öfter einen Diskus, der durch Einklemmung der Kapsel des oberen Sprunggelenkes zwischen Tibia und Talus entstanden war.

Eine eingehende Besprechung der Muskeln vermissen ich bei sämtlichen Autoren. Sie erwähnen nur die Verkürzung der Plantarflexoren und Supinatoren, besonders der Achillessehne und deren strangartiges Vorspringen, so-

wie die Verlängerung der Antagonisten. Hoffa und Kocher weisen auf die Verlagerung der Strecksehnen über dem Fußrücken nach der medialen Seite hin. Hueter, Nasse und Hoffa heben den abnormen Verlauf der Sehne des *M. peronaeus longus* über eine Rinne am Kalkaneus hervor. König und Nasse betonen die Spannung der Plantaraponeurose. Alle fanden häufig eine deutliche Atrophie, besonders der Wadenmuskulatur, namentlich in extremen Fällen, wo der Fußrücken als Stützfläche benutzt wurde.

Beim Vergleich meines Falles mit der Literatur finde ich als grundsätzliche Verschiedenheiten in meinem Falle:

1. Außenrotation und Hyperplasie der unteren Enden der Unterschenkelknochen gegenüber der in der Literatur meist beschriebenen Innenrotation und mangelhaften Entwicklung.

2. Berührung, wahrscheinlich Gelenkbildung, zwischen Tibia und Kalkaneus, was sonst nicht angegeben wird. Trotz dieser Verschiedenheiten in der Stellung und Entwicklung der Unterschenkelknochen stimmen die Veränderungen an den Fußknochen, die ich festgestellt habe, mit den Angaben der Literatur ziemlich überein. Nur der Taluskörper erscheint im Röntgenbild in die Länge gezogen, während ihn die Autoren verkürzt fanden. Abweichend von diesen zeigt mein Präparat ferner den Fortsatz des Naviculare gegen die Tibia hin und die breite, dreieckige laterale, hier untere Fläche des Metatarsale V mit der mächtigen Tuberositas. Neben der abnormen Rinne für die Sehne des *M. peronaeus longus* im Kalkaneus ist auch die normale Rinne im Kuboid vorhanden, was sonst nicht der Fall zu sein scheint.

Im Gegensatz zu den spärlichen Angaben in der Literatur habe ich, wie oben geschildert, eine ganze Reihe Abweichungen der Weichteile von der Norm gefunden. Doch sind die wichtigsten Veränderungen, die starke Entwicklung der verschobenen Peronaeussehne, die Verlagerung der verkürzten Achillessehne nach innen auch dort erwähnt. Eine deutliche Atrophie der Unterschenkel, namentlich der Wadenmuskulatur, die sonst häufig vorkommen soll, besteht hier nur beim *M. flexor hallucis longus*, der durch die bindegewebige Unterbrechung seiner Sehne in dem oben genannten Knick vollkommen außer Funktion gesetzt ist.

Mein Fall unterscheidet sich also, soweit ich sehe, von den beschriebenen besonders darin, daß die Fibula als hinterer und lateraler Standknochen mit als Stützpunkt des abnormen Fußgewölbes in Betracht kommt, während sie in den übrigen Fällen meist nach vorn verschoben den Boden nicht berührt zu haben scheint. Ob diese beiden Formen ätiologisch verschieden sind, muß ich unentschieden lassen. Es wäre denkbar, daß die primäre Störung nicht stets in den Fußwurzelknochen, sondern zuweilen in der abnormen Stellung der Unterschenkelknochen liegt.

## II. Physiologischer Teil.

### a) Kurze Übersicht über die Funktionen der Sprung- und Fußgelenke und der Muskeln.

In der Darstellung der normalen Gelenkverhältnisse und ihrer Funktionen folge ich dem Lehrbuch von Gegenbaur und dem Handbuch der „Anatomie

und Mechanik der Gelenke“ von Fick und stelle nur die wichtigsten Tatsachen nach diesen Autoren kurz zusammen.

Das obere Sprunggelenk wird normalerweise gebildet vom Talus und den beiden Unterschenkelknochen. Seine Hauptfunktion besteht in der Auf- und Abwärtsbewegung des Fußes gegen den Unterschenkel; es bildet also beim Gehen einen der Hauptfaktoren. Daneben ist aber zu betonen, daß beim Lebenden weder beim Stehen noch beim schwebenden Fuß Bewegungen des Talokruralgelenks allein ausgeführt werden können, weil kein einziger Muskel am Sprungbein ansetzt. Als Fußheber wirken: *Tibialis anterior*, *Extensor digitorum longus*, *Peroneus III*, *Extensor hallucis longus*; als Fußsenker: *Gastrocnemius Soleus*, *Flexor hallucis longus*, *Peroneus longus*, *Tibialis posterior*, *Flexor digitorum longus*, *Peroneus brevis*. Die Aufwärtsbewegung wird meist durch die Anspannung der Achillessehne begrenzt, oft aber erst durch Anstoßen des vorderen Schienbeinrandes am Sprungbeinhals. Auch die Plantarwärtssenkung des Fußes kann oft bis zum Anstoßen des hinteren Schienbeinrandes am hinteren Sprungbeinfortsatz ausgeführt werden; manchmal hemmen jedoch auch schon die Vorderwand der Kapsel, sowie der Vorder- und Mittelstrang des lateralen Seitenbandapparates die Fußsenkung. In Normalstellung macht der Winkel zwischen der Längsachse des Fußes und der des Unterschenkels 90°; bei äußerster Aufwärtshebung des Fußes oder Vorbeugung des Unterschenkels beträgt er etwa 70°, bei äußerster Senkung des Fußes im oberen Sprunggelenk 120—140°.

Als unteres Sprunggelenk bezeichnet man die drei Gelenkverbindungen zwischen Sprung- und Fersenbein, sowie die zwischen Sprung- und Kahnbein zusammen. Eine isolierte Bewegung in einem dieser Gelenke gibt es nicht; vielmehr kommen bei den Bewegungen in diesem Talotarsalgelenk alle Gelenkflächen des Talus mit Ausnahme der oberen Rollgelenkfläche in Benützung. Es handelt sich dabei immer um eine Kombination von Adduktion mit Supination und Plantarwärtssenkung oder umgekehrt von Abduktion mit Pronation und Aufwärtsbeugung. Die Hemmung der Einwärtskantung (Supination usw.) erfolgt durch Anstoßen des Sustentakulum am medialen Teil des *Processus posterior tali* und durch Anspannung der vorderen Teile des Zwischenknochenbandes. Die Auswärtskantung (Pronation usw.) wird durch Anstoßen der vorderen lateralen Ecke des Sprungbeinkörpers auf dem Boden der Tarsusbucht gehemmt, sowie durch Anspannung des hinteren Teiles des Zwischenknochenbandes.

Die *Articulatio calcaneo-cuboidea* bildet mit der *Articulatio talonavicularis* zusammen das Chopartsche Gelenk. Auch hier kommt für die Bewegungen die Adduktion mit Plantarflexion und Supination oder die Abduktion mit Dorsalflexion und Pronation in Betracht. Als Hemmapparate sind hier die starken Bänder anzusprechen, welche die Gelenke von allen Seiten einschließen. Die Bewegungen im Chopartschen Gelenk wirken mit denen im unteren Sprunggelenk zusammen und wir können daher beide zu einer physiologischen Einheit zusammenfassen. Als Einwärtskanter dienen beiden Gelenken: *Tibialis anterior*, *Tibialis posterior*, *Flexor digitorum longus*, *Flexor hallucis longus*; als Auswärtskanter: *Peroneus III*, *Peroneus longus* und *brevis*, *Extensor digitorum longus*. Bei der Supination ist am Chopartschen Gelenk noch beteiligt der *Extensor hallucis longus*, am unteren Sprunggelenk der *Gastrocnemius* und der *Soleus*, bei der Pronation im unteren Sprunggelenk der *Extensor hallucis longus* und der *Tibialis ant.*

Im Lisfranceschen Gelenk, der Verbindung zwischen den vorderen Fußwurzelknochen und den Metatarsalknochen ist nur im Gelenk des 1. und des 5. Mittelfußbeins eine geringe Bewegung möglich, und zwar Ab- und Adduktion. Erstere erfolgt durch den *Abductor hallucis* und den *Abductor digiti V*, letztere durch den *Adductor hallucis*, durch die Ursprungsköpfe der entsprechenden dorsalen Interossei und durch die Zehenbeuger.

## b) Anpassungen der Gelenke und demgemäß der Muskeln an die neuen Verhältnisse.

Vergleichen wir hiermit die Befunde in unserem Präparat, soweit sie durch passive Verschiebungen an dem in den Weichteilen steckenden Skelett festzustellen sind:

Die Bewegungen im oberen Sprunggelenk sind fast aufgehoben; sie spielen auch keine wesentliche Rolle, da die Dorsal- und Plantarflexion hier ersetzt wird durch Heben der inneren und Senken der äußeren Kante des Fußes. Diese Bewegungen finden augenscheinlich statt in dem neugebildeten Kalkaneo-tibialgelenk. Der Exkursionswinkel dafür beträgt hier nur  $10^{\circ}$  statt der Grenzen von  $60-70^{\circ}$ , in denen sonst Dorsal- und Plantarflexion im oberen Sprunggelenk erfolgt. Als Heber wirken: Tibialis anterior, Extensor hallucis longus, Extensor digitorum longus, Flexor digitorum longus, Tibialis posterior, Peronaeus III; als Senker: Peronaeus longus und brevis, Gastrocnemius und Soleus. Die Aufwärtsbewegung des Fußes wird durch das neugebildete Tibionavikulargelenk begrenzt, die Abwärtsbewegung durch Anspannen der Bänder zwischen Tibia und Navikulare, vor allem aber dadurch, daß sich sehr bald nach Beginn der Bewegung die Fibula gegen den verschobenen Talus anstemmt.

So gut wie ganz aufgehoben sind die normale Pronation und Abduktion durch Anstemmen des herausgedrängten Taluskörpers an den lateralen Vorsprung der Tibia und an das mächtige Fibulaende. Soweit diese Bewegungen aber möglich sind, erfolgen auch sie durch Verschiebung zwischen Kalkaneus und Tibia, so daß dieses neugebildete Gelenk in seinen Bewegungen nicht scharf präzisiert ist. Andererseits läßt sich die Adduktion und Supination, in der der Fuß sich schon in hohem Grade befindet, noch steigern, und zwar hauptsächlich ebenfalls wieder durch Bewegungen in diesem Gelenk. Dazu trägt aber auch noch die Tatsache bei, daß der äußere Fußrand, der auf dem Boden aufruht, medianwärts verschoben werden kann, indem das mächtige Os metatarsale V in der Lisfrancschen Gelenklinie ein wenig unter das Os metatarsale IV treten kann, d. h. durch eine Oppositionsbewegung des Kleinzehenrandes. In diesem Gelenk ist außer der eben genannten Oppositionsbewegung auch eine Adduktion und Abduktion möglich, wodurch das Aufheben der zum Gehen dienenden äußeren Fußkante begünstigt wird. In diesem Gelenk, das wir demnach als eine Art zweiachsigen Gelenkes bezeichnen dürfen, hat sich somit eine für den Mechanismus dieses Fußes sehr erhebliche Wirkung ausgebildet. Auch die Beweglichkeit des benachbarten Os metatarsale IV gegen das Os cuboides ist in ähnlicher Weise gesteigert. Für diese Bewegungen kommen hier in erster Linie der Peronaeus brevis und der sehr kräftige Abductor digiti V, sodann auch der Opponens und Flexor digiti V in Betracht.

Fassen wir also das Wesentliche dieser funktionellen Betrachtungen zusammen, so ergibt sich, daß der Gebrauch des Fußes einzig auf der Bewegung in zwei Gelenken beruht hat, und zwar 1. einem neugebildeten zwischen Tibia und Kalkaneus und 2. in dem auch normal vorhandenen, aber gegen die Norm beträchtlich freieren Gelenk zwischen Os cuboides und Os metatarsale V. Es würde sich dabei gleich bleiben, wenn die Untersuchung des mazerierten Präparates etwa ergeben würde, daß es sich zwischen Tibia und Kalkaneus nicht um ein echtes Gelenk, sondern nur um eine bewegliche Aneinanderlagerung mit dazwischen gelagerten, diskusartigen Weichteilen, etwa der Kapsel des oberen Sprunggelenkes, handelt. Dies genau zu entscheiden, war mir, wie gesagt, nicht möglich.

### III. Morphologische Betrachtungen.

Das beschriebene Präparat liefert ein vorzügliches Beispiel dessen, was man „funktionelle Anpassung“ nennt. Die Knochen erweisen sich in ihrer Form als sehr wandlungsfähig und können miteinander neue Gelenke bilden, vorhandene Gelenke vermögen sich in unerwarteter Weise umzubilden, die Sehnen werden dicker oder schwächer, so wie es die Sachlage erfordert. Die Ligamente bilden neue Hüllen, Scheiden und Befestigungen, kurz der ganze Mechanismus dieses Fußes ist eine in ihrer Art vollendete Organisation. Man kann mit Sicherheit behaupten, daß solche Anpassungen das individuelle Leben der einzelnen Organismen durchaus beherrschen. Zu weitgehenden Verallgemeinerungen liegt daher angesichts eines Befundes, wie des hier beschriebenen, aller Anlaß vor. Es ist gar keine Frage, daß sich z. B. jeder Schädel im Leben unter der Einwirkung irgendwelcher äußeren Umstände umbilden kann, hat man doch z. B. das gehäufte Vorkommen von Kurzköpfigkeit in Gebirgsgegenden auf äußere Einflüsse zurückzuführen versucht. Aus einem Fall wie dem hier beschriebenen, lernen wir, wie groß die Reaktionsfähigkeit, die sogenannte Reaktionsbreite des Körpers, d. h. eigentlich seines Keimplasmas ist. So sehr indes ein solcher Befund zu theoretischen Verallgemeinerungen anregt, so wenig ist er dennoch von grundsätzlicher Bedeutung für das Verständnis der Umbildungsvorgänge im Tierreich, weil wir über den Kernpunkt, nämlich über die Bedingungen, unter denen sich die Reaktionsnorm erblich ändert, gar nichts wissen. Da die Ansicht, daß sich somatogene Veränderungen nicht vererben und daß plastogene Veränderungen zu den sie bewirkenden äußeren Ursachen sicherlich nicht in einem korrespondierenden Verhältnis stehen — da diese Ansicht erhebliche Wahrscheinlichkeit besitzt, so ist die Frage nach der Entstehung der erblichen, zweckmäßigen Einrichtung des tierischen Körpers noch immer unbeantwortet.

Aber von einer anderen Seite her regt unser Präparat zu einer einleuchtenden Betrachtung an. Wäre nämlich das gesamte uns bekannte Menschengeschlecht in prähistorischer und historischer Zeit nie anders als auf der äußeren Fußkante gegangen, wären mithin keine anderen Einrichtungen als die hier beschriebenen gegeben, so müßten wir zweifellos in ihnen ein ungemein zweckmäßig eingerichtetes Fußgebäude erblicken. Wir würden diese Zweckmäßigkeiten und Anpassungen bis ins Detail hinein, bis in die Spongiosastruktur und die Sehnenarchitektur zum Ausdruck kommen sehen und den Mechanismus der Natur aufs höchste bewundern. Wir würden vielleicht sogar 2 Rassen von gleicher Zweckmäßigkeit unterscheiden können, solche mit auswärts und solche mit einwärts gedrehten Unterschenkelknochen, die man dann als „prätibiale“ und „posttibiale“ Rasse bezeichnen könnte. Würde nun plötzlich ein Individuum durch irgend welche Einflüsse dazu gelangen, mit der ganzen Fußsohle aufzutreten, so würde sicher die ganze uns als so überaus zweckmäßig gebaute Gewölbestruktur unseres eigenen Fußes dann als abnorm, wenn auch als funktionell angepaßt erscheinen. Eine solche Erwägung zeigt, daß die Zweckmäßigkeit der Natur, die wir bewundern, eigentlich nur ein einziger verwirklichter Fall unter unzähligen Möglichkeiten ist, die wir aber deswegen nicht in Betracht ziehen können, weil es für die Naturwissenschaft keine „möglichen“, „poten-

tiellen“ Organismen gibt, sondern nur reale Wesen. Es kennzeichnet Zweckmäßigkeit also eigentlich nichts anderes, als die Fähigkeit jedes Elementes, sich durch unmittelbare, direkte Bewirkung gewissen Umständen anzupassen, während das „einem Zweck dienstbar sein“ dabei erst von uns selbst in den Sachverhalt hineingesehen und hineingedacht wird, insofern wir die Norm der Zustände, mit der wir unseren eigenen Körper und seine Bedürfnisse vor allem identifizieren, als einzigen Maßstab besitzen. Dann fällt auch der Begriff des Dysteleologischen, da wir in diesem Falle naturwissenschaftlich nur von Reaktionen sprechen können. Daß der Nervus medianus oft unter einer oberflächlich entfalteten Brachialis liegt, würde als dysteleologisch sofort bezeichnet werden, wenn etwa häufig Verletzungen an der Arterie vorkämen; in Wirklichkeit ist es nur eine von zahlreichen möglichen Reaktionen, die nicht der Norm entsprechen. Ganz mit Unrecht hat man daher auch in der Natur von „fehlgeschlagenen Anpassungen“ gesprochen (Abel, Paläobiologie). Auch das sind nur Reaktionen, die der Norm nicht entsprechen, mit denen jene Tiere aber genau so ihr Leben haben fristen können, wie der Besitzer unseres Präparates mit seinem Klumpfuß gegangen ist. In der Natur gibt es nur Reaktionen, die Zweckmäßigkeit existiert nur in unserem Kopf.

---

Am Schluß der Arbeit erlaube ich mir, Herrn Prof. Dr. Schultze verbindlichst zu danken für die gütige Erlaubnis in den Räumen der Anatomie zu arbeiten.

Zu besonderer Dankbarkeit bin ich Herrn Prof. Dr. Lubosch für die Stellung des Themas, die Überlassung des Präparates und die vielfache freundliche Unterstützung bei dieser Arbeit, sowie Herrn Dr. Dahl für die Ausführung der Röntgenbilder verpflichtet.

---