

ständigem Wege entstehenden Keimdrüsen waren hinsichtlich Entwicklung und stattgehabter Function auf beiden Seiten völlig gleich und normal.

---

## XXIV.

### Besprechung.

---

Hugo Hieronymus Hirsch, Die mechanische Bedeutung der Schienbeinform. Mit besonderer Berücksichtigung der Platyknemie. Ein Beitrag zur Begründung des Gesetzes der functionellen Knochengestalt. Mit einem Vorwort von Prof. Dr. Rudolf Virchow. 8. Berlin, bei Julius Springer. 129 S. Mit 3 Tafeln und 24 Textfiguren.

Der Gedankengang des Verf.'s ist vielleicht am einfachsten durch Erörterung eines Anhangs (S. 122—125) zu erläutern, der eine Erklärung der spitzen Atrophie der Knochenstümpfe amputirter Gliedmaassen durch das Gesetz der functionellen Knochengestalt versucht. Jeder Chirurg macht die unliebsame Erfahrung, dass die frei herabhängenden Amputationsstümpfe, z. B. des Oberarms oder Unterschenkels, mit der Zeit atrophisch werden und zugespitzt endigen, wenn sie im Anfange auch noch so schön cylindrisch gewesen waren. Natürlicherweise ist das sehr lästig für den Amputirten, wie für den Arzt, denn auf den spitzen Stumpf, der fortwährend seine Gestalt geändert hat, wollen die künstlichen Glieder nur mangelhaft passen. Wie bekannt, hat man in verschiedener Weise versucht, diesem Uebelstande abzuweichen, worauf hier nicht weiter eingegangen werden kann.

Die ältere Chirurgie pflegte die lästige Erscheinung aus dem sog. Muskeltonus zu erklären. Nicht nur das untere Ende des amputirten Röhrenknochens wird spitz, sondern die Weichtheile alle nehmen in mehr oder weniger ausgeprägter Weise eine analoge, distalwärts vom Rumpfe weg zugespitzte Gestalt an. Die amputirten Muskeln haben ihre Insertionen zunächst verloren, aber sie erhalten eine neue gemeinschaftliche in der Narbe der Amputationswunde. Anfangs verlaufen sie daher gebogen, folgen von oben her dem Cylindermantel des Amputationsstumpfes und biegen sich nach dessen Axe zur Narbe hin. Mehr und mehr strebt ein solcher Muskel vermöge seines vitalen Tonus, nicht etwa nur zufolge seiner im physikalischen Sinne geringen, d. h. leicht zu überwindenden Elasticität, der geraden Linie zu. Natürlich wird dabei ein Druck auf die Blutgefäße am freien Ende des Stumpfes ausgeübt. Bei einer Eidechse wächst der amputirte Schwanz nach, beim Menschen spriest — leider — aus dem Ende des Oberschenkelstumpfes

kein neuer Unterschenkel hervor, obgleich im Anfange der Stumpf so viel Blut erhält, wie früher das ganze Bein, da ja der Querschnitt der A. femoralis sich nicht ändert. Der permanente Muskeldruck zusammen mit der Narbencontraction macht die Blutgefässe leerer, daher atrophiren die von den Gefässen des Periosts ernährten Knochen, ferner die Haut und das Fettgewebe mit Ausnahme des elastischen Gewebes und schliesslich die Muskeln selbst.

Bei dieser Theorie kommt sehr wenig darauf an, welchen Begriff man mit dem Ausdruck „Muskeltonus“ verbinden will. Früher galt als Ursache desselben eine dauernde Anregung der Muskelfasern zur Contraction, die von den nervösen Centralorganen ausgehen und so lange dauern sollte, als die Leitung in den motorischen Nerven bis zur Muskelfaser ununterbrochen bestand. Heute weiss man, dass ein solcher directer Einfluss der Centralorgane nicht existirt. Vielmehr handelt es sich um eine reflectorische, von den sensiblen Nerven der Extremität vermittelte Erregung. Dies zeigt ein bekannter Versuch am decapitirten Frosch. Hängt man letzteren senkrecht auf, so bilden unten die herabhängenden Beine ein Trapez: die Kniee sind in einem stumpfen, medianwärts offenen Winkel gebogen. Durchschneidet man nun an einer Seite die Nervenstämme des Plexus lumbosacralis, so hängt das betreffende Bein fast senkrecht herab, während das andere im Knie gebogen verharrt, so lange die sensiblen Nerven der Extremität leistungsfähig bleiben. Die permanenten Reize der Atmosphäre, der Austrocknung der Haut u. s. w., sind es also, welche die reflectorische, früher Tonus genannte Erregung im Gange halten.

Der Verfasser beschränkt sich nun darauf, die resultirende Form des Knochenstumpfes, ohne Rücksicht auf die Weichtheile, zu erklären. Dazu genügen ihm die bekannten Gesetze der Mechanik. Der hängende Knochenstumpf wird nicht mehr durch Körpergewicht und Muskelspannungen auf Strebefestigkeit, Biegungsfestigkeit u. s. w. beansprucht. Jedoch fehlt keineswegs jede Art von Beanspruchung: an den einzelnen Querschnitten des Knochenstumpfes zieht das Gewicht des distalen Stumpftheiles. Der Knochenstumpf erfährt also eine Zugbeanspruchung, welche im Ganzen quantitativ erheblich geringer ist, als die frühere Beanspruchung, welche zugleich dadurch noch besonders gekennzeichnet ist, dass sie für die einzelnen Querschnitte distalwärts noch immer kleiner wird, um am distalen Ende so zu sagen gleich Null zu werden.

Nun sind hier die erforderlichen „Grundbegriffe aus der Festigkeitslehre“ darzulegen, eine ebenso leichte Aufgabe, wie sie in diesem Falle die Analyse der Beanspruchung vorstellt.

Die Zugfestigkeit eines Körpers in einem bestimmten Querschnitt ist proportional der Grösse des letzteren. Ein in allen seinen Querschnitten gleichmässig auf Zug beanspruchter Körper muss, im Interesse der günstigsten Materialverwendung, überall den gleichen Querschnitt besitzen.

Erfährt dagegen ein Körper nach dem einen Ende zu eine stetig kleiner werdende Zugbeanspruchung, so liegt dann die günstigste Materialverwendung

vor, wenn auch die Querschnitte des Körpers in der gleichen Richtung entsprechend kleiner werden. Verjüngt sich solcherweise die Form des Körpers nach der betreffenden Richtung, so wird bei erfolgreicher Zugbeanspruchung das Material wieder in allen Querschnitten gleich stark ausgenutzt, man hat einen Körper von gleicher Zugfestigkeit vor sich.

Demnach muss ein herabhängender Knochenstumpf, wenn der lebendige Knochen die Eigenschaft besitzt, sich seiner Function in der vollkommensten Weise anzupassen, einmal im Ganzen atrophisch werden, da seine Beanspruchung im Ganzen sehr erheblich kleiner geworden ist, dann aber auch noch gegen das Ende zu immer stärker atrophisch, also spitz werden, da die verbliebene Zugbeanspruchung nach dorthin immer kleiner wird.

Die fragliche Erscheinung bedeutet also keineswegs einen pathologischen Zustand in dem Sinne, wie ihn ein entzündlich oder geschwulstartig veränderter Knochen darbietet; sie bedeutet vielmehr die physiologische Reaction des Knochengewebes auf die pathologische Veränderung seiner Function. Denn die spitze Atrophie der Knochenstümpfe amputirter Gliedmaassen ist im Sinne des Gesetzes der functionellen Knochengestalt dahin zu erklären, dass solcherweise ein hängend getragener Knochenstumpf die Eigenschaften eines Körpers von gleicher Zugfestigkeit erhält.

Diese hier als Beispiel ausgewählte Deduction des Verfassers ist einfach, klar und überzeugend, sie entspricht den Grundsätzen der Mechanik und muss richtig sein, wenn die Voraussetzungen sämtlich zutreffen. Ebenso verhält es sich, wie gleich hier bemerkt werden mag, mit den übrigen Untersuchungsergebnissen, die, anstatt eines möglichst wenig complicirten, gleichsam experimentellen, pathologischen Falles, eben des ursprünglich cylindrischen, nur einen Röhrenknochen enthaltenden Amputationsstumpfes, sich auf die schwierigeren Verhältnisse der normalen Tibia beziehen.

Unter den gegebenen Voraussetzungen befindet sich das Gesetz der functionellen Anpassung des Knochens an seine Function, worin dann die günstigste, d. h. sorgsamste Materialverwendung mit enthalten ist. Hierbei kann von einem „Gesetz“ nur dann die Rede sein, wenn die gesammte Knochengestalt eine functionelle Bedeutung besitzt, wenn ausschliesslich die functionellen mechanischen Einflüsse die Gestaltung der Knochen bestimmen. Man kann nun diese Formen als rein functionell betrachten, ohne die Bedeutung der Vererbung zu verkennen. Letztere bestimmt gleichsam in groben Zügen die Umrisse des Skelets, indem sie die Bahnen der Beanspruchung, welcher sich die Knochen in ihrer Form anpassen, von vornherein im Wesentlichen festlegt. Von der individuellen Lebensweise hängen dann die speciellen Eigenthümlichkeiten der Beanspruchung der einzelnen Knochen ab und durch Anpassung hieran entstehen die feineren Eigenthümlichkeiten der Knochenformen. Sonach bedingen Vererbungs- und Anpassungsvorgänge zusammen die functionelle Gestalt der Knochen.

Wie Virchow in seinem Vorwort zu der Schrift des Verfassers bereits hervorgehoben hat, scheidet letzterer die mechanischen Einflüsse, welche auf die Knochen einwirken, in functionelle und nicht functionelle. Zu den

ersteren sind zu zählen: die an den Gelenkflächen angreifenden Druckkräfte und die von den Ansatzpunkten der Muskeln und Bänder aus einwirkenden Zugkräfte; beide verändern die Gestalt der Knochen. Nicht aber thun dies die nicht functionellen Einflüsse, z. B. der Druck dem Knochen anliegender Weichtheile. Daher graben sich nicht etwa die Sehnen ihre Sulci in die Knochen, sondern es entstehen solche Furchen durch ein seitliches Hervortreten von Knochenmaterial aus dem Grundumriss des Querschnittes heraus, in Folge dort angreifender Zugkräfte.

Ref. sieht nicht ein, wozu es nöthig ist, hier auf Zugkräfte zu recurriren. Die Sehne oder das Blutgefäß ist doch entwicklungsgeschichtlich früher da, als der Knochen; erstere werden ganz (*Canalis caroticus*) oder halb (*Canalis infraorbitalis*, *Canalis musculi tensoris tympani*) vom Knochen umwachsen; hat letzteres nur in geringem Maasse erst angefangen, so haben wir eine Rinne oder einen *Sulcus*. Es dürfte dem Anatomen, bezw. Physiologen sehr schwer fallen, Zugkräfte nachzuweisen, welche einander, sowie den Rändern der Rinne parallel, und zugleich senkrecht auf letztere wirkend, diese Ränder gleichsam hervorwölben.

Entsprechend der obigen Erklärungsweise leitet der Verfasser die Entstehung der Sesambeine davon her, dass die Sehnen an den betreffenden Stellen zugleich einen starken Druck gegen die knöcherne Unterlage auszubalten haben. Es ist nemlich die Zugfestigkeit der Sehnen und Bänder zwar beträchtlich, nicht aber ihre Druckfestigkeit.

Man kann hiergegen nicht wohl einwenden, dass die vom Verfasser angezogenen Beispiele von Sesambeinen, z. B. des *Os pisiforme*, der Knorpel in der Sehne des *M. peroneus longus*, eine sehr verschiedene Bedeutung haben, insofern sie nicht ohne Grund als Rudimente eines 6. Strahles (Fingers u. s. w.) betrachtet zu werden pflegen. Denn sie könnten vererbte, entwicklungsgeschichtliche Reste darstellen und doch eine mechanische Bedeutung bewahrt oder erst erlangt haben.

Wie dem sei, jedenfalls hat der Verfasser bei aller Sorgfalt seiner Unterscheidung der Wirkungen einerseits von starkem, andererseits von schwachem Drucke auf die Knochen, wie es scheint, nicht ausreichend die Differenzen zwischen permanentem und intermittirendem Drucke berücksichtigt. Die alte Chirurgie lehrte, dass ersterer Atrophien, letzterer Hyperplasien bedinge, und citirte als Beispiel Aneurysmen der Aorta einerseits und Hühneraugen andererseits. Denn kleine, kurzdauernde Relaxationen, wie sie die Pulsschwankungen bedingen, können den permanenten Druck, in diesem Falle auf die Wirbelkörper, nicht zu einem intermittirenden machen. Schon weil die Zellen der Gewebe so schnell nicht reagiren.

An dem sehr genau untersuchten Beispiele der Tibia zeigt nun der Verfasser in exacter Weise die Durchführbarkeit seiner oben angedeuteten Principien. Zahlreiche experimentelle Messungen der mechanischen Eigenschaften der Tibia, ihrer Biegezugfestigkeit in verschiedenen Richtungen und Analysen ihrer Querschnitte werden mitgetheilt. Als Resultat ergibt sich, dass die Biegung medianwärts (der Verfasser schreibt medialwärts),

leichter erfolgt, als lateralwärts. Auch die individuellen Verschiedenheiten der Schienbeinform, sowie die von Neugeborenen bis zum 2. oder 3. Lebensjahre werden erörtert und schliesslich ausführlich eine viel discutierte, eigenthümliche Gestaltung der Tibia.

Platyknemie nennt man bekanntlich jene Form der Tibia, wobei der Längenbreitenindex ihres Querschnittes weniger als etwa 70, z. B. nur 50 beträgt. Diese bei Negritos, Weddas auf Ceylon, aber auch bei Skeletten aus der jüngeren Steinzeit gefundene, merkwürdige Eigenthümlichkeit ist auf sehr verschiedene Weise zu erklären versucht worden. Broca hatte die Platyknemie für ein pithecoides Merkmal, eine Eigenthümlichkeit niederer Menschenrassen, gehalten. R. Virchow (1882) zeigte dagegen, dass sie auch bei höher stehenden Stämmen vorkommt und dass sie z. B. alt-trojanischen Kinderskeletten fehlte, während die Tibien von Erwachsenen sie aufwiesen. Sie hat also nur den Werth einer individuell erworbenen Eigenschaft, die sich bei jeder Bevölkerung entwickelt, welche in einem gewissen starken und einseitigen Maasse ihre Unterschenkelmuskeln gebraucht.

Hirsch findet nun, dass die platyknemische Tibia nicht nur in sagittaler Richtung ausgedehnter, in transversaler schmaler, sondern auch, dass ihre compacte Substanz hinten und vorn verstärkt ist. Eine solche Form erscheint geeigneter für vermehrtes Gehen, Laufen und Springen, und je mehr die Beine hierzu benutzt werden, um so schmaler wird die Tibia werden. Daher schreibt der Verfasser hauptsächlich dem häufigen und andauernden Tanzen die Ausbildung der Platyknemie zu und erinnert an die gottesdienstlichen Tänze, wie sie die männlichen Weddas ausführen, während ihre Frauen keine platyknemischen Tibien aufzuweisen haben. Virchow hatte an Nomadenleben, Hirten oder Schnelläufer gedacht, Nehring an fleissiges Hocken, wobei die Unterschenkelmuskeln die Tibia seitlich zusammendrückten. Letzteres verteidigte auch Manouvrier und schrieb besonders den Contractionen des *M. tibialis posterior* beim Bergsteigen, Tragen schwerer Lasten u. dergl. die Zusammendrückung der Tibia zu. Die beiden Sarasin wiederum halten die Platyknemie der Weddas für entschieden erblich und für ganz unabhängig von der Lebensweise. Virchow macht in seinem Vorwort nicht ohne Grund darauf aufmerksam, dass die Untersuchung mit der vom Verfasser gewählten Fragestellung erst zu beginnen habe und keineswegs abgeschlossen sei.

Es lässt sich nicht verkennen (Ref.), dass durch die ganze Darstellung ein verborgener rother Faden gleichsam sich hinzieht, die Frage nemlich, ob erworbene Eigenschaften erblich sind. Unter dem Einfluss der Darwin'schen Theorie ist die Anatomie eine ontogenetische und phylogenetische Wissenschaft geworden und die physiologische Mechanik, z. B. die der Gelenke, etwas voreilig in den Hintergrund gedrängt. Hat doch Spalteholz in seinem anatomischen Atlas allerneuestens die Gelenkformen einfach weggelassen, unter Berufung darauf, dass sie deformirbar seien, sich erst durch die Bewegung bildeten und keinen Schluss auf die im Leben ausgeführten Bewegungen gestatteten. Gleichwohl zeigt ein Blick auf manche Gelenke

von Säugethieren (Ref.), dass hier die schönsten rechtsgewundenen und linksgewundenen Schrauben realisirt sind.

Jedenfalls haben alle Einsichtigen längst erkannt, dass die Descendenztheorie, wenn sie wirklich etwas erklären soll, mit der Vererbung erworbener Eigenschaften steht und fällt. Ueber letztere Annahme entscheidet ohne Weiteres die tägliche chirurgische Erfahrung: noch niemals hat ein Amputirter ein ebenso verstümmeltes Kind erzeugt. Es hätte des Experimentes von Weismann, der 10000 weissen Mäusen die Schwänze abschnitt, ohne eine Verkümmernng der Schwanzwirbel bei den letzten Generationen zu erzielen, schwerlich bedurft. Damit ist die Blutsverwandtschaft der Arten nicht bestritten; man bedarf keiner Wahrscheinlichkeitsrechnung, um einzusehen, dass man Millionen gegen Eins wetten könnte, die Fünffzahl der Kiemenbogen bei den Vertebraten beruhe nicht auf Zufall. Freilich wusste man das auch schon vor Darwin.

Die neue Richtung, die der Verfasser eingeschlagen hat, um mit Hilfe des physikalischen Experimentes und der Rechnung zu gesicherten Grundlagen über den Bau unseres Knochensystems zu gelangen, ist mit Freude zu begrüssen und ihr bester Erfolg für das Fortschreiten auf solcher Bahn zu wünschen.

W. Krause (Berlin).