

65

Vf 177565  
X 002158367

Biblioteka Gl. AWF w Krakowie



1800052718

38759





*Handwritten:* ~~Num 152~~ 152  
~~S. IV.~~

# BEWEGUNGSLEHRE UND ORTHOPÄDIE

VON

## DR. H. v. BAEYER

O. UNIVERSITÄTSPROFESSOR IN  
HEIDELBERG

MIT 12 ABBILDUNGEN



1 · 9 · 2 · 5

---

VERLAG VON FERDINAND ENKE IN STUTTGART

*Handwritten:* JH 1.10



Sonderabdruck aus „Verhandlungen der Deutschen Orthopädischen Gesellschaft“  
Neusiemer, H. Greb



308/

Druck der Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart

577.31 G12.7

Auch die wissenschaftlichen Disziplinen erleben ihre Revolutionen. Die Aenderung bereitet sich oft kaum merkbar vor und überrascht plötzlich durch ihre Anwesenheit. In einer derartigen Mutationsperiode befindet sich heute die Orthopädie. Nachdem sie ursprünglich größtenteils kosmetische Ziele verfolgt hatte, verlegte sie in einem weiteren Zeitabschnitt das Hauptgewicht auf die Frage der Deformitäten des Rumpfes und der Glieder; in letzter Zeit wandelte sie sich, wohl auch als Folge des Krieges, zu einer Lehre um, die in erster Linie die mechanische Fehlfunktion des Rumpfes und der Glieder, also die Bewegungs- und Stützungsstörung, die pathologische Kinematik und Statik des menschlichen Körpers bevorzugt beachtet und die Verunstaltungen des Leibes als weniger wichtig in den Hintergrund schiebt.

Diese Wandlungen wurden der Orthopädie zum Vorwurf gemacht, besonders von seiten der zu Unrecht sich bedroht fühlenden Chirurgie. Die abfällige Beanstandung, daß die Orthopädie ihr Programm ab und zu ändere, berührt nun nicht einen Nachteil, sondern stellt nur in ein falsches Licht die lebendige Entwicklung, die gerade den Fortschritt darstellt und die die notwendige Begeisterung der Jünger der Orthopädie hervorruft. Wir sind stolz und froh darüber, daß sich uns neue Gefilde auftun. Unser Fach folgt in seiner neuen Richtung vielen anderen Disziplinen: die vorwiegend morphologische Aera wird abgelöst durch eine physiologische Betrachtungsweise, in unserem Fall mit hauptsächlich mechanischer Tendenz. Deshalb soll auch nur derjenige Orthopäde werden, der Freude und Fähigkeit zu mechanisch-konstruktivem Denken hat und nicht derjenige, der als Chirurg Schiffbruch zu leiden droht und nun unser Fach nur als Umweg zur operativen Praxis betrachtet. Daß manche Chirurgen ungünstig beurteilte Assistenten mit der orthopädischen Sprechstunde betrauen, züchtet gerade „Pseudopäden“, die ihrem Schöpfer späterhin unlieb werden.

Also nicht mehr die Fehler in der Form allein, sondern die Störung im Geschehen des Bewegungsapparates, nicht die Deformität, sondern die krankhaft veränderte Statik und Kinematik ist der Kern der heutigen orthopädischen Fragestellung, wobei selbstverständlich die bisherige Deformitätenorthopädie noch voll weiter zu ihrem Recht kommen soll.

Diese Verschiebung des Problemes macht es notwendig, sich mit der Nomenklatur der hauptsächlichlichen Begriffe, die unserer künftigen Tätigkeit zugrunde liegen, zu befassen. Die sonst so reiche deutsche Sprache versagt leider in dieser Beziehung. So haben wir keine kurzen und zusammenfassenden Ausdrücke für normale oder für gestörte Bewegung und für normale oder gestörte Stütz- oder Haltefunktion des Körpers. Ich schlug vor Jahren vor, die gestörte Bewegung und Beweglichkeit des Rumpfes und der Glieder als Fehlgang zu bezeichnen, wobei man an den Gang einer Maschine zu denken hat; die normale Bewegung und Beweglichkeit

analog dazu als Rechtgang. Gleicherweise möge man die Stütz- oder Haltefunktion als Rechthalt bzw. als Fehlhalt benennen und bei der Gestalt von Rechtform und Fehlform reden. Letzteres Wort bezeichnet somit das, was man als krankhaft veränderte Form, als Deformität anspricht. Diese Wortbildungen fanden in Fachkreisen Zustimmung, aber auch einige Ablehnungen, doch konnte mir niemand etwas Besseres dafür sagen. Auf jeden Fall sind die Worte kurz und tun unserer Sprache keine Gewalt an. Der Einwand, daß man bei Recht- und Fehlgang an die Beine denkt, wird nur anfangs, bis die Worte eingebürgert sind, vorkommen, dann aber hinfällig werden, da auch kein Mensch mit dem Gedankengang, Vorgang, Umgang oder mit der allgemeinen Frage: wie geht es, die Vorstellung der Beine verbindet.

Die Beschäftigung mit den Störungen der menschlichen Mechanik, der Gliederstatik und Kinematik, also mit dem Fehlhalt und Fehlgang setzt voraus, daß die normale Statik und Kinematik, Rechthalt und Rechtgang, somit die Lehre von der Mechanik des Bewegungsapparates oder die Bewegungslehre im weiteren Sinn gründlichst durchforscht sind. Halten wir in dieser Richtung Umschau in der Anatomie und Physiologie, so finden wir, daß auf der einen Seite der menschlichen Mechanik ein Teil der Elemente äußerst eingehend untersucht ist, und daß auf der andern Seite die hochkomplizierten Bewegungen und Haltungen, wie z. B. das Gehen, Laufen usw., in ihren äußeren Erscheinungen reichlich Beachtung fanden, daß aber sehr vieles, was zwischen diesen beiden Enden liegt, nur sehr dürftig gestreift wurde. Es fehlt vor allem in mehr oder minder lückenreicher Weise die Auflösung und Erkennung des **g r o b e n m e c h a n i s c h e n Z u s a m m e n h a n g e s** zwischen den einzelnen Teilen unter den gewöhnlich vorhandenen **B e d i n g u n g e n**. Und gerade diese Kenntnisse, die Bezug auf die durchschnittlich herrschenden Verhältnisse nehmen, sind notwendig, um dem Praktiker verwendbare Unterlagen für die Beurteilung pathologischer Erscheinungen zu bieten. Auch können wir nur an Hand dieses Wissens tiefer eindringen in das Verständnis normaler natürlicher Bewegungen.

Was notwendig ist, ist also ein weiterer Ausbau der Lehre von der Mechanik des menschlichen Körpers oder anders ausgedrückt der Mechanologie, eines Gebietes der Anatomie, das der Morphologie, Histologie usw. ebenbürtig zur Seite stehen sollte. Die Uebertragung der Ergebnisse der Mechanologie auf pathologische Verhältnisse, also die pathologische Mechanologie oder vielleicht besser, weil kürzer, die Mechanopathologie ist dann Sache der Orthopädie, die damit erst einen von den übrigen klinischen Fächern eindeutig abgegrenzten spezifischen Inhalt bekommt. Das hauptsächliche Arbeitsfeld der Orthopädie wird nunmehr bestimmt durch den Begriff einer wahrlich nicht unbedeutenden Funktion des menschlichen Körpers, der mechanischen; unser Fach wurzelt hiermit in einer einheitlichen Körperleistung, die sich in ihrer Eigenart deutlich von allen andern Funktionen des Körpers abhebt. Die gestörte Funktion des

Bewegungs- und Stützapparates wird ein Grundproblem der Orthopädie; in diesem Sinn haben wir künftig die Bezeichnung: funktionelle Orthopädie zu verstehen. Es ist auffallend, daß erst so spät in der Entwicklung der Medizin die mechanische Funktion ihrer allgemeinen und wirtschaftlichen Bedeutung entsprechend fachärztlich voll gewürdigt und wie die anderen Funktionen des Körpers, das Sehen, Hören, Denken usw. zum Ausgangspunkt einer Disziplin wird. Die Orthopädie erhebt sich mit diesem Schritt aus Morphologie und Methodologie heraus und geht über zu einer höheren Stufe wissenschaftlicher Betrachtung, die allerdings eine geistige Einstellung auf mechanische Probleme erfordert, die bei Aerzten anscheinend selten ist, aber vom Vollorthopäden unbedingt verlangt werden muß.

Da die Mechanologie bisher nur nach einigen Richtungen ausgearbeitet und die notwendige Unterlage für die Mechanopathologie ist, so hat der Orthopäde entschieden das Recht und auch die Pflicht, von seiner Seite aus diese Fragen der normalen Anatomie und Physiologie aufzurollen und an dem schwierigen Kapitel mitzuarbeiten. Die klinische Praxis ergibt Fragestellungen, die bisher weniger beachtete Probleme hervorheben und neue Untersuchungen erfordern.

Der Bau künstlicher Glieder lenkt z. B. darauf hin zu fragen, welche mechanische Bedeutung der groben Form und Anordnung der Knochen und Gelenke zukommt. Was die feinere Form der Architektur der Knochen anbelangt, sind wir sehr eingehend und vielfach unterrichtet. Dagegen dürfte die Frage, inwiefern die äußere Form der Knochen für die Kinematik des menschlichen Körpers zweckmäßig ist, viel zu wenig erörtert sein. Es mag die Vernachlässigung einer doch sehr interessanten Frage daher rühren, daß bislang teleologische Erörterungen in den Naturwissenschaften streng verpönt waren. Da jedoch der Orthopäde die Wiederherstellung einer bestimmten Bewegungsfunktion, und zwar womöglich die Normalfunktion anstrebt, so kommt er zwanglos zu der Frage, wie eigentlich die Natur dies mechanische Ziel, eben die normale Funktion, erreicht. Seitdem nun noch Driesch den Bann gebrochen hat, teleologisch zu denken, wollen wir uns in dies geächtete Gebiet wagen, weil es fruchtbringend ist, wir wollen dabei aber nicht so kühn werden, nach einem zwecktätigen Agens, nach einer zielenden Lebenskraft zu suchen oder selbst nur zu fragen, ob die beste Konstruktion, die zweckmäßigste, vorliegt. Es unterliegt keinem Zweifel, daß man bei organischen Wesen von Zweckmäßigkeiten reden darf, weil im Gegensatz zum unorganischen das organische Wesen bestimmte, der Ganzheit dienende Verrichtungen, die also auf etwas abzielen, vollbringt. Alle Einzelvorgänge, die nun diese Verrichtungen ermöglichen, können somit, herkömmlich ausgedrückt, als zweckmäßig bezeichnet werden.

Aber auch die Form und Anordnung eines Ganzen oder seiner Teile benennt man im gewöhnlichen Sprachgebrauch als zweckmäßig, wenn Form und Anordnung einen bestimmten Vorgang zulassen. Kurz ausgedrückt können und sollen wir also fragen, wozu hat z. B. ein Knochen gerade die ihm eigentümliche

Form, wozu ist ein Gelenk in seiner Art und an seinem Ort ausgebildet, wobei das Wozu hier aber nur auf mechanische Vorgänge abzielt. Die Beantwortung der Wozu-Frage muß vorsichtig erfolgen, die Frage ist verfänglich, wie schon V o l t a i r e bewies, als er auf die Frage, wozu wir eine Nase haben, antwortete, um ein Augenglas darauf zu setzen. Das soll uns aber nicht abhalten diese Fragestellung zu benutzen, weil sie äußerst anregend und fruchtbar ist.

Im folgenden unternehme ich nunmehr den Versuch, darzustellen, wie unter diesem Gesichtswinkel der mechanisch-konstruktiv arbeitende Orthopäde den menschlichen Bewegungsapparat betrachtet und wo auf diesem Gebiet für ihn die Probleme liegen. Auf der einen Seite interessieren ihn, wie gesagt, die allergrößten Anordnungen im Aufbau des Körpers, weil es uns therapeutisch nur möglich ist, verlorengegangene Funktionen in der einfachsten Weise wiederherzustellen oder zu ersetzen. Andererseits spielt für uns eine große Rolle die ins einzelne gehende Analyse der Beziehung der verschiedenen Komponenten zueinander beim Zusammenspiel mehrerer Gliedabschnitte. Dieser Versuch soll in keiner Weise einen Umriß über die gesamte Mechanologie, soweit sie für den Orthopäden von Interesse ist, geben, sondern nur an Hand von einigen meist neuen Beobachtungen dem Orthopäden Anregung, Richtung und Beispiel verschaffen, wie er neben anderem die theoretischen Unterlagen seines Schaffens durchforschen muß, und zweitens dem Anatomen zeigen, worauf der Praktiker in der Vorbildung der Aerzte Wert legt. Durch Berücksichtigung dieser Dinge wird der anatomische Unterricht fraglos komplizierter; ich glaube aber auch interessanter, weil die toten Formen und Anordnungen mit einem lebendigen Gedanken erfüllt würden. Diese Ueberlegung ist nicht neu, sondern leitet schon viele Anatomen im Unterricht, doch möchte ich sie besonders hervorheben, um auch von unserer Seite auszudrücken, welche Wichtigkeit für den Arzt die mechanisch-funktionelle Durchtränkung der Anatomie besitzt.

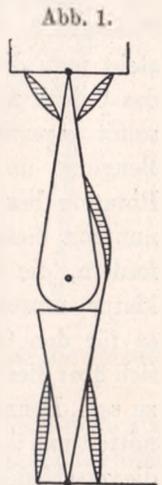
#### Die mechanische Bedeutung der Knochenformen.

Nehmen wir als Beispiel den Oberschenkelknochen mit den beiden ihm zugehörigen Gelenkenden. Welche mechanische Bedeutung kommt der konstanten Biegung des Schaftes nach vorn konvex und der Rückverlagerung des unteren Gelenkkörpers zu? Die jedem Prothesenkonstrukteur sofort auftauchende Antwort, daß ähnlich wie bei Kunstbeinen durch die Rückverlagerung des Kniegelenkes die Standfestigkeit des gestreckten Beines erhöht wird, kann nicht als einziger Zweck angesehen werden. Mehrere Gründe lassen sich für diese Ansicht anführen. So finden wir auch am Arm, dem die Stützfunktion in Streckstellung doch nur selten zufällt, eine ganz ähnliche Biegung des Schaftes und Verlagerung des unteren Gelenkkörpers nach der Beuge-seite, eine Anordnung, die hier sicher einen anderen mechanischen Sinn hat. Wäre nur die erhöhte Standfestigkeit durch Rückverlagerung der Knieachse in Frage gestanden, so hätte die Natur sich wohl der viel einfacheren Freigabe

einer verstärkten Durchdrückung bedient, wodurch der gleiche mechanische Effekt erreicht wird. Besondere Beweiskraft wohnt allerdings diesem Schluß nicht inne. Die auffallende sagittale Schaftbiegung und Abknickung des unteren Gelenkkörpers erlaubt, und das scheint mir der Hauptsinn dieser Form zu sein, erst die extreme Beugung im Knie, die wir z. B. beim Hocken einnehmen, die Weichteile gewinnen durch sie Platz. Daß der Knochenbau auf die Hockstellung eingerichtet ist, wird verständlich, wenn wir uns daran erinnern, daß beim primitiven Menschen das Hocken neben dem Liegen die hauptsächliche Ruhestellung ist. Für den zivilisierten Menschen, dem der Stuhl zur Verfügung steht, ist die sagittale Abknickung des Femurschaftes weniger notwendig, und die allerdings nur oberflächliche Betrachtung von Skeletten primitiver und zivilisierter Rassen ließ mich einen Unterschied in der Biegung erkennen; der Schaft der Hocker schien deutlich stärker gekrümmt zu sein. Als Nutzenanwendung ergibt sich, daß man bei der Frakturbehandlung und Osteotomie des Oberschenkels auf die Form in der Sagittalebene achtet, um den Kranken nicht in der Kniebeugefähigkeit zu beeinträchtigen. Sie hängt nicht nur von der Kniegelenkkonfiguration ab.

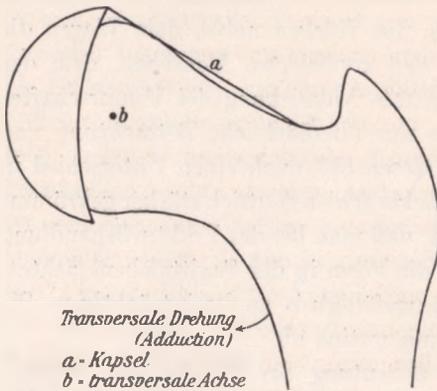
Die Frage nach der mechanischen Bedeutung der Formen des unteren Endes des Femurs rollt eine ganze Reihe von Einzelfragen auf, von denen ich nur auf eine als Beispiel eingehen möchte. Es ist auffällig, daß der Kniegelenkkörper beträchtlich größer ist als der Oberschenkelkopf oder das obere Sprunggelenk, also die beiden anderen großen Gelenke des Beines. Zu welchem Zweck ist hier ganz im Gegensatz zur übrigen Tendenz beim Aufbau des Organismus, die Peripherie leichter im Gewicht zu halten, das distale Ende des Femurs massiger gebaut als das proximale Stück?

Eine Erklärung hierfür liegt darin, daß das Kniegelenk bei den hauptsächlichen Bewegungen im Gehen und Laufen bedeutend größere Exkursionen als Hüft- und Sprunggelenk macht und daß in allen Stellungen der wirksame Hebelarm des Quadrizeps nicht unter eine bestimmte Länge herabsinken darf. Wäre das Kniegelenk z. B. nach Art des oberen Sprunggelenkes konstruiert, so würde der wirksame Hebelarm des Streckmuskels bei rechtwinkliger Beugung auf Null zurückgehen und der Muskel könnte keine Wirkung mehr haben. Bei den beiden Endgelenken des Beines genügt es, daß die Muskeln durch einfache Streben vom Drehgelenk ferngehalten werden, während am Kniegelenk wegen der größeren Exkursionsbreite eine Rollenführung Platz greift, die bei Bewegungen den wirksamen Hebelarm stets annähernd gleich lang hält (Abb. 1) und auch bei stärkster Beugung die Muskelwirkung nicht ausschaltet. Da nun für die Kraftentfaltung eines Muskels eine gewisse Länge des Hebelarmes Voraussetzung ist, so ergibt sich die Größe der Rolle, die das untere Ende des Femurs darstellt. Die Breite dieses Knochenstückes dient der



Festigkeit gegen seitliche Abknickungen im Kniegelenk, eine Aufgabe, die in anderer Form am oberen Sprunggelenk durch die gabelförmige Ausgestaltung der Unterschenkelknochen gelöst ist, während am Hüftgelenk Muskeln die Seitenbewegungen beherrschen. Eine Gabelkonstruktion am Knie würde Anlaß sein zu häufigen Frakturen, weil am Knie zwei lange Hebelarme gelenkig aneinandergesetzt sind, während am Fuß der periphere Hebel nur sehr kurz ist.

Abb. 2.

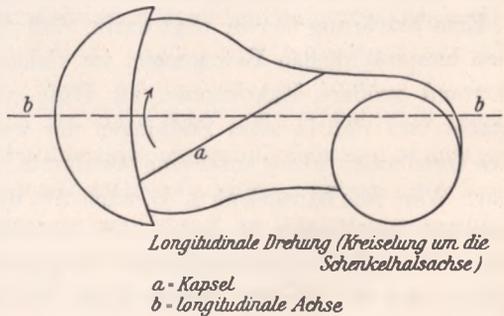


Das obere Ende des Femurs ist der Tummelplatz mechanischer und orthopädischer Ueberlegungen, doch fehlt auch hier die intensivere Erörterung gerade der größten Erscheinungen: Wozu dient die winkelige Anordnung des Halses zum Schaft? Sicherlich dazu, um den Muskelnansätzen den notwendigen Abstand vom Drehpunkt im Oberschenkelkopf zu verschaffen.

Betrachten wir vom mechanischen Standpunkt aus das Hüftgelenk und den Oberschenkel, so kommen wir dazu, daß die bisherige Bezeichnung der Rotation im Hüftgelenk im strengen Sinn falsch ist. Unter Rotation versteht man die Drehung um die Längsachse eines Knochenstückes; das für das Gelenk maßgebende Stück ist nun der Schenkelhals, und wir müßten somit eigentlich ungefähr die

Beugung und Streckung als Rotation bezeichnen. Ich will nun mit diesem Hinweis nicht fordern, die bisherige Nomenklatur umzuändern, doch ist es für den Orthopäden nötig, sich über diese Verhältnisse klar zu sein. Denn der Hinweis vermittelt uns das Verständnis für die verschieden große Beweglichkeit des Oberschenkels nach den einzelnen Richtungen hin. Ab- und Adduktion und Innen- und Außenkreiselung des Femurs sind ungleich kleiner in der Exkursionsbreite als Beugung und Streckung. Die beiden ersteren Paare sind Bewegungen um eine transversale Achse (Abb. 2) des Halskopfsystemes, während das letztere Paar etwa um die Longitudinalachse (Abb. 3) des Schenkelhalses selbst vor sich geht. Diese letztere Bewegungsgruppe ist nun, abgesehen von den knöchernen Hemmungen, freier, weil der längliche Kapselschlauch um die longitudinale

Abb. 3.

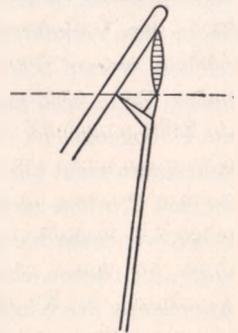


einzelnen Richtungen hin. Ab- und Adduktion und Innen- und Außenkreiselung des Femurs sind ungleich kleiner in der Exkursionsbreite als Beugung und Streckung. Die beiden ersteren Paare sind Bewegungen um eine transversale Achse (Abb. 2) des Halskopfsystemes, während das letztere Paar etwa um die Longitudinalachse (Abb. 3) des Schenkelhalses selbst vor sich geht. Diese letztere Bewegungsgruppe ist nun, abgesehen von den knöchernen Hemmungen, freier, weil der längliche Kapselschlauch um die longitudinale

Achse mehr Bewegung als um die transversale erlaubt. Begünstigt wird dies Verhalten noch dadurch, daß die Hüftgelenkkapsel sich in ihrer Längsrichtung verjüngt. Denn würde der Kapselschlauch in eine Spitze auslaufen, die mit der longitudinalen Achse zusammenfiel, so wäre eine exzessiv starke Drehung um diese Achse möglich. Ich ging auf diese etwas schwer verständlichen Dinge näher ein, weil sie sicher bei pathologischen Veränderungen am oberen Ende des Oberschenkels für die Erklärung von Bewegungsstörungen in Frage kommen.

Dem Beobachter fällt am Oberschenkel die starke Prominenz des Trochanter major auf. Fragen wir, wozu er so hoch hinaufreicht, so genügt die Antwort nicht, daß an ihm sehr kräftige Muskeln ansetzen, weil wir bei anderen mächtigen Muskeln mehrfach ganz flache Knochenansatzstellen kennen. Beim normal gebauten Menschen liegt die Spitze des großen Rollhügels, parallele Beinstellung vorausgesetzt, etwa in der Verbindungslinie der Mittelpunkte beider Schenkelhalsköpfe. Diese Uebereinstimmung der Höhe von Kopfmitte und Trochanter Spitze hat einen tieferen Sinn: beim Pendeln des Beines in einer ungefähren sagittalen Richtung, also z. B. beim Gehen, schwingt das Bein um diese Verbindungslinie, die dadurch fixiert ist, daß auf der einen Seite die Hüftgelenkspfanne den Kopf führt und auf der anderen Seite die Trochanter Spitze an dem *M. glut. med.* hängt (Abb. 4). Es gibt also an der Hüfte in gewissem Sinn noch ein Gelenk, das an der Spitze des Trochanters liegt. Diese festgelegte Achse bedingt, daß das Bein in einer geraden Ebene schwingt. Rückt die Trochanter Spitze höher (*Coxa vara*), so pendelt das Bein in einer nach außen konvex gekrümmten Fläche; bei Tiefstand des Trochanters ist die Fläche nach außen konkav. Die Höhe des Trochanter major dient somit dazu, dem Bein ein Schwingen in einer geraden Ebene zur Regel zu machen. Für die Aufhängung von Prothesen ist diese Erkenntnis belangreich. Von Interesse wäre es, die Schwingungskurven der Beine mit einer *Coxa vara* oder *valga* zu untersuchen, ob sie die theoretisch gefolgerten Bogen beschreiben.

Abb. 4.



Daß die hier vorgetragenen Gedankengänge wenigstens im Prinzip richtig sind, lehrt uns ein Blick in die vergleichende Anatomie, wo schon ein großes Material zusammengetragen ist, das die Zweckmäßigkeit der Formen für die Beanspruchung in auffallender Weise zeigt. Die Uebertragung dieser Art von Ueberlegungen auf die menschliche Anatomie müssen wir künftig mehr in den Vordergrund schieben und uns loslösen von dem Standpunkt, daß die Funktion erst die Form und Anordnung prägt. Es ist sicher nicht zu bestreiten, daß die Muskelfunktion die Knochenform weitgehend beeinflusst, aber ebenso sicher ist es, daß erst einmal eine Form vorhanden gewesen sein muß, um eine Funktion zustande kommen zu lassen.

Weder die Form noch die Funktion dürfen wir als etwas Primäres ansprechen, sie stehen in engster Wechselwirkung aufeinander:

„Also bestimmt die Gestalt die Lebensweise des Tieres,  
Und die Weise zu leben, sie wirkt auf alle Gestalten  
Mächtig zurück.“ (Goethe.)

### Die Gliederkette.

Betrachten wir das menschliche Skelett, so sehen wir, daß es aus einer Kette von einzelnen Knochen gebildet wird, von denen in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle bei natürlichen Bewegungen nicht nur zwei benachbarte Teile, sondern mehrere Kettenteile zugleich in Aktion gesetzt werden. Nicht das Elementenpaar, also zwei gelenkig verbundene Knochen, sondern die kinematische Kette ist das vor allem zu Beachtende. Hierauf nimmt die bisherige Bewegungslehre mit gelegentlichen Ausnahmen viel zu wenig Rücksicht, und in der Orthopädie hat diese Fragestellung noch kaum Eingang gefunden, obwohl erst ihre Beantwortung uns gestattet, die natürlichen Bewegungen und die Bewegungsstörungen zu verstehen.

Das kinematische Kettensystem von Arm und Bein ist im ganzen und großen einander sehr ähnlich. Es gewährt durch eine zweckmäßige Anordnung der verschiedenen Gelenktypen die Möglichkeit, mit den Enden nicht nur die Oberfläche des Verkehrsraumes zu bestreichen, sondern auch sein Inneres zu erreichen, worauf schon von anderer Seite hingewiesen wurde. Fehlt am proximalen Ende, also am Schultergelenk z. B. die Rotationsmöglichkeit, so muß am Ellbogengelenk ein weiterer Freiheitsgrad angefügt werden, um den Verkehrsraum nicht allzuweit beschränkt sein zu lassen. Bei Oberarmamputierten, die ihre Prothese nicht um die Längsachse des Oberarmes aktiv drehen können, geben wir deshalb ein Sichelgelenk, das die Verhältnisse bei Krokodilen nachahmt, bei denen ebenfalls das Schultergelenk behindert ist. Die proximale Anordnung des Kugelgelenkes bietet den weiteren Vorteil, daß hier am Rumpf genügend Platz für die vielseitig nötigen Muskeln ist und daß das Gewicht dieser Muskeln nicht die Peripherie belastet.

Da Hand und in gewisser Weise auch Fuß die Verteilung der Gelenksarten wie am Arm und Bein wiederholen, d. h. zentral eine gelenkige Verbindung mit drei Bewegungsgraden und peripher vorwiegend Scharniergelenke, so ist es interessant zu untersuchen, wie die Natur hier das Kugelgelenk, das lateral angeordnete Muskeln verlangt, für die aber kein Platz ist, umgangen hat. Der Mechanismus am Vorderarm ist allgemein bekannt, so daß es sich erübrigt, darauf einzugehen. Daß aber auch zwischen Fuß und Unterschenkel drei Bewegungsfreiheiten vorhanden sind, scheint mir nur ganz Eingeweihten bewußt zu sein. Man kann sich von dem Vorhandensein dieser drei Bewegungsmöglichkeiten am besten überzeugen, wenn man sich bei gestrecktem Knie auf ein Bein stellt und nun in den Fußgelenken Bewegungen im Sinn der Beugung-

Streckung, Supination-Pronation des Fußes macht und endlich bei feststehendem Fuß das ganze Bein um die Beinachse dreht. Hierbei findet eine nicht unbeträchtliche Kreiselung zwischen Fuß und Unterschenkel statt. Ob diese Rotation nur passiv oder auch aktiv durch Unterschenkelmuskeln vonstatten geht, kann ich nicht angeben. Diese für das Gehen auf unebenem Boden nützliche Beweglichkeit nach drei Richtungen rückt uns das Verständnis für die höchst komplizierten Gelenkverbindungen am Fuß näher. In der Praxis haben wir diese Drehmöglichkeit durch ein Drehgelenk an Beinprothesen nachgeahmt und dadurch den Amputierten eine bewährte Neuerung verschafft, die allerdings auch zugleich die Rotation in Knie und Hüfte entlastet oder ersetzt.

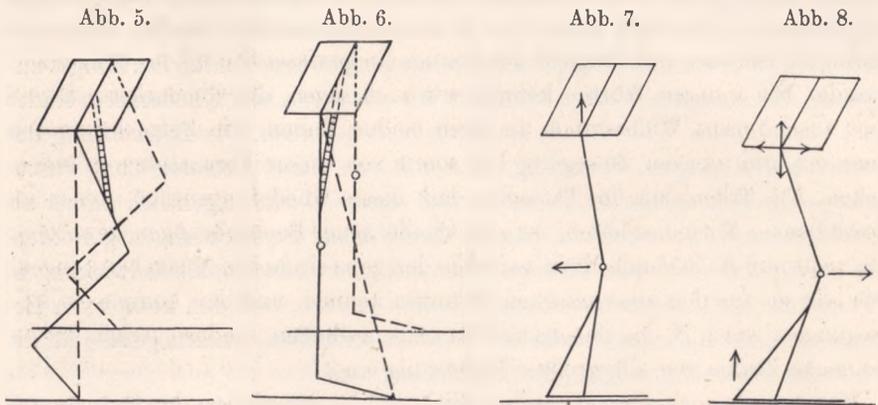
Folgen wir der Lehre der Kinematik, so erkennen wir, daß bei fast allen Verrichtungen unserer Extremitäten die Kette als mehr oder minder geschlossen zu bezeichnen ist, d. h. daß sie einen geschlossenen Ring darstellt. Stehen wir z. B. auf beiden Beinen, so haben wir das Schlußstück des Ringes im Erdboden. Aber auch wenn wir z. B. einen schweren Stein werfen, so kommt durch die Schwere und Trägheit des Steines ein gewisser Schluß des Ringes zustande. Mit anderen Worten können wir auch sagen, die Gliederkette findet fast ausnahmslos Widerstände an ihren beiden Enden. Die Betrachtung der passiven und aktiven Bewegung hat somit von dieser Voraussetzung auszugehen. Die Erkenntnis der Tatsache, daß unsere Glieder eigentlich immer als geschlossene Ketten arbeiten, ist eine Quelle neuer Beobachtungen geworden, die nicht nur die fehlende Mitte zwischen den ganz einfachen Muskelwirkungen, wie wir sie aus den anatomischen Atlanten kennen, und den komplexen Bewegungen, wie z. B. des Gehens und Laufens, aufhellen, sondern gerade für die klinische Praxis von allergrößter Bedeutung sind.

Wenden wir noch einmal unseren Blick auf die Anordnung der Gelenke am Bein unter dem Gesichtspunkt, daß die unteren Extremitäten und das Becken beim Stehen eine geschlossene Kette bilden, so erkennen wir, daß die Kugelgelenke an den Hüften und ihre Modifikation an den Füßen uns eine Kreiselung des Gesamtkörpers erlauben. Diese Wendefähigkeit ist, obwohl sie im täglichen Leben viel ausgenützt wird, noch wenig beachtet. Sie ist dem Vierfüßler beim Stehen auf allen vieren versagt und wird meist ersetzt durch die Wendefähigkeit in einem langen Hals; aber auch viele Zweibeiner, z. B. Hühner, können sie nicht in so ausgeprägtem Maß wie der Mensch machen. Den Orthopäden interessiert bei dieser Bewegung, daß z. B. bei einseitiger Hüftversteifung oder bei kontraktum Plattfuß die Wendung stark behindert ist. Der Gesunde kann die Wendung in sehr weitem Umfang machen, wenn er dabei die Knie beugt und nicht die volle Fußsohle, sondern nur die Fußspitzen den Boden berühren läßt. Man gewinnt durch dies Auf-die-Fußspitzen-Stellen noch ein weiteres Drehgelenk, das zwischen Fußspitze und Boden liegt und als *Außengelenk* bezeichnet werden kann. Diese Außengelenke können an den verschiedensten Stellen der Körperoberfläche liegen, ihre Erwähnung ist unerlässlich, weil sie die Wirkung der Muskeln sehr häufig wesentlich beeinflussen.

### Geführte Wirkung der eingelenkigen Muskeln.

Wenn wir beispielsweise sehen, daß ein Kranker, dem sämtliche anerkannten Kniestrecker fehlen, unter gewissen Bedingungen das Knie dennoch kraftvoll strecken kann, so müssen wir folgern, daß die bisherige Lehre der Muskelwirkungen beträchtliche Lücken aufweisen muß. Und wenn wir dann noch durch Palpation oder selbst Inspektion uns davon überzeugen, daß sogar anatomisch als Kniebeuger bezeichnete Muskeln das Knie unter Umständen strecken können, so taucht hier eine Frage auf, deren Beantwortung nicht nur für die Bewegungsphysiologie von Bedeutung ist, sondern gerade für die Orthopädie eine grundlegende Wichtigkeit besitzt.

Die Lücke, die hier aufgedeckt ist, stammt daher, daß man bisher verabsäumte, die Wirkung der Muskeln unter den im Leben meist herrschenden Bedingungen zu untersuchen. Als eine solche Bedingung erkannten wir im



vorhergehenden, daß unsere Glieder fast immer als eine geschlossene kinematische Kette oder als Kette mit Widerständen an ihren beiden Enden arbeiten und daß ein Muskel nur ganz ausnahmsweise ein Elementenpaar, also zwei untereinander gelenkig verbundene Gliedabschnitte, von denen das eine fixiert ist und das andere frei im Raum schwebt, bewegt. Dies ist die herkömmliche Betrachtungsweise der Muskelwirkung gewesen.

Die Einwirkung der Muskeln auf ein derartiges geschlossenes Kettensystem nannte ich: geführte Wirkung der Muskeln, weil die Kette, durch den Schluß in ihrer Beweglichkeit begrenzt, geführt ist. Da ich erst vor kurzem in der Zeitschrift für orthopädische Chirurgie, Bd. 56 näheres über diesbezügliche Studien veröffentlicht habe, begnüge ich mich auch hier nur damit, einige besonders auffällige, teils paradox erscheinende Beispiele der Ergebnisse zu bringen.

In den maßgebenden Büchern der Anatomie wird betont, daß der *M. adductor magnus* so gut wie gar nicht ein- oder auswärts kreiseln kann. Wenn wir uns aber bei leicht gebeugtem Knie auf die Fußspitze stellen, eine Stellung, die wir z. B. beim Reiten mit Bügel einnehmen, wird, und das war bisher übersehen, der genannte Muskel zu einem sehr kräftigen Innenrotator. Die Erklärung hier-

für geht aus der Abb. 5 hervor, auf der wir sehen, daß durch das schon erwähnte Außengelenk an der Fußspitze eine Achse festgelegt ist, die hinter dem Ansatz des *M. adduct. magn.* liegt. Diese zur Achse exzentrische Ansatzstelle des Muskels bedingt nun eine Einwärtsdrehung des Beines. Wir haben somit bei gewissen Stellungen der unteren Extremität höchst kräftige Innenrotatoren, denn auch die anderen Adduktoren verhalten sich ähnlich, also Innenkreisler, deren Anwesenheit wohl jeder Orthopäde in der Literatur schon vermißt haben wird.

Noch überraschender wird das Resultat dieser Analyse, wenn der soeben als Innenrotator erkannte Muskel nur dadurch, daß wir das Knie strecken, zu einem kräftigen Außenrotator wird. Dies Phänomen hat seinen Grund darin, daß durch diese Stellungsänderung der Ansatz des Muskels hinter die bezeichnete Hüftfußspitzenachse rückt (Abb. 6).

Ein Beispiel anderer Art für geführte Wirkung eines in gewissem Sinn eingelenkigen Muskels bietet der *M. soleus*. Steht das Versuchsbein bei leicht gebeugtem Knie mit voller Fußsohle auf dem Boden und ist das Becken nach oben leicht verschieblich, so streckt die Kontraktion des *M. soleus* das obere Sprunggelenk und damit durch Kettenübertragung auch das Knie (Abb. 7). Sobald wir aber nur die Hebung des Beckens verhindern, streckt sich zwar auch das Fußgelenk, aber das Knie wird jetzt zugebeugt (Abb. 8). Diese beiden Bewegungen können sukzessive ineinander umschlagen, wenn während der Bewegung das Becken plötzlich fixiert wird.

#### Geführte Wirkung der mehrgelenkigen Muskeln.

Das Problem der mehrgelenkigen Muskeln beschäftigt die Wissenschaft schon sehr lange. Besonders hier wurde die Frage, wozu sie eigentlich da sind, öfters und eingehend behandelt. Man verabsäumte aber hierbei, eine beim Gesunden stets vorhandene Eigenschaft der Muskeln in Anrechnung zu bringen, deren Berücksichtigung wertvolle Fingerzeige für Theorie und Praxis gibt. Jeder gesunde Muskel befindet sich in einem Dauerkontraktionszustand, im Tonus. Durch diese Spannung sind die durch den mehrgelenkigen Muskel überbrückten Gelenke locker gekoppelt und in ihrer Beweglichkeit bis zu einem gewissen Grad voneinander abhängig.

Das beste Demonstrationsobjekt hierfür ist die Hand. Lassen wir sie möglichst schlaff herabhängen, so sind die Finger einigermaßen gestreckt und etwas gespreizt (Abb. 9). Dorsalflektieren wir nun mit Hilfe der anderen Hand das

Abb. 9.



Abb. 10.



Handgelenk der Versuchsseite, ohne hierbei die Muskeln zu kontrahieren, so sehen wir, daß die Finger sich deutlich einschlagen und sich nähern (Abb. 10). Mit aktiver oder passiver Insuffizienz hat diese Erscheinung nichts zu tun, weil wir aus beiden eingenommenen Stellungen die Finger aktiv beugen und strecken können. Die beschriebene mitläufige Bewegung der Finger beruht einzig und allein auf der Kuppelung der Handwurzel- und Fingergelenke durch die tonisch gespannten mehrgelenkigen Muskeln. Würde der Tonus fehlen, so käme diese Transmissionswirkung nicht zustande.

Ein anderes Beispiel bietet uns das Bein. Beugen wir die Hüfte des gestreckten Beines, so treten durch die mehrgelenkigen Muskeln kniebeugende und fußspitzhebende Kräfte auf oder bei Hüftstreckung des gebeugten Beines Streckung in Knie und Fuß.

Dies geordnete Zusammenspiel der einzelnen Gliedabschnitte infolge der tonischen Spannung und Anordnung der Muskeln nannte ich: muskuläre Koordination. Diese mehr oder minder mechanische Koordination entlastet die zentralen nervösen Schaltungen für die gebräuchlichsten Bewegungen. Darin haben wir eine weitere Zweckmäßigkeit der mehrgelenkigen Muskeln zu erblicken.

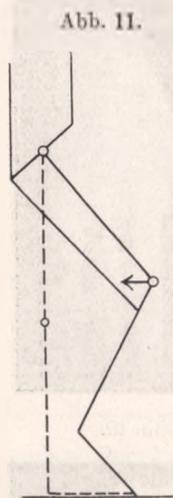
Für die Orthopädie ist die Beachtung der muskulären Koordination von größter Wichtigkeit, denn sie spielt in die verschiedensten Gebiete unseres Faches hinein. Bei der Behandlung von Gelenkerkrankungen und Frakturen muß sie berücksichtigt werden, beim Spastiker ist der Tonus und damit die muskuläre Koordination vermehrt, beim Tabetiker ist sie vermindert. Dies hilft uns zum Verständnis der ataktischen Bewegungsstörungen und führte uns dazu, die fehlende muskuläre Koordination durch eine sogenannte Tonusbandage zu ersetzen.

Untersuchen wir die mehrgelenkigen Muskeln auf ihre Wirkung auf das Skelettsystem als geschlossene Kette, so kommen wir zu recht komplizierten Zusammenhängen, die aber entwirrbar sind. Wir müssen uns damit beschäftigen, weil wir oft bei Sehnenplastiken in diese Relationen umgestaltend eingreifen. Ein Beispiel möge dartun, wie wir bei der Analyse zu verfahren haben und in welcher Richtung die Ergebnisse liegen.

Der lange Kopf des *M. bic. fem.* wirkt auf das freihängende Bein in der Weise, daß das Hüftgelenk gestreckt und das Kniegelenk gebeugt wird. Sobald wir aber bei leicht gebeugtem Knie den Fuß am Boden fixieren, tritt, vorausgesetzt, daß das Becken sich heben kann, statt der Kniebeugung eine Kniestreckung ein (Abb. 11).

Es gibt dann noch Stellungen, bei denen derselbe Muskel nicht nur das Knie, sondern auch die Hüfte beugt!

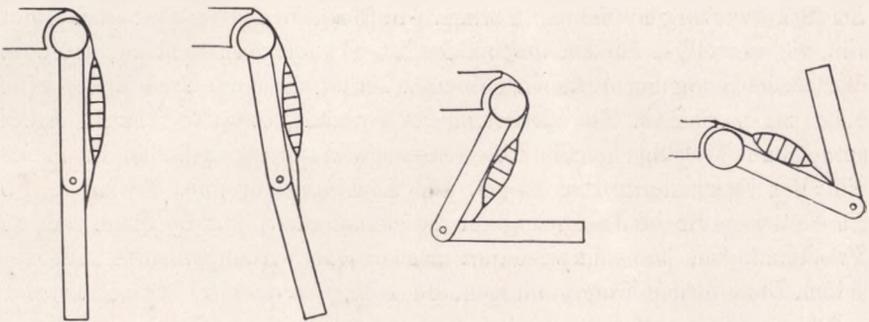
Die bisherige Beschreibung der Wirkungsweise dieses Muskels und anderer mehrgelenkiger Muskeln muß also gründlichst geändert werden, weil die über-



kommene Darstellung nur für den besonderen Fall gilt, daß das Bein masselos frei im Raum schwebt. In Wirklichkeit findet, und besonders immer dann, wenn der Muskel kraftvoll arbeiten soll, die Gliederkette an ihren beiden Enden Widerstand, sie ist also so gut wie immer nach unserer Bezeichnung geführt.

Es ergibt sich somit unter anderem aus den hier dargestellten Betrachtungen über die Funktion der Muskeln, daß die Begriffe der Agonisten und Antagonisten nur sehr mit Einschränkung gebraucht werden dürfen, weil ein und derselbe Muskel in seiner Wirkung gerade ins Gegenteil umschlagen kann, und zwar ohne daß an seiner Stellung zum überbrückten Gelenk etwas geändert wird. Wir müssen uns auch von der Vorstellung frei machen, daß die grobe Mechanik der Muskeln etwas Einfaches und ein leicht übersehbares Geschehen ist. Es wird noch viel Arbeit und Mühe kosten, bis wir z. B. den anscheinend so einfachen Vorgang eines Schrittes in seine Komponenten zerlegen können.

Abb. 12.



Um die Kompliziertheit der Muskelaktionen noch besonders deutlich hervorzuheben, möge die Darstellung der sukzessiven Wirkung eines mehrgelenkigen Muskels dienen. Diese Untersuchung ist nur an einem schematischen Modell erfolgt; ob sich die einzelnen Phasen tatsächlich am Körper in all den Einzelheiten so abspielen, kann ich nicht angeben. Es kann aber als sicher angenommen werden, daß sich ähnliches am Lebenden begibt. Der *M. bic. humeri* beginnt am hängenden Arm seine Funktion damit, daß er bekanntlich erst den Vorderarm supiniert und dann das Ellbogengelenk beugt. Zugleich mit dieser Beugung macht diese Muskelpartie am hängenden Modell eine Abduktion im Schultergelenk, die bei weiterer Beugung in eine Adduktion umschlägt und am Schluß bei stärkster Ellbogenbeugung wieder zu einer äußersten Abduktion wird (Abb. 12). Ein Wechselspiel von Bewegungen, das jedem, der sich mit der Mechanik gesunder und kranker Muskeln beschäftigt, ehrfurchtgebietend vor Augen stehen sollte.

Die Wichtigkeit der Analyse der rohen Muskelkraft erwähne ich nur.

Es wäre unphysiologisch gehandelt, wenn hier nicht noch die akzessorischen Teile der Knochen und Muskeln wenigstens genannt würden. Der Zweck des Knorpels und das Verhalten der Bänder sind eingehend studiert. Die mecha-

nische Bedeutung der Faszien ist dagegen bisher nur kaum gestreift worden. Auf den ersten Blick erscheinen sie als unzweckmäßig, weil sie sich der Dickenausdehnung des Muskels entgegenstemmen und dadurch die Arbeit des Muskels erschweren. Ahmt man eine Faszie in übertriebener Weise dadurch nach, daß man einen Muskel in eine starre Hülse einschließt, die ihm überhaupt keine Verdickung erlaubt, so kann man bei Reizung des Muskels konstatieren, daß er infolge der verhinderten Dickenausdehnung fast augenblicklich zugrunde geht. Dieser Hinweis ist bedeutungsvoll für das Elektrisieren eng eingegipster Glieder und für das Verständnis der ischämischen Lähmung.

Der Nutzen der Faszien scheint mir neben anderem darin zu liegen, daß sie die Wahrnehmung der Muskelkontraktion vermitteln helfen und so dem geordneten Ablauf der Bewegungen dienen. Bei der Behandlung Nervenkranker haben wir von dieser Erkenntnis schon Gebrauch gemacht.

Diese Auswahl von Beispielen möge genügen zu zeigen, in welche Richtung unsere Fragen an die Bewegungslehre vorerst zielen und welchen Nutzen wir der Beantwortung entnehmen können. Die Beispiele deuten aber auch darauf hin, wie wertvoll es für den Orthopäden ist, physiologisch denkend, also unter Berücksichtigung der im Leben geltenden Verhältnisse, die Grundfesten seiner Lehre zu bearbeiten. Zur Vertiefung des Verständnisses der Formen, Anordnungen und Vorgänge empfiehlt es sich, möglichst häufig nach dem Zweck oder Sinn der Erscheinungen zu fragen. Die Konstatierung eines Verhaltens gibt die Unterlage für die Erörterung der Zweckmäßigkeit, und die Frage nach der Zweckmäßigkeit kann hinwiederum mechanische Verborgene aufdecken helfen. Diese beiden Fragestellungen, die anfangs in diesem Vortrag nur locker nebeneinandergestellt schienen, stehen somit in engstem Zusammenhang.

Gleichzeitig mit diesen Vorarbeiten über die Rechtform und den Rechtgang unseres Körpers müssen wir das Wissen der Bewegungslehre übertragen auf pathologische Verhältnisse und die Bausteine formen, aus denen später einmal das Gebäude einer Mechanopathologie entstehen soll:

Die Bewegung und nicht die Form des gesunden und kranken Menschen ist der wesentliche Inhalt der modernen Orthopädie.









KOLEKCJA  
SWF UJ

A.

308

Biblioteka Gl. AWF w Krakowie



1800052718