

PLASTISCHE ANATOMIE

DIE KONSTRUKTIVE FORM
DES MENSCHLICHEN KÖRPERS

VON

S · M O L L I E R

MIT BILDERN VON
HERMANN SÄCHS

ZWEITE AUFLAGE



M Ü N C H E N
V E R L A G V O N J · F · B E R G M A N N
1938

ISBN-13: 978-3-642-96033-8 e-ISBN-13: 978-3-642-96032-1
DOI: 10.1007/978-3-642-96032-1

ALLE RECHTE, INSBESONDERE DAS DER ÜBERSETZUNG
IN FREMDE SPRACHEN, VORBEHALTEN.
COPYRIGHT 1938 BY J. F. BERGMANN IN MÜNCHEN.
SOFTCOVER REPRINT OF THE HARDCOVER 2ND EDITION 1938

JOHANNES RÜCKERT

zum Andenken

VORWORT UND EINLEITUNG.



Der Inhalt dieses Buches ist meinen Vorlesungen über plastische Anatomie entnommen, die ich seit langen Jahren für die Studierenden der Akademie der bildenden Künste und der Kunstgewerbeschule abhalte.

Eine Anatomie für Künstler muß zunächst immer eine *Anatomie* bleiben. Der Verfasser darf sein wissenschaftliches Arbeitsgebiet nicht verlassen und muß verstehen, daß er durch sein Wissen weder künstlerische Eigenschaften noch das Recht erwirbt, in künstlerischen Fragen verständiger Kritiker zu sein. Hat der Anatom den wünschenswerten Entschluß zur Ausführung gebracht, für seine Vorlesungen das nötige zeichnerische Können zu erwerben, so wird er ja bald an sich selbst die Richtigkeit des vorstehenden Satzes prüfen können.

Neu für den Anatomen, der Vorlesungen für Künstler abhält, ist die besondere Auswahl seiner Kenntnisse. Vielleicht ist auch eine wesentliche Vertiefung und Ergänzung derselben nötig namentlich in Bezug auf das lebende Modell. Jahrelanges unermüdliches Studium wird hier erst die anfänglich sehr störende Unsicherheit beseitigen und zu beruhigender Erfahrung führen.

Es handelt sich um angewandte Anatomie in dem Sinne, daß die vermittelte Kenntnis innerer Konstruktion zu einer verfeinerten, richtigeren und rascheren Beobachtung der äußeren Form des menschlichen Körpers ausgenutzt werden kann. Ob und in welcher Weise das gewonnene gesteigerte Beobachtungsvermögen künstlerisch von dem Einzelnen verwertet wird, ist eine andere, nicht hierher gehörige Frage.

Der Anatom hat die Aufgabe, den inneren Bau des Körpers, namentlich in Bezug auf Knochen, Gelenke und Muskeln soweit zu schildern, als es zum Verständnis der Körperoberfläche notwendig und zugleich allgemein faßlich erscheint. Er wird freilich bei der Lösung dieser Aufgabe auch dann noch harte Anforderungen an die Geduld und an die Wißbegier seiner Hörer oder Leser stellen müssen.

Leichter verständlich und unterhaltender sind unter Anwendung der erworbenen Kenntnisse die plastische Form des Körpers in Ruhe und Bewegung, die Unterschiede der einzelnen Individuen und Altersstufen, die Unterschiede bei den beiden Geschlechtern, bei den verschiedenen Rassen usw. darzustellen.

Ich habe mich entschlossen, in diesem Buch ausschließlich die Konstruktion des menschlichen Körpers zu schildern und deshalb ist seine Abfassung besonders schwer. Denn Fragen über die Gelenke und über die Muskeltätigkeit sind äußerst verwickelt und ihre Behandlung setzt die Kenntnis der Gesetze der Statik und Mechanik und ihre wissenschaftliche Formulierung voraus. Es bleibt nur übrig, die jedem Gebildeten geläufigen Beobachtungen und Erfahrungen zu benützen und zu erweitern, aber von jeder Begründung und Ableitung abzusehen.

Sehr schwer ist es ferner, den Inhalt von Vorlesungen, die mit dem ganzen vielfältigen Demonstrationsmaterial ausgerüstet sind, in Buchform zu geben. Hier muß ein sehr reiches und sorgfältig ausgewähltes Bildmaterial dafür eintreten, das möglichst eindeutig ohne viele erklärende Worte für sich zu sprechen vermag.

Herr Kunstmaler Hermann Sachs hat jahrelang unermüdlich mit mir gearbeitet und oft habe ich über seinen künstlerischen Rat hinaus sein sicheres Gefühl für klare und einfache Darstellung zu Hilfe genommen. Um zu verstehen, was ich meine, vergleiche man etwa seine Wiedergabe des Unterschenkel- oder Oberschenkelknochens auf Seite 22 und 44 mit den Bildern in den anatomischen Lehrbüchern.

Hier wird der Beschauer vor lauter Einzelheiten und fast photographischen Genauigkeiten nur selten zu einer künstlerischen Auffassung der Form kommen; er wird sich deshalb auch die einfachen großen Linien und Flächen der Maße mit ihren Proportionen nicht merken können. Es ist erstaunlich, was für hilf- und formlose Nachbildungen junge Mediziner zustande bringen, wenn man sie auffordert, einen solchen Knochen zu zeichnen oder zu modellieren. Ich könnte mir denken, daß die erwähnten Abbildungen sich leichter dem Gedächtnis einprägen werden und sicherer haften bleiben.

Leider mußte Herr Sachs vor der Fertigstellung des Buches München verlassen und so war ich gezwungen, einen Teil der Abbildungen selbst anzufertigen. Ich habe sie alle mit einem M. kenntlich gemacht, um den Künstler von jeder Verantwortung freizumachen.

Der eigentliche Zweck des Buches, die Beobachtung des lebenden Körpers zu sichern und zu verfeinern, machte es nötig, auch noch zahlreiche Aktbilder in dasselbe aufzunehmen. Die zweckvolle Verwendung der ausgewählten Bilder wird keinem Zweifel unterliegen; sie werden vollkommen sachlich wirken, ohne dabei das Auge des Künstlers zu verletzen.

So hoffe ich, daß der Inhalt dieses Buches mit dem Verständnis auch die Freude am eigenen Körper und die Achtung vor demselben heben wird.

Es wird dem Künstler schwer werden, dieses Buch zu lesen, ja ich fürchte fast, daß es viele unmutig und enttäuscht aus der Hand legen werden. Eine solche Mutlosigkeit befällt den Anfänger vor wissenschaftlichen Aufgaben leicht. Ich rate deshalb, das Buch nicht gleich von Anfang an Kapitel für Kapitel durchzustudieren, sondern das erstemal flüchtig zu überlesen, das leichter Faßliche aufzunehmen und sich durch die Abbildungen Aufschluß und Anregungen geben zu lassen. Ganz allmählich wird dann bei öfterem Zurhandnehmen des Buches zur Beantwortung aufgetauchter Fragen und Zweifel auch das zunächst noch Unverständliche bewältigt werden können.

München, im Sommer 1938.

Mollier.

INHALT.

	Seite
Allgemeines über das Skelett	I
Allgemeines über die Gelenke	5
Allgemeines über die Muskeln	9
Fuß, Unterschenkel und Sprunggelenke	18
Oberschenkel und Kniegelenk	44
Becken und Hüftgelenk	59
Wirbelsäule und Brustkorb	100
Schultergürtel und Schultergelenk	167
Oberarm, Vorderarm und Ellbogengelenk	215
Hand und Handgelenk	230
Der Hals	254
Rückblick und Abschluß	278



I. Allgemeines über das Skelett, die Gelenke und die Muskeln.

Allgemeines über das Skelett.

Die Schilderung der äußeren Körperform kann rein beschreibend sein oder sie kann versuchen, die vielfältigen Bedingungen, die am Zustandekommen der äußeren Form beteiligt sind, aufzudecken, zu zergliedern und in ihren verwickelten Zusammenhängen zu erläutern. Nur in diesem Falle ist die Anatomie mit ihrer eindringenden, zerlegenden Forschungsmethode im Stande, dem Künstler und Mediziner brauchbare Kenntnisse zu vermitteln.

Die Zerlegung des Körpers macht uns mit den Innenteilen bekannt, welche die äußere Form des menschlichen Körpers und ihren Wechsel bedingen. Von ihnen sollen das Skelett, die Gelenke und die Muskeln hier besondere Darstellung finden.

Schon die Tatsache, daß die Gesamtmasse des Körpers zu einem größeren Teil ihres Gewichtes aus sehr weicher, flüssigkeitsreicher Substanz besteht, welche z. B. für das Muskelfleisch am besten mit einer Gallerte verglichen werden kann, macht uns klar, daß mit diesen weichen Teilen oder „Weichteilen“ die aufrechte Säulenform unseres Körpers nicht allein errichtet sein kann. Es bedarf dazu vielmehr eines starren festen Gerüsts, an welchem die Weichteile angehängt sind und dadurch in geordneter Lage für sich und zueinander gehalten werden. Ohne diese gesicherte Ordnung wäre weder die Einzelarbeit der Teile noch ihre zusammengefaßte Tätigkeit denkbar.

Wir verdanken es also zuguterletzt dem Skelett, daß wir mit einer bestimmten „menschlichen Form“ rechnen können. Dieses allein gestattet den aufgerichteten Bau unseres Körpers und bestimmt seine Größenmaße, Abb. 1 (nach O. Geiger, Der Mensch).

Aber die Möglichkeit des *Formwechsels*, welcher als Ausdruck der Bewegung erscheint, ist wieder unvereinbar mit einem einheitlichen starren Gerüst und verlangt eine Gliederung desselben in einzelne Teilstücke, die gegeneinander *verstellbar* und in verschiedenen Lagen zueinander *feststellbar* sein müssen.

Die Verstellbarkeit beruht auf der Einschaltung von Gelenken zwischen die Teilstücke und die Verstellung und Feststellung derselben wird durch die Arbeit der Muskeln, durch die Schwere der Teilmassen oder durch andere äußere Kräfte besorgt.

Das feste Gerüst ist das Knochengerüst, die einzelnen Teilstücke desselben sind die Knochen. Die Knochensubstanz, die zum Bau der verschiedenen Knochen in wechselnder Form Verwendung findet, ist hart, ohne spröde zu sein, fest und gering elastisch. Sie besteht aus zweierlei Material. Aus einer faserigen Masse und aus einem Bindemittel, welches diese feinsten Fasern in gesetzmäßiger Ordnung zu größeren Massen vereinigt. Die Fasern sind aus leimgebender Substanz gefertigt und nicht sehr verschieden davon ist auch ein Teil des Bindemittels, während die Härte des Knochens erst dadurch erreicht wird, daß in die leimgebende Substanz Kalk eingelagert ist.

Die leimgebende Masse kann man durch Ausglühen des Knochens zerstören. Es bleibt dann nur der Kalk übrig. Dieser ist aber in so feinsten Weise im

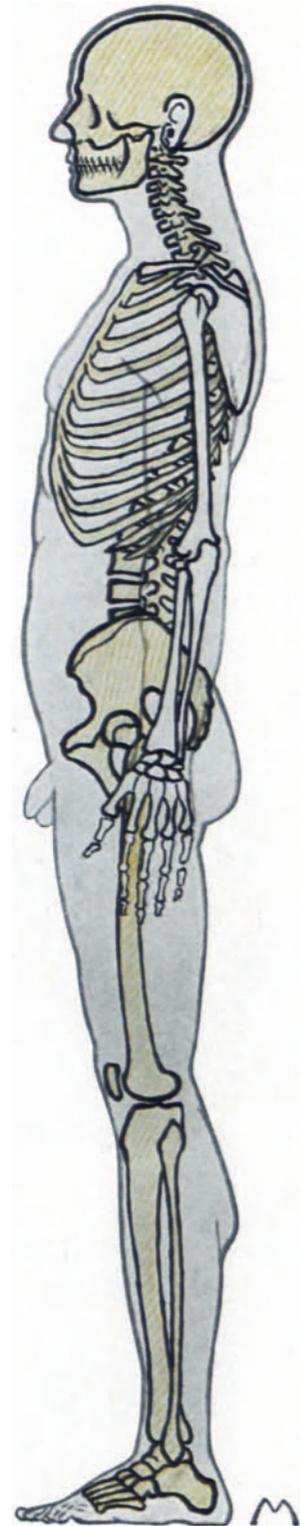


Abb. 1.



Abb. 2.

derselben beruht auf einer mangelhaften Kalkeinlagerung im Bindemittel der Knochensubstanz, so daß diese zu lange Zeit verhältnismäßig weich und biegsam bleibt.

Damit ist auch schon gesagt, daß alle Knochen anfänglich sich bloß aus dem leimgebenden Teil aufbauen und erst mit der Einlagerung von Kalksalzen ihre spätere Härte allmählich erlangen. Überdenken wir jetzt noch, daß die Knochen ganz verschiedene Leistungen haben, so ist es begreiflich,



Abb. 4.

leimgebenden Anteil verteilt, daß, wenn man den letzteren zerstört, der erstere doch noch die feinste Form des Knochenbaues beibehält. Der geringste Druck aber auf einen solchen Knochen läßt ihn zu Kalkstaub zerfallen.

Entfernt man umgekehrt den Kalk aus der Knochensubstanz, so daß nur der leimgebende Teil derselben übrig bleibt, so wird der früher harte, feste Knochen nunmehr biegsam, weich und sehr elastisch. Die leimgebende Substanz des Knochens zeigt knorpelähnliche Beschaffenheit. Dieser Versuch ist durch Einlegen eines Knochens in Säuren, welche den Kalk lösen, ohne die leimgebende Substanz zu zerstören, leicht auszuführen. Eine derart entkalkte knöcherne Rippe läßt sich um einen Stab wickeln, Abb. 2.

Den Erfolg dieses Versuches kann man aber auch am lebenden Menschen selbst beobachten. Jeder kennt die stark verkrümmten Beine kleiner Kinder und der aufmerksame Beobachter sieht auch in späteren Jahren die Folgen dieser Verkrümmung, die eine Erscheinung der Rhachitis ist. Das Wesen

dieses beruht auf einer mangelhaften Kalkeinlagerung im Bindemittel der Knochensubstanz, so daß diese zu lange Zeit verhältnismäßig weich und biegsam bleibt. Damit ist auch schon gesagt, daß alle Knochen anfänglich sich bloß aus dem leimgebenden Teil aufbauen und erst mit der Einlagerung von Kalksalzen ihre spätere Härte allmählich erlangen. Überdenken wir jetzt noch, daß die Knochen ganz verschiedene Leistungen haben, so ist es begreiflich, daß jeder Knochen, seiner besonderen Aufgabe gemäß, seine bestimmte Konstruktion aus diesem Material erfährt.

Betrachten wir einen Schnitt durch ein Fersenbein oder durch einen Oberschenkelkopf, Abb. 3 und 4, so sehen wir, daß das Innere des Knochens nicht aus solider Knochenmasse besteht, sondern daß innerhalb einer geschlossenen verschieden starken äußeren Schale sehr dünne Knochenplatten in bestimmter Richtung gestellt und sich schneidend das Gerüst des Knochens bilden. Es ist eine Konstruktion, die man in der Technik als Fachwerk oder besser als Zellenwerk bezeichnet. Diese Konstruktion ist im Sinne einer Inanspruchnahme des Knochens in bestimmter Richtung durchgeführt, so daß man aus dem inneren Bau des Knochens auf seine Leistung schließen kann (funktionelle Struktur).

Das bedingt aber auch wieder, daß die Verknüpfung zahlreicher Skelettstücke zu einem Ganzen, in der zusammengefaßten, sich ergänzenden Konstruktion der Einzelteile zum Ausdruck kommt. Diese durchgehende Konstruktion soll am Beispiel der Abb. 5 beachtet werden.

Jeder Knochen ist an seiner freien Oberfläche von einer faserigen, fest gewirkten Haut überzogen, die wir die Beinhaut (Periost)



Abb. 3.

nennen, Abb. 6. Sie gehört als wichtiger Bestandteil jedem Knochen an und wird durch Fasern, die in die Knochensubstanz übergehen, festgehalten. Die Beinhaut dient auch Muskeln und Sehnen zum Ansatz. An diesen Stellen ist ihre Verbindung mit dem Knochen besonders fest.

Haben wir mit dieser kurzen Beschreibung ein totes Bild des Knochens gewonnen, so muß dasselbe jetzt dadurch völlig geändert werden, daß wir feststellen, daß die gesamte Substanz des Knochens mit Ausnahme des anorganischen Bestandteiles, des Kalkes, lebende Masse ist.

Ein einfaches Beispiel wird die Lebenskraft der Knochensubstanz veranschaulichen.

Ein gebrochener Knochen, ja selbst ein in viele Teile zerschmetterter Knochen kann wieder heilen. Unter dieser Heilung kann aber nichts anderes zu verstehen sein, als daß der Körper im Stande ist, die zerstörten Teile abzubauen und wegzuräumen und durch neue Teile wieder zu ersetzen, d. h. also neue Knochensubstanz zu bilden und in der notwendigen Konstruktion aufzubauen. Diese Neulieferung von Baumaterial geht von einer besonderen Innenschichte der Knochenbeinhaut aus.

Ein zweites Beispiel: Die alltägliche Erfahrung lehrt, daß unsere Beine uns vom ersten Lebensjahr ab zu tragen haben. Die Knochen besitzen hierzu die für ihre Leistungen notwendige Masse und Form und die entsprechende Innenkonstruktion. Nun wachsen wir aber vom 1. bis etwa zum 20. Jahre, und das Gewicht, das auf den Beinen lastet, nimmt stetig zu. Es muß also, während die Arbeit, unseren Körper zu tragen, ununterbrochen geleistet wird, fortwährend ein Umbau der Knochen erfolgen. Besonders auffallend kommt dies zum Ausdruck, wenn wir einen Querschnitt durch die Mitte des Oberschenkels des 20jährigen Menschen mit einem solchen eines Kindes des 1. Lebensjahres vergleichen, Abb. 7. Wir sehen dann, daß in die innere Höhlung des ersten Knochens der kleinere voll hineingeht. Es ist folglich im Knochen des Zwanzigjährigen vom Knochen des ersten Lebensjahres überhaupt nichts mehr enthalten. Es erklärt sich das dadurch, daß beim Wachstum des Knochens immer neue Knochensubstanz um die alte herumgebaut wird, während von innen aus die frühere eingerissen und abgebaut wird.

Also fortwährender Umbau, geschaffen durch Abbau und Neubau. Das abgebaute Material wird aufgelöst und das gewonnene Rohmaterial im Körper wieder verwendet.

Den Transport besorgt das in den Gefäßen kreisende Blut.



Abb. 5.



Abb. 6.

Zu Abb. 7.
Links: Oberschenkelknochen des Erwachsenen, rechts oben des Neugeborenen. Darunter Querschnitte beider.



Abb. 7.

1*

Bei solchen Leistungen der Knochensubstanz gewinnen wir schon viel leichter die Überzeugung, daß dieselbe kein totes, sondern lebendiges Material ist, das sich bei seiner Arbeit stofflich verbraucht und deshalb, wie jeder andere Teil des Körpers, ernährt werden muß.

Die äußere Gestalt des Knochens ist das Produkt seines inneren Baues und damit gleichfalls ein Ergebnis der Funktion. Doch werden wir zugeben müssen, daß auch noch andere Bedingungen bei der Formbildung des Skelettes eine Rolle spielen.

Die Gestalt der Knochen ist sehr verschieden. Wir unterscheiden lange, kurze und platte Knochen.

Die langen Knochen sind meistens Röhrenknochen, Abb. 4. Das Schaftstück eines solchen Knochens ist einem hohlen, zylindrischen Säulenträger der Technik vergleichbar. Die Knochensubstanz ist in diesem Teil sehr dicht aus festverbundenen Lamellen gefügt (*substantia compacta*). Gegen die beiden Enden des Knochens weichen die Lamellen auseinander zu dem früher beschriebenen *Zellenwerk* (*substantia spongiosa*). In der Höhlung des Schaftes, sowie in den Räumen des *Zellenwerkes* ist das Knochenmark enthalten, das als ein Organ für sich zu betrachten ist und mit der Bereitung des Blutes im Zusammenhang steht.

Die kurzen Knochen, wie die Hand- und Fußwurzelknochen, Abb. 3 und die Wirbelkörper, die nach allen Richtungen des Raumes nicht zu sehr verschiedenes Ausmaß zeigen, sind wie die Enden der Röhrenknochen aus spongiöser, schwammiger Knochenmasse innerhalb einer geschlossenen dünnen Schale gebaut.

Die platten Knochen enthalten zwischen den nahe aneinander gerückten dichten Abschlußplatten noch etwas schwammige Substanz. Fehlt diese, dann bestehen sie nur aus einer einzigen dünnen Platte von solider Knochenmasse.



Allgemeines über die Gelenke.

Die Gliederung des Skelettes in einzelne Knochen verlangt wieder eine Verbindung aller zu einem einheitlichen Knochengerüst. Diese Verbindungen müssen gleichzeitig eine Verstellbarkeit der Knochen gegeneinander erlauben, also auf Bewegung eingerichtet sein.

Solche bewegliche Verbindungen nennen wir Gelenke.

Die einfachste Bauweise einer solchen Verbindung ist die, daß zwischen zwei aneinander stoßende starre Knochen eine Schichte nachgiebiger, formveränderlicher Substanz eingeschaltet ist, die durch ihre feste Verwachsung mit den Knochenenden gleichzeitig den Zusammenhalt beider Teilstücke besorgt. Diese Schichte ist entweder Knorpel oder reines Fasergewebe. Davon ist die verschiedene mechanische Leistung einer *Knorpelfuge* oder *Faserfuge* abhängig, für die man auch die allgemeinere Bezeichnung *Knorpelbindung* oder *Faserbindung* wählen könnte.

Der Knorpel ist von milchig, bläulich weißer Farbe (hyalin). Er ist schneidbar, besonders druckfest und sehr elastisch.

Das leimgebende Fasergewebe ist dagegen besonders zugfest und sehr wenig elastisch. Es gibt allerdings auch ein *elastisches* Fasergewebe, das infolge seiner Eigenheit auch besondere Verwendung findet.

Es leuchtet ein, daß die Beweglichkeit einer solchen Bindung nicht nur vom Material, sondern auch von der Form der biegsamen Zwischenmasse abhängen muß. Eine Rippenbindung an das Brustbein, Abb. 225, die durch einen langen schmalen Knorpelstab geschieht, sichert den beiden verbundenen Knochen sehr freie Beweglichkeit im Vergleiche zur Schamfuge, Abb. 103, in der die beiden Knochen durch kurze straffe Fasermassen zusammengehalten werden.

Derartigen Bindungen stellt die Anatomie die wahren oder eigentlichen Gelenke gegenüber, die für die Bewegung besondere Ausbildung zeigen. Das wesentliche ist hier, daß die im Gelenk vereinigten Knochen, Abb. 8, 1 und 2, mit freien Enden aneinander stoßen. Diese Gelenkflächen sind mit einer verschieden starken, im Vergleich zur Knochenmasse immer dünnen Schichte von glattem hyalinen Knorpel, Abb. 8, 3 (Gelenkknorpel) überzogen. Soweit dieser Knorpelbelag am Knochen reicht, fehlt die Beinhaut.

Für den Zusammenhalt der überknorpelten Gelenkenden sorgt zunächst die ringsumfassende Gelenkkapsel (4), welche als die Fortsetzung der Beinhaut des einen Knochens in die Beinhaut des anderen gelten kann. In dieser faserigen Kapsel können einzelne Züge besonders stark gewebt sein, doch können solche kräftige Züge auch außerhalb der Kapsel als besondere Gelenkbänder vorhanden sein.

Den von der Kapsel umschlossenen Spaltraum nennt man die Gelenkhöhle. Die der Gelenkhöhle zugewendete Innenfläche der Kapsel ist von einer besonderen dünnen Haut gedeckt (Synovialmembran), welche ein zähflüssiges, schlüpfriges Schmiermittel, die Synovia, in den Gelenkraum absondert. Die Reibung ist dadurch so gering, daß wir sie für die organischen Gelenke praktisch außer Rechnung stellen dürfen.

Für den gesicherten Gang der wahren Gelenke ist die Bedingung stets als gegeben anzunehmen, daß die Gelenkenden in dauernder Berührung gehalten werden. Das geschieht durch Aneinanderpressen der Knochenenden durch die Muskeln und Bänder und in geringerem Maße durch den Luftdruck. Diese Kräfte erzielen dabei oft recht erhebliche Drucke.

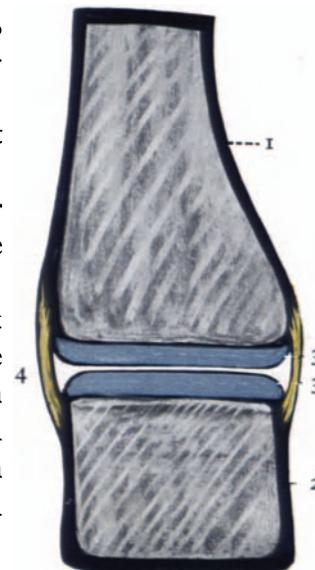


Abb. 8.



Abb. 9.

Der Umfang und die Form der in einem Gelenk möglichen Bewegung hängt von der Gestalt der Gelenkenden, also der aneinanderstoßenden Flächen und von der Anordnung der Kapsel, Bänder und Muskeln ab.

Stoßen die Gelenkenden, wie in dem in Abb. 8 dargestellten Fall mit fast ebenen überknorpelten Gelenkflächen aneinander und sind die Kapseln und Bänder kurz und straff gespannt, so wird nur eine geringe Verschieblichkeit beider Teile gegeneinander möglich sein. Das Gelenk wird aber schon durch die Einschaltung elastischer und formveränderlicher Knorpelpuffer seinen Wert behalten. Ein Knochenstab, der aus mehreren, untereinander straff gelenkig verbundenen Stücken zusammengesetzt ist, wird in diesen Verbindungen doch in geringem Maße winkelig knickbar und elastisch federnd sein (Fußgewölbe).

Gelenke, die auf größere Freiheit gebaut sind, zeichnen sich dadurch aus, daß mindestens einer der zusammenstoßenden Knochen oder beide mit der Form eines Drehkörpers = Kugel, Abb. 9 und 10, Zylinder, Kegel, Ellipsoid usw. enden.

Die Gelenkkapsel und die Bänder werden dementsprechend angeordnet sein müssen, um die Bewegung zu ermöglichen. Die Bänder können entweder in allen Lagen des Gelenkes gespannt sein (Scharniergelenk) oder aber bei mittlerer Einstellung des Gelenkes erschlafft und in Falten gelegt sein, um erst in den Randlagen des Gelenkes sich zu spannen (Kugelgelenk).

Das Ineinanderverschieben der beiden Knochenenden kann sehr vollkommen sein, so daß sich die gleichgeformten Gelenkenden mit breiten Flächen berühren und nur aneinander gleiten können. Dann ist die Bewegung des Gelenkes zwangsläufig, wie bei fast allen Gelenken der Technik.

Sind die Gelenkenden aber von verschiedener Form, also nicht kongruent, so berühren sie sich nur mit schmalen Teilen ihrer Oberfläche; doch wird es niemals bloß zur Berührung in einer Linie oder einem Punkte kommen können, weil der Gelenkknorpel nicht starr, sondern elastisch ist und unter dem Druck der aufeinander gepreßten Knochen nachgibt und sich umformt. Solche Gelenke mit *schmaler Spur* können dem einen Knochen außer der Gleitbewegung auch noch eine Rollbewegung gegen den andern erlauben. Gelenke mit schmaler Spur besitzen häufig eine dickere Knorpeldecke als solche mit breiter Spur. Dadurch gewinnen sie den Vorteil, daß ihre Bewegung nicht zwangsläufig an *eine* gegebene Form der Gleitflächen gebunden erscheint, sondern daß sie bei einer Bewegung unter gesteigertem Druck durch Umformung des zusammengepreßten Knorpels neue Bewegungsmöglichkeiten auf Grund neuer veränderter Formen der Gelenkenden gewinnen.

Derartige organische Gelenke sind also nicht durch starre Modelle nachzubilden, auch finden sie kein Gegenstück in den bekannten Gelenkformen der Technik.

Als Beispiel für Gelenke mit breiter zwangsläufiger Spur seien das Gelenk zwischen Oberarm und Elle, zwischen Speiche und Elle, das obere Sprunggelenk, das Zahngelenk zwischen erstem und zweitem Halswirbel und endlich die großen Kugelgelenke der Schulter und Hüfte genannt.

Als Beispiel eines Gelenkes mit schmaler Spur mag das Kniegelenk gelten.

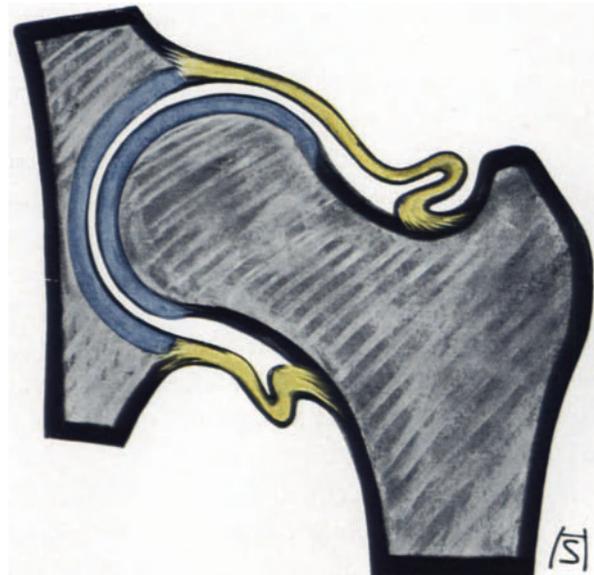


Abb. 10.

Bei der Wertung eines Gelenkes auf seine Leistung müssen besonders auch die Einrichtungen berücksichtigt werden, welche die Hemmung des Gelenkes besorgen, d. h. der Bewegung des Gelenkes bestimmte Grenzen setzen. Es tritt bei gewöhnlicher Inanspruchnahme der Gelenke fast immer zunächst die Muskelhemmung in Tätigkeit und die Hemmung durch Bänderspannung und die Knochenhemmung schließt sich erst in zweiter Linie an, Abb. 11.

Je nach ihrer Bauart geben die Gelenke verschiedene Bewegungsmöglichkeiten.

Es gibt Gelenke, die um einen festgedachten Drehpunkt nach *jeder* Richtung Bewegung erlauben, also um unendlich viele Achsen drehbar sind. Wir nennen sie aber *dreiachsige* Gelenke oder Gelenke von drei Graden der Freiheit, weil es möglich ist, jede der unendlich vielen Bewegungen eines solchen Gelenkes in Bewegungen um dreiaufeinander senkrechtstehende Achsen zu zerlegen. Die entsprechen Bewegungs-Ebenen werden nach den allgemeinem Übereinkommen bestimmt orientiert.

Gelenke von drei Graden der Freiheit sind z. B. die im Körper verwendeten Kugelgelenke, wie das Schulter- und Hüftgelenk, Abb. 9. Eine photographische Kamera, die zur Beobachtung und Einstellung vor dem Aufnehmenden steht, kann man in ihrem Kugelgelenk vor- und zurückneigen, links und rechts seitlich neigen und endlich um sich selbst drehen, im Sinne der Uhrzeigerbewegung oder entgegengesetzt. Man kann sich diese Bewegungsform am besten vorstellen, wenn man sich das Gelenk im Innern einer durchsichtig gedachten Kugel so eingestellt denkt, daß der Krümmungsmittelpunkt der Gelenkflächen, also der Mittelpunkt des kugeligen Gelenkkopfes mit dem Mittelpunkt der durchsichtigen Kugel zusammenfällt. Betrachtet man dann von außen her die Bewegung des Knochens, so wird er auf der Kugelschale ein Feld abgrenzen, das durch Meridional- und Äquatorialbewegung erzeugt, mit Hilfe einer Gradnetzeinteilung der Kugeloberfläche (wie bei einer Erdkugel) bestimmt werden kann. Der dritte Grad der Freiheit ist dann dadurch gegeben, daß der Knochen in jeder Stellung noch um sich selbst gedreht werden kann.

Halten wir das freie Ende des Knochens an einer beliebigen Stelle seines Bewegungsfeldes fest, so fallen zwei Freiheitsgrade fort und es ist die Meridional- und Äquatorialbewegung unmöglich geworden. Es bleibt nurmehr die Drehbewegung. Sie erfolgt um eine Achse, die der Verbindungslinie der beiden festgehaltenen Punkte entspricht und ist dadurch eigentümlich, daß der bewegte Knochen bei der Bewegung seine Lage im Raum nicht ändert.

Ein Gelenk, das diese eingeengte Bewegung besitzt, heißt ein einachsiges Gelenk oder ein Gelenk von einem Freiheitsgrad. Als Beispiel mag hier das Ellen-Speichergelenk genannt sein.

Bewegung nur in ein und derselben Bahn zeigen auch fast alle zwangsläufigen Gelenke der Technik und es wird vorteilhaft sein, zunächst an die Bewegungsform eines „Scharniers“ zu denken und damit von einem geläufigen Beispiel auszugehen.

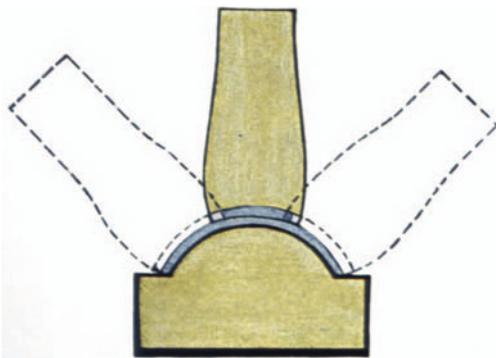


Abb. 11.

Die organischen Gelenke sind freilich niemals wie ein Scharnier gebaut, sondern wir sehen walzenförmig, d. h. zylindrisch geformte Gelenkkörper am Ende eines Knochens quer zur Längsachse desselben angebracht, die nicht voll in dem Lager stecken, wie beim Scharnier, sondern nur



Abb. 12.

zu einem Teil ihrer Oberfläche sich mit dem Lager, der Gelenkpfanne, berühren. Für den Zusammenhalt sorgen Bänder und Muskeln.

Außerdem ist bei jedem organischen Scharniergelenk die Längsverschiebung der beiden Gelenkflächen durch feste, seitlich angebrachte Bänder oder durch Knochenhemmung unmöglich gemacht, Abb. 12. Ein organisches Scharnier kann also nicht „aus den Angeln gehoben werden“ und nützt infolgedessen nur einen Freiheitsgrad aus, während die Bauform eines Zylinder-, Walzen- oder Scharniergelenkes an sich zwei Grade der Freiheit ergeben würde.

Es gibt aber auch organische Gelenke mit zwei ausgenützten Freiheitsgraden. Bei ihrer Konstruktion spielt die formveränderliche, elastische Knorpelzwischenlage eine maßgebende Rolle. Wir wollen diese an dem sogenannten Ei- oder Ovoidgelenk kennen lernen.

Denken wir uns einen eiförmigen festen, starren Körper in eine gleichgeformte, halb umfassende starre Lagerschale eingelegt, so kann der Körper nur um seine mittlere Längsachse in der Schale gedreht werden. Wir haben ein Gelenk von einem Grad der Freiheit. Eine Bewegung um die kurze, quere Achse, senkrecht zur ersten Bewegung, ist dann bei starren Gelenkkörpern unmöglich. Sie ist aber möglich, wenn ein hinreichend dicker Knorpelbelag einem oder beiden Gelenkkörpern den Wert elastischer Körper verleiht. In diesem Falle kann durch eine kraftvoll erzeugte und vorübergehende Umformung der Gelenkflächen eine solche Bewegung um die quere Achse erreicht werden.

Auch das sogenannte Ellipsoidgelenk und das „Sattelgelenk“ sind in ihrer Spielweise ähnlich zu erklären.

Auf die vielen selbständigen Eigenschaften aller Gelenke des Körpers einzugehen, erscheint erst bei der Einzelbeschreibung ratsam.



Allgemeines über die Muskeln.

Die Muskeln sind das eigentliche rote Fleisch, das mitunter schon im frischen Zustand faserig erscheint.

Deutlicher wird dieser faserige Bau nach längerer Einwirkung von kochendem Wasser, das die Eiweißsubstanzen des Fleisches gerinnen läßt, so daß die Fasern fester werden und endlich auseinanderfallen, weil das zwischen den Fasern gelegene Bindegewebe zunächst quillt und dann sich löst.

Durch geeignete technische Behandlung und unter Verwendung des Mikroskopes läßt sich nachweisen, daß diese groben Fasern nichts anderes sind, als Bündel parallel geordneter zahlreicher viel feinerer Fasern oder Fäden von bestimmter Länge, die wir dann die *Muskelfasern* nennen. Sie sind alle gleich gebaut.

Ein Muskel besteht aus einer bestimmten, auf dem Querschnitt zählbaren Anzahl von Muskelfasern, die durch das zwischengeschaltete Bindegewebe zu gröberen, und diese wieder zu noch stärkeren Fasern oder besser Bündeln eingeteilt sind. Die Tätigkeit der Muskeln, die sich immer in bestimmter Richtung abspielt, hat einen derartig geordneten und gerichteten Aufbau zur Bedingung.

Jede Muskelfaser besitzt das Vermögen, auf einen Reiz hin, der gewöhnlich von einem Nerv zugeleitet wird, in eine rasche energische innere Bewegung zu geraten, die bei frei beweglichen Muskelenden äußerlich als Formänderung der Faser, und zwar als eine Verkürzung bis fast auf die Hälfte ihrer Länge bei entsprechender Verdickung erscheint. Diese Zusammenziehung, die *Kontraktion*, wird als Kraftquelle zum Angriff auf andere Massen verwendet, so vor allem zur Bewegung der Skeletteile gegeneinander. Sie überwindet dabei oft sehr bedeutende Widerstände (äußere Arbeit).

Mit den Knochen sind die Muskeln durch die Sehnen verbunden. Diese sind, wie die Beinhaut der Knochen, aus undehnbaren aber zugfesten leimgebenden Fasern gearbeitet und setzen sich in jene fort.

Die Muskelfaser kann man einen kleinsten elementaren Motor nennen, in dem mechanische Kräfte aus zugeführten Rohstoffen erzeugt und durch zweckmäßige Verbindung auf das Skelett übertragen werden. Die Speisung der Motore geschieht mittelst der im Blute kreisenden geeigneten Stoffe, die dem Muskelgewebe durch die Blutgefäße zugeführt werden.

Die Tätigkeit des Motors hängt von seiner Verbindung mit dem Nervensystem ab. Der Nervenreiz veranlaßt die Arbeitsleistung des Muskels. Er schaltet ihn ein und aus.

Durch Zerstörung der Nervenleitung zum Muskel steht der Motor still und die Muskelfaser geht infolge der Nichtbenützung allmählich zu Grunde. Sie degeneriert.

Kommt ein Muskel durch einen Nervenreiz in Bewegung, die sich als Kontraktion äußert, so kann diese Bewegung vom Nerv aus zwischen kleinster und größter Geschwindigkeit geregelt werden.

So lange wir wachend ruhen, sind die meisten Muskeln unseres Körpers aber nicht völlig vom Nerv ausgeschaltet, also auch nicht völlig in Ruhe. Sie stehen vielmehr immer in einer wenn auch geringen Spannung zwischen ihren Ansatzstellen. Deshalb versuchen sie dieselben auf dem kürzesten, also geradlinigen Weg zu verbinden.

Diese Ruhespannung der Muskeln nennt man den *Tonus*. Er ist bei verschiedenen Menschen recht verschieden und kommt in der ganzen Gliederhaltung zum Ausdruck. Der Tonus kann die Schwere des Muskelfleisches in manchen Fällen übertreffen, in anderen Fällen nicht; dann hängen die Muskeln, wie wir sagen, durch.

Der Tonus ist für den gleichmäßigen und ruhigen Gang der Muskelarbeit von größtem Wert, weil sich der in Ruhespannung befindliche Muskel für seine Verkürzung und die dadurch bezweckte Arbeitsleistung in richtiger Einstellung (Haltung) befindet. Die Verkürzung kann sofort in eine Bewegung der

Skelettstücke umgesetzt werden, ohne erst den zu langen, gefalteten Muskel zwischen den Skeletteilen in Spannung bringen zu müssen.

Der Tonus der Muskeln, von der eigentlichen Zusammenziehung wohl zu unterscheiden, ist ein vom Nerven veranlaßter *Dauerzustand* der Muskelsubstanz, der bei allen Haltungen der Glieder, ebenso auch bei allen Anpassungen des Muskels, an neue veränderte Einstellungen der Glieder in den Gelenken eine wichtige Rolle spielt.

Es gibt Muskeln des Körpers, die unverhältnismäßig oft und lange Zeit hindurch eine Gliederhaltung durchzuführen haben, so z. B. die Rückenmuskeln, das Zwerchfell und andere mehr. Hier erspart der Tonus gegenüber der Muskelverkürzung viel Arbeit. Die Haltung wird mit sehr geringem Verbrauch von Energie gesichert und der Tonus erweist sich in diesem Sinne als eine gewisse Sperrvorrichtung.

Starke Belastung aber vermag der Tonus nicht zu überwinden; dazu bedarf es der wirklichen vom Nerv aus regulierten Muskelkontraktion.

Der Tonus ist ein wechsellösender plastischer Zustand des Muskels, die Kontraktion aber ist eine elastische Erscheinung, die aus jeder Haltungsform des Muskels ausgelöst werden kann. Sie ist als eine Kette rasch aufeinander folgender Einzelverkürzungen aufzufassen. Ein Muskel benötigt etwa $\frac{1}{10}$ Sekunde für den Ablauf einer Verkürzung, mit welcher er auf eine Einschaltung vom Nerven aus antwortet (Zuckung).

Länger dauernde Tätigkeit des Muskels wird durch immer neue, regelmäßig aufeinander folgende Einschaltungen erreicht. Dabei muß jede Einschaltung zeitlich so geregelt erfolgen, daß sie in dem Augenblick einsetzt, wenn der Verkürzungserfolg der vorhergehenden Einschaltung zu schwinden beginnt. Die Dauerverkürzung ist also eine Kette von Einzelverkürzungen (Zuckungen) und zwar muß der Muskel für eine Dauerverkürzung etwa 10 bis 30mal in der Sekunde eingeschaltet werden. Diese rasch folgenden Muskelstöße bringen den Muskel in Schwingung und ergeben ein Geräusch, das man hören kann, z. B. wenn man bei verschlossenen Ohren die Zähne fest aufeinander preßt und dadurch die Kaumuskeln in anhaltende Verkürzung bringt.

Der Muskel als Motor besitzt für eine Kontraktion keine Sperrvorrichtung, um den Rücklauf einer erreichten Verkürzung zu verhindern. Er muß, um seinen Verkürzungszustand längere Zeit aufrecht zu erhalten, immer wieder vom Nerv aus zur Verkürzung veranlaßt werden.

Läßt der Nervenreiz bei einem tätigen Muskel nach, so erschlafft dieser und kehrt in seine frühere Ausgangsform, von der aus die Verkürzung begonnen wurde, zurück. Dieses Erschlaffen des Muskels ist im Wesentlichen eine Erscheinung der Elastizität der Muskelsubstanz.

Die Form, mit welcher die Erschlaffung einsetzt, hängt von der Abstufung der aneinandergereihten Verkürzungen bis zum Aussetzen derselben ab. Die Ausschaltung kann entweder ganz plötzlich geschehen oder sehr allmählich, so daß die Einschaltungen vom Nerv aus langsam in immer größeren Zwischenräumen erfolgen, bis sie endlich ganz aussetzen.

Das Gleiche gilt natürlich auch für das Einschalten des Muskels und das Steigern seiner Tätigkeit und beide Vorgänge werden dazu benützt, um die gegnerische Zusammenarbeit von verschiedenen Muskeln an einem Gelenk (Antagonisten) zu ermöglichen.

Der Ablauf des Verkürzungsvorganges wie des Erschlaffungsvorganges sind aber willkürlich beeinflussbar und können geübt werden. Gerade das Erlernen eines raschen und wechsellösenden Nachgebens mit den Muskeln ist neben der Gebrauchsübung derselben ein wertvoller Behelf körperlicher Schulung.

Eine willkürliche Verkürzung eines Muskels von geringster Zeitdauer ist eine Kette von mindestens 10—12 Einzelzuckungen. Einzelzuckungen kennen wir nur aus dem experimentellen Versuch (Elektrische Reizung eines Muskels).

Der erschlaffte Muskel kann sich nicht selbsttätig über seine Ruheform (Gleichgewichtszustand) hinaus verlängern. Der Muskel muß vielmehr durch äußere Kräfte verlängert, also gedehnt werden.

Dies geschieht durch den Zug anderer (antagonistischer) Muskeln oder durch das Gewicht anderer am Muskel hängender Teilmassen des Körpers.

Dieser Dehnung setzt er einen gewissen Widerstand entgegen und kehrt, wenn die ihn dehnende Kraft aufhört, in seine Ruhelage zurück. *Der Muskel erweist sich folglich auch hier elastisch.*

Ein zwischen zwei Knochen ausgespannter Muskel versucht daher, wenn seine beiden Ansatzpunkte voneinander entfernt wurden, infolge seiner elastischen Spannung dieselben wieder einander zu nähern. Tritt während dieser Bewegung eine Verkürzung des Muskels durch einen Nervenreiz hinzu, so erfolgt die neue Bewegung unter dem Einfluß beider Kräfte, der elastischen Spannung und der Verkürzungskraft, die wieder die elastische Spannung erhöht.

Ein in Tätigkeit versetzter, also sich verkürzender Muskel, kann aber durch andere, äußerliche Kräfte während der Arbeit gedehnt werden. Er leistet selbstverständlich dieser Dehnung durch seine elastische Spannkraft und durch seine Verkürzungskraft entsprechenden Widerstand. Dieser Widerstand, der durch ein bestimmtes Gewicht ausgedrückt werden kann, ist das Maß für die im Muskel erzeugte Spannung und wird die absolute *Muskelkraft* genannt. Das Gewicht selbst ist das *Kraftmaß* des Muskels.

Der Erfolg der Muskelkraft kann in verschiedener Weise äußerlich erkennbar werden. Sind die Muskelenden gegeneinander verschieblich, so kann sich der tätige Muskel wirklich verkürzen. Seine beiden Enden nähern sich einander; er wird dabei entsprechend dicker und härter. Diese Beobachtung ist jedem Menschen geläufig.

Sind die Knochenteile, zwischen denen der Muskel ausgespannt ist, aber so festgehalten, daß der Muskel mit größter Arbeit nicht imstande ist, sie einander zu nähern, dann kann der aufs höchste Maß gespannte Muskel sich nicht verkürzen und verdicken, aber ein Betasten des Muskels lehrt, daß er härter geworden ist, sich nicht mehr so leicht aus seiner Lage verschieben und nicht mehr so leicht eindrücken läßt.

Es leuchtet ein, daß man in diesem Falle nicht von einer Verkürzung des Muskels sprechen sollte, sondern höchstens von einer Zusammenziehung (Kontraktion), die eben nicht als Verkürzung sichtbar wird. Es hat sich aber allmählich im Sprachgebrauch der Sinn des Wortes Verkürzung dahin geändert, daß wir damit den *im* Muskel ablaufenden Vorgang seiner Tätigkeit bezeichnen, unbekümmert, ob er auch tatsächlich äußerlich als Verkürzung erscheint.

Die Verkürzungskraft eines Muskels ist in ihrer Größe unmittelbar von der Größe des Querschnittes des Muskels abhängig. *Je dicker ein Muskel ist, je mehr Fasern er enthält, um so mehr leistet er.*

Die absolute Länge des Muskels, d. h. seiner Fasern, spielt dabei gar keine Rolle. Sie ist nur von Wert für die Verkürzungsgröße. *Je länger ein Muskel ist, desto größer ist die Wegstrecke, um welche er seine beiden Ansatzstellen einander nähern kann.* Um so größer ist auch, bei sonst gleichen Bedingungen, die in einem Gelenk durch den Muskel hervorgebrachte Bewegung. Von diesem Gesichtspunkt aus verdient das Vorhandensein langer und kurzer Muskeln am menschlichen Körper volle Beachtung. Es läßt sich sagen, daß die Länge der Muskeln ihrer Tätigkeit genau angepaßt ist (funktionelle Anpassung). Solange die Muskelfasern in Verbindung mit dem Skelett stehen, solange wir sie also unter natürlichen Arbeitsbedingungen beobachten, können sie ungefähr auf das doppelte Maß ihrer äußersten Verkürzungsgröße gedehnt werden. Bei stärkster Beugung des Ellbogengelenkes ist der innere Armmuskel fast halb so lang als bei völliger Streckung des Gelenkes. Der jeweilige Längenzustand eines Muskels hat aber auch ganz bestimmte Beziehungen zu seiner Verkürzungskraft. Die letztere nimmt zu je stärker gedehnt, d. h. je stärker verlängert der Muskel vor Beginn seiner Verkürzung war. In diesem Satz findet das bekannte „Ausholen“ zu einer kräftigen Bewegung zum Teil seine Erklärung.

Mit zunehmender Verkürzung nimmt umgekehrt die Verkürzungskraft immer mehr ab und im Augenblick der erreichten äußersten Verkürzungsgröße ist sie auf 0 gesunken. Werden die beiden Knochen, die der Muskel durch seine äußerste Verkürzung genähert hatte, durch andere Kräfte noch näher gebracht,

dann kann der Muskel auch durch seine äußerste Verkürzung keinen Zug mehr ausüben und er wird an der Ausführung der Bewegung nicht mehr Anteil nehmen können. Es ist deshalb, wie schon erwähnt, für den regelrechten Ablauf der Gelenkbewegungen von besonderer Bedeutung, daß die meisten Muskeln auch bei möglichster Annäherung der die Muskelansätze tragenden Knochen noch etwas gespannt sind, d. h. ihre äußerste Verkürzungsgröße gar nicht erreichen. Damit behalten die Muskeln, mit wenigen Ausnahmen, dauernd ihren Einfluß auf die Gelenke.

Die Arbeit eines Muskels kommt darin zum Ausdruck, daß er mit seiner Muskelkraft ein bestimmtes Gewicht auf eine bestimmte Höhe zu heben vermag. Die Arbeitsleistung ist also gleich dem Produkt aus dem gehobenen Gewicht (Last) und der Hubhöhe (Weg).

Diese Arbeitsleistung können wir auch die *nutzbare* Arbeit nennen.

Aus der Abnahme der Muskelkraft mit zunehmender Verkürzung ergibt sich, daß der Muskel als Motor mehr leistet, wenn er eine *mittlere* Belastung erfährt, als wenn er ein *kleines* Gewicht zu heben hat. Eine sehr *große* Belastung wirkt wieder ungünstig, weil dadurch die Hubhöhe sehr gering wird.

Auch eine *mittlere Schnelligkeit* gibt für alle Gliederbewegungen, die wir durch Muskeln ausführen, die günstigsten Arbeitsleistungen.

Jeder Muskel erlernt erst seine richtige Einstellung auf einen möglichst sparsamen Betrieb. Bei jeder erstmals ausgeführten, *ungelernten*, aber auch schon bei jeder *ungewohnten* Übung verbrauchen wir mehr als die nötige Kraft. Der Nutzwert kann auf die Hälfte heruntergehen.

Die Arbeitsfähigkeit der Muskeln ist zeitlich begrenzt. Wird die Dauer normaler Arbeitsleistung überschritten, so verändern langsam einsetzende und sich steigernde Störungen den Ablauf der Muskel-tätigkeit. Es sind Erscheinungen, die wir unter der Bezeichnung „Ermüdung“ zusammenfassen.

Zunächst springt der ermüdete Muskel auf die Einschaltung nicht mehr so schnell an. Er zieht sich langsamer und mit geringerer Kraft zusammen. Der ermüdete Muskel bedarf deshalb der Einschaltung eines immer stärkeren Nervenreizes und endlich gehorcht er auch diesem nicht mehr. Er versagt gänzlich. Wird er eine Zeitlang von der Arbeit ausgeschaltet, so erholt er sich in der Regel vollständig.

Beginnt er aber nun sofort wieder seine Tätigkeit, so ermüdet und versagt er dieses zweite Mal schon nach wesentlich kürzerer Arbeitszeit, und wiederholen wir diese Aufeinanderfolge von Arbeit und Erholung in diesem Sinne, so sehen wir, wie die Erholung immer länger dauert und der Muskel schließlich unbrauchbar wird. Er erschlafft nicht mehr völlig mit aussetzender Verkürzung, sondern bleibt in immer steigendem Maße zusammengezogen. Er ist dann auch fast immer schmerzhaft geworden und geschwollen. Jeder kennt diese Erscheinung als Turnweh — oder Turnfieber, Reitweh usw.

Die Erklärung für das Gesagte liegt so: Der tätige Muskel hat gegenüber dem ruhenden Muskel einen viel größeren und völlig veränderten stofflichen Umsatz. Durch den tätigen Muskel fließt dementsprechend 5 bis 10mal soviel Blut als durch den ruhenden. Diese stärkere Durchblutung setzt den Muskel in den Stand, seinen durch die Verkürzung und Arbeit nach außen (z. B. Bewegung der Skeletteile) verlorenen Teil seines Arbeitsvermögens (Energie) aus der stofflichen Zusammensetzung des Blutes wieder zu ergänzen. (Speisung des Motors.)

Der tätige Muskel gibt aber auch ins Blut eine gesteigerte Menge von Abfallstoffen ab, darunter auch die sogenannten Ermüdungsstoffe, die endlich durch die Tätigkeit der Niere wieder aus dem Blut entfernt werden. Sammeln sich diese Ermüdungsstoffe im Muskel an, so wird seine Leistung allmählich immer mehr herabgesetzt, doch bleibt diese Erscheinung auf den einzelnen Muskel beschränkt.

Wird die Anhäufung von Ermüdungsstoffen aber ausgedehnter, d. h. geht sie von vielen Muskeln aus, dann können sich die Ermüdungsstoffe auch im Gesamtblut des Körpers anhäufen und bewirken die Erscheinung der allgemeinen Ermüdung und Erschöpfung, die längere Zeit der Erholung bedarf.

Die Ermüdung setzt also die Arbeitsleistung herab, der Nutzwert der Muskelarbeit kann dabei noch auf gleicher Höhe bleiben. Er kann sogar größer werden, weil mit eintretender Ermüdung die Wärmebildung im Muskel schneller absinkt als die nutzbare Arbeit.

Die Ermüdung setzt aber auch die Elastizität des Muskels herab, so daß er sich leichter dehnen läßt. Eine Tatsache, die praktische Bedeutung gewinnt (Herzerweiterung).

Die stärkere Durchblutung des tätigen Muskels kann auch zur Vermehrung seiner eigenen Substanz führen. Bei keinem anderen Organ des Körpers ist uns diese Erscheinung der Massenzunahme durch die Tätigkeit (Übung) so geläufig, als gerade beim Muskel. In besonderen Fällen vermag die Dicke einzelner Muskeln um das Fünffache zu steigen. Berechnet man die normale Muskelmasse des menschlichen Körpers mit etwa 45% der ganzen Körpermasse, so kann man sich leicht die völlig veränderten Kreislaufbedingungen ausdenken, wenn die Muskelmasse einseitig so sehr an Gewicht zunimmt und wohl in sehr vielen Fällen, besonders massig entwickelter Muskulatur, wird keine harmonische Zusammenstimmung der Tätigkeit aller Organe erreicht sein.

Praktisch von Bedeutung sind die Beziehungen zwischen der Art und Weise der Muskelarbeit und der Ermüdung.

Wir können bei der Muskelarbeit Kraft-, Dauer- und Schnelligkeitsübungen unterscheiden.

Kraftübungen sind von kurzer Dauer. Sie werden meist nur von bestimmten Muskelgruppen ausgeführt und oft bis zur Höchstleistung gesteigert. Sie sind imstande, die Muskeln verhältnismäßig rasch an Masse zunehmen zu lassen und damit ihre Leistung zu erhöhen. Bei der Kraftleistung ist von einer gewissen Grenze ab die Ernährung der aufs höchste in Anspruch genommenen Muskeln gehemmt und herabgesetzt. Es müssen längere Erholungspausen eingeschaltet werden, sonst kommt es bald zur Ermüdung der betreffenden Muskelgruppen.

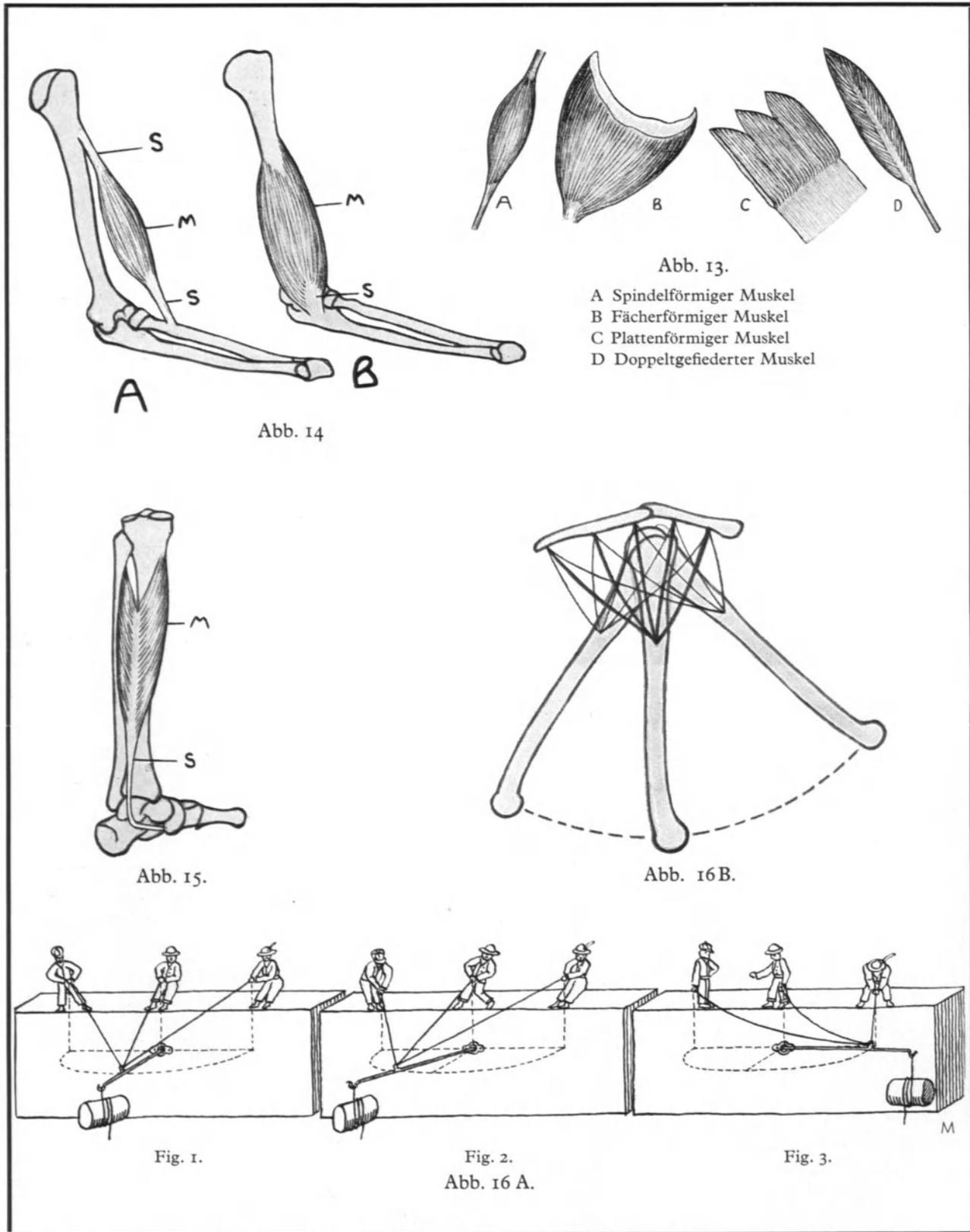
Die Dauerübungen erhöhen die Arbeitszeit für eine mittlere Leistung. Die Höchstleistung wird hier meistens nach der *Arbeitszeit* bemessen. Wie vollkommen anders sich die Muskeln bei dieser Aufgabe ausbilden als bei den Kraftübungen, das beweist die Form eines Schwer-Athleten, z. B. eines Meisterschaftsstemmers, im Vergleich zu der eines Langstreckenläufers oder Langstreckenschwimmers oder auch eines allgemein durchgebildeten Leichtathleten. Die Ernährung (Durchblutung) der Muskel ist bei den Dauerübungen eine gute und kann durch Anpassung des Muskels an die Tätigkeit noch wesentlich gebessert und damit die Ermüdbarkeit hinausgeschoben werden.

Die Schnelligkeitsübungen zielen darauf ab, den rhythmischen Wechsel zwischen Arbeit und Ruhe der Muskeln auf höchste Zahl zu bringen und dabei gleichzeitig durch Summierung kleiner Arbeitsergebnisse große Arbeitserfolge in kürzester Zeit zu erzielen. Sind bei den Schnelligkeitsübungen zahlreiche Muskelgruppen oder fast die ganze Bewegungsmuskulatur des Körpers in Tätigkeit, dann wird wohl immer vor dem Eintreten völliger Ermüdung der Muskeln die Arbeitsleistung durch Versagen der Herz- und Lungentätigkeit abgestellt.

Aus dem Gesagten ergibt sich jedenfalls die Tatsache einer großen Anpassungsfähigkeit der Körpermuskulatur an verschiedene Aufgaben.

Aus der bestimmt geformten Zusammenfügung zahlreicher Muskelfasern entstehen die einzelnen anatomisch benannten Muskeln von sehr verschiedener Masse und Form, Abb. 13. So z. B. spindelförmige Muskeln (A), fächerförmige Muskeln (B), dünne oder dickere Muskelplatten (C) u. a. m. Sie stehen mit dem Skelett stets durch zwischengeschaltete Sehnen (Endsehnen), Abb. 14, S, die freilich unter Umständen sehr kurz sein können, Abb. 14, B, in Verbindung.

Je nach ihrer Arbeitsleistung ist die Anordnung von Muskel und Sehne verschieden. Entweder gehen die Muskelfasern in die Sehnenfasern annähernd in gleicher Richtung über, Abb. 13, A und C, oder sie bilden mit ihnen einen wechselnd großen, aber immer spitzen Winkel, Abb. 15. Je größer dieser



Fiederungswinkel ist, um so mehr Fasern sind zur gleichen Arbeitsleistung nötig, weil sie an Kraft verlieren, um so kürzer können sie aber sein.

Denken wir daran, daß an den Extremitäten die Sehnen der Muskeln hart an den Gelenken vorbeilaufen, um die schlanke Form der Glieder zu ermöglichen, so müssen die Muskeln kräftig in ihren Leistungen sein, weil sie mit Hebelarmen von geringer Länge arbeiten, während die äußeren Kräfte oder Widerstände, die sie zu überwinden haben, mit Hilfe des Skelettes lange Hebelarme finden. Dagegen wird der Weg, den die Sehnen zurückzulegen haben, ein verhältnismäßig kurzer sein (Geschwindigkeitshebel im Gegensatz zum Krafthebel).

Wie es nun an den Extremitäten nicht möglich erscheint, die Fasern eines Muskels in dünner flacher Schicht auszubreiten und sie in gradlinigem Übergang in ebenso ausgebreitete Sehnenplatten fortlaufen zu lassen, wie etwa die Muskelplatten am Bauch, so müßte hier die Zusammendrängung vieler Muskelfasern in die Richtung strangförmiger Sehnen, dicke knollige und verhältnismäßig kurze Muskelbäuche ergeben, etwa wie der Bicepsbauch am Oberarm. Die winklige Fiederung dagegen gibt die Möglichkeit, eine große Zahl von verhältnismäßig kurzen Fasern längs langer Sehnen in der Richtung der Glieder übereinander anzuordnen und so lange, schlanke Muskeln zu erzeugen. Die Abbildungen auf Seite 26 u. 27 werden dafür Beispiele geben.

Besondere Beachtung verdienen noch die „fächerförmigen“ Muskeln, die von einer ausgedehnteren Ansatzfläche aus zahlreiche Fasern zu einer verhältnismäßig schmalen Endsehne zusammenlaufen lassen, Abb. 13, B.

Die Wirkung der gleichzeitigen Tätigkeit aller Fasern eines solchen Muskels wird durch die Abbildung 16A erklärt. Hier heben drei Männer mit Seilen ein an einer Stange hängendes Gewicht. Die Stange ist an der Mauer, auf welcher sie stehen, eingelenkt. Die Zugkraft der einzelnen Männer (Muskelfaserbündel) kann beliebig abgestuft erfolgen, darnach wird der Erfolg des Zuges im Sinne der beiden Figuren 1 und 2 wechseln. Wenn aber nur einzelne Gruppen von Fasern sich verkürzen, dann muß die Richtung der Bewegung um so mehr abgelenkt werden, je weiter zum Rand das Muskelbündel liegt, Fig. 3.

Die Muskelfasern können auf Grund dieser Anordnung nicht nur die Last heben und senken, sondern sie können dieselbe auch in gleicher Höhe von der Lage auf Fig. 2 über jene von Fig. 1 in die der Fig. 3 bringen. Die Bewegung erfolgt dann in der horizontalen Ebene, vorausgesetzt, daß das Gelenk diese Bewegung erlaubt.

Die schematische Darstellung des fächerförmigen Deltamuskels, der das Schultergelenk deckt, Abb. 16B, wird durch diese Auseinandersetzung verständlich sein. Wir können auch hier den Arm im Schultergelenk in verschiedener Richtung heben, aber auch in gleicher Höhe von vorne innen nach außen hinten und umgekehrt bewegen.

Solche fächerförmige Muskeln werden also nur der groben Form nach als eine Einheit benannt werden können, während sie ihrer Leistung nach als eine Vielheit verschieden gerichteter und dementsprechend verschieden wirkender Muskelkräfte anzusprechen sind, die freilich bei gleichzeitiger Verkürzung sich zu einer resultierenden Mittelkraft vereinigen.

Damit ist auch schon gesagt, daß die einzelnen anatomisch gegliederten und benannten Muskeln meistens keine Arbeitseinheiten sind. Die Versorgung mit Nerven geschieht vielmehr in so weitgehender feiner Verteilung, daß es möglich ist selbst kleinste Gruppen von Fasern eines Muskels selbständig zur Tätigkeit zu veranlassen und die Übung vermag in dieser Beziehung außerordentliches zu erreichen und jede Auswahl zu sichern. Wir werden Gelegenheit haben, noch öfters auf diese Tatsache hinweisen zu können.

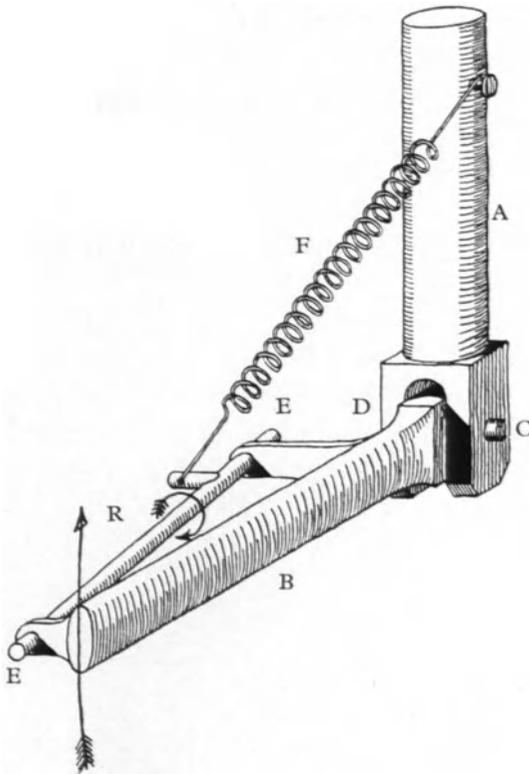


Abb. 17.

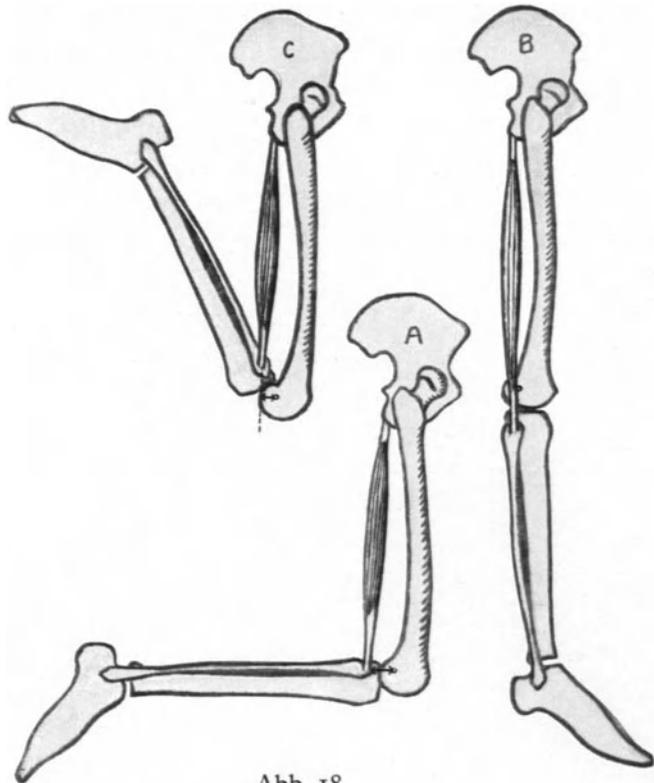


Abb. 18.

Wollen wir über die Arbeit eines Muskels am Skelett brauchbaren Einblick gewinnen, so müssen wir die Richtung des resultierenden Muskelzuges kennen und seine Einstellung zu den Achsen und Bewegungsebenen jenes Gelenkes, auf das er einwirkt.

Kennt man die beiden Ansatzstellen des Muskels am Skelett und denkt man sich eine gerade Verbindungslinie beider, so hat man noch zu prüfen, welche Lage diese Linie (Hauptlinie — oder Kraftlinie) zu *der* oder *den* Hauptebenen des Gelenkes besitzt.

Nehmen wir ein Beispiel vor: Auf Abb. 17 ist Oberarm, Vorderarm und das dazwischen gelegene Ellbogengelenk schematisiert dargestellt. Der Oberarm (A) ist gegen die Elle (B) in einem Scharniergelenk um eine einzige quere Achse (CD) drehbar. Jeder Punkt der beiden durch das Gelenk verbundenen Knochen bewegt sich auf einer Kreislinie in einer Ebene, die auf der Achse senkrecht steht. F stellt einen Muskel und zwar den *runden Einwärtsdreher* (*M. pronator teres*) oder besser seine Kraftlinie dar. Dieselbe liegt vor der Drehungsachse und schneidet die Drehungsebene des Gelenkes unter einem Winkel. Der Muskel wird einen Zug ausüben, der zu einer Beugung des Scharniergelenkes führt und er muß einen schwächeren queren Zug ausüben, der durch die feste Gelenkverbindung aufgehoben wird. Ebenso wird er auch noch mit einem Längszug beide Knochen im Gelenk gegeneinander pressen.

Weil der Muskel aber an der Speiche (R) ansetzt, so muß auch die Lage seiner Hauptlinie F zur Drehungsebene und Achse EE der Speichen-Ellenverbindung berücksichtigt werden. Die Feder liegt vor der Achse und schneidet die Ebene der Gelenkverbindung unter einem Winkel. Der Muskel wird demnach eine Einwärtsdrehung der auswärtsgedrehten Speiche durchführen.

Es ist klar, daß im ersten Fall der bewegende Einfluß des Muskels mit Zunahme des Winkels abnehmen und bei 90° erlöschen wird. Das heißt, ein rein quergestellter, in der Richtung der Achse CD verlaufender Muskel vermag das Ellenbogengelenk nicht mehr zu beugen oder zu strecken. Umgekehrt

wird ein Muskel, der in der Richtung der Achse EE verläuft, eine Wendebewegung des Vorderarmes nicht mehr ausführen können, während ein querer Muskel die günstigste Anordnung für diese Aufgabe findet.

Der besprochene, schräg verlaufende Muskel kann folglich mit einem längsgerichteten Kraftanteil das Ellbogengelenk beugen und mit einem quergerichteten Kraftanteil in den gelenkigen Verbindungen der Speiche mit der Elle eine Einwärtsdrehung ausführen.

Wären nun diese beiden, hier auf getrennte Gelenke verteilten Bewegungen, in *einem* Gelenk zugleich ausführbar, d. h. besäße ein Gelenk nicht nur in einer Ebene Spielraum, wie das Oberarm-Ellengelenk, sondern auch in einer zweiten oder gar noch in einer dritten jeweils auf der anderen senkrecht stehenden Ebene, wie das Kugelgelenk der Hüfte und Schulter, dann sind wir gezwungen, die Hauptlinie eines Muskels in Beziehung zu allen drei Ebenen und Achsen zu bringen. Darauf wird später noch näher einzugehen sein, doch versuche man schon hier diesen Fall im Anschluß an das in Abb. 17 gegebene Beispiel auszudenken.

Der Erfolg der Arbeit eines Muskels ist aber nicht nur von seinen inneren Eigenschaften abhängig und von seiner Richtung und Lage zu den Drehungsebenen und Achsen der Gelenke, sondern auch noch von einer weiteren Bedingung, welche ihm das Skelett stellt. Es kommt auf die Hebelverhältnisse an, die der Muskel am Skelett findet. Dieser Hebelarm ist das Maß des senkrechten Abstandes seiner Hauptlinie von der Achse des Gelenkes (statisches Moment) und ändert sich mit einer im Gelenk erfolgten Bewegung.

Die Abbildung 18 erläutert das Gesagte. Bei A hat der Muskel durch seine Verkürzung das Kniegelenk in rechtwinkelige Beugung gebracht und gewinnt in dieser Stellung den größten Abstand seiner Hauptlinie von der Gelenkachse. Der Hebelarm ist mit einem Doppelpfeil angegeben. In der Gliederstellung bei B ist der Muskel stark gedehnt und sein Hebelarm ist sehr klein geworden, denn die Hauptlinie des Muskels läuft sehr nahe an der Gelenkachse vorbei. Bei C ist der Muskel maximal verkürzt, aber trotzdem vermag er nur wenig mehr am Kniegelenk zu leisten, weil auch in dieser Stellung sein senkrechter Abstand von der Achse des Gelenkes gering ist.

Wir werden durch unsere Beobachtungen belehrt, daß jede Bewegung im Gelenk die Lage und die Wirkung des Muskels verändert und jede neue Gliederlage auch neuer Betrachtung bedarf. Eine einmalige Angabe über die Wirkung eines Muskels ist völlig unzulänglich.



Fuß, Unterschenkel und Sprunggelenke.

Wir kommen jetzt zu unserer eigentlichen Aufgabe, die einzelnen Knochen des Skelettes, ihre Verbindungen und die auf sie wirkenden Muskeln kennen zu lernen. Wir beginnen mit dem Fuß und bauen den Körper vom Boden her auf. Es ist das ein ungewöhnlicher und wohl auch falscher Weg, denn jeder tiefer gelegene Teil wird in seiner Stellung, Lage und Beanspruchung von allen darüberliegenden Teilen abhängig sein. Darnach hätte die Darstellung mit dem Kopfe zu beginnen und gegen den Fuß fortzuschreiten. Ich habe mich aber dennoch zu diesem Weg entschlossen, weil er mir aus meiner Erfahrung für den Anfänger leichter gangbar scheint.

Die 26 Knochen des Fußskelettes teilen wir in die Knochen der *Fußwurzel*, des *Mittelfußes* und der *Zehen* ein, Abb. 19, doch bleiben bei der folgenden Beschreibung die Zehen zunächst außer Betracht.

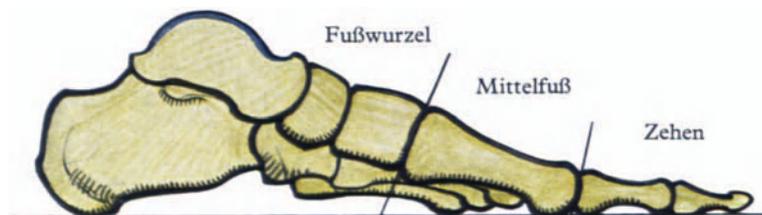


Abb. 19.

Der Mittelfuß ist aus fünf langen, schlanken Röhrenknochen gebaut, Abb. 20, 8, die Fußwurzel aus fünf kurzen Knochen (3—7), die nach rückwärts auf zwei längere, größere und derber geformte Knochen stoßen, das *Sprungbein* und das *Fersenbein*, Abb. 20, 1 und 2.

Ich verzichte auf eine genauere Beschreibung der einzelnen Knochen und ihrer Merkmale.

Ihre grobe Form und ihre Namen ergeben sich aus der Betrachtung aller hierhergehörigen Abbildungen.

Auch durch eine sehr genaue Beschreibung der einzelnen Knochen würde keine wirklich plastische Vorstellung der einzelnen Formen zu vermitteln sein. Eigenes Studium am Skelettpräparat ist unbedingt nötig, um die Form so beherrschen zu lernen, daß man aus der Erinnerung heraus die Teile charakteristisch zu modellieren und in jeder Ansicht aus dem Kopf zu zeichnen vermag.

Wir wollen hier aber genauer untersuchen, was für ein Gebilde durch die Verknüpfung dieser zwölf Knochen zustande kommt und deshalb muß die Art und Weise ihrer Verbindung zunächst festgestellt werden.

Die Knochen der Fußwurzel und des Mittelfußes sind unter Verwendung mehr oder weniger straffer Gelenkverbindungen untereinander vereinigt. Nur das Sprungbein und das Fersenbein machen eine Ausnahme und sind freier beweglich.

Die eigenartige Vereinigung der Knochen neben- und übereinander läßt das Fußgewölbe entstehen, Abb. 22. Die Konstruktion dieses Gewölbes ist leichter verständlich, wenn man zunächst die Knochen in zwei Reihen teilt; eine innere Reihe und eine äußere, Abb. 21, 1 und 2.

Die innere beginnt mit dem Sprungbein, umfaßt das Kahnbein, die drei Keilbeine und endigt mit den drei inneren Mittelfußknochen; die äußere Reihe wird von dem Fersenbein, dem Würfelbein und den beiden äußeren Mittelfußknochen gebildet. Während nun nach vorne zu die Endstücke beider Reihen, die Köpfe der Mittelfußknochen *nebeneinander* dem Boden aufliegen, legen sich die hinteren End-



Abb. 20.



1



2

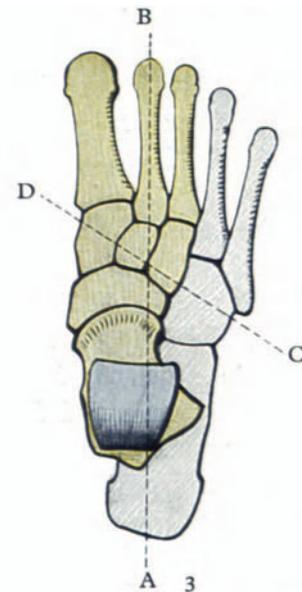


Abb. 21.

Bezeichnung für Abb. 20: 8 = Mittelfußknochen (Metatarsalia), 5, 6 und 7 = die drei Keilbeine (Cuneiforme I—III), 4 = Würfelbein (Cuboideum), 3 = Kahnbein (Naviculare), 2 = Fersenbein (Calcaneus) und 1 = Sprungbein (Talus).

stücke *übereinander*, und zwar das Sprungbein von innen her auf das Fersenbein, Abb. 21, 3. Dadurch wird einmal der Fuß vorne breit und nach hinten zu schmaler und andererseits entsteht durch das Aufsteigen der inneren Knochenreihe auf die äußere ein von innen her zugängliches und nach außen abdachendes Nischengewölbe, Abb. 22. Dasselbe läßt eine Krümmung der Länge nach und eine der Quere nach erkennen. Die Längskrümmung ist am inneren Fußrand stärker ausgeprägt und nimmt gegen den äußeren Fußrand ab. Die größte Höhe (5—7 cm) hat das Gewölbe in der vertikalen Längsebene des 2. Mittelfußknochens, entsprechend der Linie A—B auf den Abb. 21, 3 und 22. Am äußeren Fußrand beträgt die Höhe bloß mehr 2—3 cm, Linie A—C, Abb. 22. Die quere Krümmung ist nur am Vorderfuß gut ausgeprägt. Ein Querschnitt durch das Skelett gemäß der Linie C—D der Abb. 21, 3 geführt, gibt hier das Bild der Abb. 23. Es liegt diese stärkste quere Wölbung des Fußes etwa in der Mitte seiner Länge, da wo die einzelnen Längsreihen der Knochen beim Übergang aus der Lage nebeneinander in die Lage übereinander in ihrem Verlauf sich schneiden.

Auch am lebenden Fuß prägt sich die Übereinandersetzung der beiden Knochenreihen mit auffallenden Überschneidungen aus, Abb. 24 und 25. Die Betrachtung des Fußgewölbes von oben her,

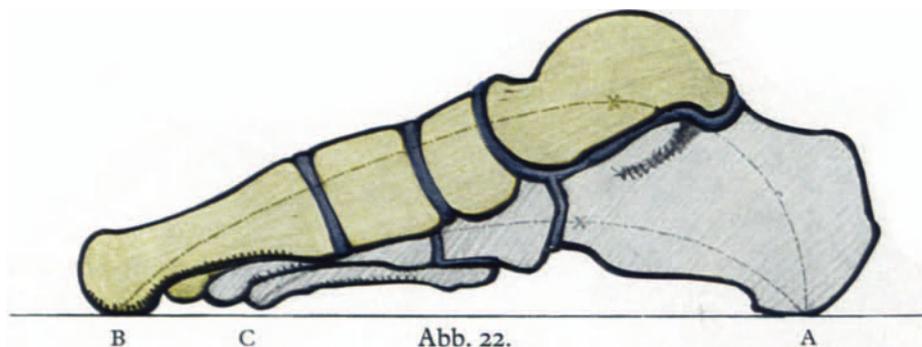


Abb. 22.

Abb. 21, 3, zeigt, wie die innere Knochenreihe mit ihrem hinteren Endknochen, dem Sprungbein, nur bis zur Mitte des Fersenbeines reicht. So schließt das Fußgewölbe nach hinten zu allein mit dem Fersenbein ab, das hier zu einem länglichen massigen Knauf mit steil abfallender Hinterfläche anschwillt, dem Fersenhöcker.

Ist das Gewölbe aus zwei tragfähigen Bögen, der inneren und der äußeren Knochenreihe aufgebaut, so ergibt sich doch, daß die innere Reihe erst durch Mitbeteiligung des Fersenbeines ihren hinteren Stützpunkt auf dem Boden findet und daß anderseits die äußere Knochenreihe erst durch die Auflagerung des Sprungbeines von oben her ihre Belastung übernimmt. Da auch die quere Verspannung das ganze Gewölbe einheitlich betrifft, so muß das Gewölbe doch wieder als Ganzes gewertet werden.

Der Bau des Fußgewölbes aus vielen elastisch und mehr oder weniger beweglich verbundenen Stücken

auf einer ebenen festen Unterlage zu suchen. Setzen wir das Skelettpräparat auf eine solche Unterlage auf, so werden wir mit drei solchen Punkten rechnen können, nämlich dem Höcker des Fersenbeines und den Köpfchen des ersten und fünften Mittelfußknochens, Abb. 26. Die Unterstützungsfläche, durch gradlinige Verbindung dieser drei Punkte gewonnen, ist ein Dreieck, das die Form des Fußes, vorne breit, hinten schmal, zum Ausdruck bringt. Betrachten wir aber einen Fußabdruck auf ebenem Boden, Abb. 27, so sehen wir gleich, daß der Fuß mit einer viel größeren Fläche den Boden berührt und so groß diese Berührungsfläche ist, so groß muß auch die Unterstützungsfläche sein. Diese Vergrößerung der tragenden Fläche des Fußes geschieht durch die Auspolsterung des Fußgewölbes mit Weichteilen, die bei Belastung des Fußes gedrückt und abgeflacht werden und etwa so wirken wie ein Wasserkissen. Dadurch werden nicht nur jene Knochen-

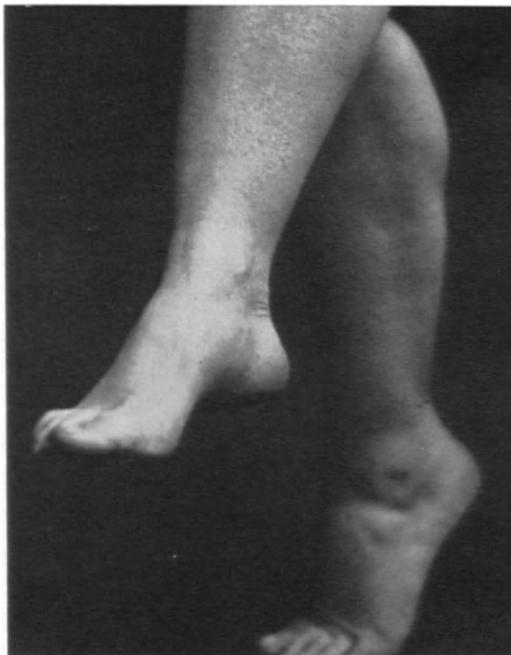


Abb. 24.



Abb. 23.

sichert ihm selbst einen hohen Grad von Elastizität und Beweglichkeit, nicht minder aber von Festigkeit. Es kann das Gewölbe abgeflacht und vertieft werden und es vermag die Last des ganzen Körpers, wenn sie auf ihm ruht, zu tragen.

Von Interesse muß es sein, nach den Stützpunkten dieses Gewölbes

punkte, die dem Boden am nächsten liegen, als Unterstützungspunkte verwendet, sondern der Druck auf größere Flächen verteilt. Selbstverständlich wechselt diese Druckverteilung je nach der Haltung des Fußes und je nach der Richtung der Belastung. Wir können mit Vorteil einen Stand auf dem inneren und einen solchen auf dem äußeren Fußrand unterscheiden. Es wird dann entweder der innere oder der äußere Gewölbebogen mehr von der Last zu tragen haben. Zwischen beiden muß es einen Übergang geben. Das Fußgewölbe wird von oben her durch das Schienbein belastet, das auf dem Sprungbein aufsitzt. Diese Belastung liegt am Gewölbe etwas nach hinten verschoben. Der vom Gewölbe übernommene Druck pflanzt sich durch das Gewölbe gegen die Unterstützungsfläche



Abb. 25.

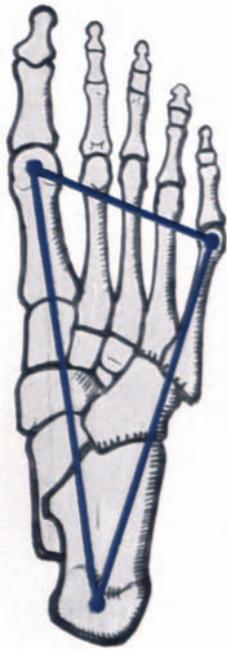


Abb. 26.

fort und versucht dasselbe abzuflachen, Abb. 28, blaue Linie.

Starke Bänder, auf der Boden­seite des Gewölbes angebracht, ver­klammern und sichern dasselbe und verhindern den horizontalen Schub. Auch das über die äußersten Ränder des Gewölbes wie die Sehne eines Bogens gespannte lange Band (Plan­taraponeurose), Abb. 28, ver­hütet eine zu starke Durchbiegung und Abflachung des Gewölbes. Beson­ders stark wirken aber in diesem

Sinne die Spannung der Sehnen der durch das Fußgewölbe laufenden langen Beuge­muskeln des Fußes und der Zehen und die im Gewölberaum selbst verspannten kurzen Zehenbeuger. Die Bänder, welche die Knochen zum Gewölbe verbinden, vermögen allein auf die Dauer ohne Beihilfe der Muskeln ihre Aufgabe nicht zu leisten. Dauernde Lähmung der Muskeln hat stets eine Formänderung des Gewölbes zur Folge.

Eine kurze, rasche Belastung des Fußgewölbes mit dem Körpergewicht läßt den Fuß eher etwas kürzer und schmaler werden, ein Zeichen, daß diese Belastung vor allem von der aktiv gespannten Muskulatur abgefangen wird. Dagegen können wir bei langdauernder Belastung des Fußes mit dem Körpergewicht und nach Ermüdung der Muskulatur eine geringe Ver­längerung des Gewölbes und eine Verbreiterung sowie eine Verringerung der Höhe des Gewölbes feststellen.

Die elastischen Gelenkknorpel werden bei der Abflachung des Gewölbes gegen die Rückenfläche des Fußes zusammengedrückt an der Sohlenfläche gedehnt und bekommen dadurch Keilform. Es ist ferner klar, daß das Fußgewölbe erst durch die Spannung seiner Bänder und die Inanspruchnahme seiner knorpeligen Puffer innerlich festen Halt gewinnt. Das geschieht durch die Belastung des Gewölbes oder durch die Tätigkeit der Muskeln.

Jeder kennt den Unterschied eines frei am Unterschenkel hängenden Fußes z. B. bei über­einandergeschlagenen Beinen und entspannten Muskeln im Vergleich zum belasteten Fuß.

Das Fußgewölbe ist individuell sehr ver­schieden geformt. Vor allem auffallend ist seine wechselnde Höhe. Wir unterscheiden einen Fuß mit hohem oder steilem Gewölbe (hoher Rist) von einem mit niederem oder flachem Gewölbe, Abb. 24 und 33. Auch der Fußabdruck läßt diesen Unterschied leicht erkennen nach der Größe des von innen hereingreifenden Aus­schnitts, Abb. 27. A ist der Abdruck eines noch normalen Fußes, B eines sehr flachen Fußes, C eines Fußes mit hohem Rist. Beide Formen kön­nen über die normale Grenze hinaus ausgebildet



Abb. 27.

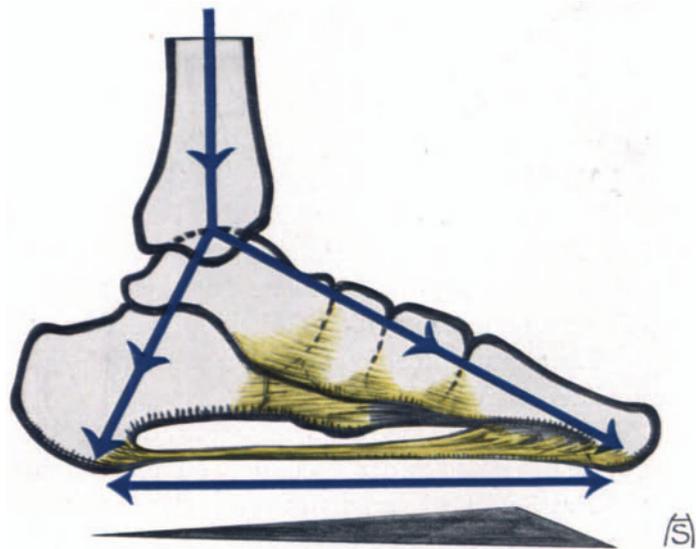


Abb. 28.



Abb. 29.

sein und müssen dann als Krankheitszustand angesehen werden. Sie ergeben den Hohlfuß und den Plattfuß.

Hier muß erwähnt werden, daß der Fußabdruck bei besonders starker Auspolsterung der Sohle mit Weichteilen (vor allem mit Muskeln, auch Fett) trotz gut gebildeten Gewölbes dennoch das Bild eines Plattfußabdruckes geben kann, ohne ein solcher zu sein. (Bei Negern häufig, auch bei neugeborenen Kindern.)

Wie schon gesagt, übernimmt das Fußgewölbe die Körperlast von den Unterschenkelknochen und es ist jetzt an der Zeit, die Verbindung dieser beiden Knochen mit dem Gewölbe zu beschreiben.

Zuvor muß kurz die Form dieser Knochen — sie heißen *Schienbein* (Tibia) und *Wadenbein* (Fibula) — geschildert werden, Abb. 29.

Es sind zwei lange Röhrenknochen, das heißt sie sind im Mittelstück, dem Schaft, ausgehöhlt. Man kann sie daher den in der Technik so häufig verwendeten hohlen, zylindrischen Säulenträgern vergleichen.

Das Schienbein zeigt wesentlich stärkeren Querschnitt als das Wadenbein. Es ist von dreikantiger, prismatischer Form und die eine, schärfste, leicht s-förmig geschwungene Kante sieht nach vorne. Sein oberes Ende ist zu einem Kapitell geformt, das nach beiden Seiten und nach hinten stärker ausladet.



Abb. 30.

Seine obere horizontale Fläche ist zur Verbindung mit dem Oberschenkelknochen ausmodelliert. An seinem unteren Ende findet sich gleichfalls eine stärkere Entwicklung der Knochenmasse. In dieselbe ist von unten her der Quere nach eine Rinne ausgehöhlt, die aber nach innen nicht ganz durchläuft, sondern von einem tiefer heruntergreifenden, kräftigen, kurzen, spitz zulaufenden Fortsatz abgesperrt wird. Es ist der innere Knöchel.

Das Wadenbein ist fast so lang aber sehr viel dünner als das Schienbein. Es hat ähnliche Querschnittsform und besitzt gleichfalls verdickte Enden. Das Wadenbein liegt am Schienbein längsverschoben, so daß sein unteres Ende tiefer herabreicht und hier als äußerer Knöchel den dem Schienbein fehlenden äußeren Abschluß der Gelenkrinne besorgt. Das obere Köpfchen des Wadenbeins ist mit dem ausladenden Kapitell des Schienbeins an dessen äußerer Unterfläche gelenkig verbunden und durch Bänder befestigt.

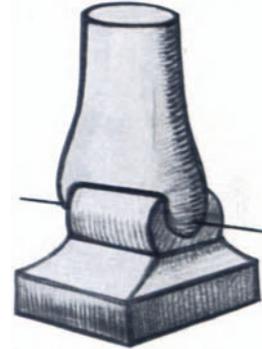


Abb. 32.

Beide Knochen sind durch ein Zwischenknochenband, Abb. 30 und an ihrem unteren Ende durch straffe übergreifende Bänder fest vereinigt. Diese *Knöchelbänder* (Ligamentum malleoli anterior et posterior) sichern die Gelenkverbindung des äußeren Knöchels mit dem Schienbein, Abb. 30. Das Wadenbein lastet folglich nicht auf dem Sprungbein, sondern hängt fest verbunden am Schienbein. Die quere Gelenkrinne des Schienbeins liegt dem queren, walzenförmigen Gelenkkörper des Sprungbeins auf, der auf Abbildung 21 zu sehen ist. Dabei deckt die überknorpelte Rinne nur einen Teil der überknorpelten Walze, Abb. 31. Ein seitliches Abgleiten von der letzteren verhindern die Knöchel, die an den überknorpelten Seitenflächen der Gelenkwalze gleiten.

Kräftige seitliche Bänder (Ligamentum talofibulare ant. et post. und Lig. talotibiale), Abb. 31, von den Knöcheln zu dem Sprungbein gespannt, halten die Gelenkenden zusammen, ohne die Bewegung zu beeinträchtigen, die sich als Drehgleiten des Unterschenkels auf dem Sprungbein nach vorn und hinten erweist, Abb. 11. *Die Achse für diese Drehung liegt quer und geht etwas unterhalb des inneren Knöchels durch die Spitze des äußeren Knöchels*, Abb. 32.

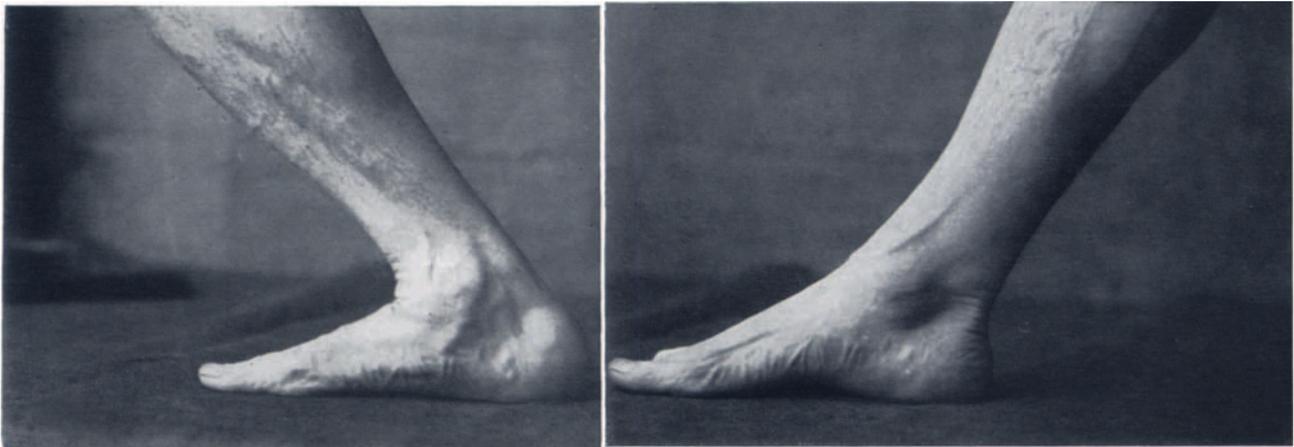
Ein solches Gelenk, bei dem sich die bewegten Knochen immer nur in einer Ebene bewegen, kennen wir als ein Scharniergelenk oder ein einachsiges Gelenk. Es ist ein Gelenk mit einem Grad der Freiheit. Jeder Punkt des Knochens beschreibt bei seiner Bewegung einen Kreisbogen um die quere Achse.

Die Bewegung des Unterschenkels nach vorn nennt man *Beugung* (Flexion), die nach hinten *Streckung* (Extension), Abb. 33. Beobachten wir die Bewegung des Fußes gegen den festgehaltenen Unterschenkel, so wird auch für den bewegten Fuß die gleiche Bezeichnung genommen oder auch von einer Beugung des Fußes sohlenwärts und rückenwärts (Plantar- und Dorsalflexion) gesprochen.

Die Gelenkwalze des Sprungbeines ist vorne breiter, hinten schmaler. Bei Streckung des Fußes rückt der schmälere Teil in die Knöchelgabel ein und das Gelenk ist weniger fest verspannt.



Abb. 31.



Beugung

Abb. 33.

Streckung

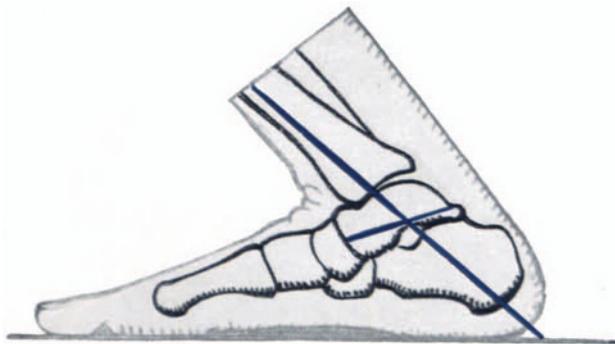


Abb. 34 A.



Abb. 34 B.

Die lange blaue Linie ist die Längsachse des Schienbeinschaftes, die kurze blaue Linie entspricht einer willkürlich gewählten Ebene durch das Sprunggelenk, um den Verlauf der Schaftachse darauf beziehen zu können.

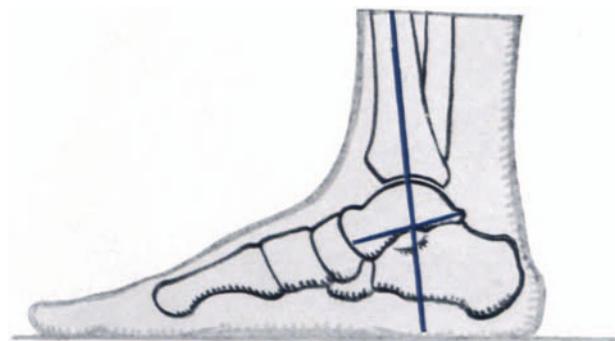


Abb. 34 C.

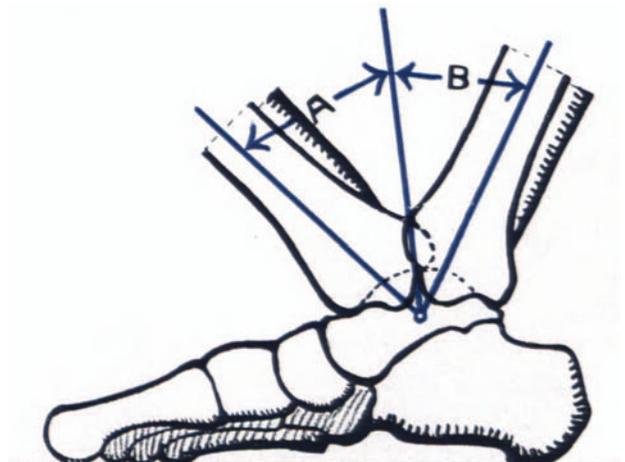


Abb. 35.

Es erlaubt sogar kleine Wackelbewegungen. In äußerster Beugestellung des Fußes treibt die verbreiterte Walze die Knöchel so auseinander, daß die queren Bänder zwischen Schienbein und Wadenbein (Knöchelbänder) federnd gespannt werden. Hört die beugende Kraft plötzlich auf, so schnellt der Fuß streckwärts zurück.

Die Bewegungsgröße im Gelenk wird von der Vertikalstellung des Unterschenkels aus gewöhnlich für die Beugung mit 20° und für die Streckung mit 30° angegeben. Doch sind das Durchschnittsmaße, die selten nicht erreicht werden, häufig aber wesentlich übertroffen werden können.

So ist es auch bei dem Modell der Fall, dessen Gelenkbewegung durch Röntgenaufnahme festgestellt wurde, Abb. 34. Bei ruhiger, aufrechter Haltung erwies sich die Schaftachse des Schienbeins vom Lot um 6° nach vorne zu abgewichen, Abb. 34C. Von dieser Stellung aus war eine Rückenbeugung von 41° , Abb. 34A und eine Sohlenbeugung von 25° , Abb. 34B ausführbar und wurde bestimmt durch die Messung des Winkels zwischen der Schienbeinschaftachse und der Achse des Sprungbeines (die beiden blauen Linien auf den Figuren). Gegen die Horizontale ist der Ausschlag noch um volle 10° größer, also 76° . Dieser Zuschlag kommt auf Rechnung einer Verstellung des Sprungbeines um 3° für die Beugung und um 7° für die Streckung. Die Beugung dieses Fußes im Sprunggelenk ist also fast doppelt so groß als das Normalmaß, seine Streckfähigkeit bleibt aber unter dem Normalmaß, Abb. 35. Wird auch diese entsprechend groß gefunden, wie bei dem in Abbildung 36 wiedergegebenen Fuß, dann kann der Gesamtausschlag noch wesentlich höher sein. Die individuelle Schwankung ist also sehr groß und Durchschnittszahlen müssen in diesem Sinne genommen werden.



Abb. 36.



Abb. 37.

Die drei Skizzen, Abb. 34A—C, bringen uns auch noch den Beweis einer Knochenhemmung, sowohl für die äußerste Beugung wie für die Streckung. Es stößt einmal der vordere Rand der Gelenkrinne des Schienbeins an den Hals des Sprungbeins an und bei der Streckung stemmt sich der hintere Rand der Rinne an den hinteren Fortsatz des Sprungbeins. Es ist dabei zu beobachten, daß das Schienbein, um die neugewonnene Auflagerungsfläche auf dem Sprungbein nach vorne oder hinten ein wenig abgehebelt wird, so daß der Gelenkspalt hinten oder vorne klafft, indem die Knochen auseinanderweichen.

Belasten wir den Fuß im Sprunggelenk durch äußere Kräfte, z. B. mit dem Rumpfgewicht beim Fersensitz, Abb. 36, und dann bei der Hocke, Abb. 37, so holen wir die größte Bewegung zwischen äußerster Beugung und Streckung heraus.

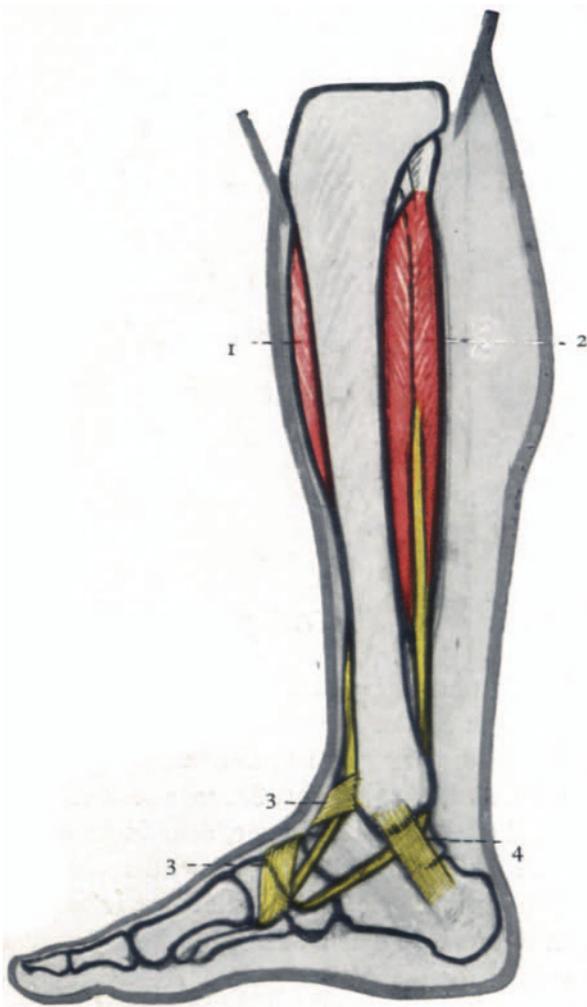


Abb. 38.

Zu Abb. 38.

- 1 Vorderer Schienbein-
muskel (Tibialis an-
terior).
- 2 Hinterer Schienbein-
muskel (Tibialis
posterior).
- 3 Die beiden inneren
Schenkel des Kreuz-
bandes (Lig. crucia-
tum).
- 4 Zipfelband (Ligamen-
tum laciniatum).

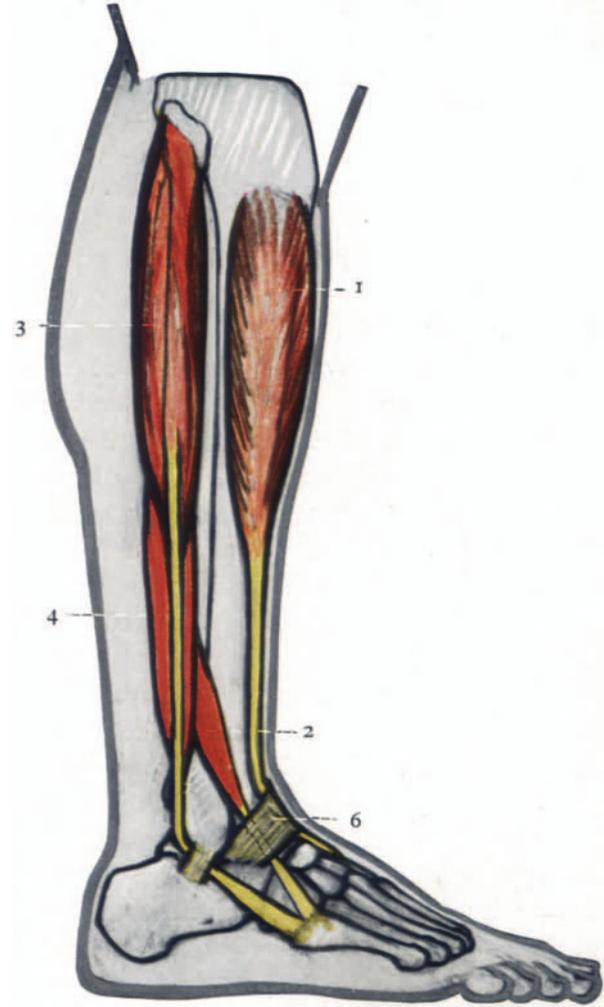


Abb. 39.

Abb. 39 und 40.

- 1 Vorderer Schienbein-
muskel.
- 2 Dritter Wadenbein-
muskel (Peronaeus
tertias).
- 3 Langer Wadenbein-
muskel Peronaeus
longus).
- 4 Kurzer Wadenbein-
muskel (Peronaeus
brevis).
- 5 Hinterer Schienbein-
muskel.
- 6 Äußerer Schenkel des
Kreuzbandes.

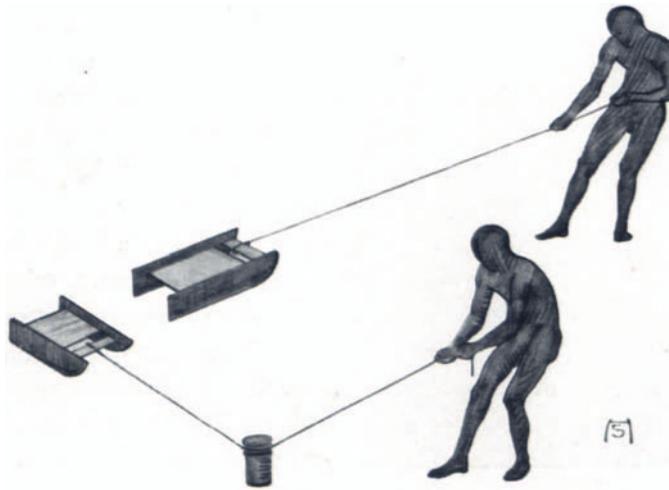


Abb. 42.

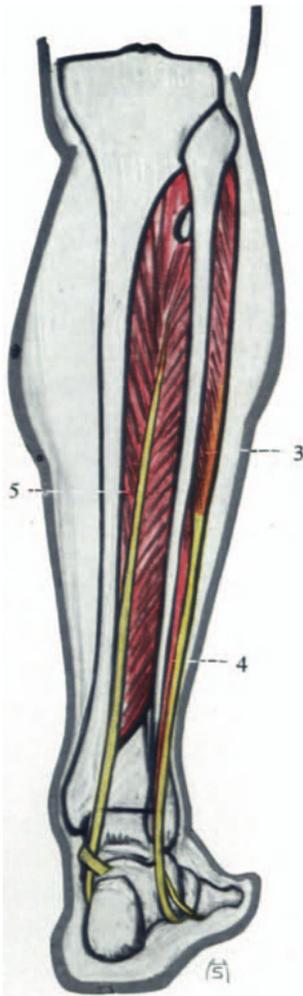


Abb. 40.

Eine schöne reine Bewegung des oberen Sprunggelenkes beobachten wir auch beim Geradeaus-Spuren mit Skiern.

Stellen wir den Unterschenkel auf dem Fußgewölbe ins Gleichgewicht, so sehen wir, daß die beiden langen Knochen vertikale Lage einnehmen. Aus dieser Lage kann er aber schon durch ganz geringe Kraft gebracht werden und fällt dann nach vorne oder hinten herab, bis er durch Spannung der Gelenkkapsel, der Gelenkbänder und durch Knochenhemmung seine neue Ruhelage erreicht. Diese äußersten Stellungen in einem Gelenk verlangen im Leben aber fast ausnahmslos die besondere Kontrolle von Seiten der Muskulatur, welche von außen her auf das Gelenk im Sinne einer Bewegung oder als Widerstand gegen eine Bewegung im Sinne einer Feststellung einwirkt.

Die Muskeln, welche auf das obere Sprunggelenk wirken und die Stellung des Unterschenkels zum Fuß erhalten und verändern, heißen: 1. *der vordere Schienbeinmuskel* (*Musculus tibialis anterior*), 2. *der dritte Wadenbeinmuskel* (*M. peroneus tertius*), 3. *der lange und kurze Wadenbeinmuskel* (*M. peroneus longus et brevis*) und 4. *der hintere Schienbeinmuskel* (*M. tibialis posterior*) Abb. 38—41.

Alle vier Muskeln setzen mit ihrem Fleischbauch, also den verkürzbaren Fasern, an den Unterschenkelknochen und dem Zwischenknochenband an. Jeder Muskelbauch geht in eine längere Sehne über und alle diese Sehnen werden durch Bandschlingen in der Umgebung des Sprunggelenkes dicht an den Knochen herangeführt. Sie erfahren damit alle eine Ablenkung aus der geraden Verbindung ihrer beiden Ansatzstellen und das Band oder der Knochen wirkt wie eine Rolle, die ein Zugseil zwischen Kraft- und Lastangriffspunkt ablenkt und damit die Bewegungsrichtung der Last verändert, Abb. 42. Die

Sehnen erreichen die in Abbildung 41 und 61 sichtbaren Ansatzstellen am Fußskelett. Es ist dann für die Richtung des Zuges nur jene Strecke bestimmend, die zwischen Last und Rolle geradlinig verläuft.

Der vordere Schienbeinmuskel, Abb. 38 und 39, 1, kommt von der oberen Hälfte der äußeren Schienbeinfläche und der angrenzenden Zwischenknochenhaut, entwickelt in halber Höhe des Knochens seine Sehne, welche die Schienbeinkante mit Beginn des unteren Drittels derselben nach innen zu überläuft und unter dem Querband, Abb. 66, 9 und Kreuzband, Abb. 38, 3 und 39, 6, um den inneren Fußrand herum ihr Ende am ersten Keilbein- und vor allem am ersten Mittelfußknochen findet, Abb. 41 und Abb. 61, S. 39.

Der hintere Schienbeinmuskel, Abb. 38, 2 und 40, 5 (auch Abb. 60) entspringt von der hinteren Fläche des Zwischenknochenbandes und besetzt mit seinen Fasern auch noch die angrenzenden Flächen des Schienbeins und Wadenbeins. An letzterem reicht er besonders weit herunter. Die Sehne legt sich in die Rinne hinter dem inneren Knöchel und zieht unter der Bandschlinge (*Ligamentum laciniatum*) zwischen Knöchel- und Fersenbeinhöcker in einem Leitkanal weiter zum Ansatz an das Kahnbein und an das erste Keilbein. Schwächere Abzweigungen des Sehnenendes erreichen auch noch das Keilbein II und III und die Basis der Mittelfußknochen II, III und IV, Abb. 61. So hat die Sehne dieses wichtigen Muskels eine große Angriffsfläche in der Fußsohle.



Abb. 41.

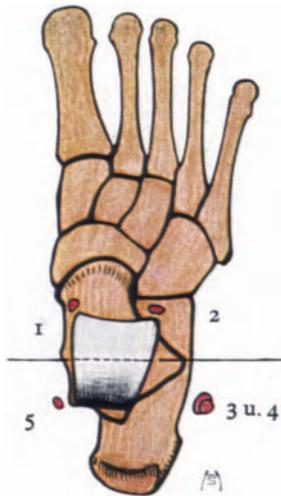


Abb. 43.

Besonders beachtenswert ist der Verlauf und Ansatz der beiden Wadenbeinmuskeln, Abb. 39 und 40, 3 u. 4, Abb. 61, 2 u. 3 und 66, 20 u. 21. Sie entspringen hoch oben am Wadenbein, eingeschlossen von einem sehnigen Blatt, das von dem Knochen ausgeht und sie fast bis zum äußeren Knöchel herab umhüllt. Der Übergang in die schlanke Sehne erfolgt für den langen Wadenbeinmuskel in halber Höhe des Wadenbeins, für den kurzen um eine Viertellänge des Knochens weiter fußwärts. Beide Sehnen legen sich dicht aufeinander und umlaufen in scharfer Knickung, die sich bei Sohlenbeugung des Fußes abschwächt, Abb. 66, den äußeren Knöchel, an dem sie durch ein festes Haltband (Retinaculum) in ihrer Lage gesichert werden. Die Sehne des langen Wadenbeinmuskels tritt hierauf am äußeren Rand des Fußes in die Rinne des Würfelbeines ein und läuft schief durch die Fußsohle hindurch zum ersten Mittelfußknochen und zum ersten Keilbein, Abb. 41, 3 und Abb. 61, 4. Die Sehne des kurzen Wadenbeinmuskels zieht vom Knöchel in gerader Flucht zum starken Höcker des fünften Mittelfußknochens, Abb. 41, 4 und 61, 3.

Der dritte Wadenbeinmuskel, Abb. 39, 2 ist viel schwächer ausgebildet und ist meistens kein selbständiger Muskel wie hier auf der Abbildung gezeichnet, sondern mit dem Muskelbauch des langen Zehenstreckers verwachsen. Seine Sehne erreicht die Basis des fünften (und vierten) Mittelfußknochens. Er fehlt manchmal ganz.

Zeichnen wir von oben her gesehen die Lage der vier Sehnen zu dem Sprunggelenk ein, Abb. 43, so finden wir eine auffallende Ordnung. Zwei liegen nach vorne (1 und 2), zwei nach hinten (3, 4 und 5) von der Gelenkachse. Paarweise oder einzeln können sie also im Sprunggelenk beugen und strecken.

Diese paarweise und randständige Anordnung der Muskeln ist auffallend und findet in ihrer Wirkung auf das Sprunggelenk keine Erklärung, denn für dieses Gelenk wäre je ein mittelständiger Beuge- und Streckmuskel ausreichend. Doch werden wir auf diese Frage bald eine befriedigende Antwort erhalten.

Zuvor sei noch darauf hingewiesen, daß diese Muskeln entweder bei festgehaltenem Fuß den Unterschenkel, oder bei festgehaltenem Unterschenkel den Fuß bewegen können. Sind aber beide Teile für eine Bewegung frei, so können die Muskeln auch beide bewegen und zwar mit gleichen Anteilen oder aber mit ungleichen, wenn der eine der Bewegung größeren Widerstand entgegengesetzt als der andere.

Das Sprungbein sitzt als höchstliegender Knochen des Fußgewölbes dem Fersenbein und Kahnbein auf und ist mit beiden gelenkig verbunden. Legen wir es aus seiner Lage seitlich um, so sehen wir die Auflagerungsflächen am Fersenbein (1) und am Kahnbein (2) auf der Abb. 44 mit a, b und c bezeichnet, und die gleichliegenden Gelenkflächen am Sprungbein mit derselben Bezeichnung. Betrachten wir zunächst das Lager, aus dem das Sprungbein entfernt wurde, in seinem knöchernen Bau auf Abb. 44, B. Es beteiligen sich daran das Kahnbein (2) mit einer kugelig gehöhlten Pfanne und das Fersenbein (1) mit einer breiten, flach konvex gekrümmten, streifenförmigen Gelenkfläche (a), die ein wenig nach vorne zu abfällt. Zwischen diesen beiden Gelenkteilen hat das Fersenbein noch zwei weitere schmale leicht gehöhlte Gelenkflächen (b), die mitunter ineinander übergehen.

Fersenbein (1) und Kahnbein (2) berühren sich nicht oder nur mit einer schmalen Knochenkante. Die Verbindung beider Knochen wird durch das Würfelbein (3) besorgt, das sich mit der äußeren Fläche des Kahnbeines sehr fest und fast unbeweglich, mit dem Fersenbein aber etwas beweglicher (*Chopard's* Gelenk) verbindet, Abb. 44A.

Nimmt man den vorderen Teil der auf Abb. 44 gezeichneten Fußwurzel in die eine, den Fersenbeinhöcker in die andere Hand, so kann man das Fersenbein um die auf der Abbildung eingetragene

Längsachse in diesem Gelenk nach innen und außen verdrehen. Dadurch bekommt das Fersenbein auch eine neue veränderte Einstellung zum Kahnbein.

Der dreieckige Ausschnitt zwischen unterer Kante der Kahnbeinpflanne und dem Vorderrand des Fersenbeines, Abb. 44 B, wird durch ein festes, zum Teil verkorpeltes Band, das Pfannenband (d), geschlossen und ein Teil des Sprungbeingelenkkopfes lagert sich ihm auf, ebenso kommen die drei übrigen Gelenkflächen des Sprungbeines mit den entsprechenden des Fersenbeines in Deckung, sobald wir das Sprungbein in sein Lager zurückbringen, das infolge der Beweglichkeit des Würfel-Fersenbeingelenkes nicht starr, sondern nachgiebig ist und seine Form verändern kann.

Das Sprungbein ist in seinem Lager zunächst durch zwei Gelenkkapseln befestigt, eine vordere und eine hintere. Die vordere schließt in ihren Gelenkraum den Sprungbeinkopf und die Pfanne für denselben ein. Sie umfaßt aber auch noch das Pfannenband und die beiden schmalen mittleren Gelenke zwischen Sprungbein und Fersenbein. Die hintere Kapsel gehört dem restlichen Gelenk allein an. So kann man das *untere Sprunggelenk* in ein *vorderes* und ein *hinteres* abtrennen.

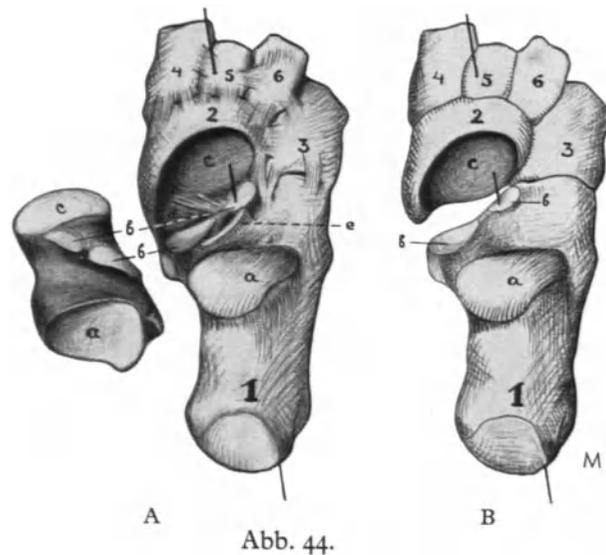
Kurze, kräftige Bänder, außen auf der Kapsel gelegen, sichern die Verbindung der Knochen. Eines davon liegt tief in der Rinne zwischen Sprungbein und Fersenbein. Es ist besonders stark und zieht nach hinten absteigend von der Sprungbeinunterfläche zum Fersenbein. Es ist auf der Abbildung 44 bei e durchschnitten gezeichnet (Lig. talocalcaneum interosseum). Dieses Band erschwert die Abtrennung beider Knochen mit dem Messer.

Von den Knöcheln gehen oberflächlichere, freier gelegene und längere Bandzüge seitlich über das Sprungbein hinweg zum Fersenbein. Das äußere Band (Lig. calcaneofibulare) ist auf Abb. 31 zu sehen, das innere, dreieckige Band (Lig. calcaneotibiale) spannt sich mit einem Faserstreif zum Fersenbein, mit dem anderen (Lig. tibionaviculare) zum Kahnbein.

Diese längeren Bänder halten folglich beide Sprunggelenke zusammen.

Haben wir mit dieser Betrachtung die gelenkige Verbindung des Sprungbeines mit dem Fersen- und Kahnbein kennen gelernt und haben wir nochmals alle Einzelheiten der Konstruktion geprüft, so können wir zur Beobachtung übergehen, wie sich das Sprungbein in seinem Lager zu bewegen vermag und mit welchen Ausschlägen dies geschieht.

Auf der Abb. 45 des Fußes sehen wir eine Linie UU eingetragen, die vorne in den Hals des Sprungbeines eintritt und schief nach außen, hinten und unten durch das Fersenbein zieht, das sie nahe der Außenkante desselben verläßt. Diese Linie ist die Achse des unteren Sprunggelenkes. Um dieselbe dreht sich bei festgehaltenem Fersenbein das Sprungbein, bei festgehaltenem Sprungbein das Fersenbein. Wir dürfen deshalb das untere Sprunggelenk wie das obere als ein Scharniergelenk ansehen, also als ein Gelenk mit einem Grade der Freiheit, bei dem jeder beliebige, nicht in der Achse gelegene Punkt des Knochens auf einer Ebene sich bewegt, die senkrecht zur Achse gerichtet ist und zwar beschreibt jeder Punkt auf seiner Ebene einen Kreis oder vielmehr den Teil eines solchen um die Achse. Wir brauchen bloß auf einer Türe eine Marke anzubringen, dann werden wir bei einer Bewegung derselben diese Marke einen Kreis um die Angel (Achse) in einer horizontalen Ebene beschreiben sehen. Wir können aber den Türangeln auch jede andere als die gewöhnliche vertikale Richtung geben,



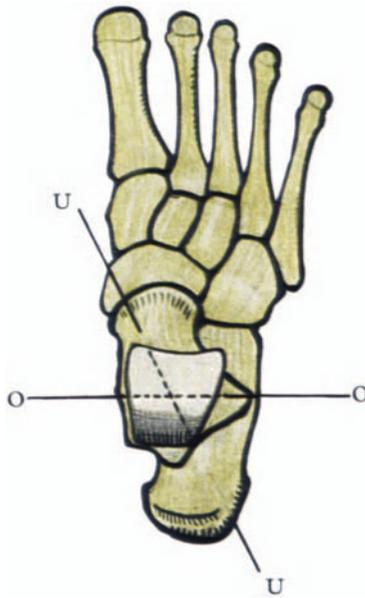


Abb. 45.

ohne daß sich die Bewegungsform ändert, doch bekommt das Gewicht der Türe für die Bewegung eine andere Bedeutung.

Um die Scharnierbewegung des unteren Sprunggelenkes zu beobachten, wollen wir uns den Fuß mit dem Sprungbeinlager festgehalten denken und dann die Bewegung des Sprungbeines durch den Unterschenkel anzeigen lassen, der sich mit dem Sprungbein bewegt, falls er keine weitere Bewegung im *oberen* Gelenk ausführt. Sprungbein und Unterschenkelknochen sind als ein festes Stück gedacht.

Die Abb. 46 und 47 zeigen diese Bewegung. Die Traglinie des Unterschenkels, d. h. die gerade Verbindungslinie der Mittelpunkte des Knie- und oberen Sprunggelenkes, ist rot eingezeichnet, ebenso die quergestellte Achse des oberen Sprunggelenkes. (Die rote Querlinie ist auf der Abbildung zu hoch eingezeichnet. Sie müßte durch die Spitze des äußeren Knöchels gehen.)

Der Unterschenkel neigt sich bei der Bewegung im unteren Sprunggelenk einmal nach innen von der Ruhestellung (mittlere Figur) und dann nach außen. Nach innen stärker als nach außen. Bei der Bewegung nach innen geht der Unterschenkel mit seinem oberen Ende gleichzeitig nach

hinten, er rückt vom Beschauer ab; umgekehrt kommt er bei der Neigung nach außen mit seinem oberen Ende dem Beschauer näher. Der Unterschenkel neigt sich folglich nach außen und vorn und dreht sich aus dieser Stellung in seiner Ebene nach innen und hinten.

Diese Bewegung um die schiefgestellte, geneigte Achse des unteren Sprunggelenkes von der Ruhestellung aus nennen wir das *Auswärts- und Einwärtskanten* oder *Pronation* und *Supination*.

Die Abbildungen lehren, daß sich die Bewegung zusammensetzt aus einer Außen-Innenneigung (Abführung-Zuführung) des Unterschenkels, ferner aus einer Vor- und Rückbewegung desselben, die selbstverständlich nichts anderes als eine Beugung und Streckung des Unterschenkels gegen den Fuß, aber hier im *unteren* Sprunggelenk ist und endlich aus einer Längsdrehung des Unterschenkels als Einwärts-Auswärtsdrehung, die auf den Aktbildern durch einen Vergleich der Lage der vorderen Schienbeinkante zum Ausdruck kommt. Diese Bewegungen des Unterschenkels sind ausschließlich als Bewegung des Sprungbeines in seinem Lager aufzufassen.

Am Gelenkpräparat messen wir das Einwärtskanten mit etwa $20-25^{\circ}$, das Auswärtskanten mit etwa $10-15^{\circ}$.

Dem lebenden Modell ist es aber nicht möglich, diese Bewegung im unteren Sprunggelenk allein auszuführen. Es geben die straffen Gelenke zwischen den einzelnen Fußknochen etwas nach und vor allem geht das Gelenk zwischen Würfelbein und Fersenbein um seine in Abb. 44 eingezeichnete Längsachse im gleichen Sinne der Auswärts-Einwärtskantung mit und erhöht so den Erfolg dieser Bewegung um etwa $10-15^{\circ}$.

Die Bewegung des Sprungbeines und des Fersenbeines gegen das zusammengefaßte Kahn- und Würfelbein um die beiden schiefen Längsachsen für das Kanten (Pronation und Supination) kann aber auch im entgegengesetzten Sinne durchgeführt und ausgenützt werden. Es kommt eben darauf an, wie sich die Kräfte räumlich ordnen; so werden beim Kleinzehenstand die Gelenke gleichsinnig beim Großzehenstand widersinnig beansprucht.

Betrachten wir bei festgestelltem Unterschenkel die Bewegung des Fußes im unteren Sprunggelenk, so erscheint das Einwärtskanten als eine Hebung des inneren Fußrandes mit gleichzeitiger Einwärtsführung der Fußspitze und mit Streckung oder Sohlenbeugung des Fußes. Das Auswärtskanten

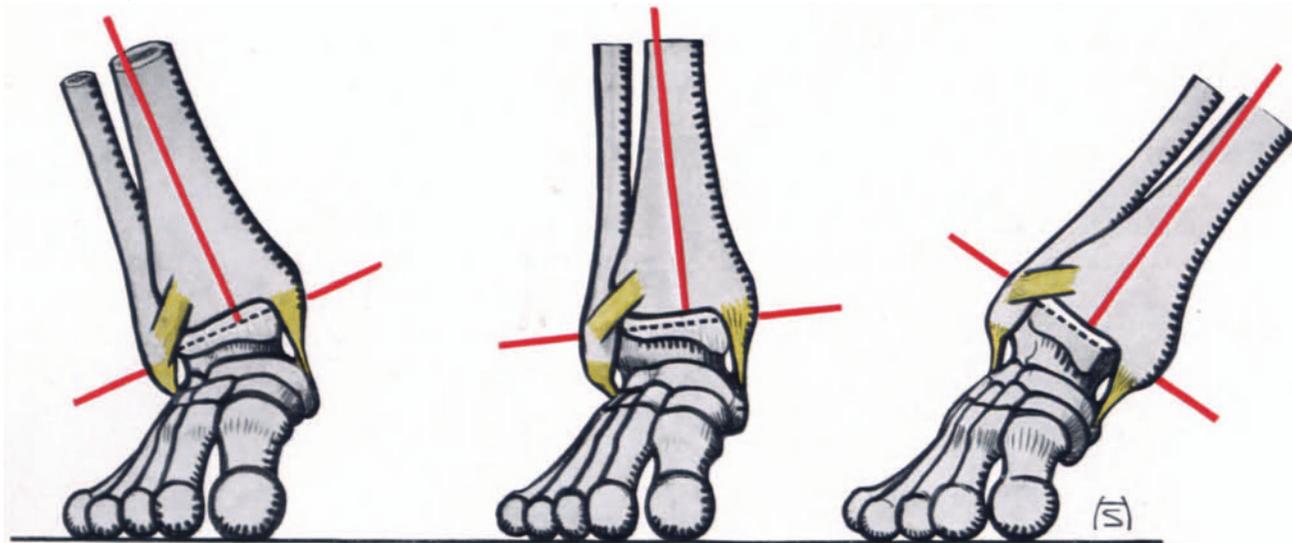


Abb. 46.

Auswärtskanten

Ausgangsstellung

Einwärtskanten



Pronation

Abb. 47.

Supination

verbindet Hebung des äußeren Fußrandes mit Auswärtsführung der Fußspitze und mit Rückbeugung des Fußes, Abb. 53.

Es wird vorteilhaft sein, sich vorzustellen, wie man aus der Stellung mit einwärts gekantetem, supiniertem Unterschenkel auf Abb. 47 (Aktbild), sich auf dem linken Bein erheben, aufrichten und den rechten Unterschenkel in normale, vertikale Hangstellung bringen kann, ohne die Stellung des Fußes zum Unterschenkel zu ändern. Dann sieht man den nach innen gekanteten Fuß und kann ihn aus dieser Stellung in die auswärtsgekantete Stellung überführen.

Wie beim Geradeauspuren auf Skiern das obere Sprunggelenk tätig ist, so wird beim Einsetzen zu einem Schwung der vorgebrachte Fuß eine ausgiebige Bewegung im unteren Gelenk ausführen. Auch die Ausgangsstellung beim Stoßfechten ist für uns von Interesse, weil beim Rechtshänder dabei der rechte Fuß vor allem auf das obere, der linke mehr auf das untere Sprunggelenk angewiesen ist, Abb. 48.

Wir wissen jetzt, daß der Fuß mit dem Unterschenkel durch zwei übereinander gebaute Scharniergelenke verbunden ist, deren Achsen zueinander schief gestellt sind. Die Ebenen, in denen sich bei festgestellten Fuß der Unterschenkel in diesen beiden Gelenken bewegen kann, sind aus einem Vergleich

der beiden Figuren auf Abb. 49 ersichtlich. Sie schneiden sich unter einem Winkel von etwa 40° . Die Drehebene des oberen Sprunggelenkes fällt mit der Längsachse des Fußes annähernd zusammen.

Auf Abb. 50 ist ein schematisches Modell entworfen, um die beiden zueinander schief gestellten Scharniere in sehr vereinfachter Form darzustellen. Für das untere Gelenk entspricht diese Form keineswegs der Wirklichkeit. Wir haben die Scharnierbewegung des unteren Sprunggelenkes als Tatsache hingenommen, ohne dafür den Beweis aus der Form der Gelenkflächen zu versuchen. Darauf einzugehen wäre von großem Interesse, aber die Aufgabe ist für den Rahmen dieses Buches zu verwickelt und schwer und ohne sie ganz zu durchdringen würde kein befriedigender Vorteil für die Beobachtung zu gewinnen sein. Wir müssen darauf verzichten. Das Schema gibt uns also bloß den Sinn der Einrichtung.

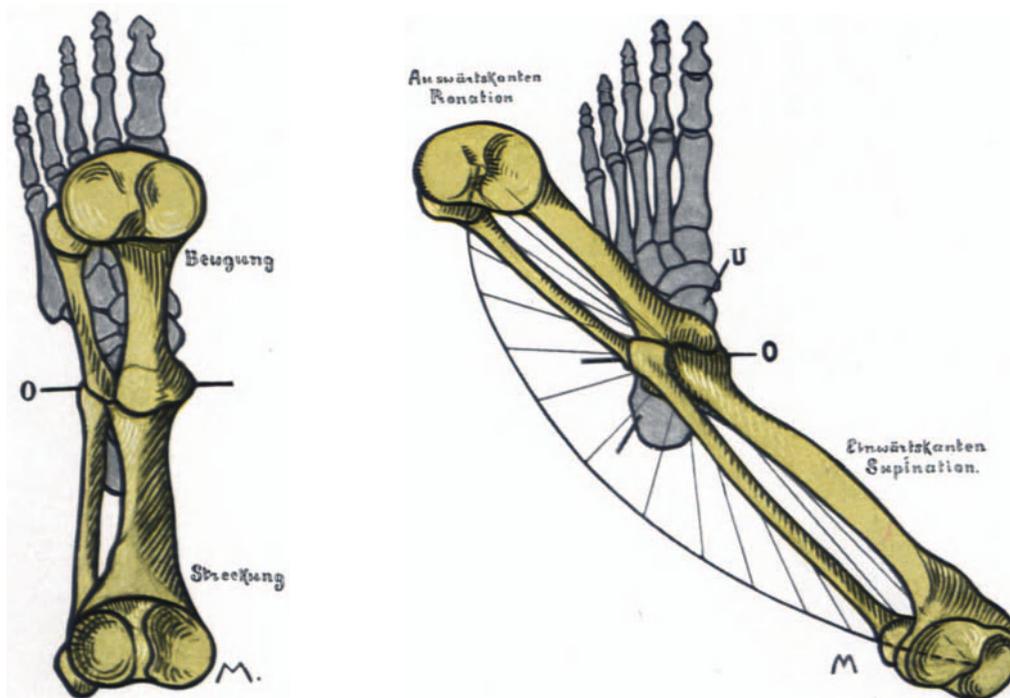


Abb. 49.

Wir verstehen, daß ein Zug am Unterschenkel in der Richtung der Achse des unteren Sprunggelenkes, denselben ausschließlich im oberen Gelenk beugen oder strecken wird; während ein Zug in der Richtung der Achse des oberen Sprunggelenkes ihn bloß im unteren Gelenk auswärts- oder einwärtskanten wird. Jeder dazwischen gerichtete Zug wird aber beide Gelenke bewegen und nach seiner Einstellung zu den beiden Bewegungsebenen, Abb. 49, stärker auf das eine oder andere Gelenk oder auf beide gleich stark wirken.

Der Unterschenkel kann ferner in den beiden Sprunggelenken gleichzeitig oder zeitlich getrennt bewegt werden. Diese Aufgabe übernehmen die schon beschriebenen vier langen Muskeln, welche nicht nur auf das obere, sondern auch auf das untere Sprunggelenk wirken, weil sie alle das letztere überlaufen und kein Muskel am Sprungbein Ansatz findet. Jetzt gewinnt die randständige Lage der Sehnen ihre Erklärung. Wir sehen auf der Abb. 51 ihre Anordnung zu den Achsen *beider* Sprunggelenke.

Es liegt je ein Paar vor bzw. hinter der queren Achse des oberen Sprunggelenkes (Beuger 1 u. 2, Strecker 3, 4 u. 5), ferner ein Paar (2, 3 u. 4) nach außen von der schiefen Achse des unteren Sprunggelenkes (Auswärtskanten oder Pronatoren des Fußes) und ein Paar (1 u. 5) nach innen von der Achse des unteren Gelenkes (Einwärtskanten oder Supinatoren). Freilich läuft der vordere Schienbeinmuskel so nahe an der Achse des unteren Gelenkes vorbei, daß er nur eine sehr schwache Wirkung auf dasselbe besitzt.

Verkürzen wir nacheinander diese vier Muskeln, so nützt der Unterschenkel auf dem Fuß die ganze in beiden Gelenken verfügbare Bewegungsmöglichkeit aus. Er umschreibt einen Kegel mit der durch die schwarze gestrichelte Linie gekennzeichneten Grundfläche und der Spitze im Sprunggelenk, Abb. 52. Den umschriebenen Raum kann der Unterschenkel, von den Muskeln geführt, nach jeder Richtung durchqueren.

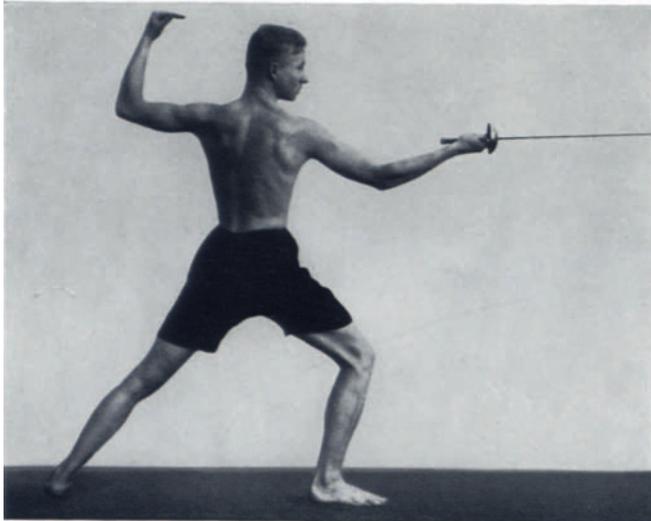


Abb. 48.

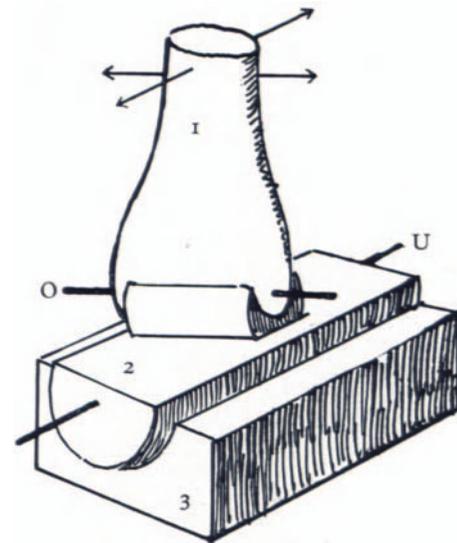


Abb. 50.

Dieselbe Bewegung, bei feststehendem Unterschenkel, vom Fuße ausgeführt, ist in Abb. 53 zu sehen; sie macht aber wegen der verschiedenen Massenverschiebung einen anderen Eindruck. Die als Fuß-„kreisen“ bekannte turnerische Übung ist dieselbe nur meist unvollständig ausgeführte Randbewegung.

Betrachten wir nochmals die schwarze Grundlinie des Bewegungskegels, so werden wir aus ihrer Form und Lage zum Gelenk entnehmen können, daß bei äußerster Sohlenbeugung des Fußes eine Hebung des inneren Fußrandes sich einstellt, das heißt, daß diese Bewegung sich aus der Bewegung beider Sprunggelenke zusammensetzt.

Der äußerste Zehenstand eines Modells läßt bei der erreichten, vollen Streckung des Fußes auch deutlich die Beteiligung des unteren Sprunggelenkes an der Einwärtskantung des Unterschenkels gegen den Fuß erkennen, Abb. 55.

Bei einem Radfahrer, der mit sehr hochgestelltem Sattel fährt, und deshalb die Füße in den Sprunggelenken stark strecken muß, um die Pedale nicht zu verlieren, sehen wir jedesmal eine deutliche Einwärtskantung des Fußes nötig werden. Das Pedal wird nur mit dem gesenkten, äußeren Fußrand berührt.

Außer den bisher genannten Muskeln hat der dreiköpfige Wadenmuskel (Triceps surae) starken Einfluß auf die beiden Sprunggelenke.

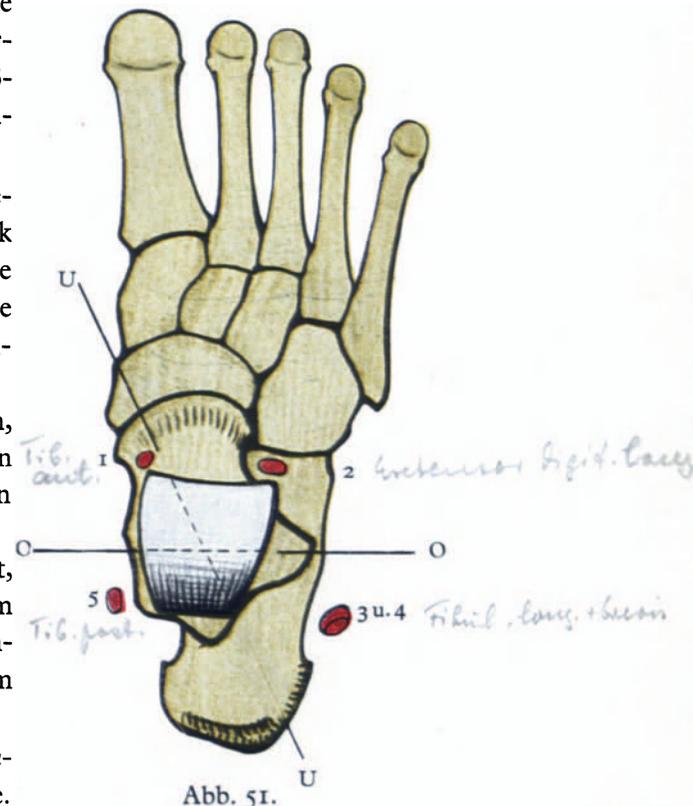


Abb. 51.

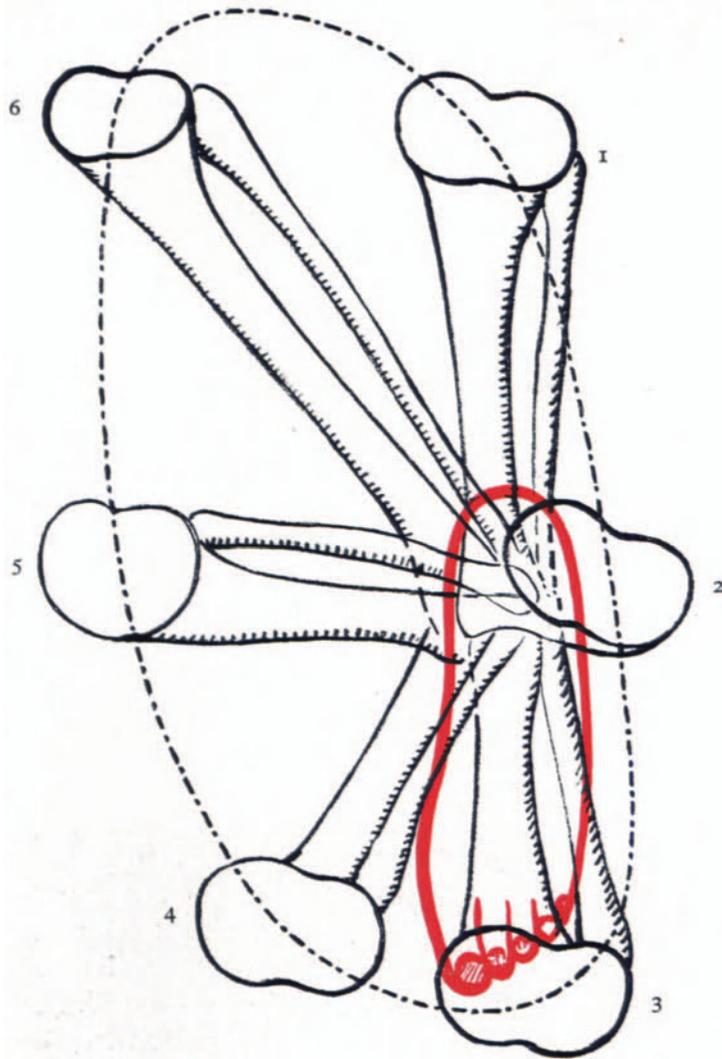


Abb. 52.



Abb. 53.

Seine beiden oberflächlichen Köpfe, der *Zwillingsmuskel* (*Gastrocnemius*) Abb. 54, 9, entspringen am Oberschenkel und überlaufen auch noch das Kniegelenk. Sie werden als doppelgelenkige Muskeln später zu beschreiben sein. Hier kommt zunächst der tiefe, dritte Kopf, der *Schollenmuskel* (*M. soleus*) in Betracht, Abb. 54, 7. Die Fasern seines mächtigen, plattovalen Fleischbauches gehen von den Hinterflächen beider Unterschenkelknochen und von zwei Sehnenstreifen dieser Knochen aus, welche sich in die Fleischmasse einsenken. Die Fasern gehen in die Achillessehne, Abb. 54, 8, über, die die obere glatte Hinterfläche des Fersenbeinhöckers überläuft und sich erst am mittleren, rauhen Teil des Höckers ansetzt. Die Sehne schiebt von ihrer Vorderfläche nach oben zu mitten in die Fasermasse des Muskels einen senkrecht auf die Sehne gerichteten Streifen ab, an dem kürzere Muskelfasern in deutlicher Doppelfiederung Ansatz finden.

Die Lage der Achillessehne zu den Achsen beider Sprunggelenke, Abb. 62 A, läßt erkennen, daß der Muskel für die Sohlenbeugung des oberen — und für das Einwärtskanten (Supination) des unteren Sprunggelenkes in Frage kommt, ferner, daß er am oberen Sprunggelenk wesentlich mehr Arbeit leistet als am unteren.

Der Bauch des Schollenmuskels ist auf Abb. 66 u. 67 am linken Bein und auf Abb. 55 beiderseits zu sehen, darüber der Doppelbauch des Zwillingsmuskels. Der Fersenhöcker dient dem ganzen Muskel

als Hebel für seine Arbeit auf die Sprunggelenke und von seiner Länge hängt die Form der Wade ab. Je kürzer der Fersenhöcker ist, um so stärker (dicker) muß der Muskel für die gleiche Arbeitsleistung, um so kürzer können seine Fasern sein. So haben Neger im Gegensatz zu dem Europäer eine schwache, aber tiefer herabgreifende Wade, weil ihr Fersenbein einen längeren Höcker aufweist.

Von den übrigen Gelenken der Fußwurzel haben wir gesagt, daß sie durch die flache Form ihrer Gelenkflächen und durch eine feste Bindung durch straffe Bänder nur einen verhältnismäßig geringen Grad von Beweglichkeit haben. Es ist folglich daran zu denken, daß das Mittelstück des Fußskeletts ein festes, zusammengefügtes Stück ist, dem nach hinten zu die sehr beweglichen beiden Teilstücke, das Sprungbein und das Fersenbein, nach vorne die beweglichen Zehen angefügt sind.

Nimmt man aber einen frei hängend getragenen Fuß eines Menschen in die Hand und versucht ihn in verschiedener Richtung durch Druck umzuformen, so fühlt man sofort, daß auch das festgefügte Mittelstück nachgibt. Namentlich die randständigen, langen Mittelfußknochen können in stärkere oder geringere Spreizstellung zueinander gebracht und außerdem in geringem Maße im Sinne einer Beugung und Streckung bewegt werden, doch nehmen an dieser Bewegung zum Teil auch die dahinter gelegenen Fußwurzelverbindungen teil. Wird der Vorderteil der Fußwurzel durch wechselnde Richtung der Belastung einmal mehr nach innen oder nach außen gewendet (verdreht), so bleibt dem Fuß durch diese Beweglichkeit noch das Vermögen mit allen Endköpfchen der Mittelfußknochen auf dem Boden bündig in Berührung zu bleiben. Wäre dieser vordere Teil der Fußwurzel ganz starr, so müßte es in diesem Falle zu einer Abhebung der äußeren oder inneren Mittelfußknochenköpfchen kommen.

Legen wir den Unterschenkel und den darüber gebauten Oberschenkel im oberen Sprunggelenk so weit nach vorn über, bis die hinteren Bänder gespannt werden, so muß die Fortsetzung dieser Bewegung

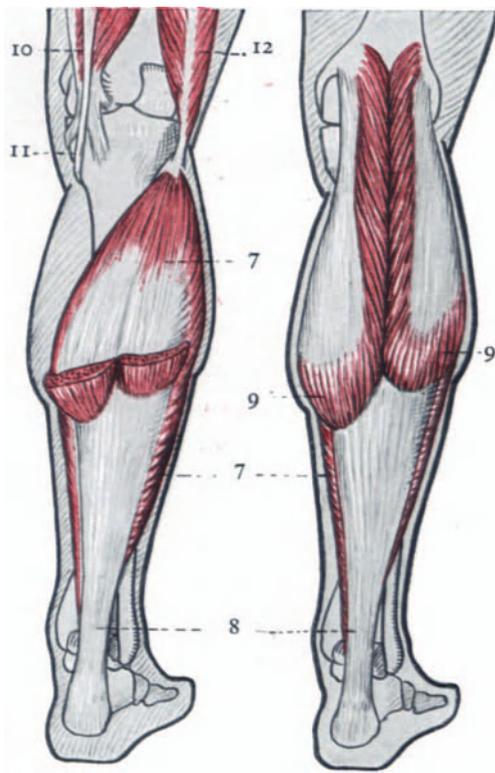


Abb. 54.



Abb. 55.

den Fuß um die Köpfchen der Mittelfußknochen nach vorne umwerfen, Abb. 56. Dieses Umstürzen wäre durch eine Verlängerung des Fußes zu verhindern. Eine solche Verlängerung der Unterstützungsfläche kann mit Zuhilfenahme der Zehen erreicht werden.

Die vier äußeren Zehen setzen sich aus je drei Gliedern zusammen, die erste oder große Zehe besitzt bloß zwei Glieder, Abb. 63. Die Glieder sind gelenkig verbunden und zwar so, daß die einzelnen Glieder gegeneinander gebeugt und gestreckt werden können. Durch diese Bewegung können wir mit den Zehen bei aufgesetztem Fuße entweder einen Druck gegen die Unterlage ausüben (Beugung) oder aber die Zehen von der Unterlage abheben (Streckung). Im ersteren Falle gehören sie also zur Unterstützungsfläche des Körpers, im letzteren Falle nicht. Das heißt, wir können durch kräftige Beugung der Zehen unsere Unterstützungsfläche willkürlich nach vorne zu verlängern. Wir können an das Fußgewölbe ein weiteres Stück vorne ansetzen, das *Zehenstück*. Diese Wirkung der Zehen läßt sich auch am Lebenden leicht prüfen. Wir brauchen uns bloß mit festgestrecktem und versteiftem Körper möglichst weit im Sprunggelenk nach vorn zu legen, einmal mit vom Boden abgehobenen Zehen, das andere Mal mit fest aufgepreßten Zehen. Die beiden Umriss-Skizzen nach Röntgenaufnahmen, Abb. 57 u. 58, zeigen den Erfolg der Vergrößerung der Unterstützungsfläche durch die Zehen mit dem Winkelunterschied an, den die Traglinie des Unter-

schenkels mit dem vertikalen Lot bildet. Wie weit die Vorneigung des gestreckten Körpers bei fest dem Boden aufgepreßten Zehen geht, sehen wir auf Abb. 59. Heben wir in dieser Stellung die Zehen plötzlich vom Boden ab, so stürzt der Körper nach vorne um.

Diese Sturzbewegung kann dann als einleitende Bewegung zu einer Gehbewegung benutzt werden. Wenn man die Fußlänge künstlich steigert durch Schuhe mit besonders langen, starren Sohlen ist dieses Vorneigen des gestreckten und versteiften Körpers bis zur Knochenhemmung im Sprunggelenk möglich, falls die Strecker des Fußes diese Aufgabe zu leisten vermögen. Vor Jahren produzierte sich ein Artist in dieser Übung und zeigte, was für erstaunliche Muskelleistungen zweckvolle Übung herauszubilden vermag.

Für die Beugung und Streckung sind je zwei lange Muskeln vorhanden. Sie heißen *der lange Zehenstrecker* (*M. extensor digitorum longus*) und *der lange Zehenbeuger* (*M. flexor digitorum longus*), ferner *der lange Großzehenstrecker* (*M. extensor hallucis longus*) und *der lange Großzehenbeuger* (*M. flexor hallucis longus*).

Die beiden Strecker entspringen abgestuft von der Vorderfläche des Wadenbeins und vom Zwischenknochenband, Abb. 60, 1 u. 2. Der eine (1) auch noch vom äußeren Knorren des Schienbeins. Die Sehnen werden unter dem queren Band und durch Leitkanäle unter dem Kreuz-

band des Unterschenkels hindurch,

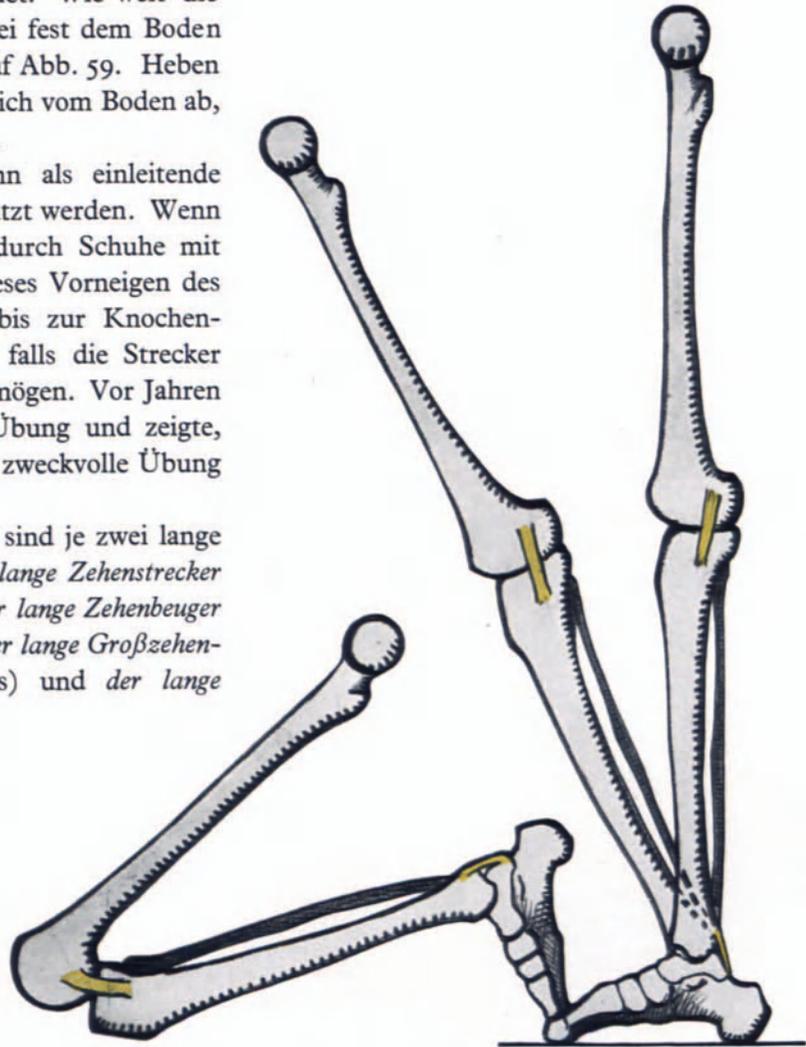


Abb. 56.

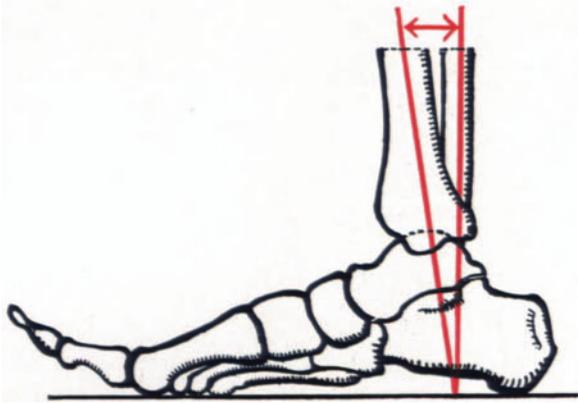


Abb. 57.

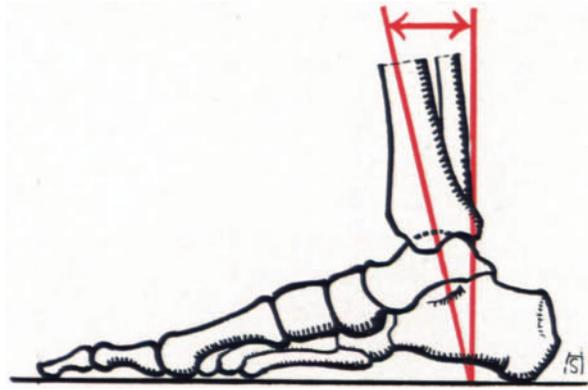


Abb. 58.

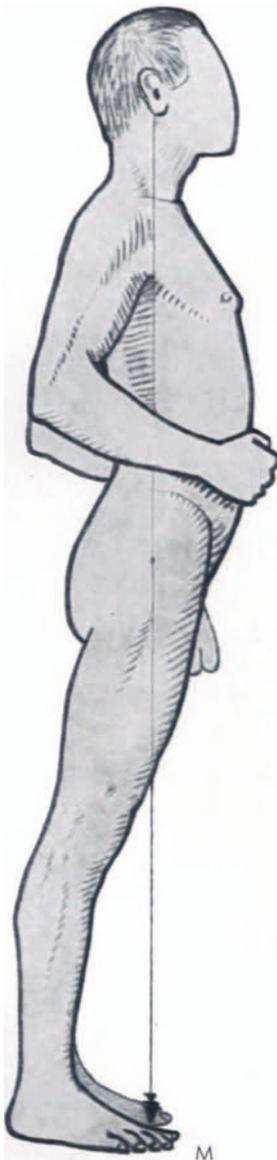


Abb. 59.

über den Fußrücken zu den Zehen geführt, deren Endglieder sie erreichen. Die beiden Beuger sind auf Abb. 65, 4 u. 5 zu sehen. Sie haben getrennten Ansatz an der Hinterfläche des Schienbeins und des Wadenbeins und greifen auf das Zwischenknochenband über. Die Muskelfasern gehen weit herunter und entwickeln erst kurz über oder hinter dem unteren Ende des Schienbeins ihre kräftigen, runden Sehnen. Diese werden durch ein starkes Sehnenblatt in der Rinne hinter dem Knöchel festgehalten, unter dem sie in Leitkanälen eingeschlossen zur Fußsohle verlaufen. Die Sehne des langen Großzehenbeugers erscheint am weitesten nach hinten gelagert und verläuft über die Hinterfläche des Sprungbeins und die innere Seitenfläche des Fersenbeins zur Sohle. An beiden Knochen finden sich eigene Führungsrinnen für die Sehne. Die beiden Sehnen werden fast rechtwinklig nach vorne zu abgelenkt und wir finden sie bei Betrachtung der Fußsohle wieder, Abb. 61, 4 u. 5.

Hier sehen wir die beiden Sehnen sich überkreuzen und an dieser Stelle durch einen Sehnenstrang verbunden. Die Sehne des langen Zehenbeugers teilt sich in ihre vier Endsehnen, welche nach Durchtritt durch die Spalten in den Endsehnen des kurzen Zehenbeugers, Abb. 63, 3, die Endglieder der vier äußeren Zehen erreichen. Auf der Unterfläche der Zehenglieder sind die Sehnen wie an den Fingern, durch feste derbe, faserige Scheiden festgehalten, so daß sie bei Beugung derselben nicht von den Knochen abschnellen können.

Die Zugrichtung dieser Sehnen wird durch einen weiteren Muskelbauch beeinflusst, der vom Fersenbeinhöcker an diese Sehne verläuft (Musculus quadratus plantae), Abb. 61, 7. Wird dieser Muskel für sich verkürzt, so ist er in seiner Wirkung ein kurzer Zehenbeuger.

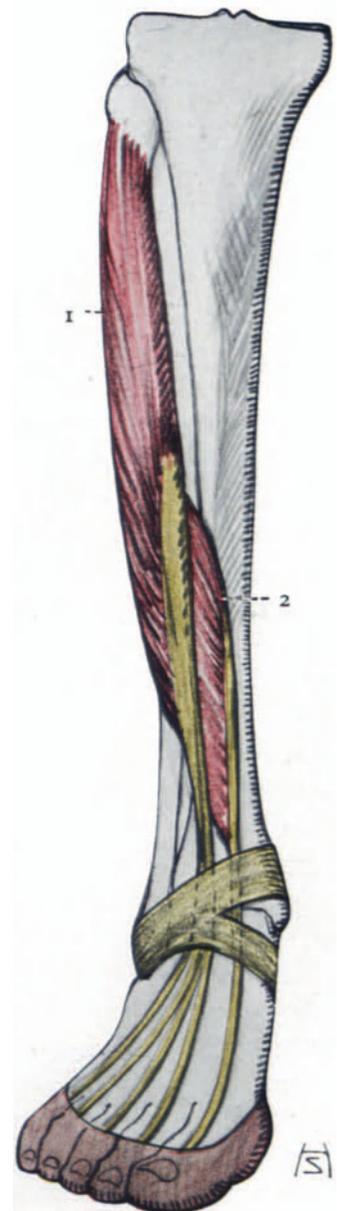


Abb. 60.

Tragen wir die Lage der Sehnen der langen Muskeln in ihrer Lage zu den Achsen beider Sprunggelenke ein, Abb. 62, so finden wir, daß die beiden Zehenstrecker (1 und 2) den Fuß

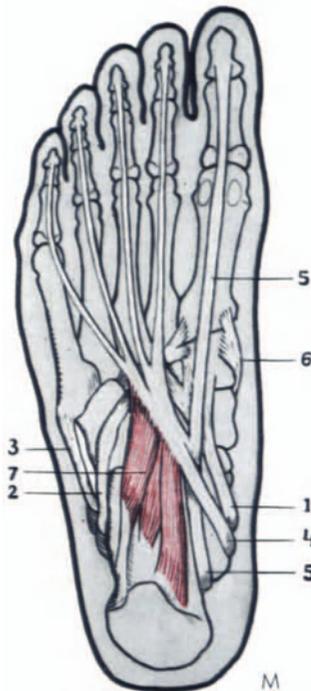


Abb. 61.

Abb. 61. 1. Hinterer Schienbeinmuskel; 2. Langer Wadenbeinmuskel; 3. Kurzer Wadenbeinmuskel; 4. Langer Zehenbeuger; 5. Langer Großzehenbeuger; 6. Vorderer Schienbeinmuskel; 7. Quadratischer Muskel.

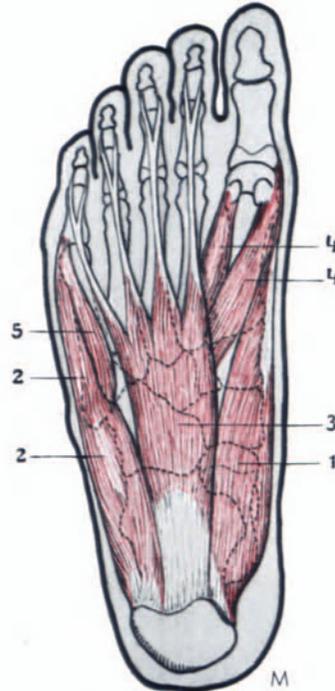


Abb. 63.

Abb. 63. 1. Abführer der großen Zehe; 2. Abführer der kleinen Zehe; 3. Kurzer Zehenbeuger; 4. Kurzer Großzehenbeuger; 5. Kurzer Kleinzehenbeuger.

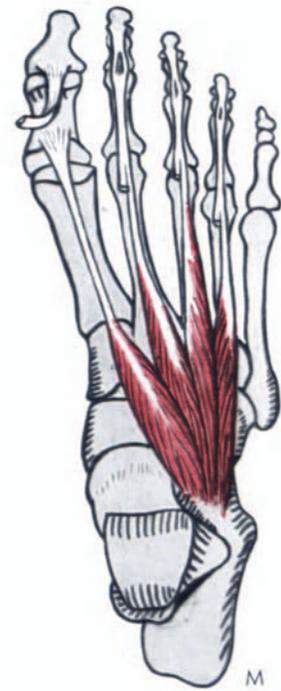


Abb. 64.

rückbeugen und auswärtskanten, also pronieren, während die beiden langen Beuger (3 und 4) den Fuß sohlenwärts beugen und einwärts kanten, mithin supinieren.

Hier ist es am Platze auch eine Angabe über die Arbeitskraft aller Muskeln zu machen, die auf das Sprunggelenk wirken. Am oberen Sprunggelenk übertrifft die Kraft der Strecker die der Beuger um mehr als das Sechsfache. Diese gewaltige Überlegenheit der Streckter ist notwendig zur Erhaltung des aufrechten Standes, sowie zur Erhebung des ganzen aufgerichteten Körpers auf die Zehen und wird ausschließlich durch den eigentlichen Wadenmuskel, den Dreiköpfigen, gewährleistet.

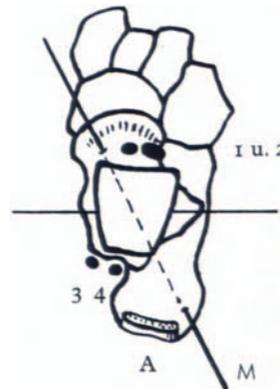


Abb. 62.

Fuß selbst angebracht und ihr Ansatz und Verlauf ist aus den Abb. 61 und 63 zu ersehen. Erwähnung verdient, daß der kurze Beuger der Zehen oberflächlicher liegt als der entsprechende lange Muskel, während der kurze Zehenstrecker unter dem langen Muskel liegt.

Am unteren Sprunggelenk halten sich die Einwärtskanten (Supinatoren) und die Auswärtskanten (Pronatoren) das Gleichgewicht, wenn wir den dreiköpfigen Wadenmuskel außer Rechnung stellen. Dieser erhöht die Leistung der Einwärtskanten auf das Doppelte. Am Fersen-Würfelbeingelenk ist die Arbeitskraft der Ein- und Auswärtskanten gleich groß. Auf dieses Gelenk hat der Wadenmuskel keinen Einfluß.

Die kurzen Muskeln für die Streckung und Beugung der Zehen sind am

Über den kurzen Zehenstrecker gibt die Abb. 64 genügenden Aufschluß.

Die Höhlung der Fußsohle, die Fußrinne, wird durch zwei Randmuskeln begrenzt und vertieft. Es sind dies der *Abführer der großen und kleinen Zehe* (*Abductor hallucis und digiti V*) Abb. 63, 1 und 2. Beide gehen vom Fersenhöcker aus an das Grundglied der entsprechenden Zehe. Der Abzieher der großen Zehe entspringt auch noch von dem sehnigen Blatt (*Ligamentum laciniatum*), das vom inneren Knöchel zum Fersenbeinhöcker gespannt, den Kanal überdeckt, durch welchen die langen Beugemuskeln ihren Weg in die Sohle nehmen. Es ist auf der Abb. 65 auf Figur 2 linkerseits zu sehen. Der Abzieher der kleinen Zehe heftet sich meistens auch noch an dem stark vorspringenden Höcker des V. Mittelfußknochens an und oft greift dieser Ansatz fast bis zur völligen Teilung des Muskels durch, Abb. 63, 2.

Zwischen den beiden Randmuskeln spannt sich der kurze Zehenbeuger vom Fersenhöcker zu den Grundgliedern der vier äußeren Zehen als fleischiger Boden des Gewölbes, Abb. 63, 3. Die Sehnen spalten sich am Grundglied und erreichen das Mittelglied. Mit der äußeren Oberfläche also der Unterfläche des Muskelfleisches ist das lange, sehnige Blatt (*Plantaraponeurose*), Abb. 28, verwachsen, das vom Fersenbeinhöcker schmal ausgeht, sich verbreitert, sich vom Muskel ablöst und in vier Zipfel spaltet, die endlich an den vier äußeren Mittelfußknochen ihren Halt finden.

Außer den beschriebenen Muskeln für die Zehen gibt es noch eine ganze Anzahl weiterer, die in ihrer Anordnung fast genau den gleichen Muskeln der Finger entsprechen. Auch die Form und Bewegungsmöglichkeit der Zehengelenke ist nicht wesentlich anders als bei den Fingern. So wird es gut sein, zunächst den Abschnitt über die Hand durchzulesen und dann für den Fuß die Berichtigung zu machen, daß gewöhnlich bei den Individuen kultivierter Völker die Beweglichkeit der Zehen sehr eingeschränkt ist. Namentlich geht die Spreizstellung meist ganz verloren, während der Zusammenschluß der Zehen bei ihrer Beugung sowie die Spreizung der Zehen bei der Streckung aus den bei der Hand ausgeführten Ursachen erhalten ist. Die Beugung (Streckung) der Zehen ist die bevorzugte Bewegung und fast im gleichen Ausmaß wie an den Fingern möglich. Aber während wir die Finger der Hand durch volle Streckung in der Regel nur in die Verlängerung der Mittelhandknochen einstellen können, so daß die gestreckte Hand auf eine ebene Unterlage flach aufgelegt werden kann, vermögen wir die Zehen des aufgesetzten Fußes vom Boden abzuheben, also stärker im Grundgelenk zu strecken. Es gibt immer einzelne Individuen, die eine außerordentliche Beweglichkeit der Zehen besitzen und Leistungen mit dem Fuß vollbringen, die nahe an jene der Hand herankommen. Erreichen können sie dieselben aber nie, weil die Zehen kürzer als die Finger sind und weil die große Zehe nicht die eigenartige Stellung und damit nicht die freie Beweglichkeit des Daumens besitzt. Die große Zehe ist nicht in die Fußsohle vorgebaut wie der Daumen in die Hohlhand, sondern in eine Flucht mit den andern gebracht und das Gelenk zwischen erstem Keilbein und dem Mittelfußknochen der großen Zehe ist kein Sattelgelenk mit dem Bewegungsausmaß, wie das entsprechende des Daumens. Das kommt auch in dem Mangel eines Muskels für die Gegenstellung zum Ausdruck.

Tritt also beim Fuß die Bewegung der Zehen im Vergleiche mit der Hand zurück, so sind doch die Zehen durch ihre Aufgabe, die Unterstützungsfläche des Körpers zu vergrößern und zu verkleinern und dieser Fläche verschiedene, sich stets neu anpassende Form zu geben von größter Bedeutung beim Gehen.

Als elastische, am Ende des Fußgewölbes angebrachte und verstellbare Federn werden sie beim Gehen, Laufen, Springen unentbehrlich und der Verlust der Zehen bedeutet eine schwere Schädigung der normalen Leistungsfähigkeit unseres Körpers.

Gut gebildete und bewegliche Zehen geben dem menschlichen, nackten Fuß eine sehr veränderliche Form. Sie suchen den Boden um fest zu stehen, sie spielen mit größerer oder geringerer Kraft bei der Erhaltung des Gleichgewichtes, sie passen sich geschickt der Unterlage an. Beim Gehen sind sie,

wenn die Abwicklung des Fußes über den inneren oder den äußeren Rand erfolgt, teilweise beteiligt; alle, wenn die Abrollung, wie gewöhnlich, über die Zehen selbst erfolgt. Ebenso wechselt ihre Beteiligung beim inneren oder äußeren Zehenstand und beim Stand auf dem inneren und äußeren Fußrand.

Betrachten wir zum Schluß die Abbildungen 65, 66 und 67, so können wir einmal die uns bekannt gewordenen Muskeln in ihrer natürlichen Schichtung und Lagerung am Unterschenkel mit Formung der Wade verstehen, Abb. 65, und dann bringt die Abb. 66 und 67 den Zehenstand zur Beobachtung. An diesem einen Beispiel wollen wir versuchen, zu zeigen, daß die vermittelte Kenntnis der Konstruktion imstande ist, die Plastik der äußeren Oberfläche verständlicher zu machen. Deutlich sondert sich der harte, verkürzte, dreiköpfige Wadenmuskel, an dem man den inneren Rand des Schollenmuskels und den Zwillingsmuskel abgrenzen kann, von dem Wulst der gleichfalls für die Streckung des Fußes tätigen Wadenbeinmuskeln. Als besondere längliche Erhabenheit tritt der lange Wadenbeinmuskel hervor, der sich derart auch von der vorderen Gruppe der langen Zehenstrecker abhebt und vom deutlich sichtbaren Wadenbeinköpfchen ausgeht.

Vom Skelett ist der äußere Knöchel scharf unterfangen durch den oberen Rand des Kreuzbandes, das nach innen zu als einschneidende Rinne mit einer Verbreiterung am inneren Fußrand entsprechend seiner Gabelung verfolgt werden kann. Es schneidet in den Fleischkörper des kleinen, kurzen Zehenstreckers derart ein, daß ein kleiner selbständiger Wulst unterhalb und etwas nach vorn vom Knöchel erscheint. Vom Querband über den Knöcheln ist der schärfere, untere Rand deutlich ausgeprägt. Die gerundete Kontur, welche die Achillessehne oberhalb des Fersenbeinhöckers bildet, erklärt sich dadurch, daß sich die Sehne, wie schon erwähnt, nicht am unteren Rand, sondern in der

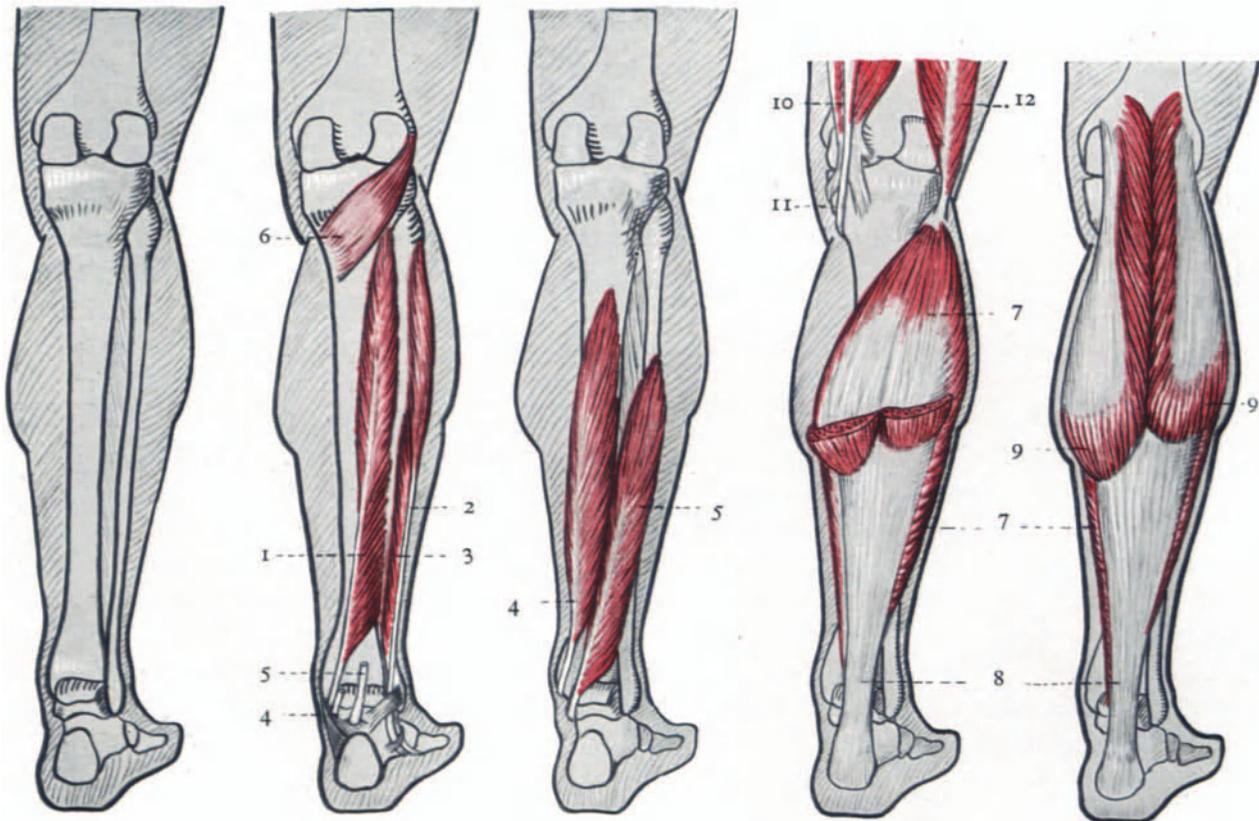


Abb. 65.

Mitte der Hinterfläche des Fersenbeinhöckers ansetzt und durch eine derbe, fettdurchsetzte Gewebsauflagerung zwischen der Sehne und Haut im Bereich des Fersenbeinhöckers.

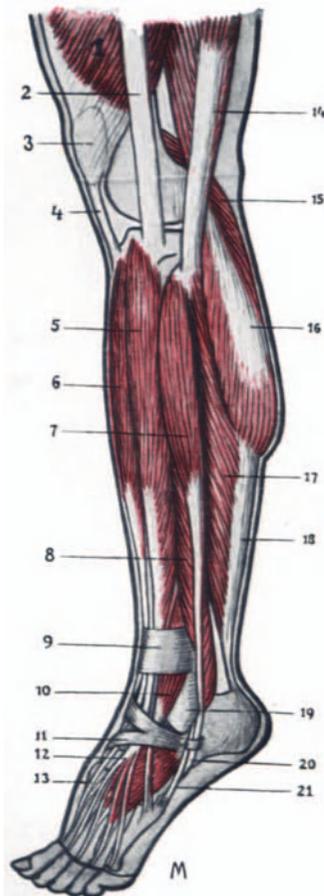
Gerade beim Fuß werden wir noch auf eine besondere Aufgabe der vielen kurzen Muskeln der Fußsohle aufmerksam, die auch bei den Muskeln der Hohlhand zu besprechen sein wird.

Diese Muskeln wirken beugend auf die vorderen Fußwurzel- und Mittelfußgelenke ein. Sie vertiefen folglich durch ihre Verkürzung das Fußgewölbe und wirken damit als kräftige Gegner gegen die Abflachung des Gewölbes durch Belastung.

Beim Fuß scheint diese Aufgabe der kurzen Muskeln keine Nebenaufgabe zu sein, darauf weist die gleichmäßige, starke Ausbildung derselben bei Menschen mit sehr wenig beweglichen Zehen hin.

Es ist wiederholt davon gesprochen worden, welche Kräfte das Fußgewölbe sichern, damit es die Last des Körpers unverändert zu tragen vermag. Wir haben erfahren, daß die im Fußgewölbe verspannten, kurzen und langen Bänder die Knochen verklammern und daß die Muskeln durch ihre aktive Spannung das gleiche erreichen.

Vom Fußgewölbe ist aber der höhere innere Bogen, weil er mit dem Sprungbein über das Fersenbein nach innen zu freier herausgebaut ist, einer Durchbiegung mehr ausgesetzt und sein Nachgeben führt vor allem zur Erscheinung des Plattfußes, der sich durch eine Innendrehung des Fersenbeines gegen den vorgelagerten Fußabschnitt und durch ein Innenabgleiten des Sprungbeines von seinem Lager auf dem Fersenbein äußert.



Bezeichnung auf Abb. 66:

- 1 Äußerer Kopf des Kniegelenkstreckers (Vastus lateralis)
- 2 Sehnenstreif
- 3 Kniescheibe
- 4 Kniescheibenband
- 5 Langer Zehenstrecker
- 6 Vorderer Schienbeinmuskel (Tibialis ant.)
- 7 Langer Wadenbeinmuskel (Peronaeus longus)
- 8 Kurzer Wadenbeinmuskel (Peronaeus brevis)
- 9 Querband (Lig. transversum)
- 10 Dritter Wadenbeinmuskel (Peronaeus tertius)
- 11 Kreuzband (Lig. cruciatum)
- 12 Langer Zehenstrecker
- 13 Langer Großzehenstrecker
- 14 Zweiköpfiger Muskel (Biceps)
- 15 Zwillingsmuskel (Gastrocnemius)
- 16 Sehnenplatte auf demselben
- 17 Schollenmuskel (Soleus)
- 18 Achillessehne
- 19 Äußerer Knöchel
- 20 Sehne des langen Wadenbeinmuskels
- 21 Sehne des kurzen Wadenbeinmuskels

Abb. 66.

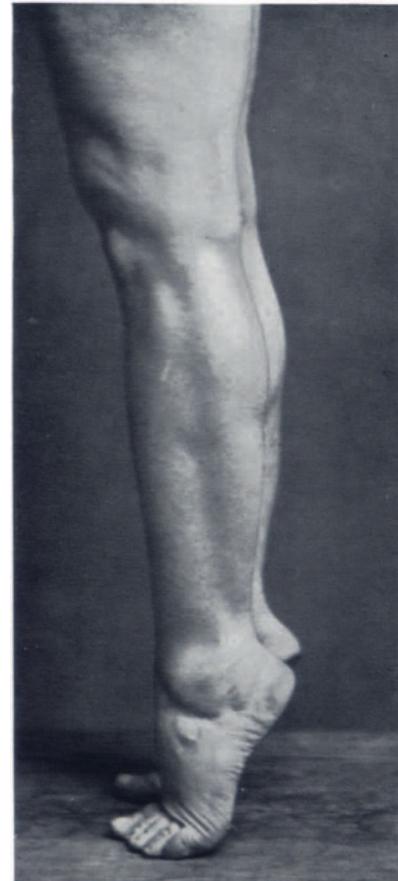


Abb. 67.

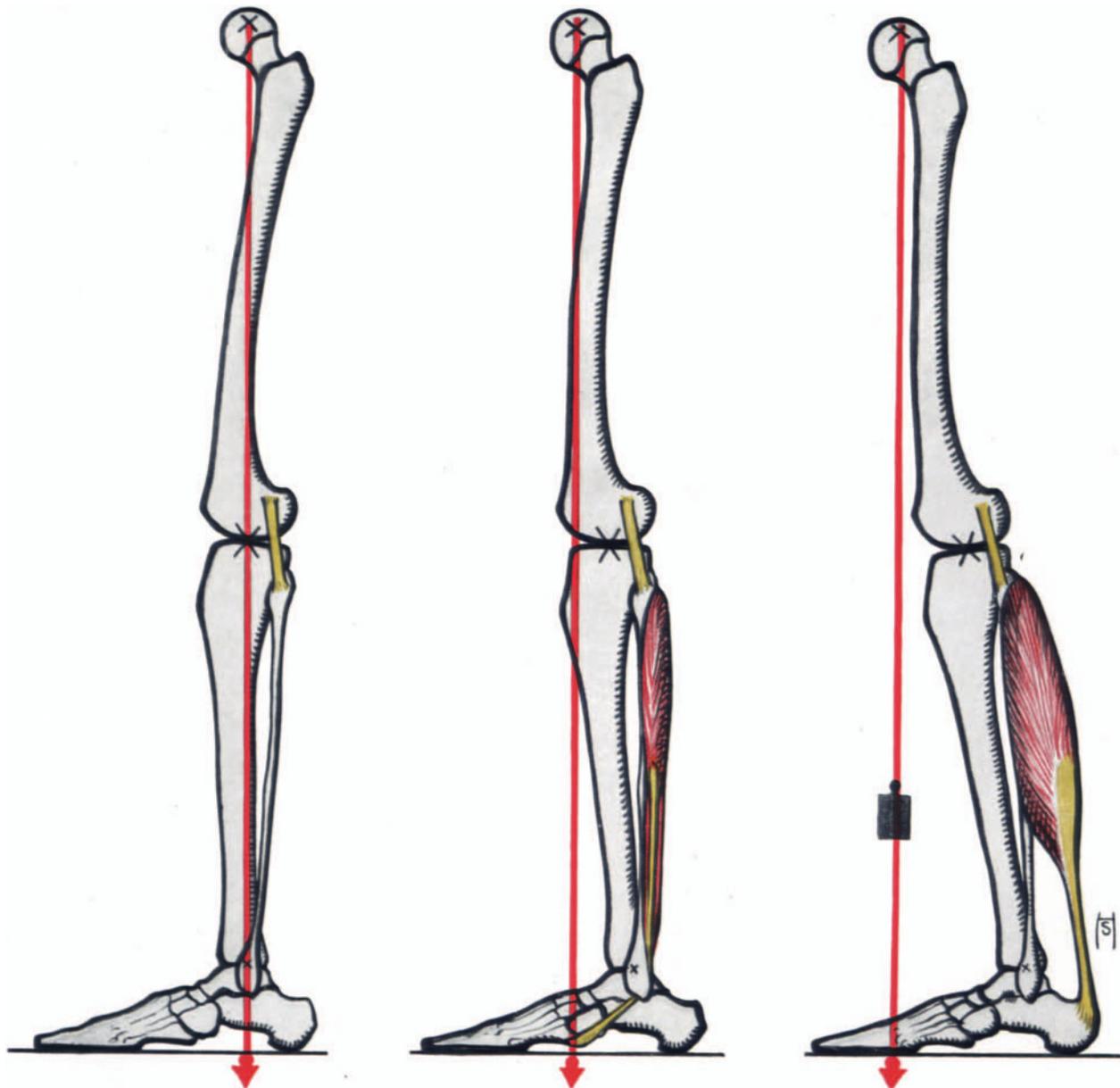


Abb. 68 A.

Abb. 68 B.

Abb. 68 C.

Dieser innere Bogen wird durch die Spannung des hinteren Schienbeinmuskels und des langen Großzehenbeugers gehalten. Aber auch der lange Wadenbeinmuskel kommt zu Hilfe. Seine Sehne durchquert schief von außen nach innen die Fußsohle. Die Spannung dieser Muskeln verhindert ein Ausweichen des ersten Mittelfußknochens gegen den Fußrücken hin und vom Sprungbeinkopf nach vorne zu. Der Wadenbeinmuskel verhindert das Ausweichen dieses Knochens der Quere nach. Es ist ferner klar, daß alle Muskeln, die wir Supinatoren nannten, durch ihre Spannung den Stand auf dem äußeren Fußrand begünstigen und dadurch einem Durchbiegen des inneren Gewölbebogens entgegenarbeiten. Hier ist auch an die größere Arbeitskraft der Einwärtskanter zu denken.

Es wird nützlich sein, von diesen Gedanken geleitet den Bau des Fußgewölbes in der Rückansicht der Abb. 31 zu betrachten.

Überdenken wir nochmals die Angaben über den Bau des Fußgewölbes, so gewinnen wir die Überzeugung, daß eine Gewölbekonstruktion im technischen Sinne hier nur eine sehr untergeordnete Rolle spielt. Ein solches Gewölbe trägt sich bei festliegenden Fußpunkten und bei entsprechender Form der Steine von selbst. Die dafür nötige Keilform zeigt aber annähernd nur das Sprungbein als Schlußstein des Gewölbes, die übrigen nicht. Es sind deshalb auch recht vielfältige Verklammerungen der einzelnen Gewölbestücke durch Bänder und Muskel nötig und sogar der Schlußstein des Gewölbes, das Sprungbein ist durch sehr kräftige Bandmassen an seiner Unterfläche mit dem Fersenbein verbunden.

Außerdem werden wir daran denken müssen, daß die Last durch das Sprungbein auf ein bestimmt geformtes, elastisches und in sich bewegliches Gewölbe übertragen wird und je nach der Einstellung desselben einzelne und verschiedene Teile des Gewölbes besonders oder ausschließlich beansprucht werden. So beim Fersenstand, Zehenstand, Stand auf vollem inneren oder äußeren Fußrand, Großzehenstand, Kleinzehenstand usw.

Bei der Schilderung der Beziehung zwischen den Gelenken des Fußes und den sie angreifenden Muskeln ist von dem gewaltigen Übergewicht der eigentlichen Wadenmuskeln schon gesprochen worden. Ohne sie halten sich die auf die Sprunggelenke wirkenden Muskeln so ziemlich das Gleichgewicht. Für die Wadenmuskeln gibt es also keine gleichwertigen gegnerischen Muskeln, sie haben sich vielmehr im Kampfe gegen die Schwere, wie sie bei aufrechter Haltung des Menschen in Wirkung tritt, zu ihrer Stärke ausgebildet. Selbst die menschenähnlichen Affen (Anthropöiden) haben keine richtigen Waden.

Auf der ersten Figur der Abb. 68A ist der Oberschenkel und Unterschenkel auf dem Fuß im Gleichgewicht und das Lot (rote Linie) schneidet die Mittelpunkte aller drei übereinander gebauten Gelenke. In dieser Einstellung wäre kein Muskel nötig um sie zu erhalten, wenn keine äußeren Kräfte sie stören würden. Doch sind solche wohl immer vorhanden und die dadurch hervorgerufenen kleinen Schwankungen könnten von den hart an den Sprunggelenken vorbeigeführten Muskeln, die wir kennen gelernt haben, ausgeglichen werden. Schwankungen nach jeder Richtung, wie sie das Spiel beider Fußgelenke erlauben. So sehen wir auf Fig. B eine leichte Vorneigung des gestreckten Beines im oberen Sprunggelenk durch die Tätigkeit der Wadenbeinmuskeln abgewehrt, dem der hintere Schienbeinmuskel und die Zehenbeuger zu Hilfe kommen.

Nimmt mit weiterer Vorneigung, Fig. C, die Kraft, welche das Bein gegen den Fuß im Sprunggelenk zu beugen versucht, zu, so kann ein dementsprechend bemessener Widerstand nur mehr von der massigen Wadenmuskulatur geleistet werden, die auch noch am Fersenhöcker ansetzt und so von der Gelenksachse abrückt.

Die Abbildung darf freilich nur als anleitendes Schema genommen werden und nicht etwa in dem Sinne, daß es eine bestimmte Grenze der Bewegung gibt, an welcher die Wadenmuskeln, die schwächeren tieferliegenden Muskeln ablösen.

Bei starken Leistungen, wie beim Erheben der Ferse vom Boden, arbeiten meist alle Muskeln, die für diese Aufgabe etwas zu leisten vermögen, mit. Wir können z. B. täglich die Beobachtung machen, wie bei dieser Phase des Ganges, die Sehnen der langen Wadenbeinmuskeln hinter dem äußeren Knöchel und die Sehne des Schienbeinmuskels unter dem inneren Knöchel durch ihre Spannung unter der Haut sichtbar werden.



Oberschenkel und Kniegelenk.

Mit dem Unterschenkel ist der Oberschenkel durch das Kniegelenk beweglich verbunden.

Der *Oberschenkelknochen* (Femur) Abb. 69, 1, 2 und 3, ist der längste und kräftigste Röhrenknochen des Körpers. Sein drehrunder, in der Seitenansicht leicht gebogener Schaft läuft nach unten in einen starken Gelenkkörper, nach oben in eine kräftige, stumpfe Spitze aus, welche der *große Rollhügel* (Trochanter major) genannt wird. Kurz vorher zweigt nach innen und vom Schaft etwas nach vorne zu ein schief

angesetzter, kurzer, runder Ast ab, der *Schenkelhals*, der an seinem Ende den kugeligen *Kopf* für das Hüftgelenk trägt. Der Winkel, den die Schenkelhalsachse mit der Achse des Schaftes bildet, ist nicht immer gleich groß, Abb. 70, im Durchschnitt etwa 127° .

Von der hinteren Fläche des großen Rollhügels, Abb. 69, 3, verläuft ein kurzer Knochengrat (Crista intertrochanterica) über die Abgangslinie des Schenkelhalses zu einem tiefer gelegenen Knochenvorsprung, dem *kleinen Rollhügel* (Trochanter minor).

Am unteren Ende des Oberschenkelknochens ist der Gelenkkörper für das Kniegelenk ausmodelliert. Er hat zunächst die Form einer halben horizontal und quergestellten zylindrischen Walze, deren innere und äußere Endfläche einen nach hinten verschobenen niedrigen Höcker trägt (Epicondylus medialis und lateralis), Abb. 69, 1—3. Die Walze geht derart aus dem Oberschenkelschaft hervor, daß der größere Teil ihres Umfanges nach hinten von der Schaftachse

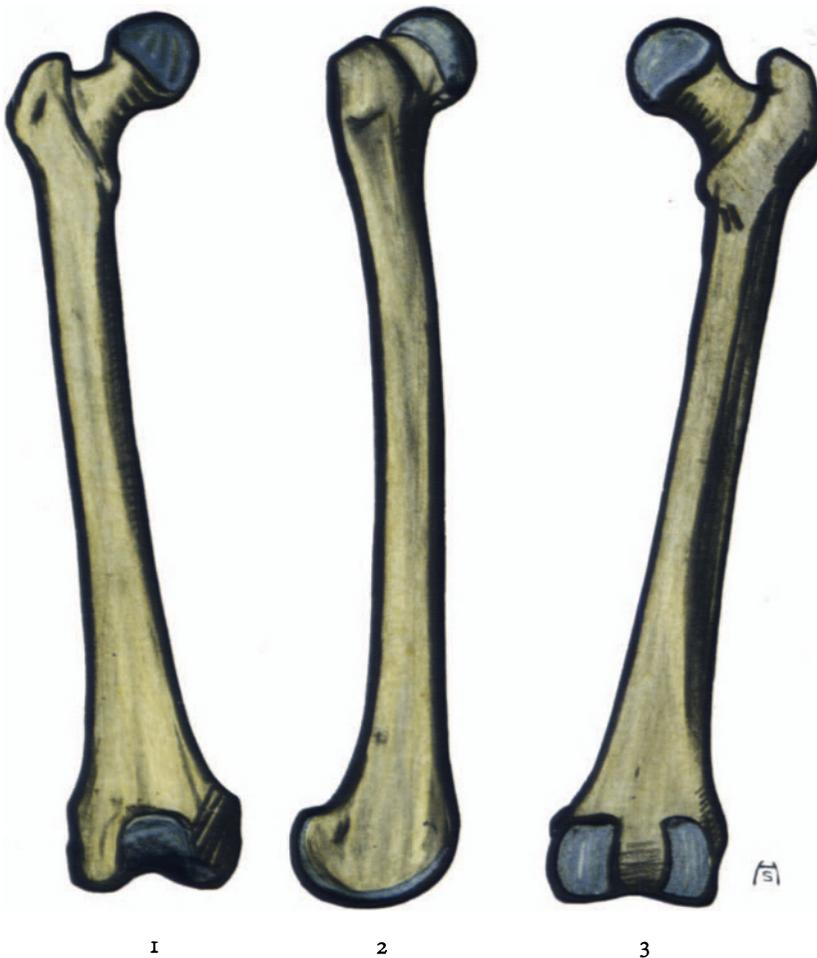


Abb. 69.

liegt. Das ist aus der Abb. 71 zu ersehen, welche die Innenansicht eines der Länge nach durchsägten Oberschenkels darstellt.

Die Walze ist von hinten her in der Verlängerung des Schaftes durch eine tiefe, nach vorn einschneidende Rinne, Abb. 69, 3 und Abb. 71, 1, in zwei mit Knorpel überzogene Gelenkkörper (Rollendylen) geteilt.

Das Seitenprofil einer der beiden Rollen, Abb. 71 und 73, zeigt, daß sie keine Zylinder mit kreisförmigem Querschnitt sind, sondern daß sie eine spiralige Kontur derart besitzen, daß die Spirale von vorne

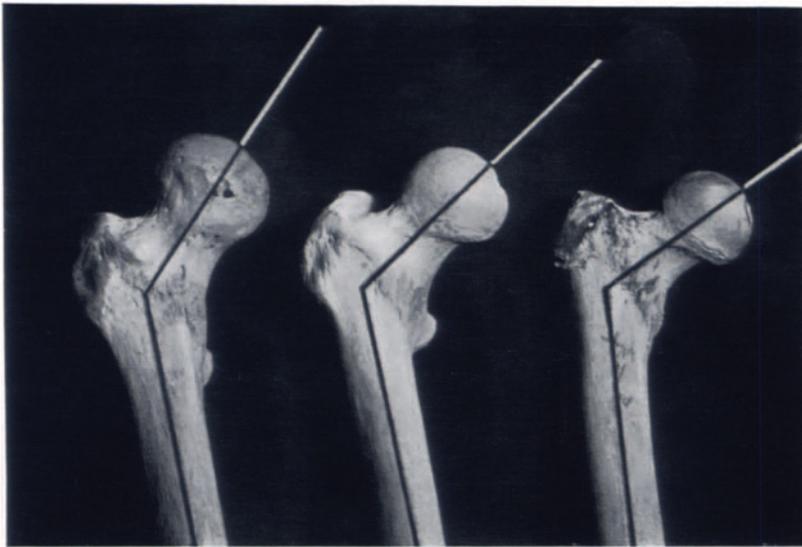


Abb. 70.

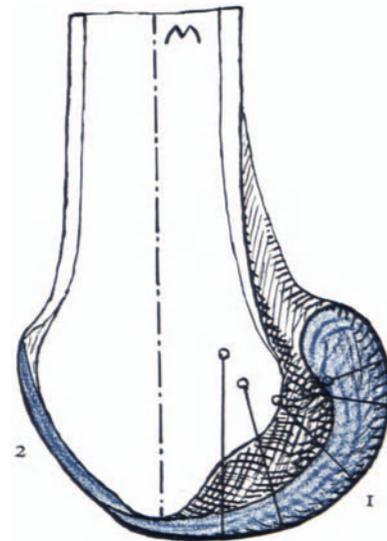


Abb. 71.

nach hinten sich einrollt. Der Halbmesser der Krümmung nimmt nach hinten stetig ab, was aus den in Abb. 71 eingetragenen Strichmarken abgelesen werden kann.

In Abb. 72 können wir die *Gelenkrollen* (Condylus medialis und lateralis) des Oberschenkels von unten betrachten und sehen sie der Quere nach gerundet und die innere der Länge nach einwärts abgebogen.

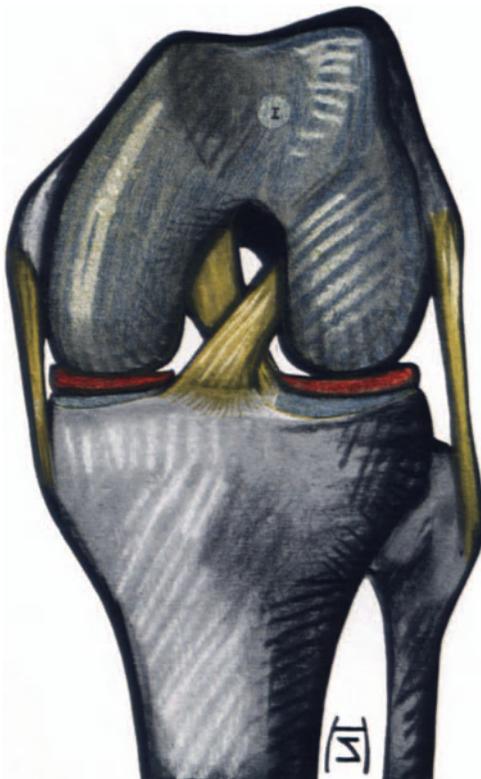


Abb. 72.

Die dazu gehörige Oberfläche des Schienbeinkapitells besitzt als Tragfläche zwei durch einen niederen, höckerigen Knochengrat getrennte, ovale und ganz seichte Pfannen. Sie sind ebenso wie die beiden Gelenkkörper überknorpelt. Diese beiden seichten Dellen des Schienbeins werden durch zwei halbringförmige *Bandscheiben* (Menisci) vertieft. Dieselben haben keilförmige Schnittflächen, Abb. 72 und 73 (rot), und sind auf Abb. 74 in Aufsicht zu sehen. Wir finden sie durch Bänder auf dem Schienbein festgeheftet und mit ihrem höheren Außenrand in die Gelenkkapsel eingelassen. Trotz dieser Anheftung sind sie beide, und vor allem der kreisförmigere äußere, auf dem Schienbein verschieblich.

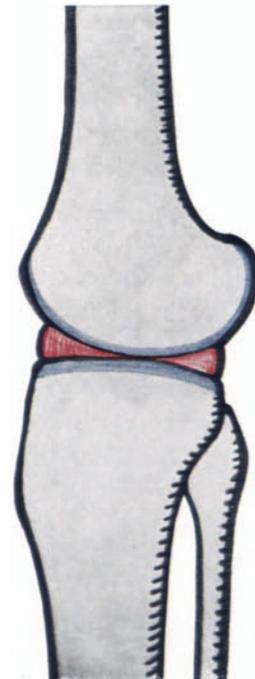


Abb. 73.

Es ist aber nicht zu vergessen, daß die Rollen des Oberschenkels innerhalb des mittleren Ausschnittes der Zwischenscheiben stets der überknorpelten Schienbeinoberfläche aufliegen, Abb. 73 und daß hauptsächlich diese Berührung und zwar unter gegenseitiger Anpassung und

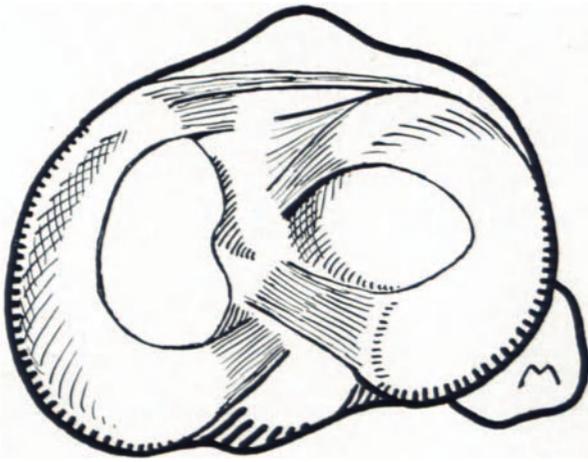


Abb. 74.

Abb. 72. Weil aber beide Gelenke nur von einer einzigen Gelenkkapsel umschlossen sind, Abb. 75, so kommen zwei der Seitenbänder ins Innere des Gelenkes zu liegen, Abb. 72. Sie überschneiden sich in ihrem Verlauf und heißen deshalb die *Kreuzbänder* (Ligamenta cruciata). Die beiden anderen nennt man das *innere* und das *äußere Seitenband* (Ligamenta collateralia). Das innere ist flach und eigentlich nur ein verstärkter Abschnitt der Gelenkkapsel, der vom inneren Gelenkhöcker zum Schienbeinkopf gespannt ist. Das äußere ist ein rundes, selbständiges Band, das außerhalb der Kapsel vom äußeren Gelenkhöcker zum Wadenbein verläuft, Abb. 72.

Durch den stärkeren queren Abstand der beiden Gelenkrollen des Oberschenkels erlangt das Knie eine größere Sicherung gegen seitliche Abknickung.

In die vordere Wand der Kniegelenkkapsel, Abb. 75, 1, ist die *Kniescheibe* (Patella) eingelagert, Abb. 75, 5. Sie hat, Abb. 76, eine etwas stärker gewölbte Vorderfläche und eine flachere, überknorpelte Hinterfläche. Mit dieser liegt sie der entsprechenden überknorpelten Kniescheibenfläche des Oberschenkels an, die auch auf der Abb. 71, 2 und auf der Abb. 72, 1 zu sehen ist. Sie grenzt sich von den beiden überknorpelten Gelenkrollenflächen, Abb. 71, 1, in die sie übergeht, meist deutlich durch eine niedere Leiste ab. Die Kniescheibe wird in ihrer Lage gehalten einmal durch die Sehne des großen, vierköpfigen Streckmuskels, Abb. 75, 2, in welche sie als sogenanntes Sesambein eingeschaltet ist und durch seitliche Bänder 3 und 4, welche auf der Gelenkkapsel 1 aufliegen, und am Oberschenkel und am Schienbein haften. Sie werden die *Haltbänder der Kniescheibe* (Retinacula patellae) genannt.

Die Form der Gelenkkörper und die Anordnung der Seitenbänder ergibt im groben für das Kniegelenk eine Bewegung um eine quere Achse, die als Beugung und Streckung der beiden Knochen gegeneinander erscheint, und folglich wieder eine Scharnierbewegung darstellt.

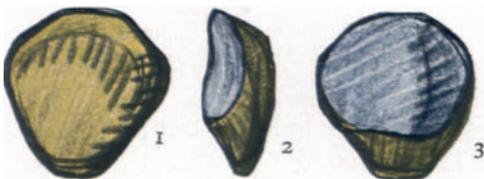


Abb. 76.

Abformung für den Ablauf der Bewegung maßgebend ist, denn auch nach Entfernung der Zwischenscheiben bleibt der Gang des Gelenkes im wesentlichen unverändert.

Die Zwischenscheiben muß man als verschiebliche Polster auffassen, die den Ablauf der Bewegung sichern, den Druck des Oberschenkels auf größere Flächen des Schienbeines verteilen und die Elastizität des Gelenkes erhöhen.

Stellen wir nun den Oberschenkel mit seinen beiden Gelenkrollen in die entsprechenden, durch die Bandscheiben ergänzten, pfannenförmigen Vertiefungen des Schienbeines, so kommen dadurch eigentlich zwei Gelenke zustande, ein inneres und ein äußeres. Beide werden durch zwei Seitenbänder zusammengehalten,

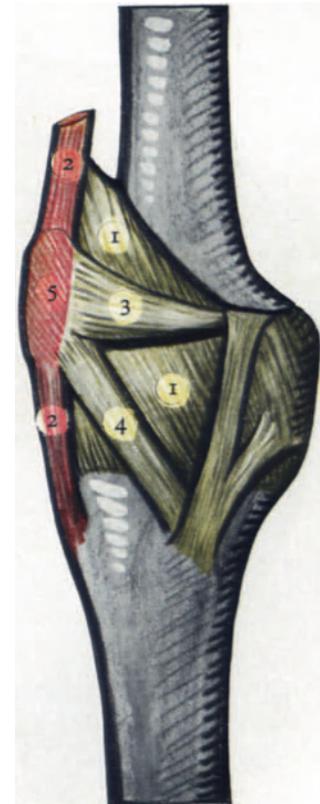


Abb. 75.

Wenn wir versuchen, die Grenzen für diese Bewegung am Lebenden zu bestimmen, so fällt uns

zunächst auf, daß das Kniegelenk meist nur so weit gestreckt wird, daß die Traglinie des Ober- und Unterschenkels eine gerade Linie bildet, Abb. 77 (vertikale rote Linie). Unter der Traglinie verstehen wir die gerade Verbindungslinie der Mittelpunkte beider am Knochen vorhandenen Gelenke. Wir *überstrecken* also das Kniegelenk in der Regel nicht.

Die Röntgenaufnahme, Abb. 78, vom lebenden Modell zeigt aber, daß eine Überstreckung bis zu 12° bei energischem Durchdrücken der Knie, wie sie bei der militärischen Haltung verlangt wird, möglich ist. Kinder können das Gelenk häufig noch stärker überstrecken.

Die Streckung findet ihren Abschluß in der Spannung der Seiten- und Kreuzbänder und in dem Widerstand, welchen die Gelenkknorpel und die Zwischenscheiben als eingelegte Polster dem Zusammendrücken entgegensetzen. Dieser langsam sich steigernde Widerstand, der zu einer allmählichen völligen Abbremsung der Bewegung führt, ist ein wertvoller Schutz für das Gelenk.

Aus der gestreckten Einstellung des Beines ist eine Beugebewegung von großem Umfang möglich. Die in Abb. 79, A, abgebildete stärkste Beugung erreicht, aus der Röntgenaufnahme Abb. 78 B bestimmt, den Winkelwert von 158° , Abb. 77.

Die eigenen Muskeln des Kniegelenkes bringen aber nur eine Beugung des Gelenkes um 128° zustande, Abb. 79, B. Der Rest von 30° kann nur durch äußere Kräfte geliefert werden. Im Falle der Abb. 79, A, bringt der Zug des Armes, bei der Sitzhocke, Abb. 79, C, und der Fersehocke, Abb. 79, D, das Gewicht des Körpers die volle Beugung des Kniegelenkes zustande. Ein Vergleich der beiden Abbildungen zeigt, wie bei der Sitzhocke die erschlafften Muskeln das Kniegelenk stärker zu beugen erlauben, während bei der Zehenhocke die verkürzten Wadenmuskeln die Oberschenkelmuskeln verdrängen und als hemmende Polster wirken.

Am Gelenkpräparat wird oft noch eine stärkere Beugung bis 170° beobachtet. Rechnet man zu diesem Wert noch die mögliche Überstreckung mit 12° hinzu, so kann im günstigsten Falle das Gelenk um volle zwei rechte Winkel = 180° ausgenützt werden und es übertrifft

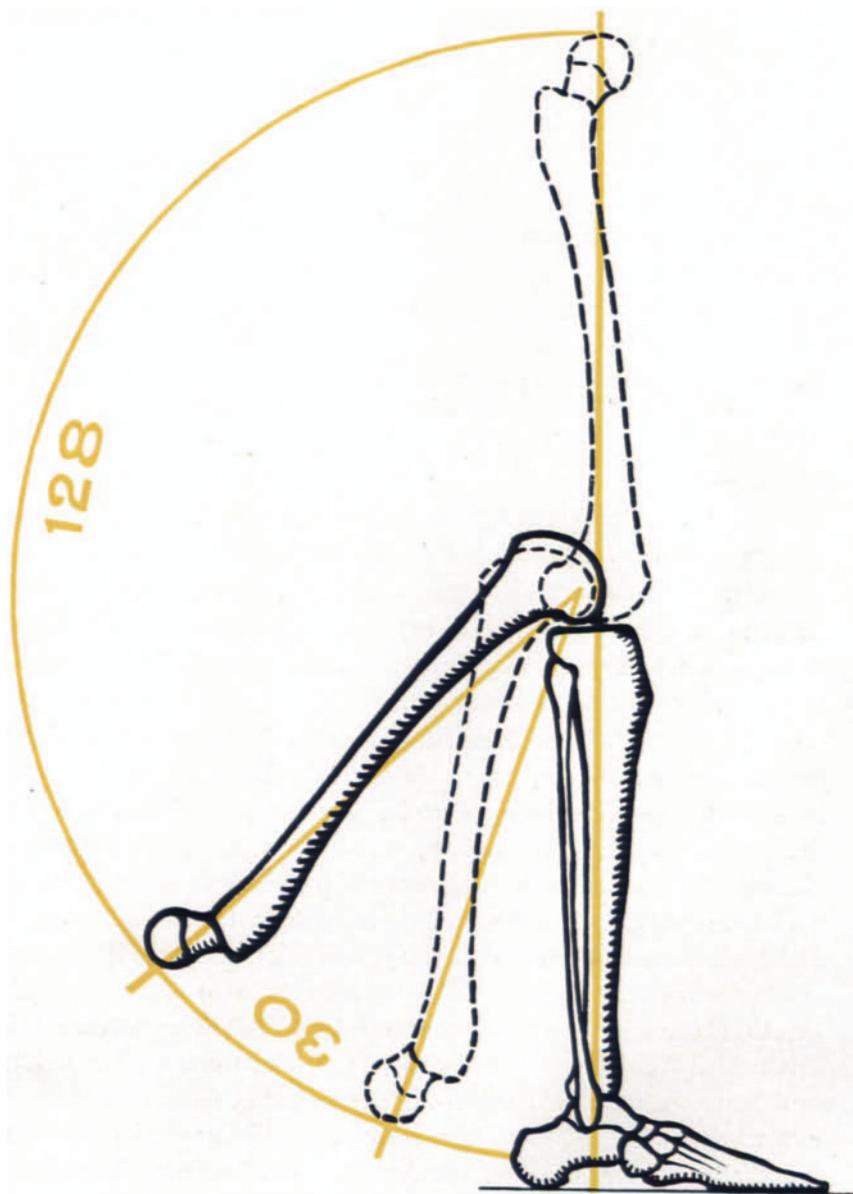


Abb. 77.

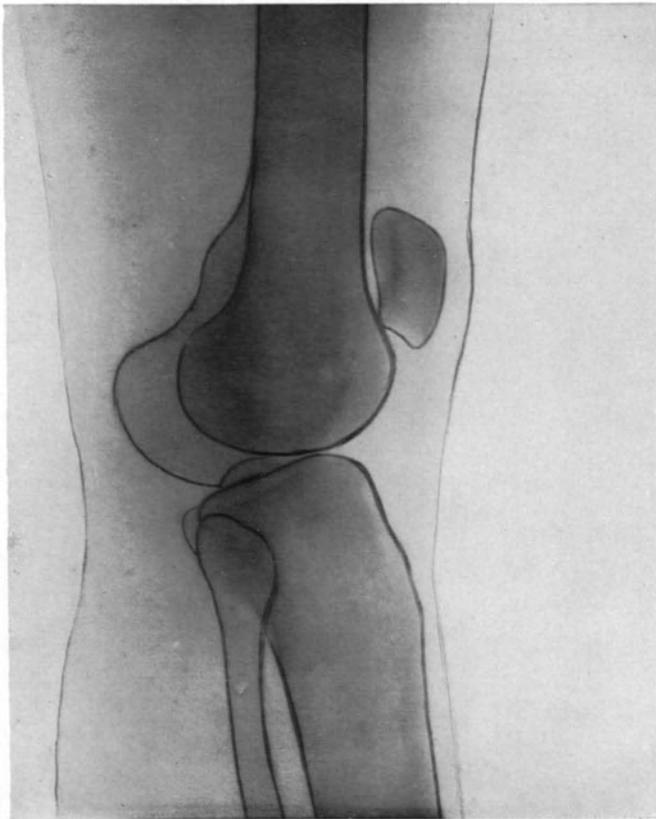


Abb. 78 A.

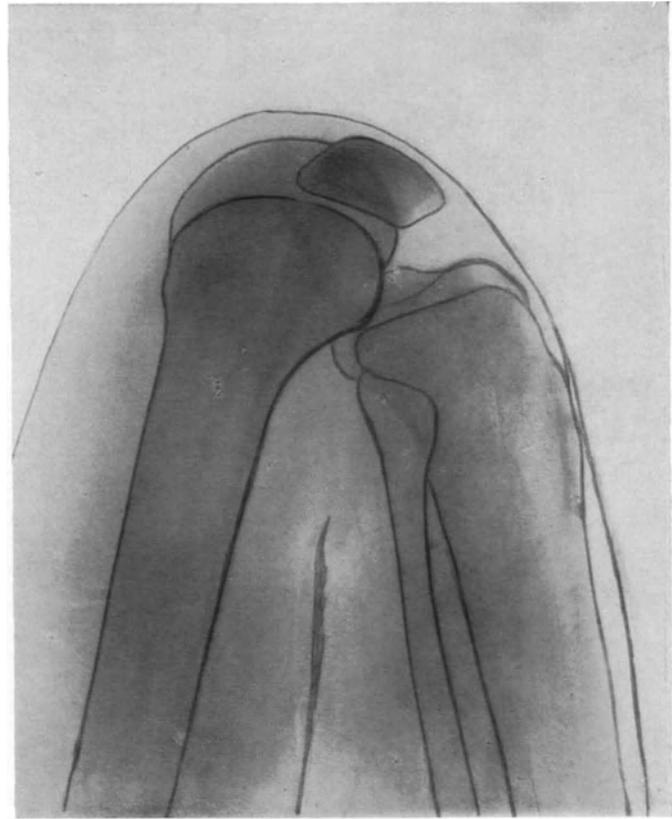


Abb. 78 B.

damit alle anderen Gelenke des Körpers. Freilich wird diese große Beweglichkeit nur selten zur Beobachtung kommen. Im Durchschnitt werden $160-170^{\circ}$ die häufigsten Maße sein.

Über die Bewegungsform des Kniegelenkes sind noch ein Paar Worte zu sagen. Bei der Drehung der beiden Oberschenkelrollen in ihren Lagern werden die Zwischenscheiben bei der Streckung nach vorne, bei der Beugung nach hinten verschoben, wie das die Abb. 80, A und B erkennen läßt. Die Wegstrecke mißt etwa 1 cm und mehr.

Diese Erscheinung hängt teilweise damit zusammen, daß die Gelenkkörper des Oberschenkels auf den Schienbeinpfannen, denen sie nur mit einem schmalen Streifen ihrer Oberfläche anliegen, bei ihrer Bewegung über eine kleine Strecke abrollen und sich wirklich vor- und zurückbewegen, während sie gleichzeitig auf denselben gleiten, etwa wie ein nicht voll abgebremstes Rad auf der Bodenfläche. Es setzt sich also die Bewegung beider Knochen im Gelenk aus einer Gleitbewegung und einer Abrollung zusammen und zwar erreicht die letztere an der äußeren Gelenkrolle etwas höhere Werte als an der inneren und läuft auch in ihrer zeitlichen Abhängigkeit mit der Beugung und Streckung etwas verschieden ab. Dadurch erhält die ganze Bewegung im Kniegelenk eine recht komplizierte Form gegenüber einem reinen Scharniergelenk, als welches das obere Sprunggelenk geschildert wurde. Hier findet nur eine Gleitbewegung statt. Die beiden Abbildungen 81 nach *Virchow* zeigen uns die Einstellung der Zwischenscheiben in der Streck- und Beugstellung. Wir sehen bei der Beugung die Verlagerung derselben nach hinten und beobachten, daß namentlich die äußere eine starke Verschiebung erleidet. Punktirt umgrenzt sind die Druckfelder, innerhalb welcher die Oberschenkelrollen die Schienbeinoberfläche und die Zwischenscheiben berühren und sich gegeneinander pressen. Wir müssen uns also vorstellen, daß durch die Abrollung die Zwischen-

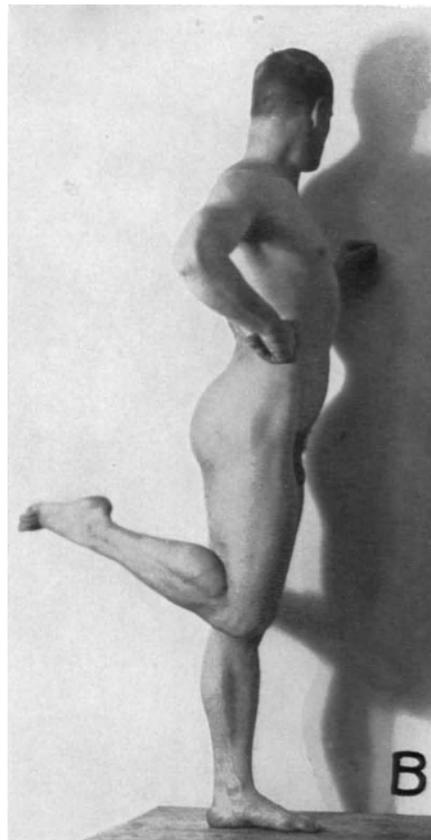


Abb. 79.

scheiben mitgenommen werden, dürfen aber nicht vergessen, daß nach Feststellung derselben die Abrollung des Oberschenkels auf den Zwischenscheiben unter starker Pressung derselben noch weiter geführt werden kann.

Diese Verlagerung der Oberschenkelrolle bei der Beugung näher an den hinteren Umfang des Schienbeinkapitells bringt den Vorteil der großen Beugungsmöglichkeit mit sich, weil dadurch das Anstoßen

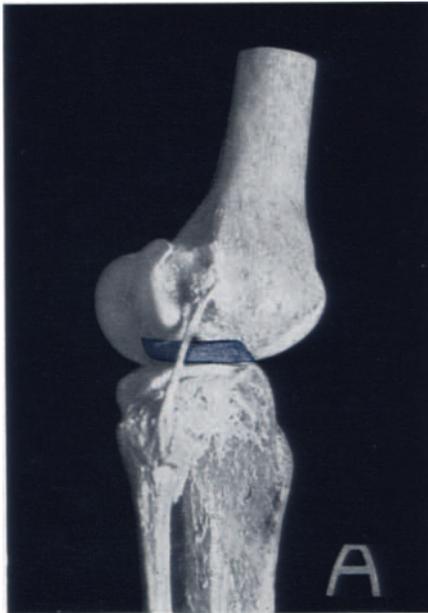


Abb. 80 A.



Abb. 80 B.



Abb. 81 A.



Abb. 81 B.

des Hinterrandes des Schienbeinkapitells am Oberschenkel vermieden wird, Abb. 78 B. und 80 B. Für eine solche starke Beugung ist die Schienbeinform des neugeborenen Kindes besonders günstig, denn hier steht das Schienbeinkapitell mit den Gelenkflächen nach hinten abgeknickt zur Schienbeinachse. Manchmal bleibt diese Form, die in der Regel in den ersten Lebensjahren verschwindet, bestehen. Namentlich ist dies bei jenen Völkern der Fall, die die Sitzhocke mit vollaufgesetzten Fußsohlen als Ruhestellung des Körpers wählen (orientalische Völker), Abb. 82.

Nochmals muß an die merkwürdige Tatsache erinnert werden, daß das Kniegelenk durch seine eigenen Muskeln nicht voll ausgenutzt werden kann. Die große Wegstrecke mit einem Winkelwert von 30° ,

Abb. 77, liegt außerhalb der Arbeitsleistung der Beugemuskeln. Dadurch gewinnt dieses Gelenk eine wertvolle Sicherung gegen eine plötzliche und zu harte Abstellung der Beugebewegung. Die Hemmung geschieht in dieser Wegstrecke ganz allmählich und elastisch durch die immer stärkere Dehnung der Streckmuskeln und durch das Zusammenpressen der in der Kniekehle gequetschten Weichteile. Auch die Zwischenscheiben, namentlich die innere, wird stark zusammengepreßt und gibt federnden Widerstand. Die Kreuzbänder werden gespannt. Beim Übungslauf wird vielfach eine Schleuderbewegung im Kniegelenk geübt, die bis zum Anschlagen der Ferse am Gesäßbacken gesteigert werden kann. Hier wird also auch das muskeltote Feld durch die Trägheit der Unterschenkelmasse bis zur Hemmung durchlaufen.

Im Verlaufe der Beugung des Kniegelenkes wird aber noch eine weitere Bewegung desselben möglich, die sich als Längsdrehung des Schienbeines nach außen oder nach innen gegen den unbewegten Oberschenkel, oder als entsprechende Bewegung des Oberschenkels gegen den Unterschenkel äußert, wie in Abb. 83 (linkes Bein) und 84 (rechtes Bein).

Mit der Streckung des Gelenkes hört diese Bewegung auf. Das hängt mit der Spiralform der Gelenkhöcker zusammen und die Abb. 85 zeigt, wie bei der Streckung des Gelenkes die Seitenbänder gespannt werden (A) und wie dieselben (namentlich das äußere) bei der Beugung erschlaffen (B), weil die beiden Ansatzstellen der Bänder bei der



Abb. 82.

Eine Probe läßt sich leicht anstellen. Wollen wir im aufrechten Stand unsere Füße so weit als möglich nach auswärts drehen, so müssen wir, um den größten Erfolg zu erreichen, die Kniee stark beugen, um die Auswärtsdrehung im Hüftgelenk, um jene im Kniegelenk zu vermehren. Eine gewaltsame Streckung der Kniee stellt die Füße wieder um das Maß der Drehung im Kniegelenk einwärts.

Bei einer Beugung von 45° beträgt die Drehung etwa 40° , bei rechtwinkliger Beugung etwa 50° und bei einer Beugung von 75° steigt die Drehungsmöglichkeit auf 60° . Die Auswärtsdrehung ist ausgiebiger als die Einwärtsdrehung.

Die Drehung des Unterschenkels in der Beugelage des Kniegelenkes erfolgt nicht um eine Achse, die den Mittelpunkt des Gelenkes schneidet, sondern um eine weiter nach innen gelegene Achse, so daß das äußere Wadenbeinköpfchen eine ausgiebigere Bewegung macht, als der innere Knorren des Schienbeins, Abb. 86. Das kann man an sich selbst leicht beobachten. Führt man auf einem Tische sitzend mit den frei herabhängenden Unterschenkeln Drehbewegungen nach innen und außen aus, so kann man die ausgiebigere Verschiebung des Wadenbeinköpfchens leicht sehen oder mit den Fingern durch Tasten feststellen.

Auch diese Drehung bewegt die Zwischenscheiben auf dem Schienbein und bringt sie in die veränderte Stellung, welche auf der Abbildung 87 nach Braus zu ersehen ist. Auch hier trifft die Verstellung vor allem die äußere Scheibe. Das äußere Seitenband erschlafft eben bei der Beugung stärker als das innere, das bei der Beugung nur weniger gespannt erscheint als bei der Streckung.

Eine Eigenart des Kniegelenkes ist die bei manchen Menschen recht auffallende zwangsweise Auswärtsdrehung des Unterschenkels am Schlusse der Streckbewegung und die entsprechende Einwärtsdrehung mit Beginn der Beugung. In aufrechter Haltung und dadurch festgestelltem Fuß und Unterschenkel erscheint diese Bewegung natürlich umgekehrt als Einwärts- resp. Auswärtsdrehung des Oberschenkels im Kniegelenk. Sie kommt auf der Abbildung 80 gut zum Ausdruck und hat wohl ihre Ursache in der Wirkung der Gelenkbänder.

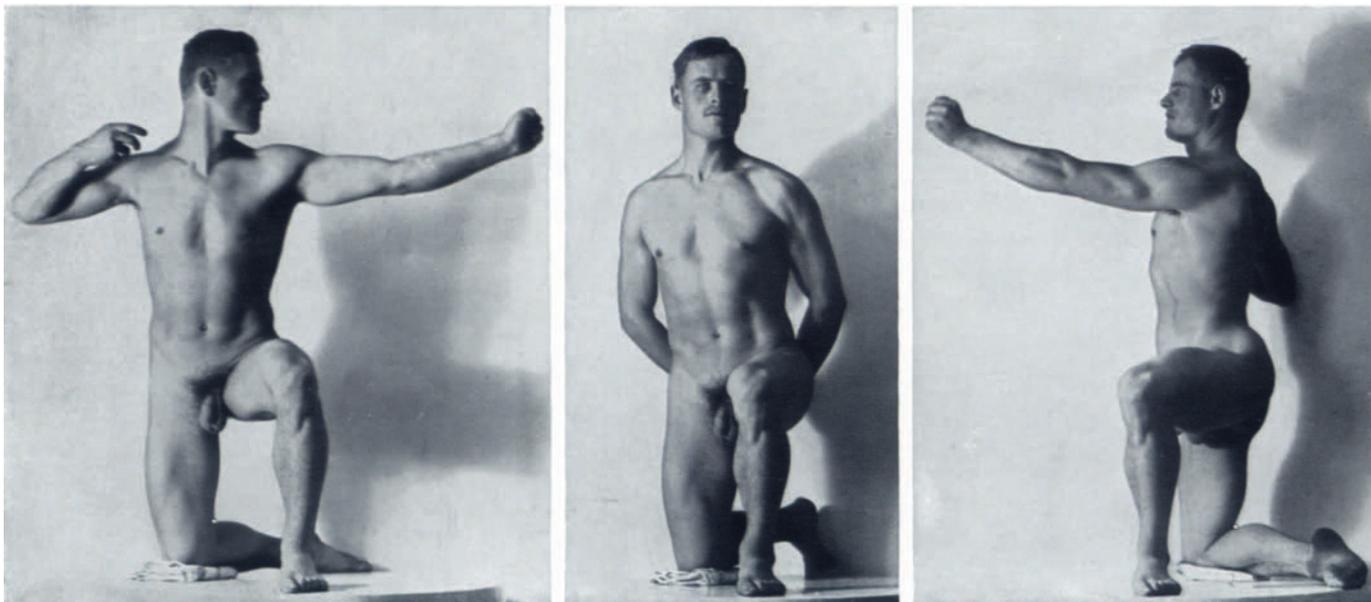


Abb. 83.

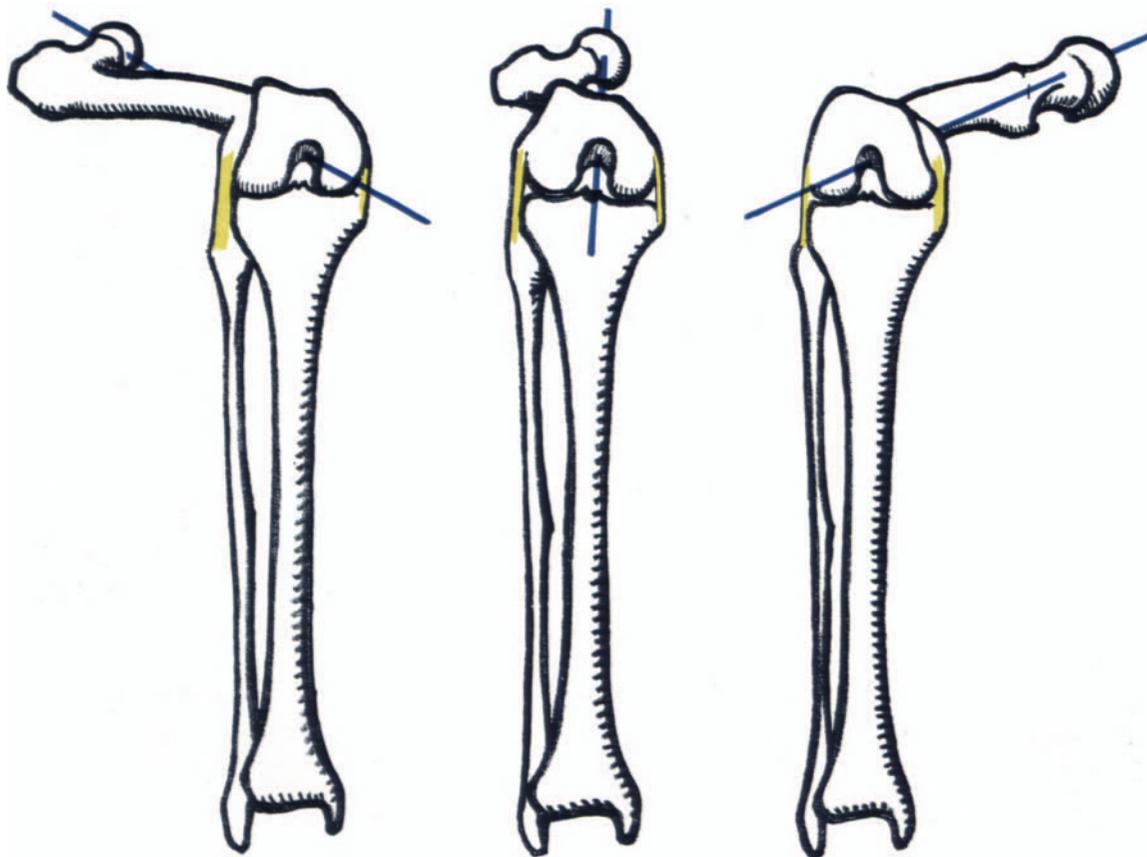


Abb. 84.

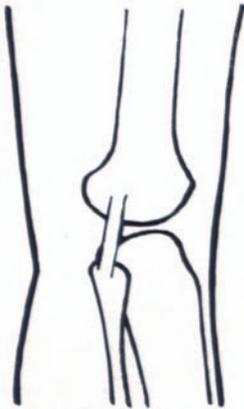


Abb. 85 A.

Das Verhalten der Bänder zur Hemmung der Kniegelenksbewegungen ist folgende: Die beiden Seitenbänder und das vordere Kreuzband hemmen die Streckung, erschlaffen durch die Beugung. Das hintere Kreuzband spannt sich durch Beugung, erschlafft durch Streckung. Bei stärkster Beugung wickeln sich beide Kreuzbänder umeinander und hemmen die Beugung. Die Seitenbänder hemmen die Auswärtsdrehung, die beiden Kreuzbänder durch Aufwickeln die Einwärtsdrehung.

Großen Einfluß auf die Gestalt des Beines hat die Einstellung der beiden großen Scharniergelenke, Kniegelenk und oberes Sprunggelenk zueinander.

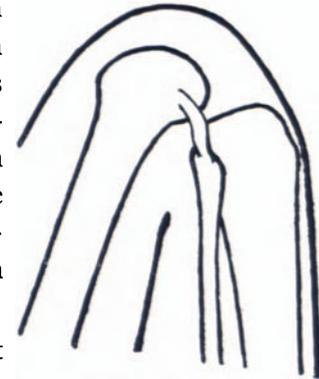


Abb. 85 B.

Visieren wir von oben her über die quere Achse des Kniegelenkes, Abb. 88, 2, gegen die quere Achse des Sprunggelenkes, 1, so decken sich die beiden in der Regel nicht. Bei rein querer Einstellung der Kniegelenkachse weicht vielmehr die Sprunggelenkachse meist nach außen, um einen Winkel von 0° bis 30° ab.

Diese Erscheinung ist die Folge einer Verdrehung des Schienbeines (Torsion der Tibia) im angegebenen und durch die Abbildung 89 kenntlich gemachten Sinne. Die individuell stark wechselnde Größe dieses Winkels kann bei der Beobachtung lebender Menschen durch die stärkere Abweichung der Fußspitzen nach außen sehr auffallend zum Ausdruck kommen. Beim ruhigen, aufrechten und symmetrischen Stand beträgt die Divergenz der Füße etwa $20-30^{\circ}$.

Wir wollen gleich noch eine andere Beobachtung anreihen. Sie betrifft eine Verdrehung des Oberschenkels (Torsion des Femur), ähnlich jener des Schienbeins. Diese Verdrehung ist aus dem Winkel, welchen die quere Kniegelenkachse mit der Halsachse des Oberschenkels (3) bildet, auf Abbildung 88 abzulesen. Die Größe des Winkels schwankt zwischen 0° also paralleler Lage der Achsen und $+40^{\circ}$. Negative Werte sind beim Menschen selten, doch können sie -25° erreichen. Im Durchschnitt ist der Winkel etwa 10° groß.

Bei querer Einstellung des Kniegelenkes wird also der Fuß sowohl wie der Oberschenkelhals weniger oder stärker nach außen gewendet sein. Die Verdrehung des Ober- und Unterschenkels kann für beide stark positiv sein. Dieser Umstand muß z. B. bei der oben erwähnten auswärts gerichteten Fußhaltung eines Menschen berücksichtigt werden. Es hängt davon ab, wie weit eine Korrektur der Fußhaltung durch das Hüftgelenk möglich ist.

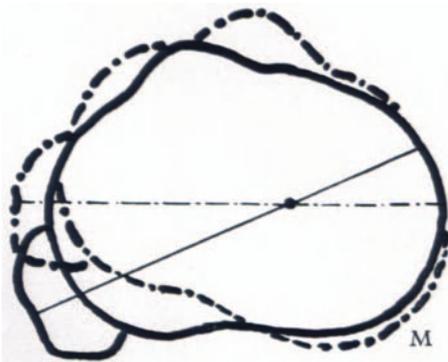


Abb. 86.

Wir wollen jetzt versuchen, an einem Beispiel die Folgen dieser Verdrehung des Unter- und Oberschenkels kennen zu lernen. Man betrachte die eigene Fußstellung beim Gange mit stark auswärts gesetzten und dann mit stark einwärts gekehrten Füßen. Zum Gang

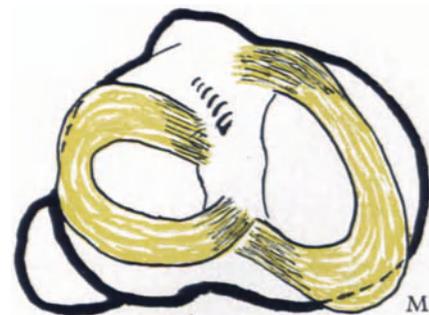


Abb. 87.

gehört eine Beuge-Streckbewegung im oberen Sprunggelenk. Der Unterschenkel dreht sich über den aufgesetzten Fuß nach vorn. Ist aber der Fuß nach außen gerichtet, so muß auch das Schienbein diese Richtung einhalten und kommt so aus der Marschrichtung heraus, wenn es nicht gelingt, das Sprunggelenk gegen den Fuß in die Marschrichtung zu bringen. Dazu verhilft eine gewaltsame Auswärtskantung (Pronation) im unteren Sprunggelenk und eine Hilfsbewegung in den übrigen Fußgelenken. Umgekehrt ist es beim Marsch mit stark einwärts gekehrten Füßen.

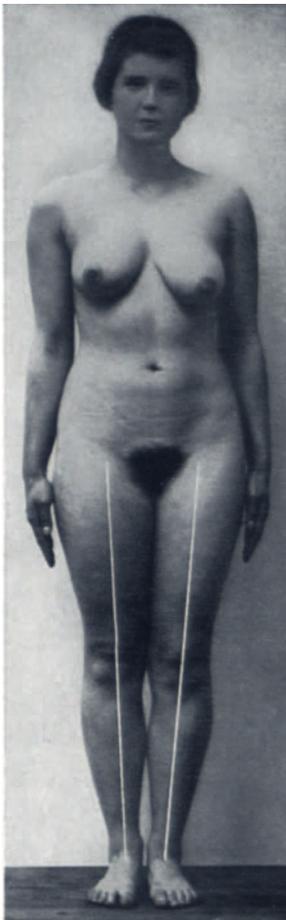


Abb. 90 A.

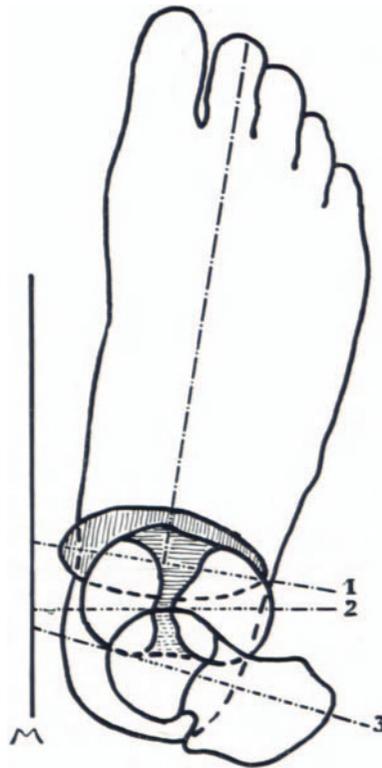


Abb. 88.

Einwärts- oder Auswärtskantung im unteren Sprunggelenk um die Winkelstellung der beiden Ebenen für die Bewegung des oberen Sprung- und des Kniegelenkes aufzuheben.

Ist nun aber mit starker Auswärtsdrehung des Schienbeines der Fuß ein für allemal zu stark auswärts gerichtet, so könnte die Einstellung des Sprunggelenkes in die Marschrichtung nur durch Hinzufügung einer Einwärtsdrehung im Hüftgelenk erreicht werden, die aber das Knie mit einwärts dreht, also keinen Vorteil bringt. Wir könnten für diesen Fall sagen, das Knie will geradeaus, der Fuß aber nach außen gehen. Menschen mit derart „schief oder falsch eingelenkten Beinen“ machen kurze, wenig elastische Schritte, sie wickeln den Fuß über den Großzehenrand ab und ermüden leicht aus den früher erwähnten Gründen. Es gibt Fälle von so starker Auswärtsdrehung, daß zur Erleichterung des Ganges bei sehr kurzen Schritten die Kniegelenke immer in leichter Beugestellung gehalten werden, um das Drehvermögen derselben zur Korrektur der Fußhaltung frei zu bekommen. Sehr unterhaltend und lehrreich ist es, selbst

Deshalb das verschiedene Aussehen des Fußes in beiden Fällen. Die Abrollung des aufgesetzten und auswärts gerichteten Fußes vom Boden wird über den Großzehenrand, die Abrollung des einwärtsgekehrten Fußes über den Kleinzehenrand durchgeführt. Dieser Gang ist anstrengend und ermüdend. Er wird auch bald schmerzhaft und wir sorgen dafür, daß das obere Sprunggelenk mit besserer Paralleleinstellung der Füße in der Marschrichtung ausgenützt wird und der Fuß sich über die Zehen vom Boden ablösen kann. Dann bedarf es nur einer leichten

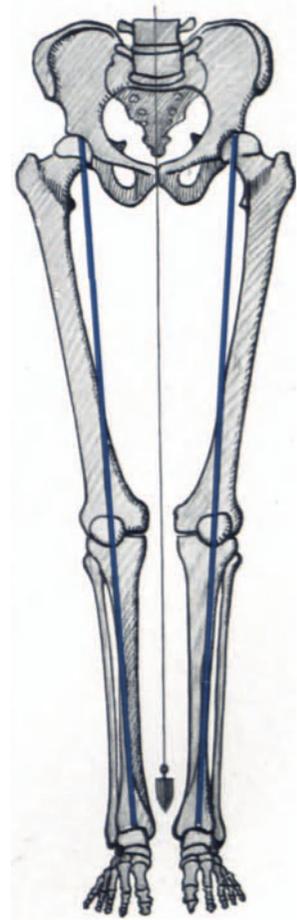


Abb. 90 B.

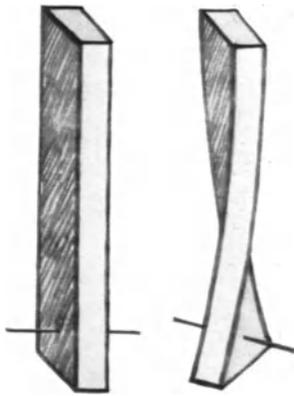


Abb. 89.

zu Rad hinter anderen Radfahrern deren Fuß- und Beinbewegung während der Aktion des Tretens zu beobachten und an das hier gesagte zu denken.

Betrachten wir Fuß, Unterschenkel und Oberschenkel als drei Teilstücke einer tragenden Säule, so finden wir sie derart übereinander gebaut, daß die Mittelpunkte des Hüft-, Knie- und Sprunggelenkes in einer geraden Linie liegen (Belastungslinie) und daß diese Linie bei nachlässig aufrechter Körperhaltung nahezu lotrecht verläuft, Abb. 90 A u. B. Die Schaft-

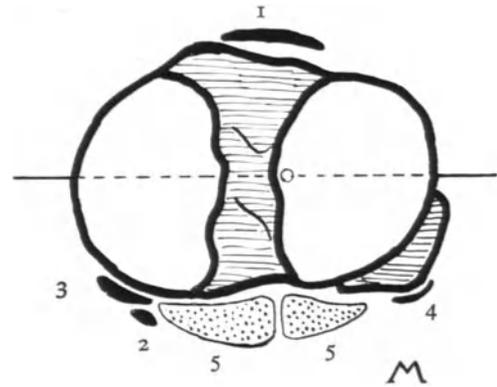


Abb. 91.

achse des Oberschenkels bildet mit der Schienbeinachse einen äußeren Winkel von 145° . Rückt bei einzelnen Menschen der Mittelpunkt des Kniegelenkes stärker von der Belastungs- oder Direktionslinie nach innen zu ab, so kommt eine Knickung der Beine zustande, die wir als X-Beine bezeichnen, wird der Kniegelenkmittelpunkt nach außen verlagert, so entstehen die O-Beine. Diese krankhafte Form des Beines, die das Kniegelenk falsch belastet, entsteht entweder allein auf Kosten des Oberschenkels dadurch, daß der Winkel, den die quere Kniegelenkachse mit der Schaftachse bildet, zu groß oder zu klein ausfällt, oder sie ist allein Folge einer ebenso falschen Winkelbildung zwischen Schienbeingelenkoberfläche und der Schienbeinschaftachse; oder sie kommt durch beide Winkelabweichungen zustande, was wohl die Regel ist.

Zur Ausnützung der Beuge- und Streckbewegung, ferner der Einwärts- und Auswärtsdrehung des Kniegelenkes dienen Muskeln in passender Anordnung.

Schon durch einfache Besichtigung, noch besser durch Betasten können wir feststellen, daß am Kniegelenk eine umfassende Muskeldecke fehlt. Nur nach hinten zu finden wir die dünnen Anfänge der beiden Köpfe des Zwillingswadenmuskels über dem Gelenk. Im übrigen überlaufen nur Sehnen das Gelenk. Die Anordnung derselben zu der queren Beugungsachse (gestrichelte Linie) und der Achse für die Längsdrehung (kleiner Kreis) ist aus Abbildung 91 ersichtlich. Es gibt eine einzige mittelständige Strecksehne (1) vor dem Gelenk, während die Beugesehnen in zwei Gruppen 2+3 und 4 zerlegt und randständig sind, so daß sich diese beiden Gruppen zur Ausführung der Innen- und Außendrehung in der Beugstellung des Gelenkes eignen. Die innere Gruppe bildet der *halbhäutige* und der *halbsehnige Muskel* (*M. semimembranosus et semitendinosus*), Abb. 91, 2 u. 3. Zur äußeren Gruppe gehört der *zweiköpfige Muskel* (*M. biceps femoris*), Abb. 91, 4.

Ihrer Wirkung nach müssen wir die Muskeln einteilen in solche, die allein auf das Kniegelenk wirken und solche, die auch noch das Hüftgelenk beeinflussen.

Die Beschreibung dieser langen doppelgelenkigen Muskeln und ihrer Wirkungsweise verschieben wir auf später, wenn das Hüftgelenk abgehandelt sein wird.

Die Eigenmuskeln des Kniegelenkes sind der *dreiköpfige Strecker* (*M. Triceps femoris*), der die kraftvolle massive, vor dem Oberschenkelknochen gelegene Fleischmasse bildet und zwei Beuger, der kurze Kopf des *zweibäuchigen Muskels* (*Biceps*) und der *Kniekehlenmuskel* (*M. popliteus*).

Der Strecker ist auf Abbildung 92 in der Ansicht von vorne zu sehen. Seine Fasern umfassen im Bereich des mittleren Drittels des Oberschenkels den Knochen ringsum (Abb. 93, 1) und lassen bloß die auf der hinteren Knochenfläche kantig herunterreichende rauhe Linie (*Linea aspera*), Abb. 69, 3, frei. Dieser schmale Längsspalt im Muskel erweitert sich im Bereich des oberen und unteren Drittels des

Knochens und die Fasern weichen von hinten nach vorne stetig auseinander, so daß schließlich der spitzzulaufende Ansatz des Muskels vorne oben unterhalb des großen Rollhügels zustande kommt, wie er auf der Abbildung 92 zu sehen ist, während die unteren Faseranteile oberhalb der Kniescheibe von außen und innen her in die Sehne übergehen.

Das Bild zeigt die Trennung des Muskels in den äußeren Kopf (2) mit seinem, vom Rollhügel ausgehenden Sehnen Spiegel, den schräg nach abwärts und innen ziehenden Fasern und in den inneren Kopf (1), dessen weniger steil abfallende Fasern einen hochheraufgreifenden Sehnenstreifen besetzen, an dessen Innenrand die Fasern sehr viel tiefer herab bis an die Seitenkante der Kniescheibe herunterreichen. Anatomisch läßt sich noch ein kleinerer, mittlerer Anteil des Muskels (*Vastus intermedius*) selbständig freilegen, doch können wir ihn für unsere Betrachtung außer acht lassen. Das über der Kniescheibe gelegene rautenförmige, schief gestellte Sehnenfeld, in dessen obere Ecke der mittlere Sehnenstreifen einläuft, setzt sich mit seinem unteren Rand an die Oberkante der Kniescheibe an. Mit diesem Sehnenfeld ver wächst die bandförmige Sehne des langen geraden Streckmuskels Abb. 92, 3, der als vierter Kopf, Abb. 146, B, mit dem dreiköpfigen Muskel zusammen den *vierköpfigen Streckmuskel* (*Quadriceps femoris*) bildet.

Die Sehne bleibt im Sehnenfeld teilweise selbständig, erreicht die Oberkante der Kniescheibe und schiebt einen dünnen, geraden Faserstreifen über dieselbe hinweg, der sich abwärts derselben mit der starken Sehne vereinigt, welche vom unteren Rand der Kniescheibe zum vorwärts gerichteten Höcker des Schienbeines verläuft. Dieser Teil der Sehne wird das *Kniescheibenband* (*Lig. patellae*), Abb. 92, 4 genannt.

Der kurze Bicepskopf, Abb. 93, 2, geht vom mittleren Drittel der rauhen Linie des Oberschenkels aus und endet sehnig am Köpfchen des Wadenbeines.

Der Ansatz und Verlauf des Kniekehlenmuskels ist auf Abb. 65, 6 ersichtlich.

Obwohl noch nicht alle Beugemuskeln des Kniegelenkes geschildert sind, mag doch schon hier hervorgehoben sein, daß die Arbeitskraft der Ein- und Auswärtsdreher sich so ziemlich das Gleichgewicht hält, während die Arbeitskraft der Streckmuskeln dreimal so groß ist als diejenige der Beugemuskeln des Kniegelenkes. Es spricht hieraus der große Wert der Streckerarbeit für die aufrechte Haltung und für den aufrechten Gang des Menschen; denn schon die menschenähnlichen Affen und noch viel mehr die übrigen Säugetiere besitzen stärkere Beugemuskeln des Kniegelenkes gegenüber schwächeren Streckmuskeln.

Auf Abb. 93 ist der Bicepskopf (2) bei einer Beugung des Unterschenkels gegen seine Schwere tätig. Der Strecker (1) ist gedehnt. Daneben sehen wir bei einer Streckung des Gelenkes den Bicepskopf gedehnt. Beachtenswert ist an den beiden Bildern der größtmögliche Abstand der Sehne des Muskels von der Gelenkachse bei der rechtwinkeligen Beugung. Er nimmt bei Streckung wie bei stärkerer Beugung ab. Er hat also in dieser Stellung seine größte Kraft. Daß der dreiköpfige Strecker auch bei einer Beugung im Kniegelenk tätig sein kann, zeigt uns die Abb. 94. Wird das Gewicht des auf dem Kniegelenk lastenden Körperstückes oder besser gesagt, der Schwerpunkt desselben hinter die quere Kniegelenksachse verschoben, so beginnt eine Beugebewegung des Gelenkes, die bei festgestelltem Unterschenkel der Oberschenkel allein ausführt.

Soll nun diese Beugung des Gelenkes verlangsamt oder in einer gewollten Lage zum Stillstand gebracht werden, so kann nur ein Eingreifen des Streckmuskels diese Hemmung der Bewegung ausführen. Die Muskelspannung muß dem beugenden Gewicht einen Teil einer Kraft nehmen oder ihm völlig das Gleichgewicht halten.

Jeder kräftige Turner vermag sich auf die Quersprosse einer Leiter zu setzen, die Füße an einer der tieferen Sprossen einzuhacken und dann auf der oberen Sprosse soweit nach hinten hinauszurücken, bis dieselbe ganz in die Kniekehle einrückt. In dieser Stellung kann er dann seinen Oberkörper in den Hüft-

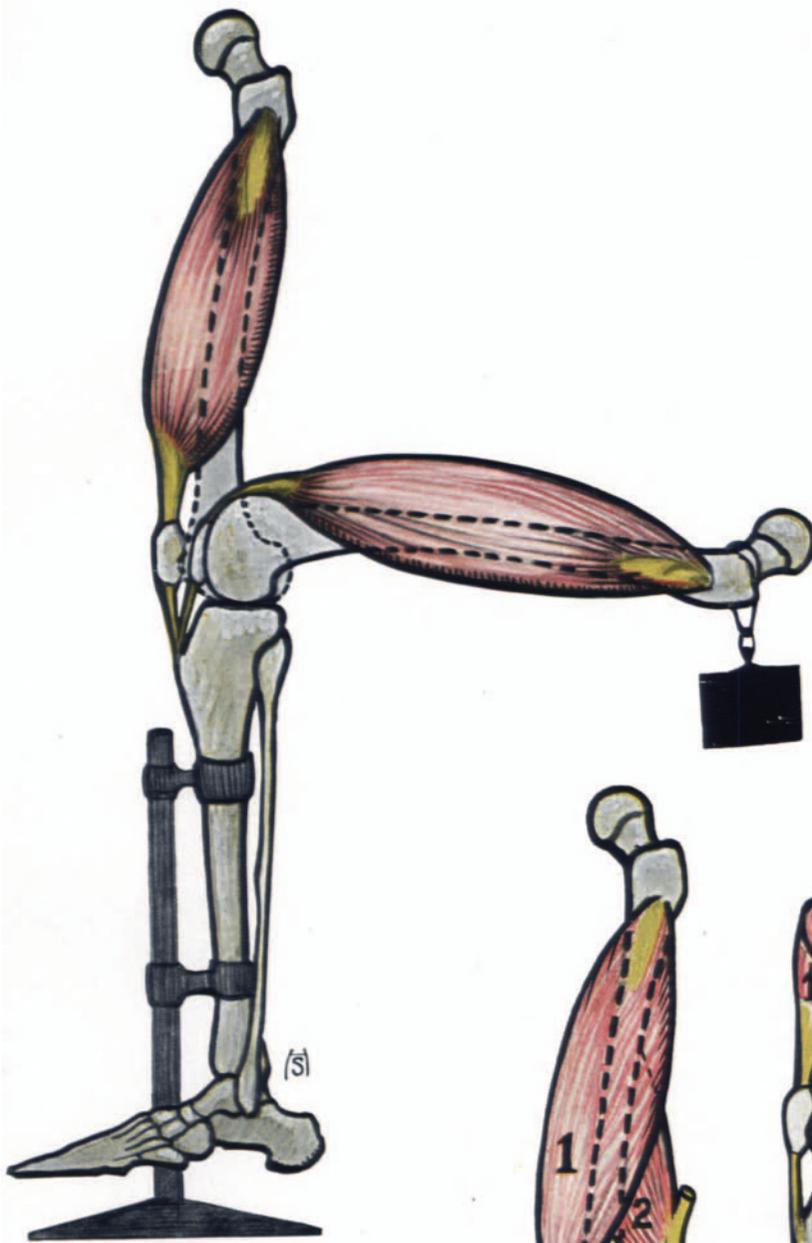


Abb. 94.



Abb. 92.

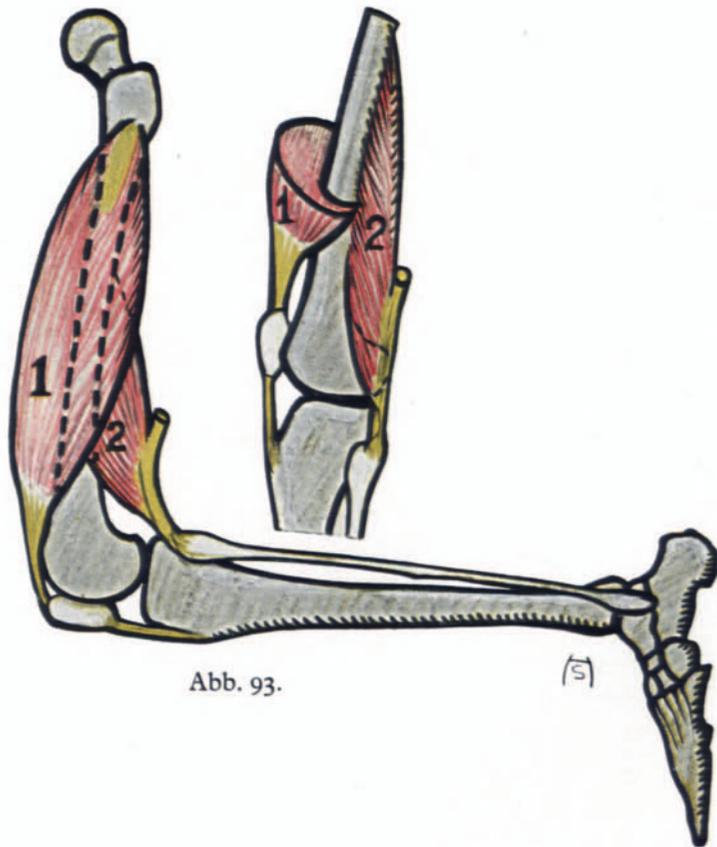
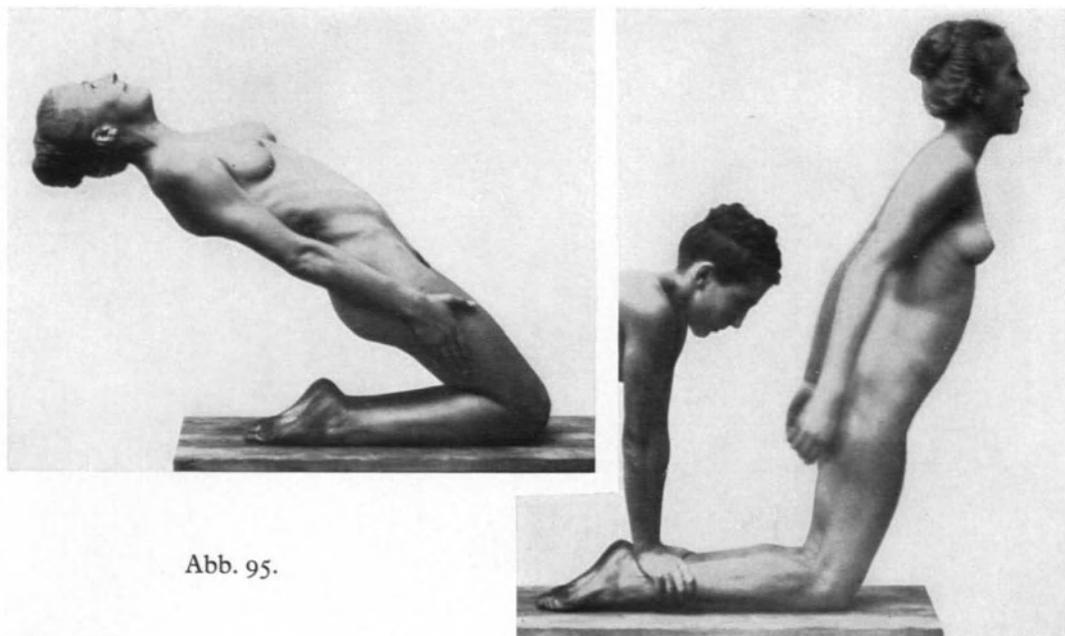


Abb. 93.

- 1 Dreiköpfiger Strecker des Kniegelenkes
- 2 Zweiköpfiger Beuger des Kniegelenkes (kurzer eingelenkiger Kopf)



gelenken bis zur horizontalen, gestreckten Lage hintenüberlegen und damit die große Kraft seiner Streckmuskeln prüfen.

Die Ausführung einer Kniebeuge ist auf die gleiche Wirkungsweise der Kniegelenksstrecker zurückzuführen. Sie kann der Geschwindigkeit nach beliebig abgestuft werden.

Sehr überzeugend macht uns das Doppelbild der Abb. 95 die größere Kraft der Kniegelenksstrecker im Vergleich zu den Beugern klar durch den verschieden großen Winkel, den das versteifte Stück, Rumpf und Oberschenkel gegen den Unterschenkel bei Vor- und Rückneigung zeigt.

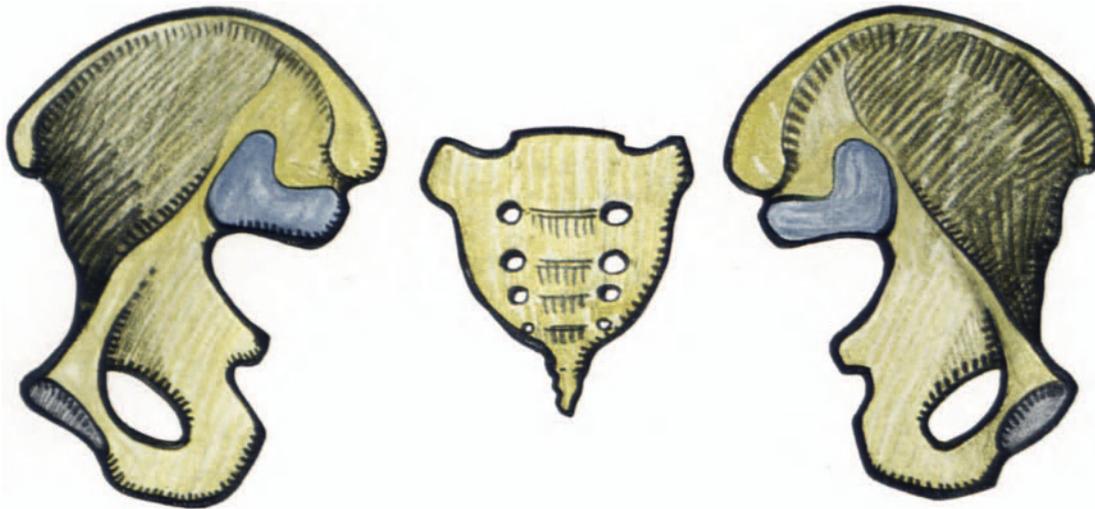


Abb. 96.

Becken und Hüftgelenk.

Als folgendes Baustück kommt zunächst der Rumpf in Betracht.

Als feste Grundlage für seine Form dient die Wirbelsäule und der Brustkorb. Die Wirbelsäule ist mit ihrem unteren Endstück, dem Kreuzbein, in das Becken eingefügt, welches dadurch zum knöchernen Sockelstück des Rumpfes wird und andererseits den gewölbten Träger darstellt, der den Raum zwischen den beiden Säulen überspannt. Das Becken gehört also konstruktiv sowohl dem Rumpf wie den Extremitäten an.

Es kann nach Durchtrennung sehr fester Verbindungen in drei Stücke zerlegt werden, in das linke und rechte gleichgeformte *Hüftbein* (*Os coxae*) und in das unpaare *Kreuzbein* (*Os sacrum*) mit dem *Steißbein* (*Os coccygis*) Abb. 96.

An jedem Hüftbein können wir zwei Flügel unterscheiden, die von einem enger zusammengefaßten Mittelstück, dem Körper ausgehen, in welches von außen her die Hüftgelenkspfanne eingelassen ist, Abb. 97. Jedes Hüftbein ist wieder aus drei Teilstücken zusammengesetzt, aus dem *Darmbein* (*Os ilei*), dem *Sitzbein* (*Os ischii*) und dem *Schambein* (*Os pubis*), Abb. 98, 1, 2 und 3. Diese drei Knochen sind bis zum 16. oder 20. Lebensjahr durch Knorpelbindung vereinigt, Abb. 98 B, um dann zu dem einheitlichen Hüftbein des Erwachsenen zu verschmelzen, Abb. 98 A.

Aus einem Vergleich der Abb. 98 A und 99 erfahren wir, daß der etwas größere obere Flügel aus dem Darmbein besteht, während der untere das Schambein und das Sitzbein umfaßt, welche zusammen eine durch eine feste Faserhaut abgeschlossene Öffnung, das „verstopfte Loch“ (*Foramen obturatum*) umrahmen, siehe das untere Kreuz auf Abb. 100.

Aber auch der obere Flügel, die Darmbeinschaukel, zeigt eine zentrale, sehr dünnwandige Stelle, die im Alter mitunter durch Knochenschwund in eine wirkliche und gleichfalls durch eine Faserhaut verschlossene Öffnung verwandelt wird, so daß sich hierin beide Flügel ähnlich verhalten, Abb. 100, das obere Kreuz. Wir werden in solchen Fällen leichter darauf aufmerksam, daß beiden Flügel ein vom Körper ausgehender Rahmenbau zugrunde liegt, der aus zwei gekreuzten und durchgehenden Leisten besteht, die sich unter einen Winkel von etwa 60° schneiden und die an ihren Enden mit bogenförmigen Leisten teilen in einander übergehen, Abb. 99 und 100, 1 und 2. Die beiden gekreuzten Leisten können wir die *Darm-Schambeinleiste*, Abb. 100, 1 und die *Darmsitzbeinleiste*, Abb. 100, 2 nennen.



Abb. 97.

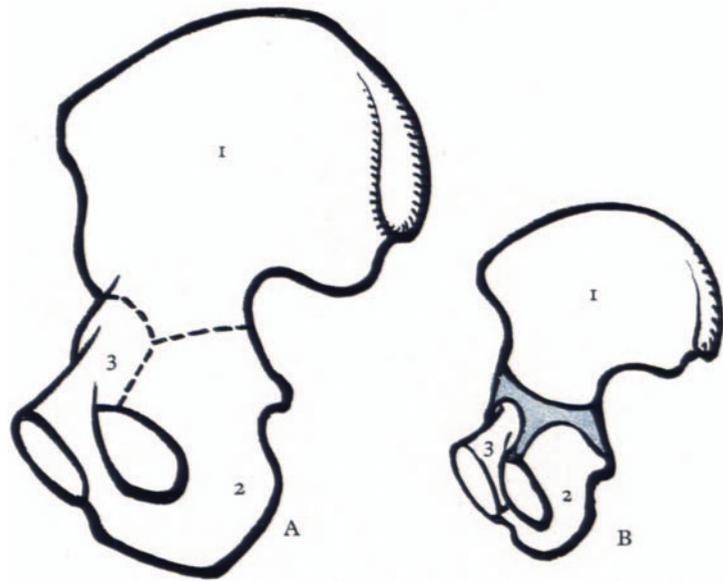


Abb. 98.

Unsere bisherige Betrachtung des Hüftbeines hat aber noch nicht die eigentliche Form, sondern bloß das Prinzip der Konstruktion des Beckens berücksichtigt. Es ist recht schwer, sich von dieser Form eine so sichere Vorstellung zu machen, daß aus der Erinnerung heraus eine plastische Nachbildung des Knochens gelingt.

Vielleicht ist die folgende Anleitung dafür von einigem Nutzen. Es wird zunächst der in Abb. 100 rot gezeichnete Rahmenbau der Fläche nach modelliert, so daß er einer ebenen Unterlage bündig aufliegt, Abb. 101 A. Die Darm-Schambeinleiste ist blau, die Darm-Sitzbeinleiste ist rot getönt. Beide Rahmen



Abb. 99.

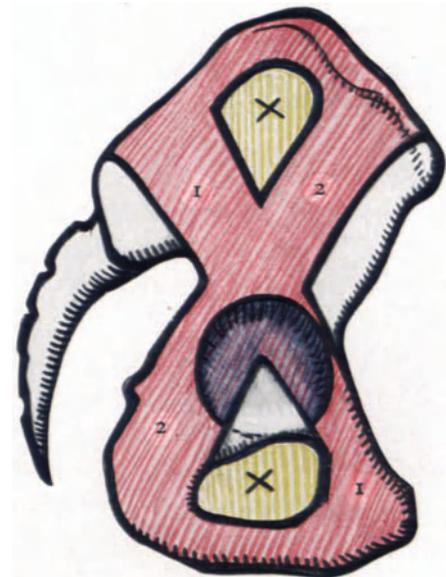


Abb. 100.

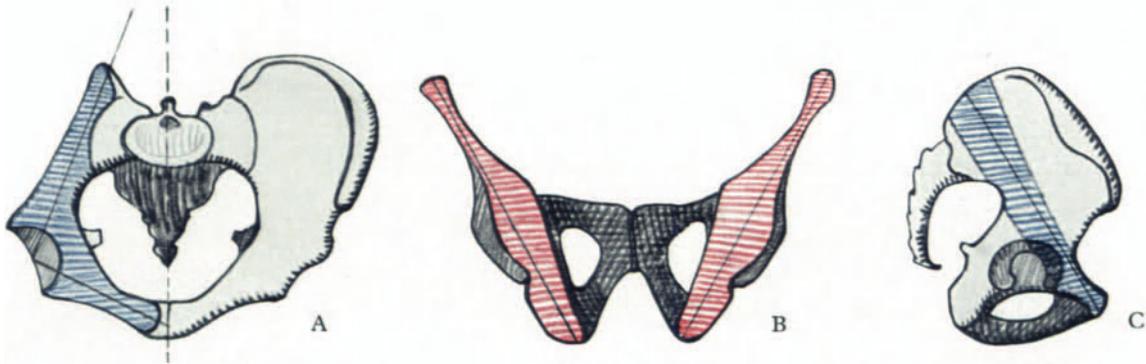


Abb. 102.

werden dann in eine ganz bestimmte Lage zueinander gebracht, die sich aus der Abbildung 102, B und C ergibt. Der Abstand der oberen hinteren Enden der Darm-Schambeinleisten wird der Breite des Kreuzbeines entsprechend mit etwa 10 cm angenommen. Die beiden Darmsitzbeinleisten werden zueinander in einen Winkel von etwa $50-60^\circ$, Abb. 102 B, die Darm-Schambeinleisten in einen Winkel zum Horizont von gleichfalls 60° Abb. 102 C eingestellt. Dann bringt man den unteren, dreieckigen Rahmenteil in die neue Form und Lage der Figur B auf Abb. 101. Dadurch wird der rote *Darmsitzbeinbalken* in seiner unteren Hälfte der Länge nach und zwar nach innen verdreht, ohne seine gestreckte, gerade Form zu verlieren, während der blaue Darm-Schambeinbalken fast rechtwinklig abgebogen wird und endlich mit der anderen Seite unter Ausbildung der Schamfuge zusammenstößt.

Ein geeigneter Schnitt durch das menschliche Becken der Länge nach mitten durch die Darm-Schambeinleiste geführt, bestätigt diese Beobachtung und läßt den Knickungswinkel mit 86° messen, Abb. 102 A, während ein Schnitt durch die beiden Darm-Sitzbeinleisten, Abb. 172, B die unverändert gerade Form derselben nachweist.

Durch diese Verkrümmung des Rahmens erhält der untere vordere Flügel eine Verwindung und die Flächen beider Flügel werden gegeneinander verstellt. Auch der Körper des Hüftbeins wird noch von der Krümmung ein wenig betroffen und wendet seine Außenfläche mit der Gelenkpfanne etwas mehr nach vorne. Die bisherige Außenfläche des eingebogenen vorderen Flügels wird zur vorderen unteren Fläche desselben, Abb. 101 C.

Die Verbindung der beiden zusammenstoßenden Schambeine erfolgt als *Schamfuge* (Symphyse) durch eine Zwischenlage sehr fester Fasern mit knorpeliger Einlage und durch übergreifende starke Bandmassen, Abb. 103.

Beide Hüftbeine sind zu einem Ring vereinigt, der nach hinten oben einen Ausschnitt von der Breite des zugehörigen

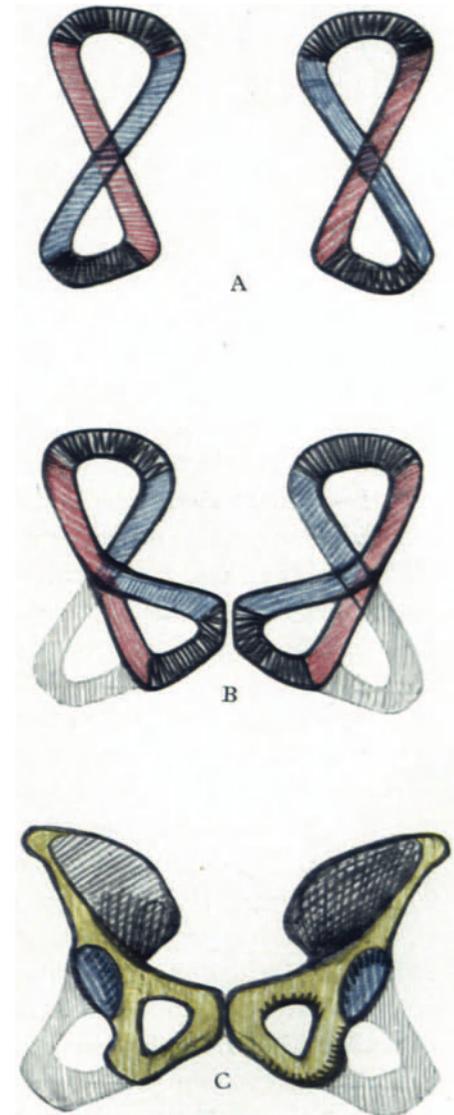


Abb. 101.

Kreuzbeines zeigt, Abb. 101, C. Auch auf dieser Ansicht des Beckens ist die Verwindung der beiden Rahmenflügel deutlich ausgesprochen.

Das gewonnene grobe Modell müßte natürlich noch in allen Einzelheiten ausgeführt werden, wir wollen aber diese gleich am Naturobjekt selbst so weit als nötig kennen lernen.

Wir finden die Fläche der Darmbeinschaukel (oberer Flügel) namentlich gegen ihren verdickten und gewulsteten Außenrand (Darmbeinkamm — *Crista iliaca*) leicht nach außen durchgebogen, so daß auch dieser Flügel eine geringe Flächenkrümmung erhält und nach innen gehöhlt (Darmbeingrube — *Fossa iliaca*), nach außen gewölbt erscheint.

Der Darmbeinkamm endet nach vorne und hinten durch scharfe Abknickung des Knochenrandes mit leicht fühlbaren und meist sichtbaren, vorspringenden Ecken, dem *vorderen* und *hinteren oberen*

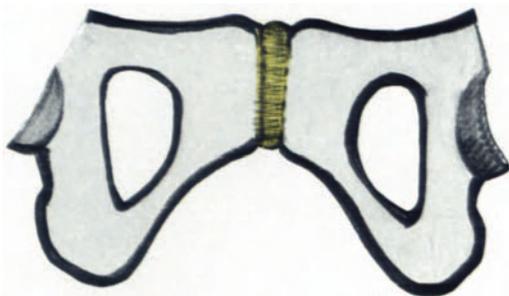


Abb. 103.

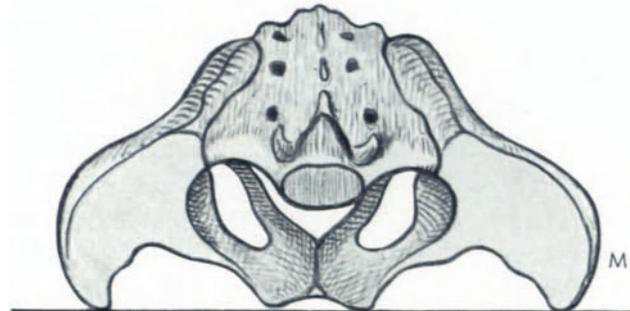


Abb. 104.

Darmbeinstachel (*Spina iliaca ant. sup.* und *post. sup.*), Abb. 99, 1 und 3. Zwischen den beiden Stacheln zeigt der Darmbeinkamm von oben gesehen eine S-förmige Krümmung, weil die vom vorderen Stachel beginnende, nach innen gerichtete und der Weiche Form gebende Rundung, kurz vor dem hinteren Stachel nach außen und hinten abbiegt, wie das die Abb. 104 erkennen läßt. Dieser letzte Teil des Darmbeinkammes greift folglich rücklings über das zwischengesetzte Kreuzbein heraus.

Das untere Ende der Darm-Sitzbeinleiste ist durch kräftige Ausbildung der Knochenmasse zum *Sitzbeinhöcker* (*Tuber ischiadicum*) verdickt, Abb. 99, 6. Oberhalb desselben springt nach hinten und innen in der Richtung zum Kreuzbein ein niederer, kegelförmiger Höcker, der *Sitzbeinstachel* (*Spina ischiadica*) vor, Abb. 99, 5. Oberhalb dieses Stachels weicht der Knochenrand nach vorne zu aus und bildet einen Ausschnitt, der an seinem oberen Rand nach hinten zu mit dem *hinteren unteren Darmbeinstachel* (*Spina iliaca posterior inferior*) endet, Abb. 99, 4.

Auf weitere Einzelheiten werden wir noch gelegentlich zu sprechen kommen.

Wir müssen aber, um das Becken fertig zu stellen, noch das Kreuzbein zwischen die beiden Hüftbeine einsetzen und mit diesem verbinden.

Das Kreuzbein ist der unterste Abschnitt der Wirbelsäule, der durch seine Verbindung mit dem Beckengürtel eine besondere Ausgestaltung erfahren hat. Fünf, nach abwärts immer kleinere und weniger vollkommen ausgebildete Wirbel (siehe Abschn. Wirbelsäule) sind übereinandergesetzt und nach dem 16. Jahre miteinander zu einem einheitlichen Knochen verschmolzen, doch bleibt jeder Wirbel noch in vielen Einzelheiten im ganzen Stücke erkennbar, Abb. 105 und 106.

Das Kreuzbein kann mit einer spitzen, gebogenen Schaukel verglichen werden, die sich gegen den Schaukelrand, der den Stiel trägt, stark verdickt.

Der nach oben gerichteten und etwas nach vorn geneigten Basis oder der Oberfläche des Kreuzbeines sitzt in der Mitte die Wirbelsäule auf. Hierzu ist der Körper des ersten Kreuzbeinwirbels in geringer Höhe selbständig geformt.

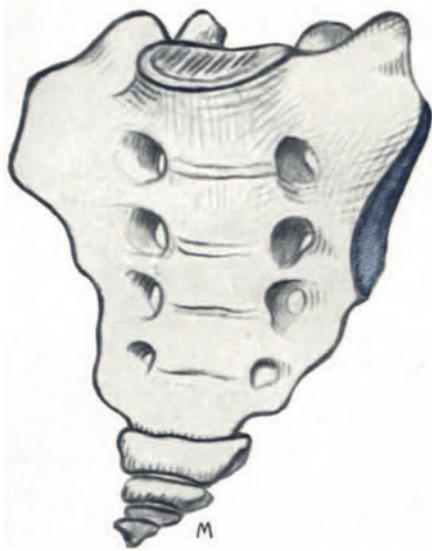


Abb. 105.

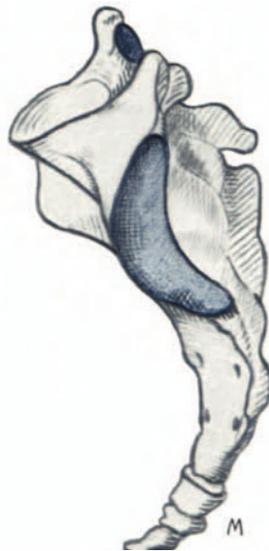


Abb. 106.

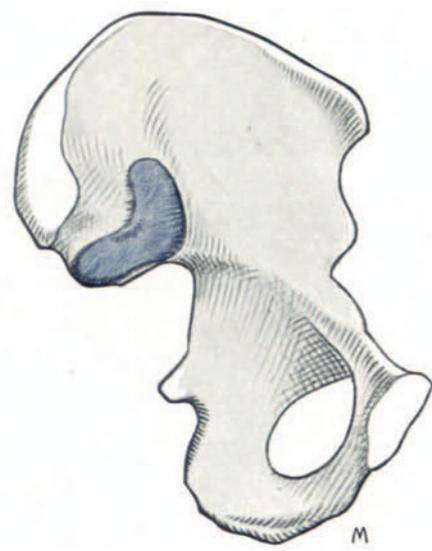


Abb. 107.

Die Seitenteile dagegen sehen gegen die Darmbeinflügel, mit denen sie sich verbinden. Sie tragen zu diesem Zwecke links und rechts eine flache, rauhe, *ohrförmige Gelenkfläche* (*Facies auricularis*), die von einer Knorpellage abgeglättet wird. Eine fast gleichartige Gelenkfläche findet sich auch an jedem Hüftbein, Abb. 107 und nach dem Einsetzen des Kreuzbeines in den früher erwähnten Ausschnitt des Beckenringes kommen diese Gelenkflächen zu vollkommener Deckung.

Schon die gleiche Größe und die flache Form der Gelenkflächen erlauben den Schluß, daß hier Gelenke mit sehr geringem Bewegungsvermögen vorliegen und dementsprechend werden sie auch durch kurze, straffe und zum Teil außerordentlich starke Bandmassen zusammengehalten. Eine bogenförmige Leiste auf der Gelenkfläche des Kreuzbeines greift in eine entsprechende Rinne der Hüftbeinfläche wie eine Sperrleiste ein und verhindert ein paralleles Abgleiten des Kreuzbeines am Hüftbein im aufrechten Stand. Betrachten wir nochmals die Abbildungen 96 und 107. Wir finden hier die Gelenkfläche nicht am hinteren Rand des Hüftbeines gelegen, sondern weiter nach vorne abgerückt, so daß nach der Zusammenfügung beider Knochen die Darmbeinschaukel das Gelenk nach hinten überragt. Die tiefe Rinne, die dadurch gebildet wird und vom Rücken her zugänglich ist, wird zum Teil von dichten Bandmassen (*Ligamenta sacroiliaca*) ausgefüllt, die also hinter dem Gelenk besonders stark entwickelt sind und das Darmbein mit dem Kreuzbein fest verbinden. Ein Schnitt durch die Kreuz-Darmbeinverbindung, Abb. 108, zeigt am besten die Anordnung dieser Bänder hinter dem Gelenk.

Das Kreuzbein endet mit einer kurzen, meist beweglich angesetzten Spitze, dem Steißbein, das aus mehreren, aufgereihten und verschmolzenen Wirbelresten besteht.

Vor dem Übergang in das Steißbein wird das frei nach abwärts herausgreifende Ende des Kreuzbeines durch zwei übereinander geschichtete starke Bänder,

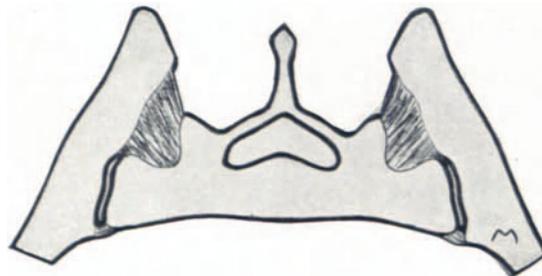


Abb. 108.

Spitze, dem Steißbein, das die von der Rückenfläche und dem Seitenrand desselben ausgehen, an die Sitzbeine angehängt. Das eine, äußere Band (*Ligamentum tuberososacrum*) erreicht den Sitzbeinhöcker, das zweite innere (*Ligamentum spinosacrum*) den Sitzbeinstachel

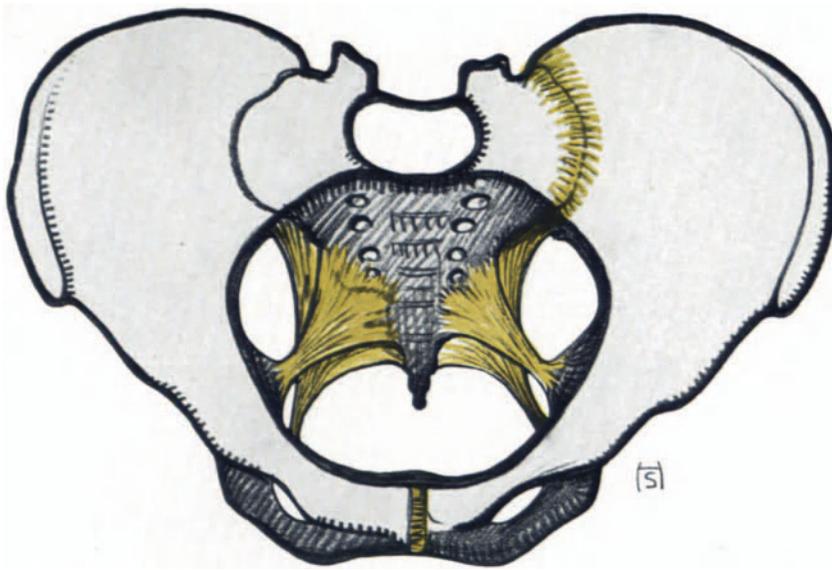


Abb. 109.

große und das *kleine Becken*. Die Berechtigung zu dieser Einteilung wird durch die Betrachtung eines Schnittes durch das Becken klar, Abb. 110. Die Darmbeinschaukeln laufen vom Körper schief nach außen und oben, die absteigenden Sitzbeinäste aber gerade nach unten ab. Dadurch begrenzen die letzteren als Seitenwände (nach vorne ergänzt durch die Schambeine, nach hinten durch das Kreuzbein) ein kurzes Stück eines Rohres (*kleines Becken*), dem an seinem oberen Rande (*Grenzzlinie*) ein trichterförmiges weiteres Ansatzstück aufgesetzt ist, *das große Becken*. Dieser Trichter ist aber vorne weit und bis auf die *Grenzzlinie* (*Linea terminalis*) herab ausgeschnitten, Abb. 111. Ein ähnlicher, aber etwas engerer Ausschnitt der hinteren Wand wird durch die Wirbelsäule und durch Bänder teilweise wieder geschlossen.

Betrachten wir ein Becken von oben her, Abb. 112, so wird die Horizontalkrümmung desselben deutlich. Sie führt zur Umfassung des kleinen Beckenraumes durch Kreuzbein, Darm-, Sitz- und Schambeine und zur Abgrenzung des großen Beckenraumes durch die Darmbeinschaukeln. Abgelesen wird die Krümmung am besten an der früher genannten *Grenzzlinie* zwischen kleinem und großem Becken und an der Krümmung des Darmbeinkammes.

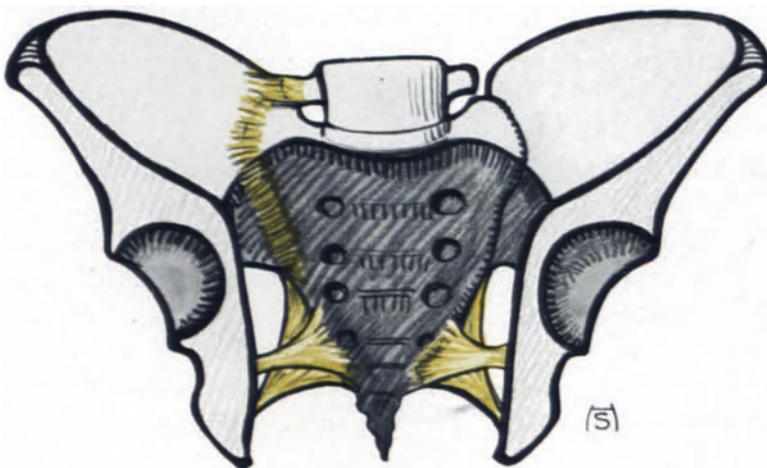


Abb. 110.

Abb. 109 und 110. Die beiden Ausschnitte des Knochens oberhalb und unterhalb des Sitzbeinstachels werden durch diese Bänder zu Öffnungen geschlossen (*Foramen ischiadicum majus et minus*).

Nach der Einfügung des Kreuzbeines ist der Beckenring geschlossen. Die bei der Zusammenfügung verwendeten Knorpelplatten sichern dem Ring eine gewisse Elastizität, durch welche er Stöße besser zu ertragen vermag.

Am knöchernen Beckenring kann man zwei übereinander gelegene Abteile unterscheiden, das

Der kleine Beckenraum enthält das Endstück des Darmrohres, den Mastdarm, die Harnblase und einen Teil der Geschlechtsorgane. Die Maße und damit auch die Form sind bei Mann und Weib verschieden. Beim Weibe zeigen die Abmessungen eine gewisse Beziehung zu den Größenverhältnissen des reifen, ausgetragenen Kindes, das durch diesen Geburtskanal den Mutterleib verläßt.

Wir müssen nun die Befestigungsweise des Beckens auf den beiden

Extremitäten kennen lernen. Sie erfolgt zunächst durch die Hüftgelenke und deren Bandapparat, dann durch die Muskulatur.

Das Hüftgelenk ist ein Kugelgelenk, wie es auch in der Technik so häufig Verwendung findet. Zu demselben liefert das Hüftbein die nicht ganz halbkugelgroße Gelenkpfanne, der Oberschenkel den mehr als halbkugelgroßen Gelenkkopf.

Die halbkugelförmige Pfanne ist in der Richtung von unten, vorne und außen derart aus der Knochenmasse des Hüftbeinkörpers ausgehöhlt, daß ein sich verjüngender, vorspringender Knochenrand den Eingang umfaßt, Abb. 113. Auf eine kurze untere Strecke ist der Rand ausgeschnitten. Hier und auf einem angrenzenden flachvertieften Abschnitt der Pfanneninnenfläche fehlt das sonst ziemlich starke Knorpelfutter, Abb. 114. Diese Fläche ist mit weichem Fasergewebe ausgepolstert und in ihr findet auch ein abgeplattetes rundliches Band (Ligamentum teres) Platz, das vom Ausschnitt des Pfannenrandes zum Scheitel der Gelenkkugel zieht.

Ein etwa 5—6 mm hoher Faserring (Labrum glenoidale) auf der Kante des Pfannenrandes (Knochen und Knorpel) fest geheftet, vertieft die Pfannenhöhlung und ein festes Faserband überläuft den Ausschnitt des Knochens, Abb. 114.

Die Größe der Bewegung im Gelenk wird bestimmt durch das Größenverhältnis der überknorpelten Gelenkkopfoberfläche zu der überknorpelten Pfannenoberfläche, denn nur so weit überknorpelte Teile in Berührung kommen, ist die Bewegung ausführbar. Trotzdem ist die Freiheit des Gelenkes eine sehr große, denn der gestielte, etwas mehr als halbkugelgroße Gelenkkopf, Abb. 115, wird von der Pfanne nur zum Teil gedeckt, Abb. 116. Der Faserring umfaßt als elastische Lippe den Kopf knapp jenseits seines größten Durchmessers und hält ihn in der Pfanne fest (Nußgelenk).

Abgeschlossen wird das Gelenk durch eine Kapsel, die vom Pfannenrand ausgeht, den Kopf und auch den Hals des Oberschenkels umfaßt und an seiner Basis sich ansetzt, Abb. 117 und 10. Die Kapsel ist ein weiter Sack, der in einer bestimmten Stellung des Gelenkes in allen Fasern erschlafft ist, Abb. 120 und dann nichts für den Zusammenhalt des Gelenkes leisten kann. Diese Stellung heißt die Mittelstellung des Gelenkes und da sie den größten Rauminhalt des Kapselsackes liefert, wird sie von den Chirurgen auch die Entlastungsstellung genannt. Ein Erguß in den Gelenkraum wird in dieser Stellung dem geringsten Druck ausgesetzt sein und am wenigsten Schmerzen machen.

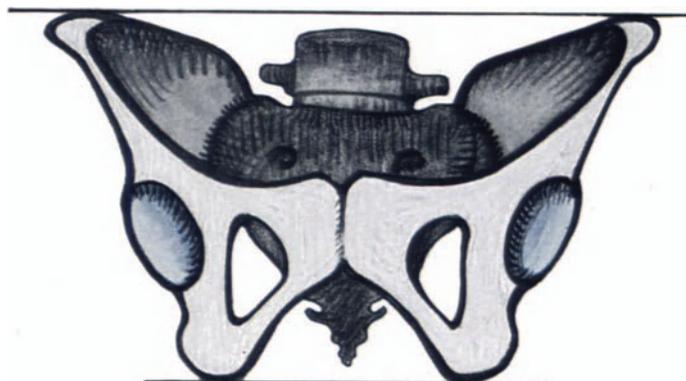


Abb. 111.

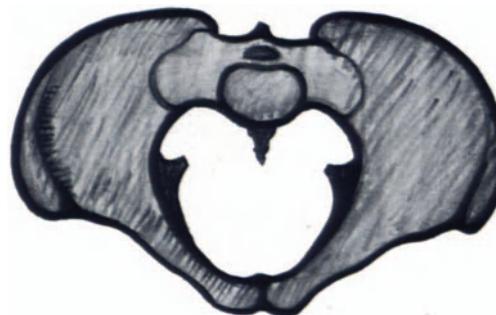


Abb. 112.

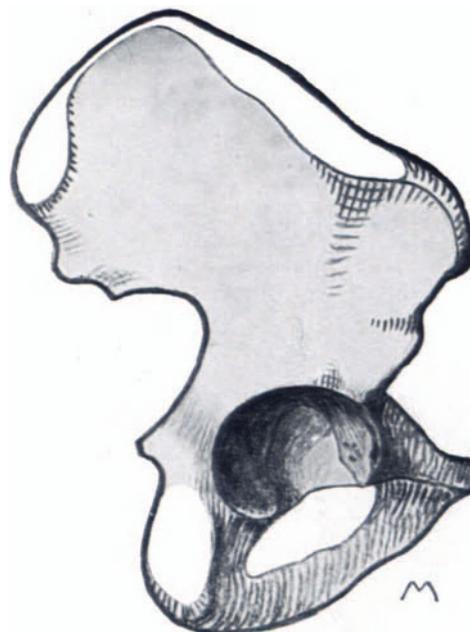


Abb. 113.

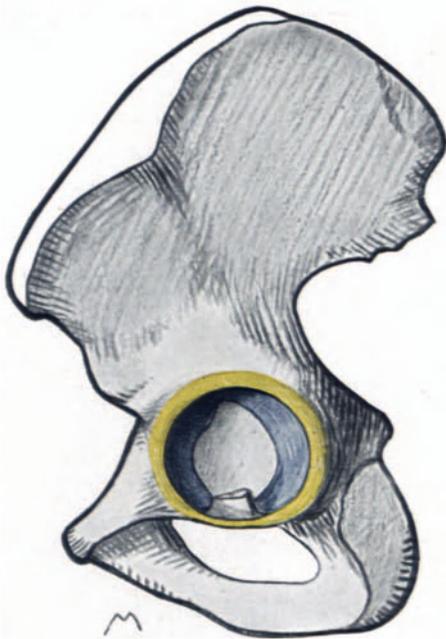


Abb. 114.

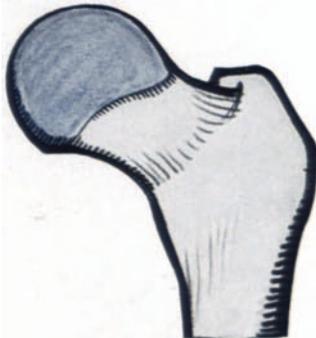


Abb. 115.

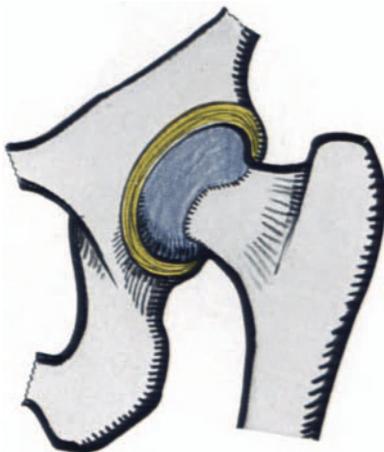


Abb. 116.

Derart eingestellt, wird das Gelenk bloß durch die elastische Spannung der Muskeln gehalten. Überwindet man diesen Widerstand, so kann man den Schenkelkopf bis zur allseitigen Spannung der Kapsel um fast 2 cm aus der Pfanne ziehen.

Untersuchen wir den Kapselsack genauer, so finden wir in ihm einzelne breite Faserzüge stärker ausgebildet und nennen dieselben Verstärkungsbänder.

Schneidet man aus der Kapsel die dünnen Stellen aus und läßt man nur diese verstärkten Züge als Bänder stehen, so übersieht man deren Lage und Verlaufsrichtung am besten. Es sind eigentlich vier Bänder, jedoch werden zwei davon unter einem Namen zusammengefaßt. Sie sind alle auf den Abbildungen 118—120 dargestellt. Der Doppelzug liegt vorne und oben am Gelenk und wird *Darmbein-Oberschenkelband* (Lig. iliofemorale) genannt. Der vordere Schenkel desselben verbindet, fast vertikal verlaufend, den vorderen unteren Darmbeinstachel mit dem unteren Ende der rauhen Linie zwischen den beiden Rollhügeln, Abb. 118, A. Der zweite, obere Schenkel, Abb. 118 und 119C, geht von der gleichen Stelle am Becken zum oberen Ende der genannten Linie zwischen den Rollhügeln. Das Band hemmt die Streckung, Zuführung und Auswärtsdrehung.

Das zweite Band ist das viel schwächere *Schambein-Oberschenkelband* (Lig. pubofemorale). Es zieht innen am Gelenk vom Schambein zum kleinen Rollhügel, Abb. 118 und 119, B und hemmt die Streckung, Abführung und Einwärtsdrehung, in Beugstellung aber die Auswärtsdrehung.

Das *Sitzbein-Oberschenkelband* (Lig. ischiofemorale) ist das dritte Band. Es liegt hinten am Gelenk und verbindet das Sitzbein mit der Innenfläche des großen Rollhügels, Abb. 119, D. Es hemmt die Zuführung und die Streckung. In der Mittellage des Gelenkes sind alle diese Bänder als Kapselteile erschlafft, Abb. 120.

Es gibt aber auch eine Stellung des Gelenkes, in welcher sie alle gespannt sind. Das kann natürlich, da der Gelenkkopf stets in der Pfanne bleibt, nur durch ein Aufwickeln der Kapsel Fasern und der Bänder um den Gelenkkopf und um den Schenkelhals geschehen. Diese Aufwicklung erfolgt in einer Schraubentour und ist auf der Abb. 118 und 119 gut zu erkennen. Der Gelenkkopf wird dabei fest in die Pfanne gepreßt und dadurch das Gelenk festgestellt. Es ist zugeschraubt. Diese Stellung des Gelenkes ist, wie wir sehen werden, die äußerste Streckstellung des Gelenkes.

Wird das Gelenk aus dieser Stellung in die Mittellage zurückgeführt, so wickeln sich die Bänder wieder ab, die Kapsel erschlafft und das Gelenk kann nach jeder Richtung hin ausgiebig bewegt werden.

Zur Festlegung aller unendlich vielen Bewegungen in diesem Kugelgelenk bringen wir zunächst das Becken in die Stellung, in der

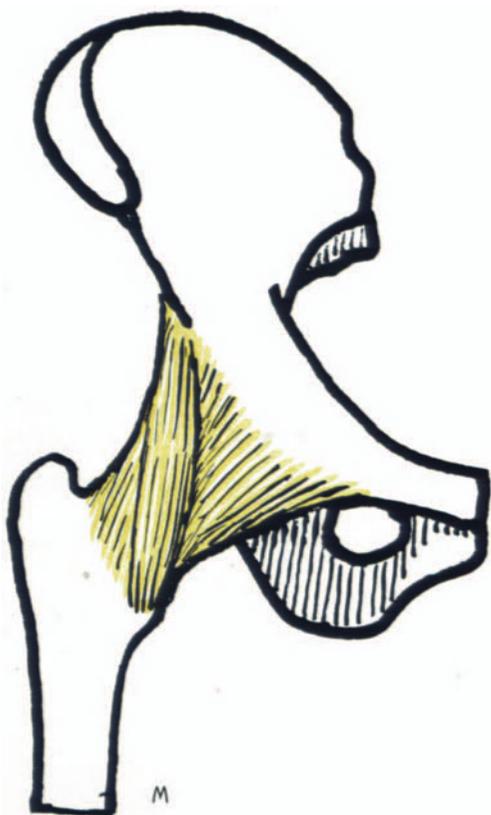


Abb. 117.

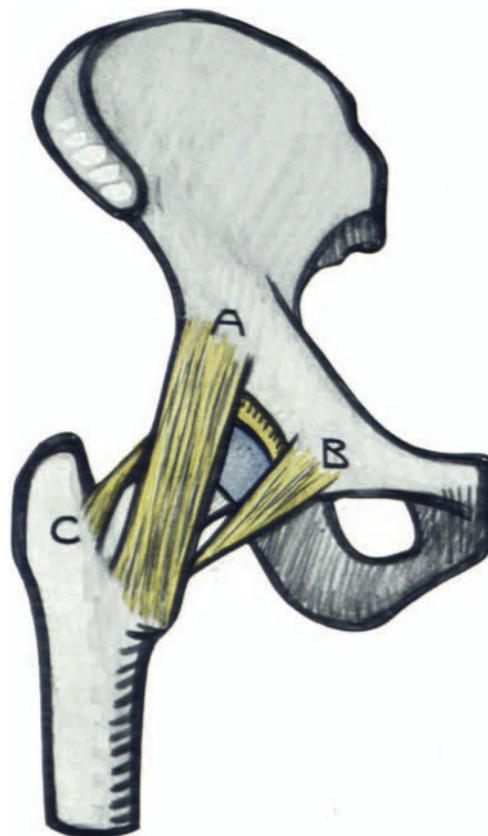


Abb. 118.

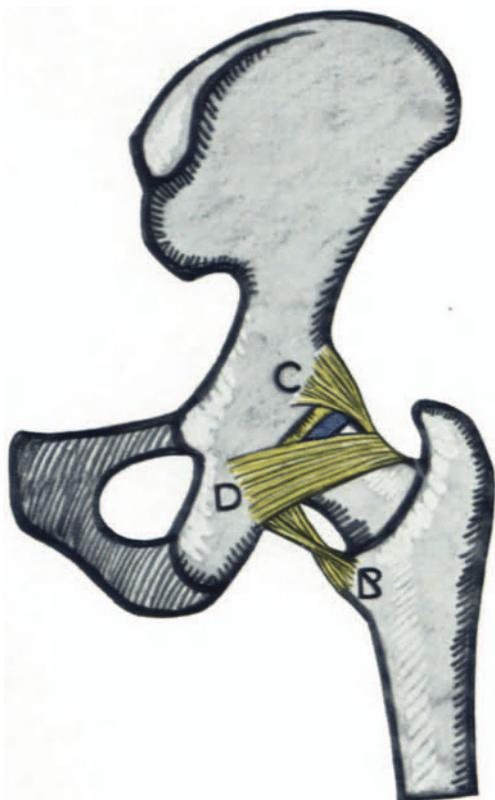


Abb. 119.

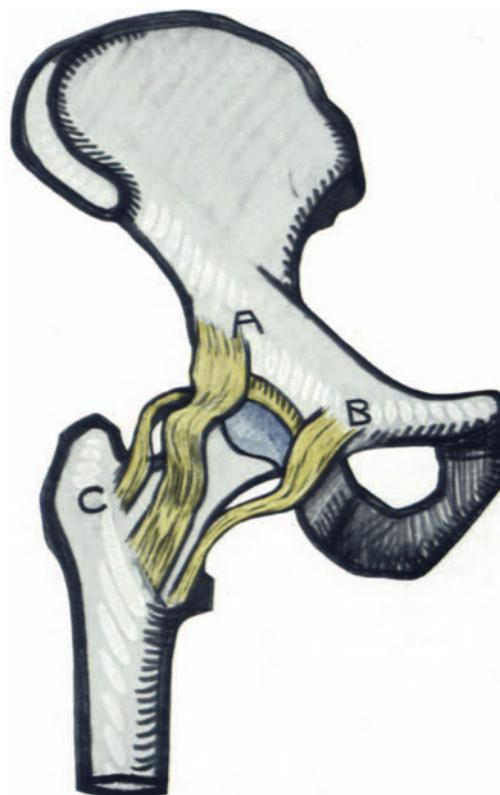


Abb. 120.

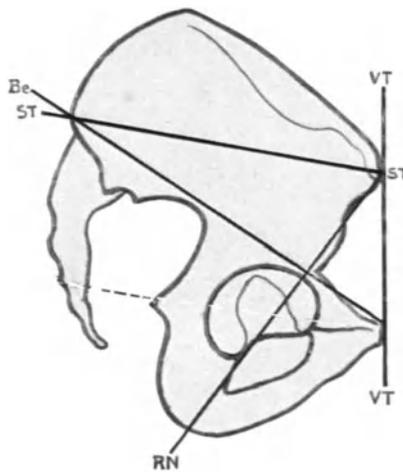


Abb. 121.

Darmbeinstacheln und den vorderen Rand der Schamfuge. Mit *Be* ist die Ebene durch die beiden hinteren oberen Darmbeinstacheln und dem oberen Rand der Schamfuge bezeichnet. Sie weicht nicht allzusehr von der Ebene des Beckeneingangs oder der Grenzlinie des kleinen und großen Beckens ab. Mit *RN* ist die von den Klinikern viel benützte sogenannte *Roser-Nelatonsche* Linie oder Ebene angegeben. Sie schneidet die vorderen oberen Darmbeinstacheln und die tiefsten Punkte der Sitzbeinhöcker. Da es uns vor allem darauf ankommt, eine Linie zu wählen, die am lebenden Menschen stets sicher und ohne Unannehmlichkeiten aufzutragen ist, so haben wir die Merkpunkte für diese Linien in dieser Hinsicht zu prüfen und zu bedenken, daß wir mit einem Faden oder einem dünnen Bleidraht die genannten Punkte zu verbinden und längs derselben einen Strich aufzutragen haben. Das ist auf Abb. 122 geschehen. Die *Roser-Nelatonsche* Linie und Ebene wäre sicherlich die beste, weil sie als einzige durch die Hüftgelenksmittelpunkte geht. Aber das Aufsuchen ihres unteren Merkpunktes am Sitzbeinhöcker ist nicht immer leicht und für weibliche Personen unangenehm. Die Merkpunkte für die beiden anderen Ebenen sind ohne weiteres am Lebenden auffindbar, aber das Auftragen der Linie ist für die *Be*-Ebene leichter als für die *VT*-Ebene. Ein Vorteil liegt auch in der Wahl der *Be*-Linie, weil sie annähernd senkrecht auf der *RN*-Linie steht und diese durch eine senkrechte Linie vom vorderen oberen Darmbeinstachel aus auf *Be* errichtet werden kann. Will man aber auch die Bestimmung des oberen Randes der Schamfuge am Lebenden vermeiden, und diese rundliche Knochenkante ist nicht immer leicht durchzufühlen, dann käme nur mehr die Linie *ST* in Betracht, welche die oberen vorderen mit den oberen hinteren Darmbeinstacheln verbindet. Diese beiden scharfen Knochenvorsprünge sind fast immer deutlich zu fühlen, oft schon zu sehen, und das Auftragen der Linie zwischen beiden ist weitaus am leichtesten. Es ist aber möglich, daß bei der individuell sehr wechselnden Form der Darmbeinschaukel, diese Linie ein weniger zuverlässiges Maß für vergleichende Betrachtungen sein könnte.

Doch wollen wir sie zunächst vorziehen, und als Nullmeridianebene jene zu ihr parallele Ebene wählen, die durch die Mittelpunkte beider Hüftgelenke gelegt wird, Abb. 123, gestrichelt. Sie liegt um etwa 7 cm tiefer als die Darm-

es sich im lebenden Menschen bei ruhigem aufrechten Stand findet. Dann denken wir uns das Hüftgelenk in den Mittelpunkt einer durchsichtig gedachten Kugel eingestellt, deren Oberfläche wie eine Erdkugel mit einer Gradeinteilung versehen ist. Weil es vor allem darauf ankommt, die Bewegungen der Oberschenkel längsachse gegen das Becken zu beobachten und abzumessen, so wählen wir mit *Straßer* die Polachse so, daß sie durch die Mittelpunkte *beider* Hüftgelenke hindurchgeht, Abb. 123, *PP* und mit dem Becken festliegt.

Ferner müssen wir eine Nullmeridianebene wählen. Sie wird wieder mit dem Becken festliegen und als Meridianebene die Polachse schneiden. Welche Ebene sollen wir nun wählen?

Auf Abbildung 121 ist ein Becken in der Einstellung bei aufrechter Haltung gezeichnet und verschiedene Linien zeigen die Richtung der möglichen Ebenen zur Auswahl an. Es ist bezeichnet mit *VT* die vordere Berührungsebene. Sie berührt die beiden vorderen oberen

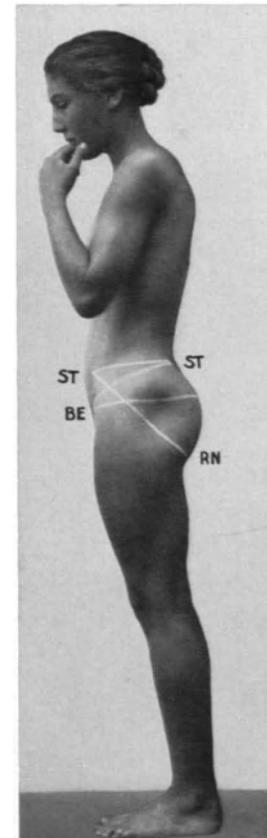


Abb. 122.

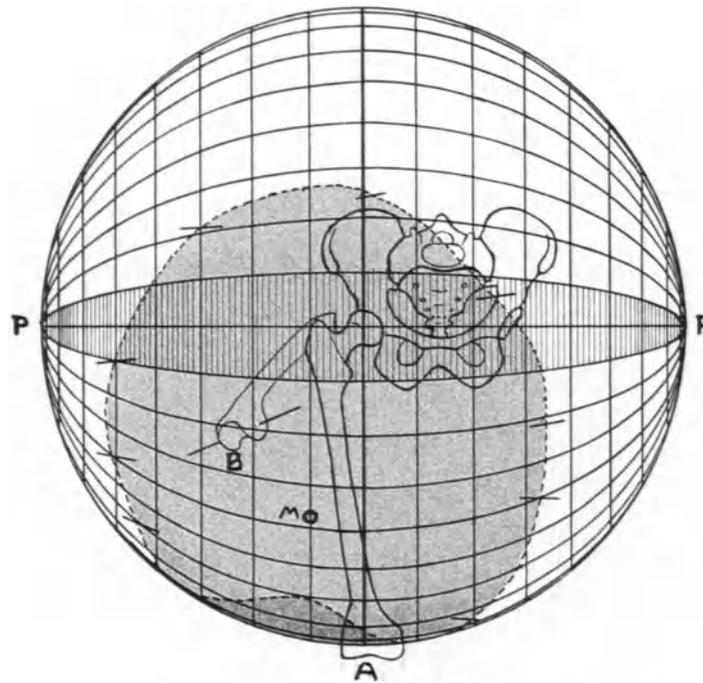


Abb. 123.

beinstachelebene des Beckens, Abb. 122, und bildet mit einer waagrechten Ebene einen Winkel von etwa $0-10^{\circ}$. Sie liegt also fast horizontal. Die Roser-Nelatonsche Linie schneidet sie unter einem Winkel von etwa 45° .

Nach dieser Vorbereitung wird die Abb. 123 verständlich sein. Das rechte Hüftgelenk des festgestellten Beckens liegt mit dem Mittelpunkt seines Gelenkkopfes im Mittelpunkt der durchsichtigen, geteilten Kugelschale. Die Polachse schneidet beide Hüftgelenksmittelpunkte, ebenso gehen alle Meridiane durch die Polachse. Der Nullmeridian ist um 10° nach vorne geneigt und gestrichelt. Von ihm aus haben die Meridiane nach oben zu positives, nach unten negatives Vorzeichen. Die Parallelkreise stehen vertikal und der Äquator als stärker ausgezogene Linie schneidet wieder die Hüftgelenksmitte und steht parallel der Körpermittelebene. Als Ausgangsstellung für die Bewegungen im Hüftgelenk gilt die Stellung A des Oberschenkels, in welcher die Traglinie desselben, das heißt die gerade Verbindungslinie des Hüft- und Kniegelenksmittelpunktes mit dem Äquator zusammenfällt. Als zweite Stellung ist die mit B bezeichnete beliebig ausgewählt. Wir verstehen, daß in dieser Stellung die Längslinie des Oberschenkels die Kugelschale im Schnittpunkt von Meridian 10 und Parallelkreis 20 trifft und dadurch örtlich im Raume sowie zum Becken bestimmt ist und es wird klar, daß die Bewegung des Oberschenkels von einem Meridian zum andern, nach vorne und oben gegen den Bauch als *Beugung* (Flexion), nach unten und hinten als *Streckung* (Extension) bezeichnet werden muß. Die Achse für diese Bewegung ist die Polachse. Die Nummer des Meridians, in welcher die Oberschenkeltraglinie steht, gibt den Winkel an, den dieser Meridian mit der Nullmeridianebene bildet. Für den Fall B also $= 10^{\circ}$, für den Fall A $= 80^{\circ}$.

Der Oberschenkel ist aber, um von A nach B zu kommen, auch noch vom Äquator um 2 Parallelkreise nach außen abgewichen und seine Längslinie bildet nunmehr mit dem Äquator einen nach außen offenen Winkel von 20° . Diese Bewegung des Oberschenkels durch die Parallelkreise wird, sofern sie nach innen zu erfolgt *Zuführung* = *Adduktion*, die entgegengesetzte Bewegung nach außen *Abführung* = *Abduktion* genannt.

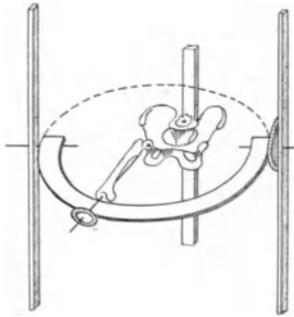


Abb. 124.

Um hier klar zu machen, was man unter der Zerlegung einer Bewegung versteht, müssen wir daran denken, daß der Oberschenkel von A nach B in direkter, gerader Führung bewegt werden kann. Diese Bewegung vereinigt aber in sich, wie wir jetzt wissen, zwei Bewegungen, eine Beugung um 70° und eine Abführung um 20° . Wir können sie uns auch nacheinander abgelaufen denken, so daß zunächst die Bewegung vom Meridian 80 in den Meridian 10 und dann die Abführung vom Äquator in den Parallelkreis 20 ausgeführt wird. Dieser Vorgang kann auch so ausgedrückt werden, daß wir den Oberschenkel von Stellung A mit seiner Meridianebene, in welcher er liegt, um die Polachse 70° nach oben und dann den Oberschenkel in seiner nun festgestellten Meridianebene um 20° nach außen drehen.

Die Abb. 124, nach dem Skelettphantom von Strasser entworfen, wird eine rasche Vorstellung von dem Gesagten vermitteln. Um das mit dem Becken fest eingestellte Hüftgelenk als Mittelpunkt ist ein halbkreisförmiger, geteilter Metallstreifen um Zapfen drehbar, die durch die Mittelpunkte beider Hüftgelenke orientiert sind. Dieser Streifen stellt die um die Polachse drehbare Meridianebene dar. Die Winkelbewegung derselben zeigt das geteilte Halbkreisband an, welches zur Polachse zentriert an der einen Latte des Gestells angebracht ist. Drehen wir den Metallstreifen um

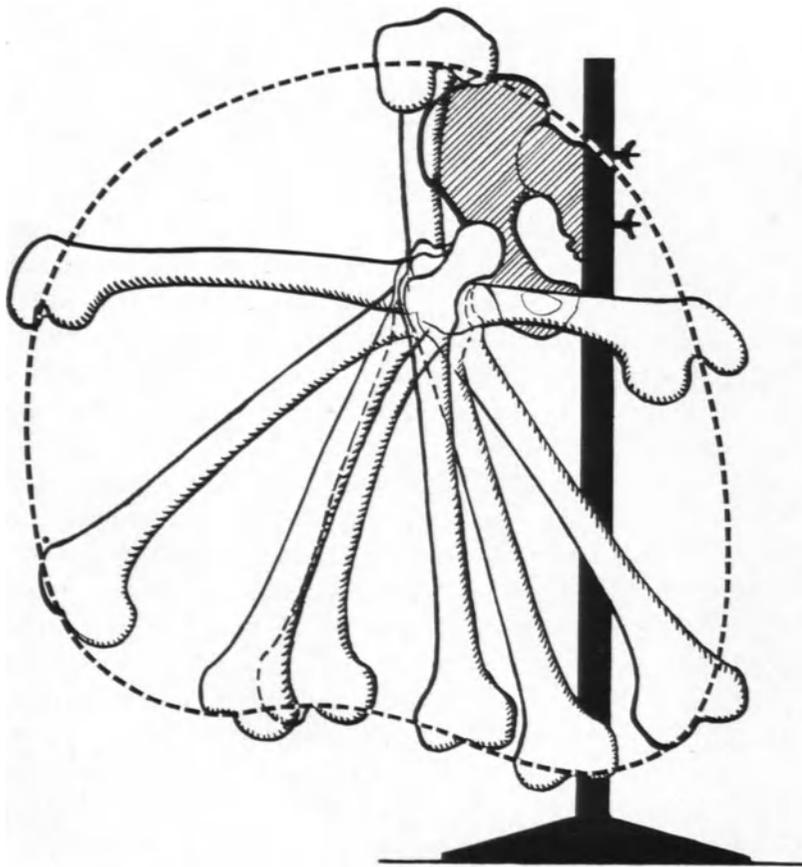


Abb. 125.

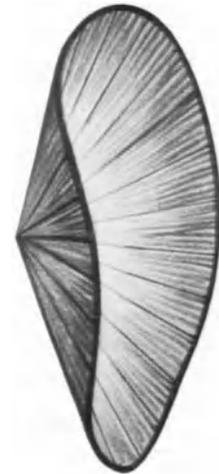


Abb. 126.

seine Achse, so kann daran die Größe der erfolgten Beugung oder Streckung des Oberschenkels im Hüftgelenk gradmäßig abgelesen werden. Verschieben wir den Oberschenkel auf der Metallleiste, so wird die Zu- oder Abführung angezeigt. Damit haben wir die Bewegungen des Oberschenkels in zwei aufeinander senkrechten Ebenen kennen und bestimmen gelernt.

Ein Kugelgelenk erlaubt aber noch eine dritte Bewegung, und zwar in einer Ebene, die wieder auf den beiden andern senkrecht steht. Wir brauchen bloß zu prüfen, was dem Oberschenkel für eine Bewegung übrig bleibt, wenn wir die beiden anderen ausschließen, was auf dem Skelettphantom leicht durch Feststellen des Meridianstreifens und des Oberschenkelstiftes auf demselben zu erreichen ist.

Der Oberschenkel kann dann nur mehr in seiner Lage um sich selbst, d. h. um seine Längslinie (Längsachse) gedreht werden, und das Maß dieser *Drehung* (Rotation) ist an der

kleinen runden Scheibe abzulesen. Die Drehung wird je nach der Richtung als Außen- oder Innendrehung bezeichnet. Auf der Abb. 123 ist statt der Scheibe die quere Kniegelenksachse als Linie eingezeichnet und als Zeiger für die Drehung benützt. In der Ausgangsstellung A fällt diese Querlinie durch das Kniegelenk in die Meridianebene der Oberschenkellängsachse. Tritt sie aus der jeweiligen Meridianebene der Oberschenkelstellung heraus, schneidet sie dieselbe, so gibt der Schnittwinkel die Größe der Drehung an, wie das auf Abb. 123 Stellung B zu sehen ist. Selbstverständlich ist die Größe dieser Drehung für diesen Fall beliebig genommen und kann innerhalb bestimmter Grenzen, die das Gelenk bestimmt, wechseln.

Führen wir nun den Oberschenkel im Hüftgelenk bei voller Ausnützung der Gelenkbewegung, also in den äußersten Randstellungen, von der Ausgangsstellung bis zur Rückkehr in dieselbe herum, Abb. 125, so schneidet der Oberschenkel aus der Gradnetzkuugel einen Sektor (Bewegungskegel) von bestimmter Grundfläche (Bewegungsfeld) heraus, welche in der Abb. 125 durch die schwarze gestrichelte Linie abgegrenzt ist, während sie auf der Abb. 123 dunkler getönt wurde. Eine genauere Betrachtung der Abb. 123 und 125 lehrt, daß die Beugung und Streckung größeren Ausschlag gibt als die Ab- und Zuführung, daß zur höchsten Hebung, also Beugung des Oberschenkels, derselbe ein klein wenig nach außen geführt werden muß, daß die stärkste Ab- und Zuführungsbewegung bei gebeugtem Hüftgelenk möglich ist und endlich, daß bei der äußersten Randbewegung des Oberschenkels, von welcher verschiedene Stellungen auf den Abbildungen zu sehen sind, derselbe zwangsweise und automatisch eine Drehung ausführt. Diese Drehung kann auf der Abb. 123 aus der Stellung der Strichmarken (quere Kniegelenksachse) auf der Umrißlinie des Bewegungsfeldes abgelesen werden. Diese Zwangsdrehung ist auch auf der Abb. 125 aus der wechselnden

Ansicht der Kniegelenksrollen des Oberschenkels zu sehen, die uns zugleich zeigt, daß der Bewegungskegel des Hüftgelenkes nicht bei allen Menschen die gleiche Form, Abb. 126, besitzt. Dieses Gelenk zeigt eine größere Spielweite für die Zu- und Abführung. Auch die Abb. 127, welche die Bewegung des im Knie gebeugten Beines im Hüftgelenk von einem lebenden Modell darstellt, zeigt die Zwangsdrehung des Oberschenkels an der wechselnden Ansicht des Fußes. Bei der Betrachtung dieser Figur ist es kaum nötig, darauf aufmerksam zu machen, daß hier keine reine Bewegung des Oberschenkels im Hüftgelenk dargestellt



Abb. 127.

ist. Dazu müßte das Becken festgestellt sein, während es hier durch gleichsinnige Bewegungen im anderen Hüftgelenk jene des Oberschenkels erweitert.

Die Ursache der zwangsweisen Drehung des Oberschenkels bei der Randbewegung kann, da sie auch am Gelenkpräparat vorhanden ist, nur auf der Spannung der Kapsel und ihrer Bandstreifen beruhen, welche die Bewegung jeweils zum Stillstand bringen. Wir haben uns also vorzustellen, daß bei der beobachteten Drehung des Oberschenkels die Bänder die beabsichtigte Bewegung am ausgiebigsten zulassen, also am spätesten zur völligen

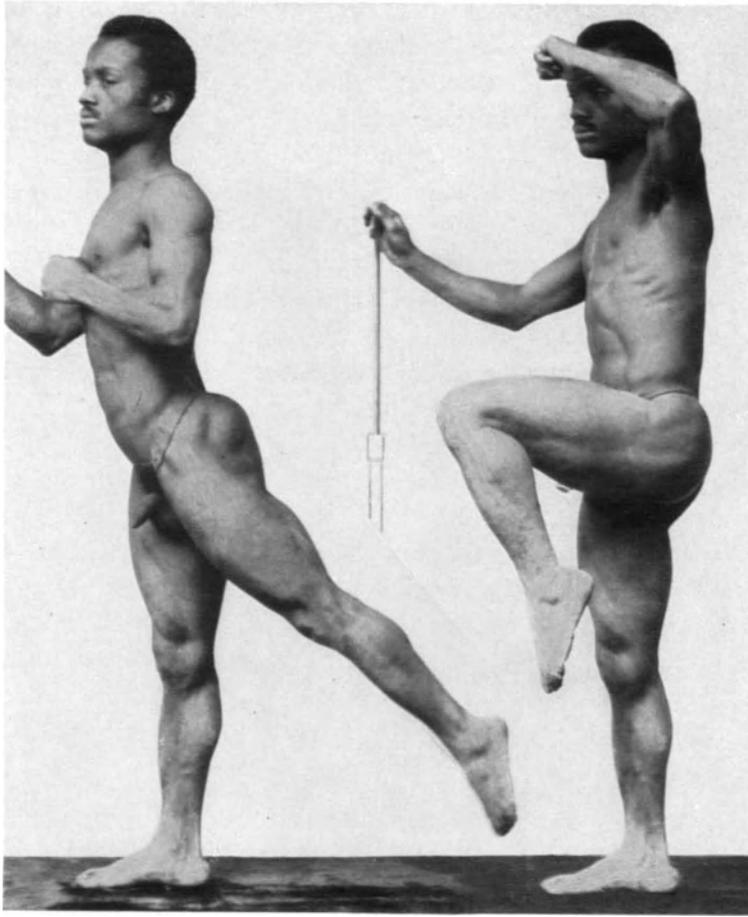


Abb. 128.



Abb. 129.

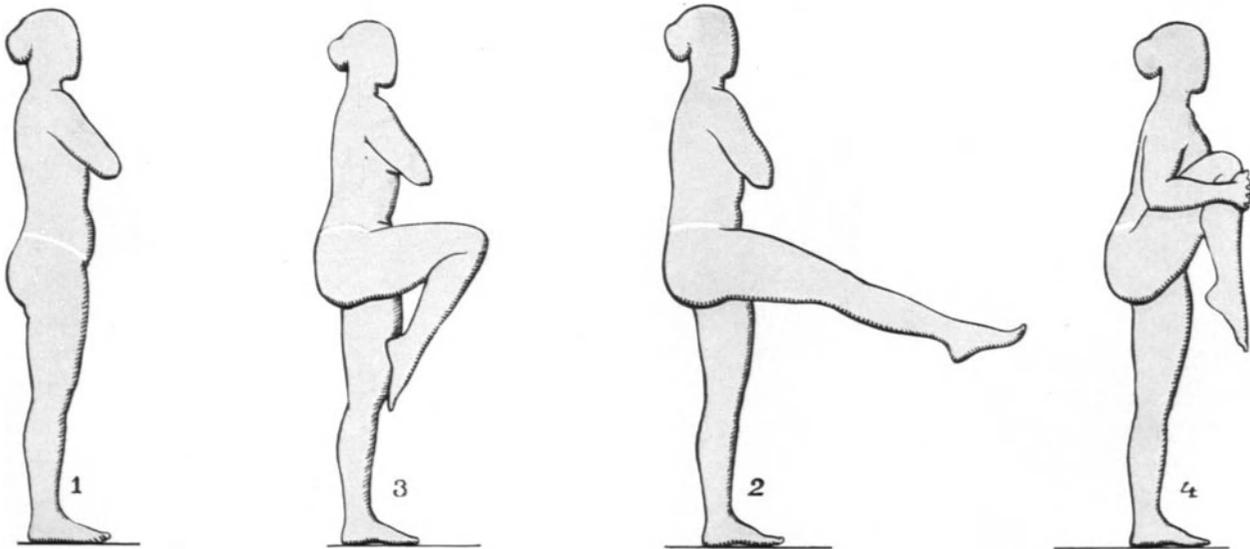


Abb. 130.

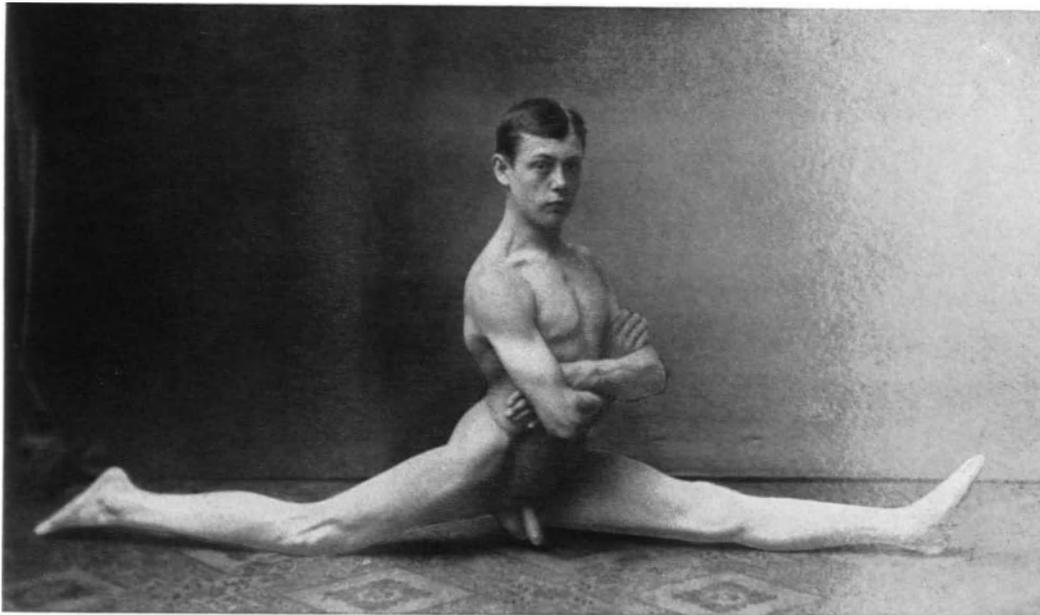


Abb. 131.

Spannung kommen und sie abstellen. Selbstverständlich bleibt es trotzdem möglich, und trifft in der Tat auch zu, daß der Zug der Muskeln, welche diese Randbewegung ausführen, gleichfalls im Sinne der zwangsweisen Drehung tätig ist und diese Drehung schon auslöst, bevor noch die Bänder gespannt sind. Wir werden darauf aufmerksam, wie genau die Muskeltätigkeit der Gelenkkonstruktion angepaßt ist.

Über das Maß der einzelnen Bewegungen im Hüftgelenk sei folgendes gesagt:

Der Lebende vermag mit Hilfe seiner Muskeln das Hüftgelenk etwa um $105-130^{\circ}$ zu beugen und zu strecken, Abb. 128. Doch muß bei Berechnung dieses Wertes die Mitbewegung des Beckens in Rechnung gestellt werden. Dieselbe betrug in dem zur Abbildung benützten Körper etwa 22° . Es ist eben am lebenden Modell nicht möglich, das Becken wie am Präparat festzustellen und die Bewegung ausschließlich in dem *einen* Hüftgelenk auszuführen. Durch die Mitbewegung des Beckens im Hüftgelenk der *anderen Seite* wird das Spielbein gegen das Standbein vor- und rückgeneigt und die Figur macht den Eindruck, als ob das Spielbein aus der symmetrischen Haltung auf beiden Beinen um den hohen Wert von 35° nach hinten gebracht worden sei. Ziehen wir aber von dieser Bewegungsgröße etwa 22° für die Beckendrehung ab, so erfahren wir, daß das Bein aus der Grundstellung nur um etwa $10-15^{\circ}$ nach hinten, aber um fast 90° nach vorne geführt wurde.

Der Gesamtausschlag des Gelenkes für die Beugung — Streckung ist aber, wie fast jeder Gelenk-ausschlag, individuell sehr verschieden groß. Das in Abb. 129 sichtbare Modell kann erheblich mehr leisten als das eben besprochene der Abb. 128. Auch am Lebenden beobachten wir, daß der Oberschenkel am stärksten dann gehoben werden kann, wenn er gleichzeitig ein wenig oder etwas mehr nach außen geführt wird, Abb. 129.

Das Gelenkpräparat läßt einen viel größeren Ausschlag von $140-160^{\circ}$ zu und zwar erfolgt dieser Zuschlag zum größeren Teil im Sinne der Beugung, etwa $10-20^{\circ}$ kommen auf die Streckung. Aber auch der Lebende kann das Hüftgelenk für die Beugung fast eben so weit ausnützen, wenn er dafür äußere Kräfte zu Hilfe nimmt, wie in Abb. 130, 4. Es gibt also auch hier eine muskeltote Strecke im Beugungsfeld und sie hat den gleichen Wert für das Hüftgelenk wie für das Kniegelenk.

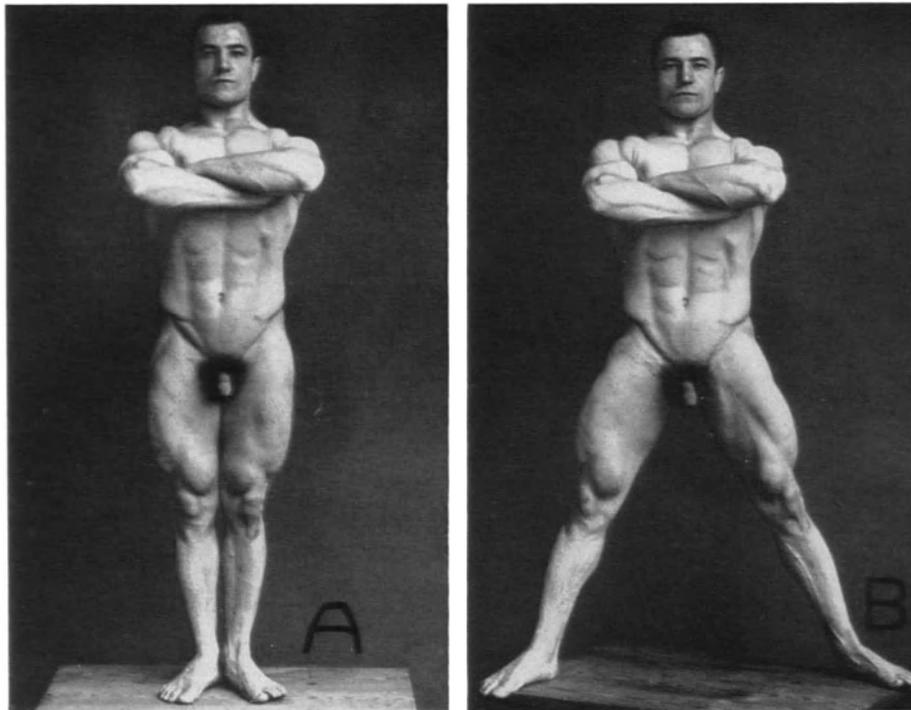


Abb. 132.

Auf dem Bilde ist die Hilfsbewegung des Beckens im Hüftgelenk des Standbeines im Sinne einer Rückneigung zur Unterstützung der Vorhebung (Beugung) des Oberschenkels an der wechselnden Neigung der eingetragenen Linie zu erkennen. Diese Linie verbindet den hinteren oberen Darmbeinstachel mit dem oberen Rand der Schamfuge. Es ist die Linie Be auf Abb. 122.

Sehr lehrreich ist die Beinstellung des auf Abb. 131 abgebildeten Artisten. Das linke Hüftgelenk ist auf volle Beugung, das rechte auf volle Streckung ausgenützt.

Die Rechtsdrehung des Beckens dem Beschauer zu beweist, daß die Beugung nicht rein nach vorne, sondern nach vorne außen und daß die Streckung ebenso nach hinten außen erfolgt ist. Auch die Größe der Bewegung, mit etwa 155° bestimmt, erreicht fast den am Präparat gemessenen Wert. Der



Abb. 133.

Artist führt diese Bewegung durch die Schwere seines Rumpfes aus. Die Streckmuskeln rechts und die Beugemuskeln links sind stark gespannt und gedehnt. Dennoch überwindet das Körpergewicht diese Sperrung durch die Muskeln bis fast zur völligen Ausnützung seiner im Gelenk möglichen Bewegung. Die Hemmung der Bewegung wird aber sicherlich nicht allein durch die Spannkraft der Kapsel und ihrer Bänder, sondern zur Sicherung der Stellung durch die gedehnten aber aktiv gespannten Muskeln erreicht. Dieses Nachgeben der Muskeln trotz starker Dehnung ist ein Erfolg planvoller Übung, die z. B. auch beim Erlernen

des Hürdensprunges im Stil mit gestrecktem Bein eine wichtige Rolle spielt. Während das Kniegelenk aus der aufrechten Haltung fast nur für eine Bewegung nach hinten offen ist, ist das Hüftgelenk umgekehrt fast nur für eine Bewegung nach vorne offen; das Bein kann unter dem Rumpf nur derart zusammengeklappt werden, wie das die Abb. 37 veranschaulicht.

Die aktive Abführung (Abduktion) im Hüftgelenk, Abb. 132, aus der Grundstellung ist am Lebenden als Spreizung der Beine leicht zu messen und ergibt etwa einen Winkel von $40-50^{\circ}$. Aber die Hälfte dieses Maßes ist natürlich nicht die volle derartige Bewegung eines Hüftgelenkes, denn die Zuführung geht

Die Zu- und Abfuhrbewegung am Hüftgelenk läßt sich am Lebenden auch so messen, daß wir das Modell rücklings auf den Boden legen und die Beine passiv in Spreizstellung bringen. Doch muß das Modell erst lernen, die Gegenmuskeln, das heißt die zuführenden Muskeln des Beines richtig erschlaffen zu lassen, um nicht durch frühzeitiges Anspannen derselben die Bewegung zu hemmen. Auch die Zuführung kann in ihrer Größe ermittelt werden, wenn das andere Bein vorher in Abführung gebracht

ist, um jene nicht zu verhindern. Notwendig ist es, bei diesem Versuch das Becken des Modells so gut als möglich festzustellen. Zwei derartige Versuche ergaben für die ganze Bewegung in Streckstellung des Hüftgelenkes ein Maß von 27 und 33° .

Durch eine Beugung in den Hüftgelenken wächst die Größe der Spreizbewegung, Abb. 134. In dieser äußersten Spreizstellung ist dann ein Aufrichten des Rumpfes durch eine Streckbewegung in den Hüftgelenken (Rückwärtsneigen des Beckens) nicht mehr möglich, aber es ist bis zu einem gewissen Grad durch eine Rumpfstreckung in der Wirbelsäule erreichbar.



Abb. 134.

über das Mittellot hinaus. Wir müssen, um das Zusammenstoßen der Beine zu verhindern, das Modell in dem einen Hüftgelenk sich so weit mit dem Rumpf und Becken überlegen lassen, daß das andere Hüftgelenk völlig freien Spielraum für die Zuführung bekommt, wie das die Abbildung 133 zeigt. Von dieser Stellung aus messen wir den Ausschlag mit etwa $25-30^{\circ}$.

Die Spreizung oder Ab-

hebung der Beine ist individuell außerordentlich verschieden groß. Das hat seinen Grund in den zuführenden Muskeln, welche die Bewegung hemmen und sehr verschieden nachgiebig sind. Häufig bringen sie die Bewegung schon lange vor völligem Ablauf im Gelenk zum Stillstand.

Eine außergewöhnliche Leistung mit über 50° Abführung aus der Ruhestellung ist in der Abb. 135 dargestellt. Die hier abgebildete Haltung erscheint dem naiven Beschauer wohl zunächst nur als eine seltene Leistung körperlicher Gelenkigkeit. Durch das Eindringen in die Mechanik des Hüftgelenkes wird der

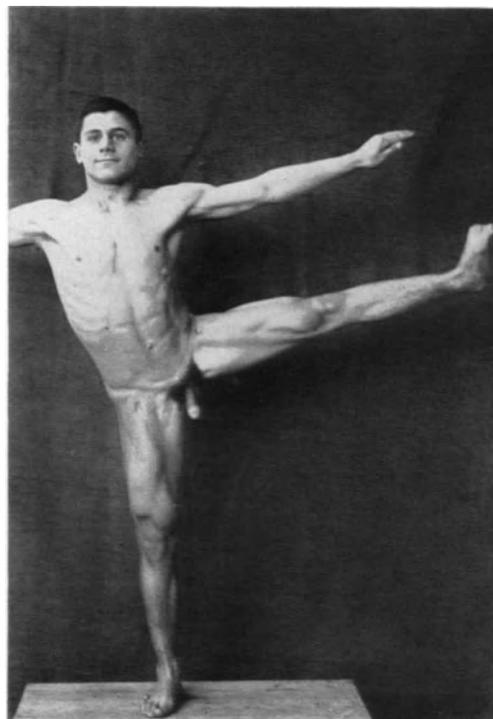


Abb. 135.

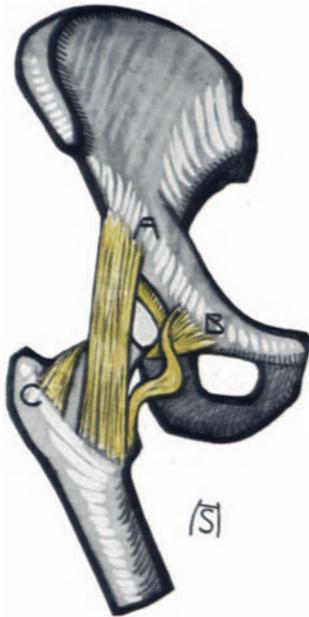


Abb. 136 A.

Beobachter aber auf Einzelheiten und Zusammenhänge aufmerksam, die ihm sonst entgangen wären. Das rechte Hüftgelenk ist durch Außenneigung des Beckens, das linke durch Abführen des Beines bis zur äußersten Ausnützung desselben für die Abführung beansprucht. Beide Oberschenkel, der linke etwas mehr, sind stark nach außen gedreht.

Die Spreizung der Beine zeigt einen Ausschlag, der nach dem Bewegungskegel auf Abbildung 123 in der Ausgangsstellung, also im Meridian 80 niemals erreicht werden kann, denn das größte Quermaß des Bewegungsfeldes ist erst bei einer gleichzeitigen Beugung in den Hüftgelenken erreichbar. Diese Beugung hat das Modell auch auszuführen versucht und zwar durch entsprechende Vorneigung seines Beckens im Hüftgelenk des Standbeines, die auf der rechten

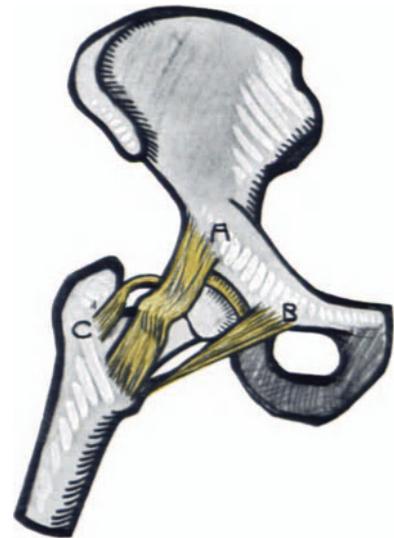


Abb. 136 B.

Seite deutlich sichtbar ist und welche auch durch die starke, gewaltsame Streckung der Wirbelsäule hintenüber, mit starkem Vordrängen der unteren Brustkorbpartie zum Ausdruck kommt. So erklärt sich der gespannte, gewaltsame Eindruck der Figur. Nützlich ist auch der Vergleich mit Abb. 127 und 164.

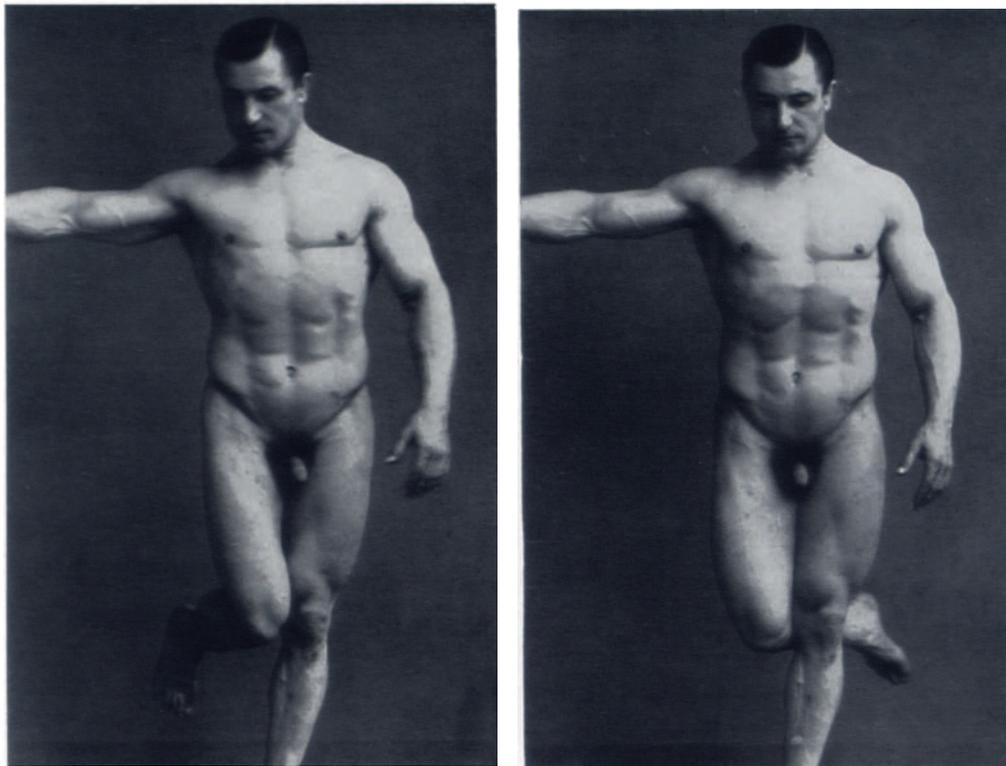


Abb. 137.

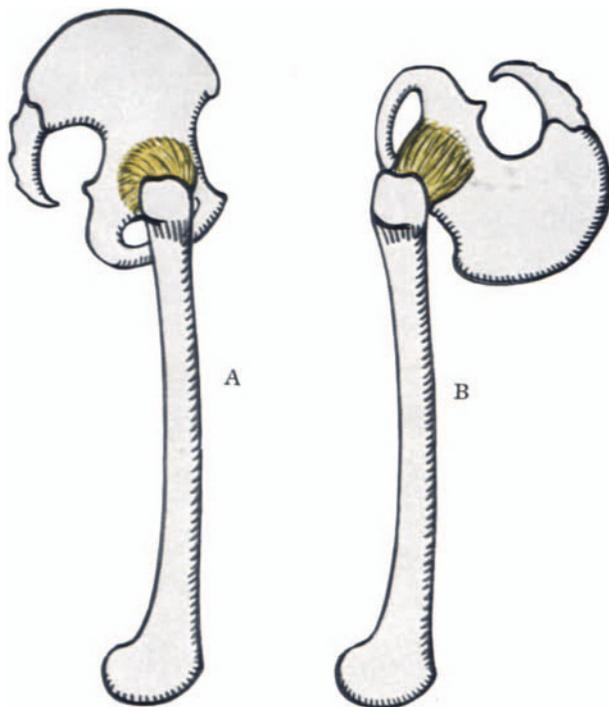


Abb. 138.

Als Beispiel für eine Hemmung der Bewegung durch Anspannung der Gelenkbänder dient die Abb. 136 A und B. Hier wird die Zuführung durch das Darmbeinschenkelband und die Abführung durch das Schambeinschenkelband abgestellt.

Die Längsdrehung des Oberschenkels beträgt am Gelenkpräparat aus der Grundstellung etwa 50° . Bei gebeugtem Hüftgelenk nimmt sie etwas zu. Am Lebenden ist sie mit Benützung des im Kniegelenk gebeugten Unterschenkels als Zeiger leicht ersichtlich zu machen, Abb. 137. Die Einwärtsdrehung ist nahe der Mittelstellung am größten, während die Auswärtsdrehung mit steigender Abführung des Beines im Hüftgelenk immer höhere Werte bekommt.

Aus der Betrachtung über die bisher geschilderten Gelenke haben wir schon erfahren, daß für die Bewegung in einem Gelenk zwei Möglichkeiten vorliegen. Entweder ist einer der beiden im Gelenk vereinigten Knochen in Ruhe und der andere allein in Bewegung (absolute Bewegung) oder beide Knochen bewegen sich (relative Bewegung) mit gleicher oder verschiedener Geschwindigkeit. Da der erste Fall zwei Lösungen enthält, muß auch die Beobachtung doppelsinnig sein. Wir haben entweder das Becken feststehend und den Oberschenkel bewegt anzunehmen, oder der Oberschenkel steht fest und das Becken bewegt sich. Um diese Vorstellung



Abb. 139 B.



Abb. 139 A.

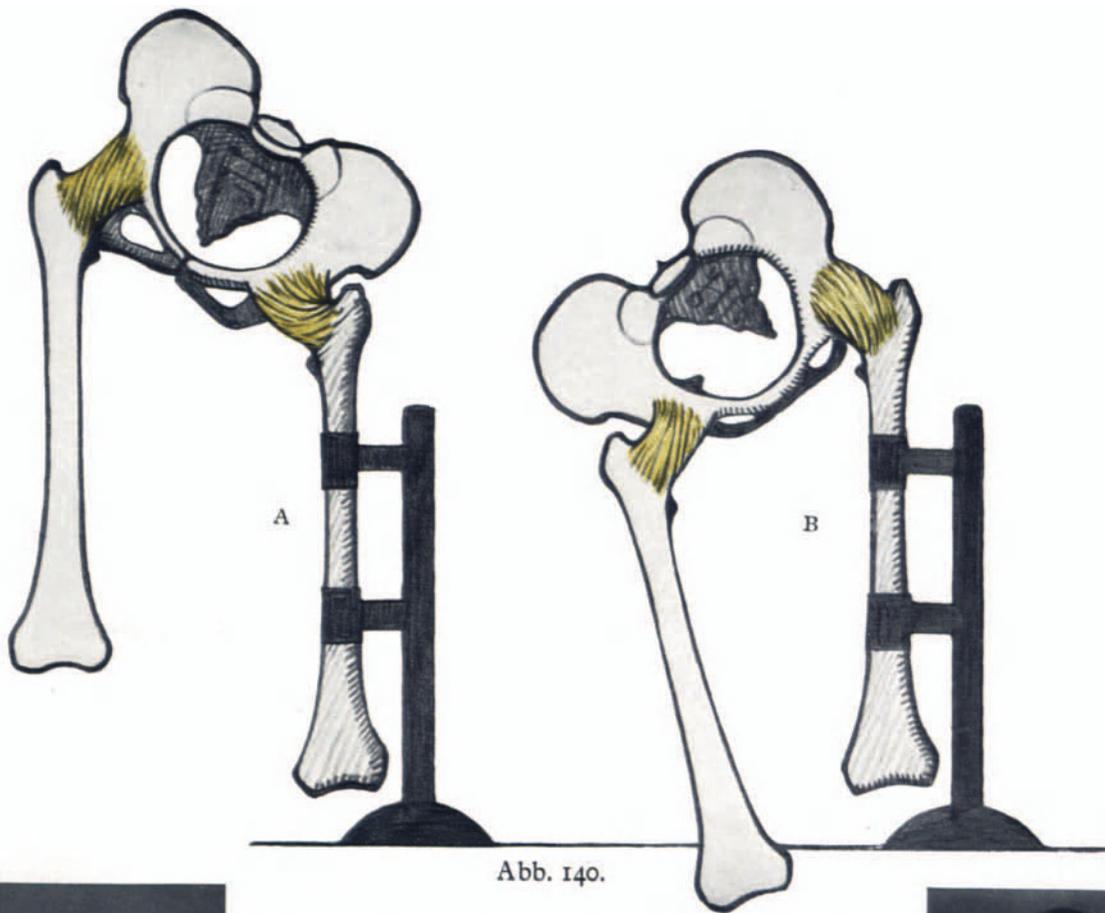


Abb. 140.



Abb. 141 A.

nochmals einzuprägen, sei darauf hingewiesen, daß wir bei festgestelltem Oberschenkel von einer *Vorwärts- und Rückwärtsneigung* des Beckens sprechen, die der Beugung-Streckung des Oberschenkels entspricht, Abb. 138 und 139A u. B. Ferner von einer *Seithebung und Senkung* des Beckens (Ab- und Zuführung des Oberschenkels) Abb. 140 und 141 A und B und endlich von einer *Drehung des Beckens nach vorne und hinten* (Längsdrehung des Oberschenkels nach innen und außen), Abb. 142 und 143A u. B. Sprechen wir also nur von einer im Gelenk erfolgten Bewegung, sagen wir z. B. das Hüftgelenk ist um so und so viele Grade gebeugt worden, so sagen wir damit nichts über die Bewegung der im Gelenk verbundenen Maßen im Raum aus. Sagen wir dagegen, der Oberschenkel hat sich im Hüftgelenk um so und so viel Grade gebeugt, so heißt das, daß der Oberschenkel allein bei feststehendem Becken die Bewegung von der Ausgangsstellung ausgeführt hat und wir sind dadurch über die Form der Bewegung unterrichtet.



Abb. 141 B.

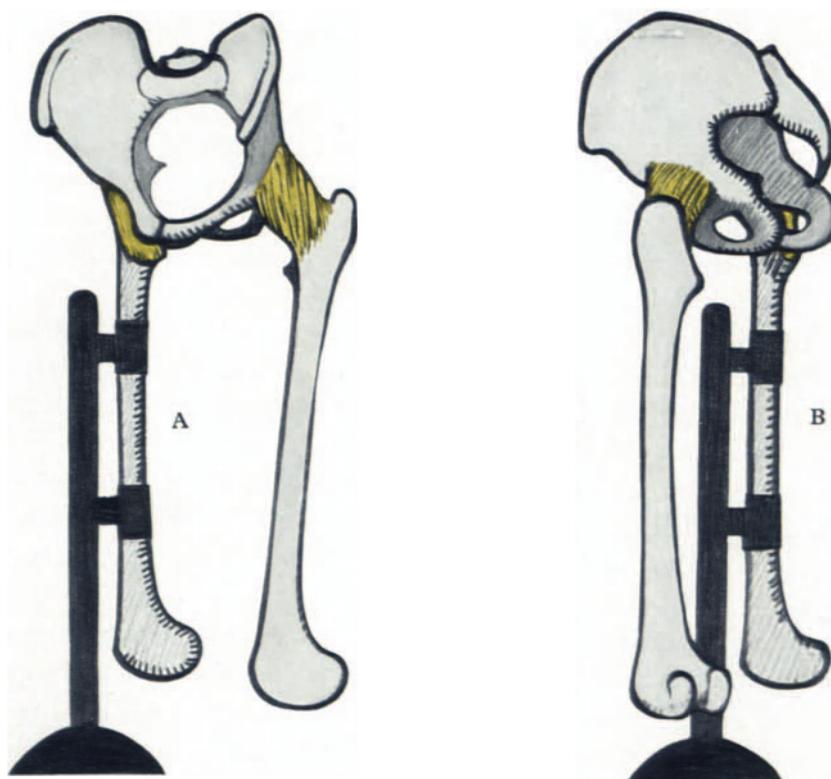


Abb. 142.



Abb. 143 A.

Diese Ausdrucksweise kann auch dann noch gelten, wenn das Becken bei der Bewegung des Oberschenkels mit einem kleinen Ausschlag mitgeht.

Damit wird aber auch die große Bedeutung der Ausgangsstellung für die Beurteilung der Bewegung klar und es wäre hier die Angabe dringend nötig, welche Stellung des Beckens gegen den Oberschenkel wir als Ausgangsstellung wählen wollen. Weil die Beantwortung dieser Frage aber noch auf andere Verhältnisse Rücksicht nehmen muß, soll sie erst in dem Kapitel über den Rumpf erörtert werden.

Um die in jeder Richtung möglichen Bewegungen des Kugelgelenkes auszunützen, sind die Muskeln für das Hüftgelenk dementsprechend angebracht.

Sie umlagern ringsum das Gelenk, so daß es am Lebenden fast immer äußerer Beobachtung entzogen ist. Wir können diese Muskeln einteilen in die eigenen Muskeln des Hüftgelenkes, welche vom Becken zum Oberschenkel ziehen und in



Abb. 143 B.

lange Muskeln, welche vom Becken ausgehen und am Unterschenkel Ansatz finden, also auch noch auf das Kniegelenk arbeiten.

Im allgemeinen werden die Muskeln für die Beugung *vor* dem Gelenk, für die Streckung *hinter* dem Gelenk, für die Ab- und Zuführung *außen* und *innen* vom Gelenk zu suchen sein. Dabei werden diese Muskeln in ihrem Verlauf nicht allzusehr von der Oberschenkellängsrichtung abweichen, während für die Längsdrehung gerade die quere Lage der Muskeln besonders günstig sein wird. Es ist aber gleich damit zu rechnen, daß kein einziger Muskel ausschließlich die eine oder andere Bewegung rein ausführt, sondern immer sind die Muskeln bestimmt zusammengefaßt tätig.

Wir stellen hier schon fest, daß mit einer einzigen Angabe über die Tätigkeit eines Muskels, wie sie sich in den meisten Lehrbüchern findet, zum Verständnis seiner Wirkungsweise kaum verholfen wird. Denn diese Angabe kann immer nur für *eine* ausgewählte Gelenkstellung gelten; für jede andere ist sie meistens falsch oder unzureichend.

Es ist also nötig, die Richtung der Bewegung für jede Stellung des Hüftgelenkes einigermaßen beurteilen zu lernen und eigentlich muß dabei auch das Kraftmaß des Muskels abgeschätzt werden, das sich aus der Spannung des Muskels und seinem statischen Moment ergibt, d. h. seinem kürzesten Abstand von der Achse des betreffenden Gelenkes.

Um aber die Richtung der durch einen Muskel hervorgerufenen Bewegung kennen zu lernen, ist es unerlässlich, die Lage seiner Hauptlinie zu den Drehungsebenen des Gelenkes zu kennen.

Deshalb müssen wir uns nochmals die Abbildung 123 ansehen und uns die Lage der drei Achsen und Bewegungsebenen einprägen, von denen nur die Polachse, als Achse für die Beugung und Streckung zum Becken festliegt, während die Achse für die Ab- und Zuführung, sowie die Achse für die Drehung zum Oberschenkel feststehen und seine Bewegungen mitmachen. Sehr vorteilhaft wird es sein, sich diese Figur in den lebenden Körper hineinzudenken, um daraus eine Anleitung zu gewinnen, in welcher Richtung wir die Bewegung des Oberschenkels im Hüftgelenk beobachten müssen.

Während an einem einachsigen Scharniergelenk (oberes Sprunggelenk) ein Muskel je nach seiner Lage immer nur Beuger oder Strecker sein kann, ist bei einem Kugelgelenk mit drei Achsen und dementsprechenden Drehungsebenen für jeden Muskel diese Bestimmung dreimal zu ermitteln. Es ist möglich, daß er bloß in einer Ebene wie an einem Scharniergelenk wirkt, er kann aber auch in zwei oder auch in allen dreien wirken und zwar mit gleichem oder ungleichem Krafterfolg. Mit jeder Bewegung gewinnen die Muskelfasern neue Lagerung zum Gelenk und können damit ihre Wirkung auf das Gelenk ändern. Der Zug der Muskeln kann zunächst der Richtung nach zu den drei Achsen derselbe bleiben, aber verstärkt oder abgeschwächt sein, d. h. der Muskel gewinnt veränderten Abstand von der Achse. Ein Muskel kann aber auch durch eine Bewegung, die er nicht einmal selbst auszuführen braucht, die Drehungsachse des Gelenkes überwandern und wird dann zum Gegner der vorher ausgeführten Bewegung. Ein Strecker kann zum Beuger, ein Zuführer zum Abführer, ein Auswärtsdreher zum Einwärtsdreher werden und umgekehrt.

Benützen wir die Abbildung 144 als Beispiel. Die Doppellinien, die zum großen Rollhügel zusammenlaufen, sollen das vorderste und hinterste Muskelfaserbündel des *mittleren Gesäßmuskels* (*M. gluteus medius*) darstellen, der auf Abb. 149 mit dem *kleinen Gesäßmuskel* (*M. gluteus minimus*) zu sehen ist. Es sind zwei starke, dicke und platte Muskeln, von dreieckiger Form, die ihre fächerförmig geordneten Fasern von einem übereinander geschichteten Ansatzfeld auf der Außenfläche der Darmbeinschaukel zum Ansatz am großen Rollhügel nach unten zusammendrängen. Das breite Ansatzfeld am Becken reicht nach vorne bis zu dem vorderen oberen Darmbeinstachel, Abb. 149, A und B.

Wir haben die Wirkung des Muskels — denn wir dürfen beide für unsere Aufgabe zusammenfassen — auf eine Ab- und Zuführung, auf eine Beugung und Streckung und auf eine Längsdrehung nach innen und außen zu prüfen.

Die Fasern haben alle, weil sie zum Rollhügel zusammenlaufen, verschiedene Richtung und Wirkung und wir wählen wie gesagt die äußersten Randfasern des Muskels, die vordersten und hintersten aus, um jene beiden Teile zu untersuchen, die mit stärkster Abweichung der Richtung auch die verschiedenste Wirkung äußern. Diese beiden Teilstücke sind auf der Abbildung als schmale Bänder (A und B auf Fig. 1) gekennzeichnet und entsprechen der Kraftlinie der betreffenden Fasern, d. h. der geraden Verbindungslinie beider Ansatzpunkte.

Wir wissen, daß wir die Zu- und Abführung in der Ansicht von vorne, die Beugung und Streckung in seitlicher Ansicht und die Längsdrehung in der Längsrichtung der betreffenden Oberschenkelstellung

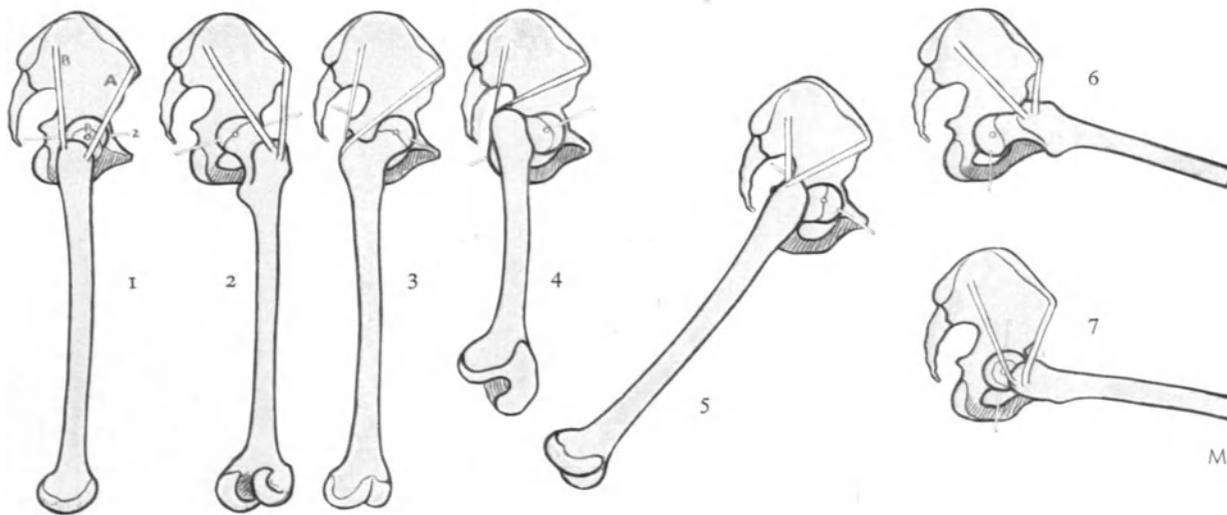


Abb. 144.

beobachten müssen, doch soll hier nur in der einen seitlichen Ansicht die Prüfung vorgenommen werden.

Der Muskel liegt nach außen vom Hüftgelenkmittelpunkt und wird deshalb bei seiner Verkürzung den Oberschenkel um die horizontale, von vorn nach hinten gerichtete Achse (z) im Meridian 80 nach außen abführen. Das zeigt die Fig. 1 der Abb. 144. Diese Bewegung durch den Muskel wird auch in allen anderen möglichen Lagen des Oberschenkels erhalten bleiben außer bei starker Vorhebung (Beugung im Äquator). In diesem Falle überwandert die Kraftlinie die Achse für die Abführung und der Muskel wird zum Zuführer des Oberschenkels. Mit gleichzeitiger Einwärtsdrehung nehmen immer weiter nach hinten folgende Fasern an der Zuführung Anteil. Das ergibt sich aus der Fig. 6 und 7, wenn man die Einstellung der beiden Muskelbänder zur Achse für die Ab- und Zuführung beachtet.

Von der Seite her gesehen wird uns vor allem ein Urteil über die Beuge- und Streckbewegung möglich. Der vordere Muskelstreifen (A) zieht schief von vorne oben nach unten hinten. Er liegt vor der Polachse (p) und muß deshalb auf das Hüftgelenk beugend einwirken. Der hintere Muskelstreifen (B) streckt das Gelenk. Die Kraft der Beugung nimmt mit einer Beugung aus der Grundstellung zu; einerlei, ob wir das Becken vorneigen oder den Oberschenkel vorheben, weil sich dadurch der senkrechte Abstand von der Achse vergrößert, Fig. 6. Dieser Abstand wird durch eine Innendrehung, die den großen

Rollhügel nach vorne bringt, noch weiter erhöht, und damit die Beugekraft des Muskels gesteigert, Fig. 7. Durch diese beiden Bewegungen wird auch der Streifen B der Polachse genähert und endlich über dieselbe nach vorne gebracht, Fig. 6 und 7. Dann ist der ganze Muskel zum Beuger geworden.

Eigentümlich ist die Wirkung einer starken Abführung des Oberschenkels auf den Muskel, Fig. 4. Durch dieselbe wird der große Rollhügel so weit gehoben, daß beide Bänder A und B, also der ganze Muskel, hinter der queren Polachse vorbeizieht. Er verliert dadurch sein Beugungsvermögen und wird zum ausschließlichen Strecker. Eine gleichzeitige Auswärtsdrehung, Fig. 4, vermehrt noch die Streckkraft.

Zuletzt haben wir auch noch die Lage des Muskels zur Längsachse des Oberschenkels festzustellen, um daraus sein Verhalten zur Längsdrehung zu prüfen. Richtiger ausgedrückt, hätten wir die Richtung des Muskels zu jener Längsebene des Oberschenkels zu bestimmen, die durch die quere Kniegelenksachse und den Hüftgelenksmittelpunkt gelegt wird. Ein Muskel, der in dieser oder in einer dazu parallelen Ebene verläuft, kann keine Drehwirkung haben, dazu muß er diese Ebene unter einem Winkel schneiden.

Das tut der Muskel und zwar wirkt der vordere Streifen, Fig. 1, als Einwärtsdreher, dessen Kraft durch eine Beugung von etwa 45° ihr Maximum erreicht, Fig. 6. Der Streifen (B) ist bei Fig. 1 Auswärtsdreher, kann aber durch starke Beugung und Einwärtsdrehung selbst zum Einwärtsdreher werden.

Wie aus diesem Beispiel hervorgeht, ist der Einblick in die Wirkungsweise eines Muskels eine recht mühsame, schwere und verwickelte Aufgabe, besonders wenn man daran denkt, daß hier ein ausgewählt einfacher Fall dadurch vorliegt, daß ein sehr schmaler, fast linienhafter Muskel untersucht wurde.

Ist der Muskel aber der Fläche nach ausgedehnter und setzt er sich aus einer großen Zahl verschieden gerichteter Fasern zusammen, dann ist er seiner Wirkung nach in entsprechend viele, verschieden wirkende Teilstücke zu zerlegen, wenn er auch anatomisch als *ein* Muskel beschrieben und bezeichnet wird.

Nach dieser allgemein gültigen Feststellung gehen wir dazu über, die einzelnen Muskeln und Muskelgruppen des Hüftgelenkes kennen zu lernen. Doch dürfen die folgenden Angaben über die Muskelwirkung niemals einfach gelernt werden. Man kann sie nur dauernd behalten, wenn ein sicher entwickeltes Vorstellungsvermögen für die dreidimensionale Körperlichkeit sie jederzeit neu zu gewinnen erlaubt. Dazu ist es von Vorteil, wenn *man* jede Angabe ein erstes Mal an der Hand der vorhandenen Abbildungen und an sich selbst zu prüfen versucht.

Die Abb. 145 zeigt uns die gegnerische (antagonistische) Arbeit zweier Muskeln, vorne des *Darmbein-Lendenmuskels* (*M. iliopsoas*) und hinten des *großen Gesäßmuskels* (*M. gluteus maximus*). Der erstere findet Ansatz an der Innenfläche der Darmbeinschaukel und vereinigt sich mit einem zweiten längeren Kopf, der von den Seitenflächen der Lendenwirbelkörper und ihrer Querfortsätze herabkommt, Abb. 247. Die gemeinsame Sehne tritt unter dem Leistenband aus dem Becken heraus, überläuft die Vorderseite des Gelenkes und erreicht den kleinen Rollhügel des Oberschenkels. Der vertikale Verlauf des Muskels und seine Lage vor dem Gelenk machen ihn in allen Gelenkstellungen zum fast reinen Beuger des Hüftgelenkes von ganz bedeutender Arbeitskraft.

Sein ebenso starker Helfer auf der Vorderseite des Gelenkes ist der *gerade Schenkelmuskel* (*Rectus femoris*), der auf der Abb. 146 mit B bezeichnet ist. Er setzt am vorderen unteren Darmbeinstachel des Hüftbeins an und erreicht in gerader Flucht nach abwärts laufend mit seiner Endsehne den rauhen Höcker der Schienbeinvorderfläche. In seine Sehne ist vor dem Kniegelenk die Kniescheibe eingeschaltet. Auch er ist in fast allen Stellungen des Gelenkes ein reiner Beuger.

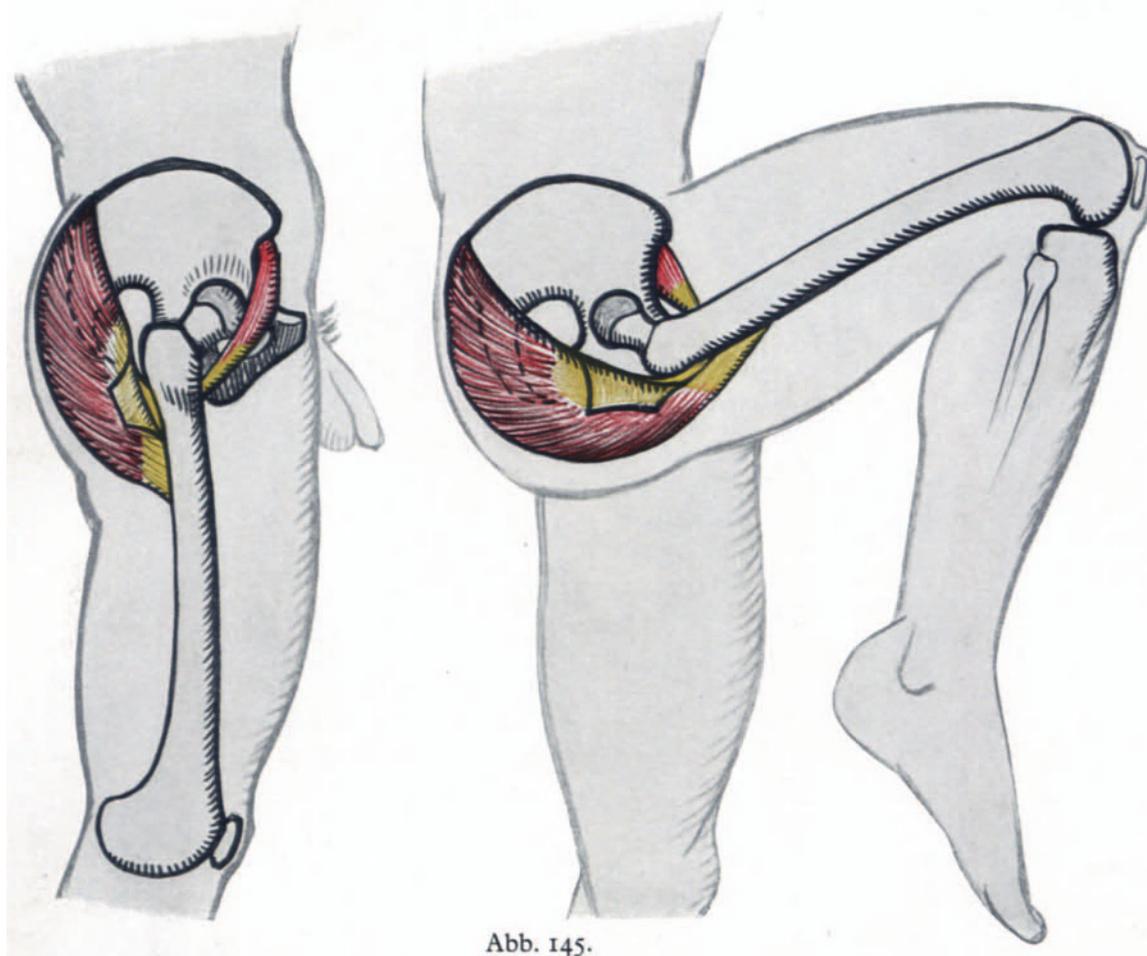


Abb. 145.

Beide Muskeln sind mehrgelenkige. Der Darmbein-Lendenmuskel kann durch seinen inneren Kopf auch auf die Wirbelsäule wirken, während der gerade Schenkelmuskel, wie wir schon wissen, ein Strecker des Kniegelenkes ist.

Auf der Rückseite des Hüftgelenkes sehen wir den eingelenkigen *großen Gesäßmuskel*. Abb. 145 und eine Gruppe von drei langen Muskeln, die vom Sitzknorren ausgehen, Abb. 146 u. 147 A, C, D. Der äußere (A) ist der lange Kopf des *zweibäuchigen Muskels* (Biceps femoris), dessen kurzer Kopf (E) als Beuger und Auswärtsdreher des Kniegelenkes auf Seite 60 beschrieben wurde. Er findet Ansatz am Köpfchen des Wadenbeins. Die beiden inneren Muskeln sind übereinander geschichtet. Der oberflächlichere (C) heißt der *halbsehmige Muskel* (M. semitendinosus). Er schickt seine zunächst runde Sehne um die Innenfläche des Kniegelenkes herum nach vorne und nimmt dann mit flachem, ausgebreitetem Sehnenende Ansatz am Anfang der Schienbeinkante, dicht unterhalb des Schienbeinhöckers. Der tiefe Muskel (D), der *halbhäutige Muskel* (M. semimembranosus) erreicht das Schienbein an der inneren Fläche seines Kapitells, Abb. 54, 10 u. 11, Seite 35.

Diese drei langen Muskeln sind zweigelenkig, wie der gerade Schenkelmuskel. Sie strecken das Hüft- und beugen das Kniegelenk. Für das Hüftgelenk nimmt das Streckvermögen mit mäßiger Beugung desselben zu. Eine sehr starke Beugung vermindert diese Kraftleistung wieder, ebenso eine Streckung aus der Grundstellung. Ihre Kraft für die Zuführung wächst mit steigender Abführung des Oberschenkels.

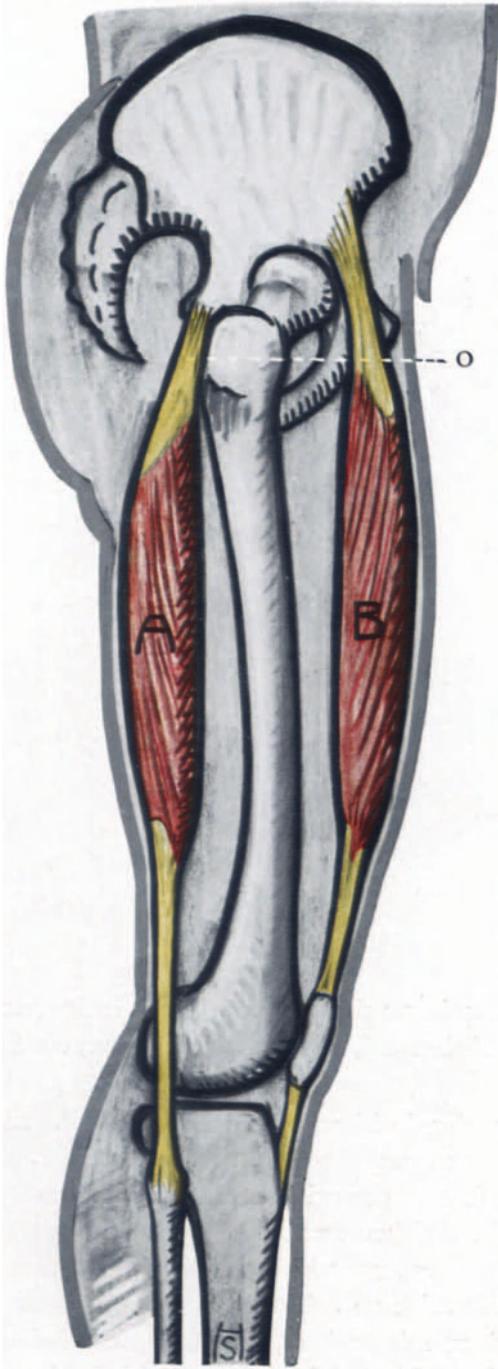


Abb. 146.

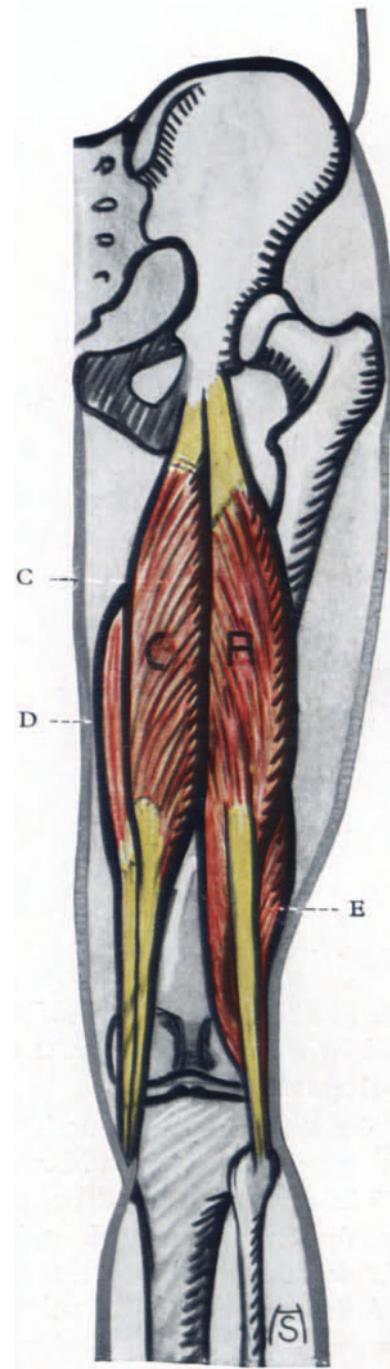


Abb. 147.

Eine sehr starke Zuführung macht den Muskel zum schwachen Gegner dieser Bewegung. Diese Angaben werden bei Berücksichtigung der Muskelverlaufsrichtung zum Hüftgelenk auf Abb. 144 und 147 leichter verständlich sein.

Der *große Gesäßmuskel* ist durch seine Lage hinter dem Gelenk und dank seiner großen Fleischmasse ein Strecker des Hüftgelenkes von gewaltiger Kraft. Seine groben, parallel geordneten

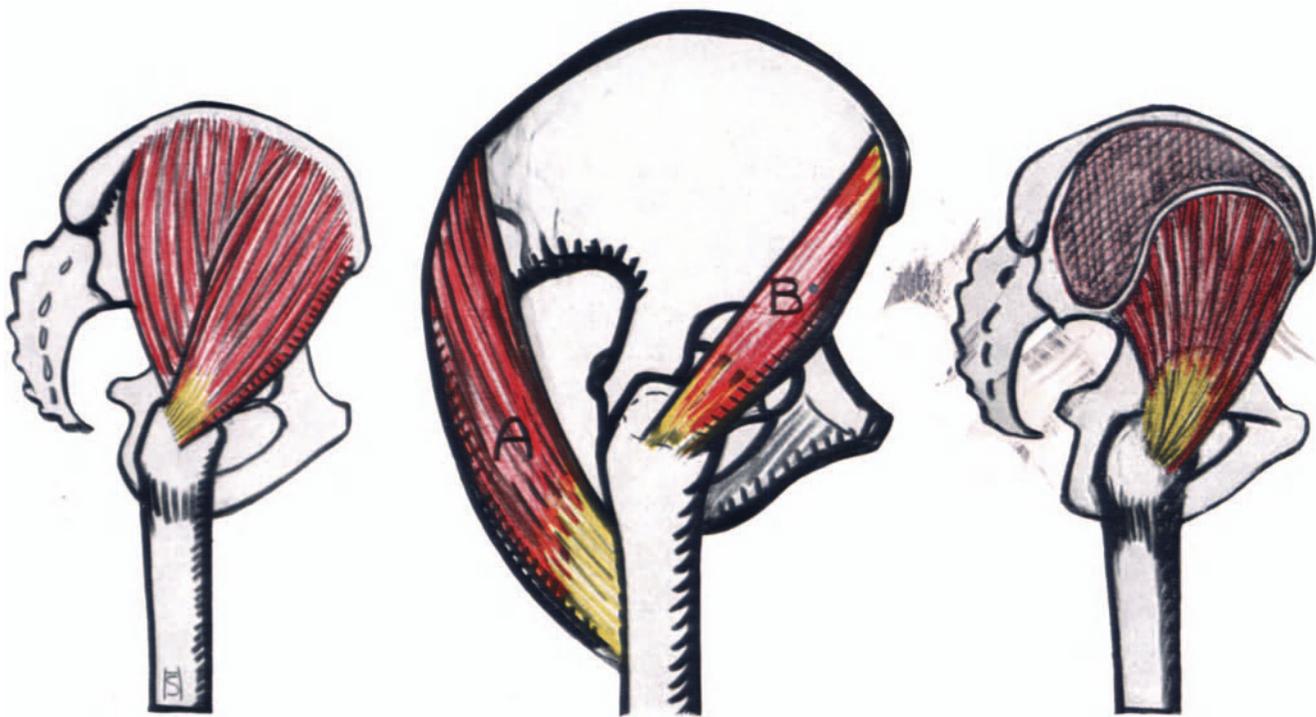


Abb. 149 A.

Abb. 150.

Abb. 149 B.

Faserbündel besetzen einerseits die hintere Ecke der Darmbeinschaukel, das Kreuzbein und eine Strecke weit das Kreuzbein-Sitzknorrenband. Sie verlaufen nach unten, außen und nach vorne zum Oberschenkel und setzen sich an der rauhen, höckerigen Leiste an, die an der Hinterfläche des Knochens nach außen vom kleinen Rollhügel abwärts zieht, Abb. 148.

Ein anderer oberflächlicher Teil der Fasern der oberen Hälfte des Muskels zweigt ab und geht in einen starken sehnenigen Längsstreifen über, der in geradem Lauf über den äußeren Bauch des vierköpfigen Streckers nach abwärts zum oberen Außenrand des Schienbeins zieht, Abb. 165. Dieser Teil ist auf Abbildung 145 und 148 abgeschnitten gezeichnet.

Der oberste Teil des Muskels wird mit zunehmender Beugung des Oberschenkels der

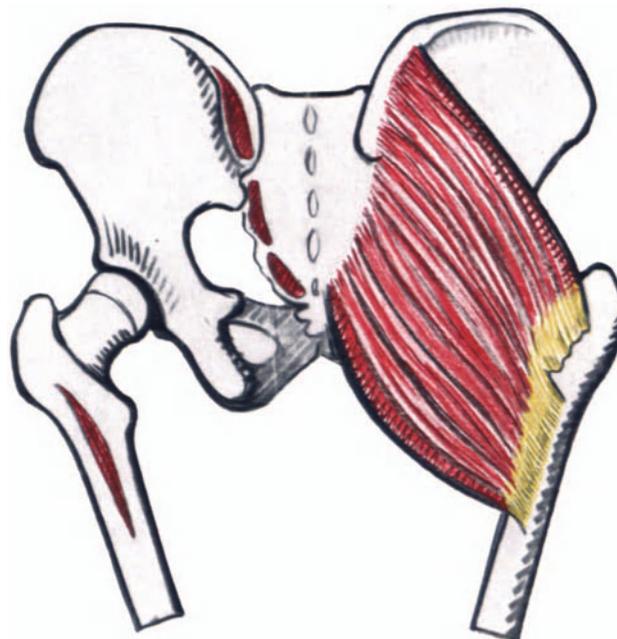


Abb. 148.

Achse für diese Bewegung genähert und damit seine Streckkraft herabgesetzt. Bei sehr starker Beugung und besonders, wenn durch gleichzeitige Innendrehung der große Rollhügel gehoben und dem vorderen oberen Darmbeinstachel genähert wird, wird dieser Teil des Muskels sogar ein Beuger des Hüftgelenkes. Das ist bei Betrachtung der Abb. 145, auf welcher der vordere Muskelrand sich dem Gelenk schon genähert hat, wohl zu verstehen. Zeichnet man sich

auf Abb. 144, 7 die oberste Faser des Muskels ein, so wird diese vor der Polachse zu liegen kommen. Der Ansatz des Gesäßmuskels am Becken liegt nach innen, der am Oberschenkel nach außen vom Hüftgelenk, dabei zieht ein größerer Teil der Muskelfasern unter der Achse für die Zu- und Abführung im Gelenk vorbei, so daß dieser in der Grundstellung ein starker Anzieher des Oberschenkels, der obere Teil ein schwächerer Abheber sein wird, Abb. 148. Eine Beugung des Oberschenkels vermehrt den abziehenden Anteil des Muskels. Da alle Fasern des Muskels parallel verlaufen, haben sie alle die gleiche Lage zur Längsachse des Oberschenkels und führen eine Auswärtsdrehung im Hüftgelenk aus. Doch bringt eine starke Beugung besonders bei gleichzeitiger Abführung und Einwärtsdrehung die Wirkung der obersten Fasern zum Umschlag. Sie beginnen dann steigend einwärts zu drehen. Die Abb. 144, 6 und 7 wird auch diese Angabe begrifflich machen.

Die Muskeln für das Abheben und Zuführen des Oberschenkels sind auf der Abb. 151 zu sehen. Die Abzieher sind mit 5 bezeichnet. Für die Zuzieher sind auch ihre Ansatzfelder am Skelett (1—4) eingetragen. Die Lage des Gelenkes zwischen beiden Gruppen bewirkt ihre gegnerische Wirkung.

Zu den Abziehern (Abduktoren) gehören zwei flache, übereinander gelagerte Muskeln von dreieckiger Form und fächerförmiger Anordnung der Muskelfasern. Der oberflächlicher gelegene heißt der *mittlere*, der tiefer gelegene der *kleine Gesäßmuskel* (*M. gluteus medius et minimus*), Abb. 149, A und B.

Das breite Ansatzfeld findet sich auf der Außenfläche der Darmbeinschaukel bis vor zum vorderen oberen Darmbeinstachel. Die schmalere Sehne endet am Scheitel des großen Rollhügels. Über ihre Wirkung ist schon eingehend berichtet worden.

In der Abb. 150 ist der vordere Teil des Muskels als Gegner der unteren Teilmasse des großen Gesäßmuskels für die Ein- und Auswärtsdrehung abgebildet.

Die Gruppe der Anzieher (Zuführer = Adduktoren) umfaßt vier Muskeln. Sie heißen: der *Kammmuskel* (*M. pectinaeus*), Abb. 151, 1, der *lange Anzieher* (*M. Adductor longus*) Abb. 151, 2, der *kurze Anzieher* (*M. Adductor brevis*) Abb. 151, 3 und der *große Anzieher* (*M. Adductor magnus*) Abb. 151, 4.

Die Anordnung und Anheftung der Muskeln am Skelett ergibt sich aus der Betrachtung der Abbildung. Der höchstgelegene der Gruppe ist der Kammmuskel, dessen Ansatzlinien am Becken und

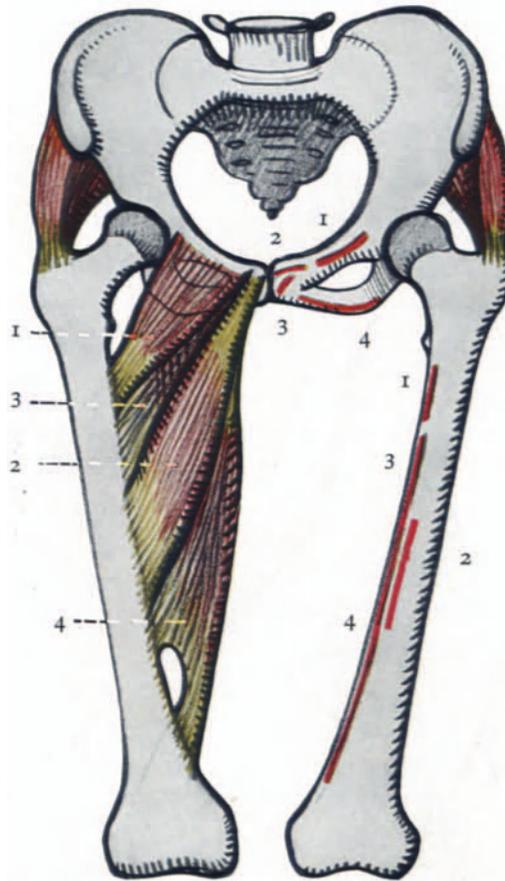


Abb. 151.

Oberschenkel nicht zu verwechseln sind. Nach abwärts folgt der lange Anzieher, der dicht an der Schamfuge und in der Mitte des Oberschenkels seine rot ausgezogenen Ansatzlinien besitzt. Der kleine und der große Anzieher nehmen etwas tiefere Lage, namentlich der letztere. Am Becken finden wir ihre Ansatzlinien dementsprechend angeordnet. Der Ansatz aller Muskeln am Oberschenkel erfolgt längs der rauhen Linie (*Linea aspera*).

Aus der Muskelfleischmasse des großen Anziehers wird gegen das Becken hin das oberste Teilstück als kleinster Anzieher (*M. adductor minimus*) selbständig und abgrenzbar. Über die zuführende Wirkung aller dieser Muskeln ist nur noch zu sagen, daß mit der Beugung

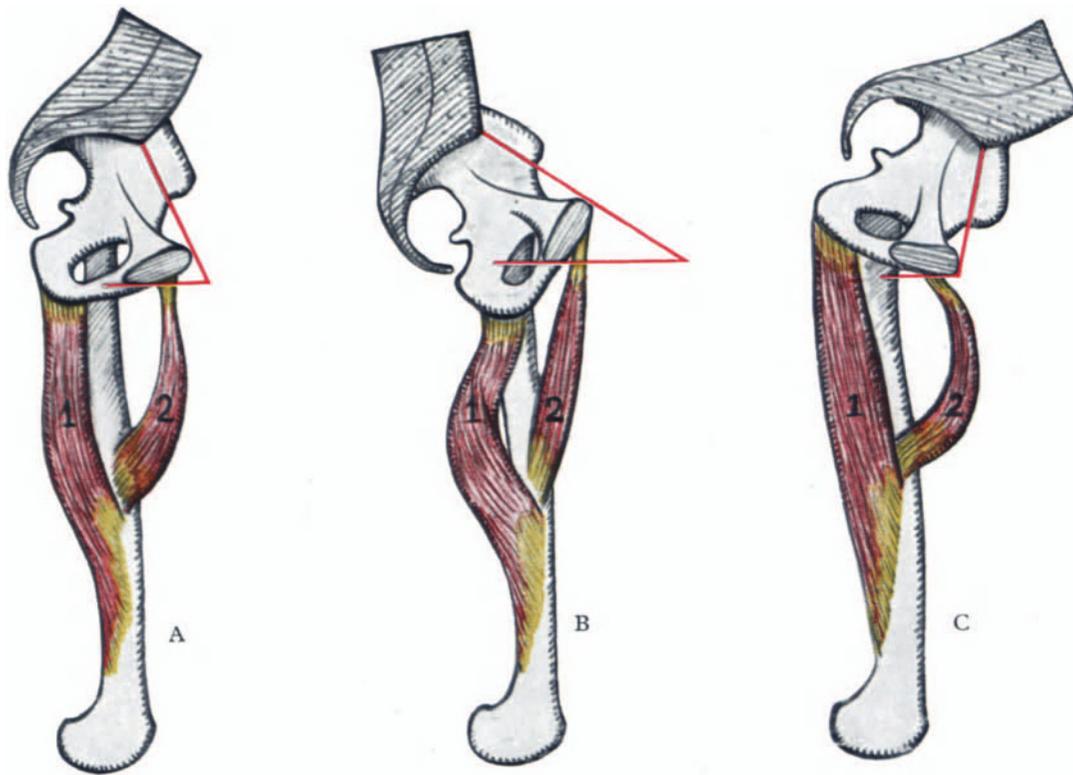


Abb. 152.

des Oberschenkels die tiefen Muskeln an Kraft verlieren und mit steigender Abführung alle an Kraft gewinnen. Betrachten wir die Ansatzlinie des langen und großen Anziehers von der Innenseite her in ihrer Lage zum Gelenk, Abb. 152, so sehen wir, daß bei ruhiger, aufrechter Haltung die Hüftgelenksquerachse (Polachse) zwischen beiden liegt, Abb. 152, A. Bei einer Streckung, Abb. 152, B, des Gelenkes wird am Präparat der vordere Muskel, der lange Anzieher (2), bei einer Beugung, Abb. 152, C, der hintere Muskel, der große Anzieher (1), gespannt. Beim Lebenden wird also umgekehrt der lange Anzieher beugen, der große Anzieher strecken. Wie der letztgenannte Muskel wirken auch die beiden kurzen Anzieher, die auf der Abb. 148 mit 1 und 3 bezeichnet sind. In äußerster Streck- und Beugstellung schlägt die Wirkung der beiden langen Muskeln um, weil sie dann die Beugungsachse des Gelenkes überwandern und vor und hinter dieselbe zu liegen kommen. Der lange Anzieher wird zum Strecker, der große Anzieher zum Beuger, freilich mit geringer Kraft. Für die Drehung kommen die Anzieher alle kaum in Betracht.

Als dritte Gruppe von Muskeln sind noch die in Abb. 153, A und B abgebildeten tiefen und kurzen Muskeln zu erwähnen, die vor allem für die Auswärtsdrehung des Hüftgelenkes tätig sind. Dazu gehören: der *birnförmige Muskel* (*M. piriformis*) Fig. A 3, der *innere und äußere Verstopfungsmuskel* (*M. Obturator internus und externus*) Fig. A 4 und B 1 und der *viereckige Schenkelmuskel* (*M. quadratus femoris*), Fig. A und B 2.

Der birnförmige Muskel hat geringe auswärtsdrehende, außerdem streckende und noch stärkere abhebende Wirkung auf das Gelenk, während die beiden Verstopfungsmuskeln stark auswärtsdrehende Wirkung haben, die aber mit der Beugung des Gelenkes abnimmt. Der äußere Verstopfungsmuskel führt stärker zu als der innere. Noch kraftvoller wirkt in diesem Sinne der viereckige Muskel, der auch stark auswärts dreht. Die ganze Gruppe wirkt außerdem in allen Gelenkstellungen streckend.

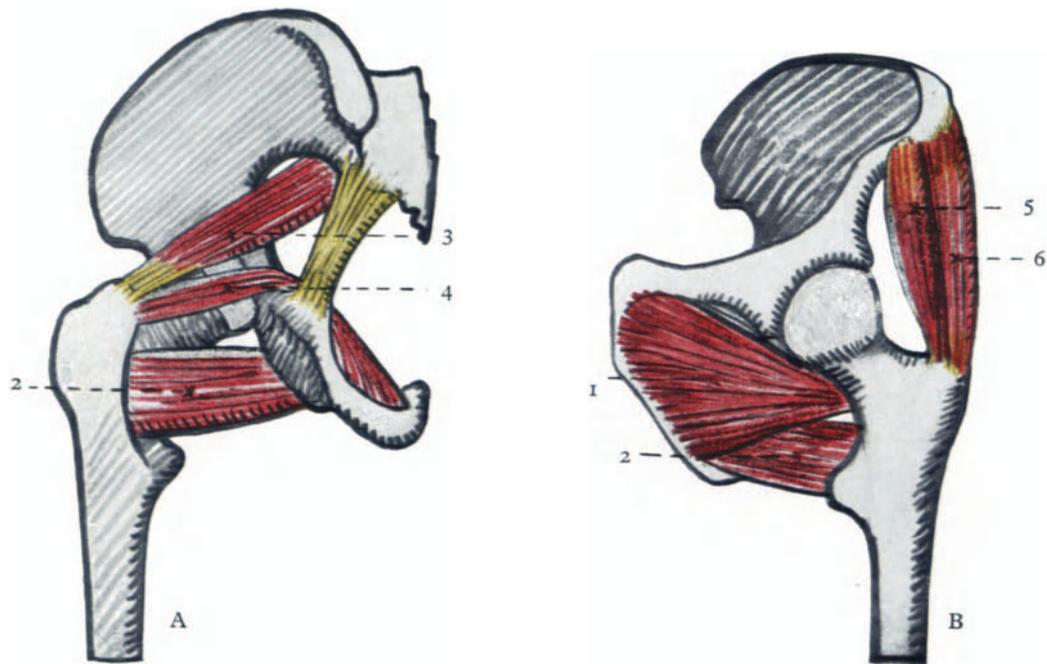


Abb. 153.

Fassen wir nun alle beschriebenen Muskeln des Hüftgelenkes unter einem einheitlichen Gesichtspunkte zusammen, so werden wir das leichter erreichen, wenn wir uns zunächst den Oberschenkel im Raum festgestellt und nur das Becken beweglich denken.

Dann ist es so, als ob wir auf dem kugeligen Endknopf einer Stange ein Brett mit einer passenden Pfanne aufsetzen und dasselbe durch die Spannung einer Reihe von Schnüren, die vom Rand des Brettes zur Stange ziehen, vor dem Herunterfallen bewahren, es also darauf festmachen und durch Zug an den Schnüren nach jeder Richtung bewegen würden. Wir können dann selbstverständlich auch noch auf das Brett weitere gewichtige Massen aufsetzen und mitbewegen, soweit das in der Konstruktion verwendete Material dies zulässt.

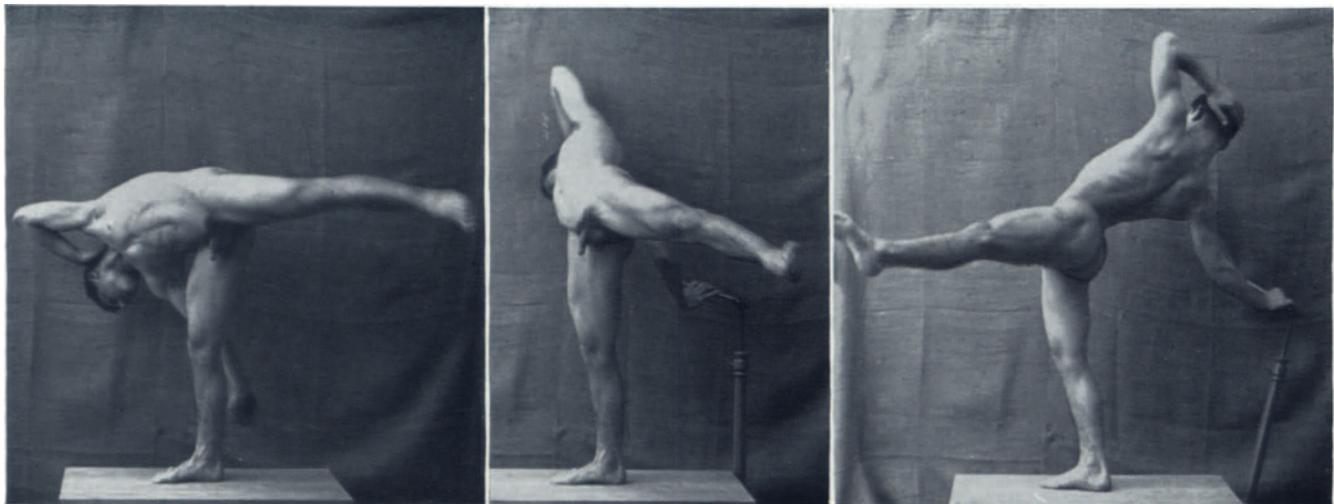


Abb. 154.

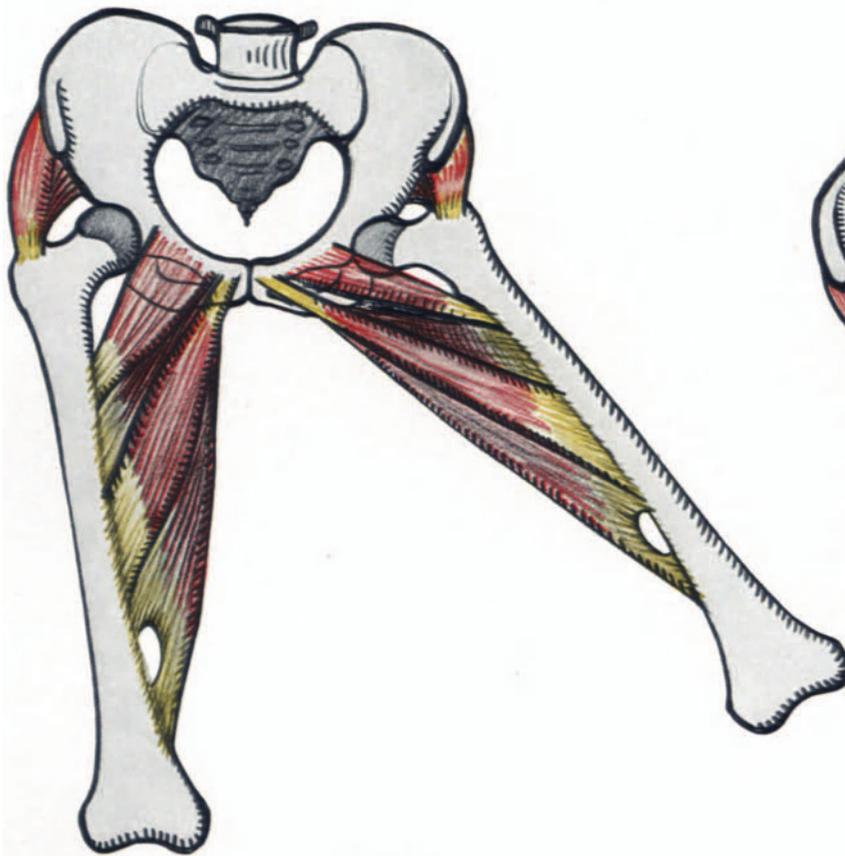


Abb. 156.

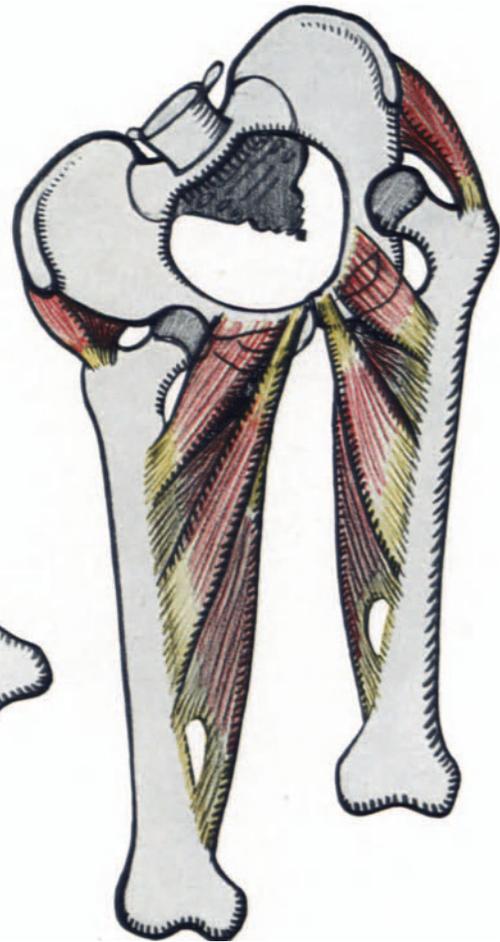


Abb. 155.

Stehen wir auf einem Bein, so können wir die ausgiebigsten und in ihrem Ausschlag uns ja bekannt gewordenen Bewegungen des Beckens auf dem Oberschenkel ganz in diesem Sinne durch die Muskeln ausführen, nur mit dem einen Unterschied, daß auch der Oberschenkel seine Lage ändert. Dabei wird die ganze Masse der auf dem Becken aufgebauten Teilstücke des Oberkörpers mitbewegt und im Gleichgewicht gehalten. Die drei Akt-aufnahmen der Abb. 154 bringen einige in diesem Sinne ausgeführte Gleichgewichtsaufnahmen zur Ansicht.

Wir wollen uns dazu als Anleitung für die Beobachtung am Lebenden die Abb. 155 und 156 ansehen. Auf der ersten ist das Becken durch die mittleren und kleinen Gesäßmuskeln über das Standbein gedreht oder gehoben = Abführung des Oberschenkels. Die Zuführer sind passiv gedehnt, aber bei dieser Haltung am Lebenden wegen der geringen Stabilität meist in leichter aktiver Spannung. Das gehobene linke Bein hängt durch die Schwere in stark zugeführter Stellung herab. Es ist dies die Stellung des Modells auf Abb. 133. Die zweite Abbildung zeigt das Becken durch die Kraft der Abzieher gehalten, die Zuzieher sind erschlafft. Das freie Bein ist stark abgeführt und die Zuzieher sind stark gedehnt. Wie bei einer solchen, auf Abb. 157 eben beginnenden, seitlichen Abhebung des Beines der mittlere Gesäßmuskel an der Oberfläche sichtbar werden kann, mag das Aktbild eines Togonegers zeigen.

Vergleichen wir nun annähernd die Kraftleistung der einzelnen Muskelgruppen, so ist festzustellen, daß zunächst wie beim Kniegelenk und Sprunggelenk auch am Hüftgelenk die Strecker die Beuger wesentlich an Arbeitsleistung überbieten. Dafür sorgt vor allem der große Gesäßmuskel. Die starken Gesäßbacken sind wie die starken Waden ein besonderes Merkmal des menschlichen Körpers. Geschaffen

durch die aufrechte Haltung und das Stehen auf zwei Beinen.

Es wird gelehrt, daß der große Gesäßmuskel beim ruhigen Stehen und auch beim ruhigen, langsamen Gehen auf ganz ebenem Boden nicht gebraucht wird. Beim rascheren Gehen, beim Steigen, Laufen, Springen, auch beim langsamen Gehen auf holperigem Boden soll er hingegen in Tätigkeit sein. Ebenso, wenn wir rasch aus einer Sitzhaltung aufschnellen. Das letztere ist sicher richtig. Das erstere scheint mir nicht zuzutreffen. Der Anatom *Strasser*

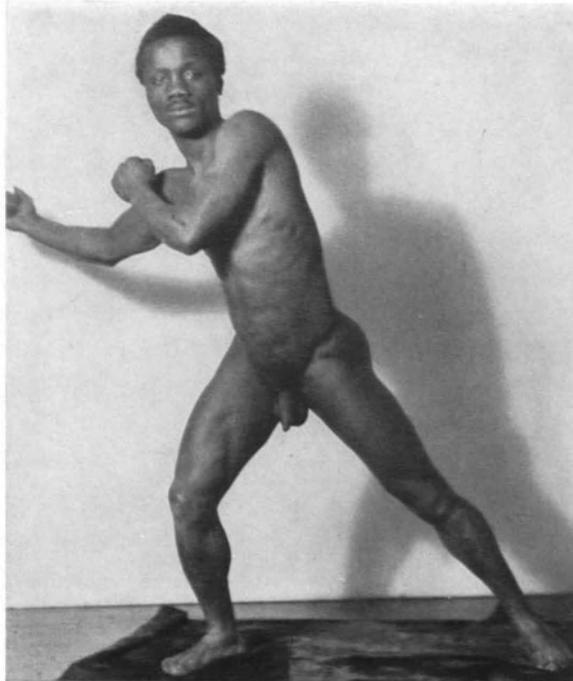


Abb. 157.

Gesäßmuskel stets in kräftiger Verkürzung sich finde, ist keineswegs zutreffend. Bei *ruhigem* Stehen auf Standbein mit Spielbein ist er vielmehr meistens völlig erschlaft.

Ja, wir können auf einem Bein stehen, das zweite vom Boden abheben und uns dann allerdings langsam und vorsichtig sehr frei im Hüftgelenk des Standbeines mit dem Rumpf bewegen, ohne daß bei der wechselnden Muskularbeit zur Erhaltung des Gleichgewichts der große Gesäßmuskel mit verwendet wird. Er scheint erst bei größeren Leistungen zu Hilfe genommen zu werden oder bei plötzlicher, energischer Korrektur, wenn eine kräftige Streckbewegung oder Auswärtsdrehung des Hüftgelenkes nötig ist.

Wollen wir unseren Körper in Hüftgelenkstreckstellung festhalten, z. B. wenn wir unseren auf dem Rücken liegenden gestreckt versteiften Körper vom Kopf aus über die Füße aufstellen lassen, oder wenn wir den Versuch machen, den versteiften Körper bloß unter Auflagerung des Kopfes und der Fersen zwischen zwei Stühlen wie eine Brücke aufzulegen, so arbeitet der große Gesäßmuskel einem Einbruch des Hüftgelenkes (Beugung) entgegen.

Für eine ausschließliche Zuführung (Adduktion) des Oberschenkels scheint er nicht oft verwendet zu werden, obwohl der untere Teil des Muskels dafür brauchbar wäre. Freilich, wenn wir auf glatter Bodenfläche die gespreizten Beine zu schließen versuchen, und damit den zuführenden Muskeln eine besonders hohe Arbeitsleistung zumuten, springen die beiden großen Gesäßmuskeln sofort ein und werden fest und hart. Gehen wir aber mit dem Oberkörper während der Zuführung in eine leichte Vorbeugung, so kann er mit der notwendigen Aufmerksamkeit von der Zuführung ausgeschaltet werden.

Die Erklärung scheint mir darin zu liegen, daß die langen Beuger des Kniegelenkes mit der Beugung im Hüftgelenk an Streckkraft auf das Hüftgelenk gewinnen, während namentlich der untere Teil des großen Gesäßmuskels an Streckkraft verliert. Da mit der Beugstellung die Streckkraft der tiefen Zuführer, mit der Streckstellung die Beugekraft derselben ansteigt, so muß es eine Beugstellung geben, in der die Zuführer ausschließlich zuführen. In der Strecklage aber werden sie folglich das Hüftgelenk auch noch

ser hat als erster Zweifel daran geäußert und ich muß mich ihm anschließen. *Strasser* meint, daß eben die leichte Spannung des Muskels beim ruhigen Gang leicht übersehen werden kann. Wenn man aber an sich selbst den unteren Rand des Muskels während des ruhigen Ganges mit den Fingern umfaßt, und vom Sitzknorren ein wenig nach hinten außen abdrängt, fühlt man doch die regelmäßige leichte Spannungszunahme des Muskels.

Die häufige Angabe, daß beim ruhigen Stehen auf einem Bein auf der Standbeinseite der große

zu beugen versuchen und dieser Bewegung wirkt der große Gesäßmuskel entgegen. Bei stärkerer Beugung wird die Steigerung der Beugewirkung der Zuführer durch die langen Kniegelenksbeuger wett gemacht, deren Streckkraft in dieser Stellung angewachsen ist und allein dazu ausreicht.

Es ist ferner daran zu denken, daß der große Gesäßmuskel bloß das Hüftgelenk streckt, während die langen Muskeln auch das Kniegelenk beugen. Es wird also häufig bei schnelleren Bewegungen eine Korrektur durch den Eigenmuskel des Hüftgelenkes nötig sein, wenn die richtige Kombination für beide Gelenke nicht gefunden werden kann.

Die Kraft der Zuführer übertrifft die der Abheber und die Kraft der Auswärtsdreher ist wieder viel größer, als die der Einwärtsdreher.

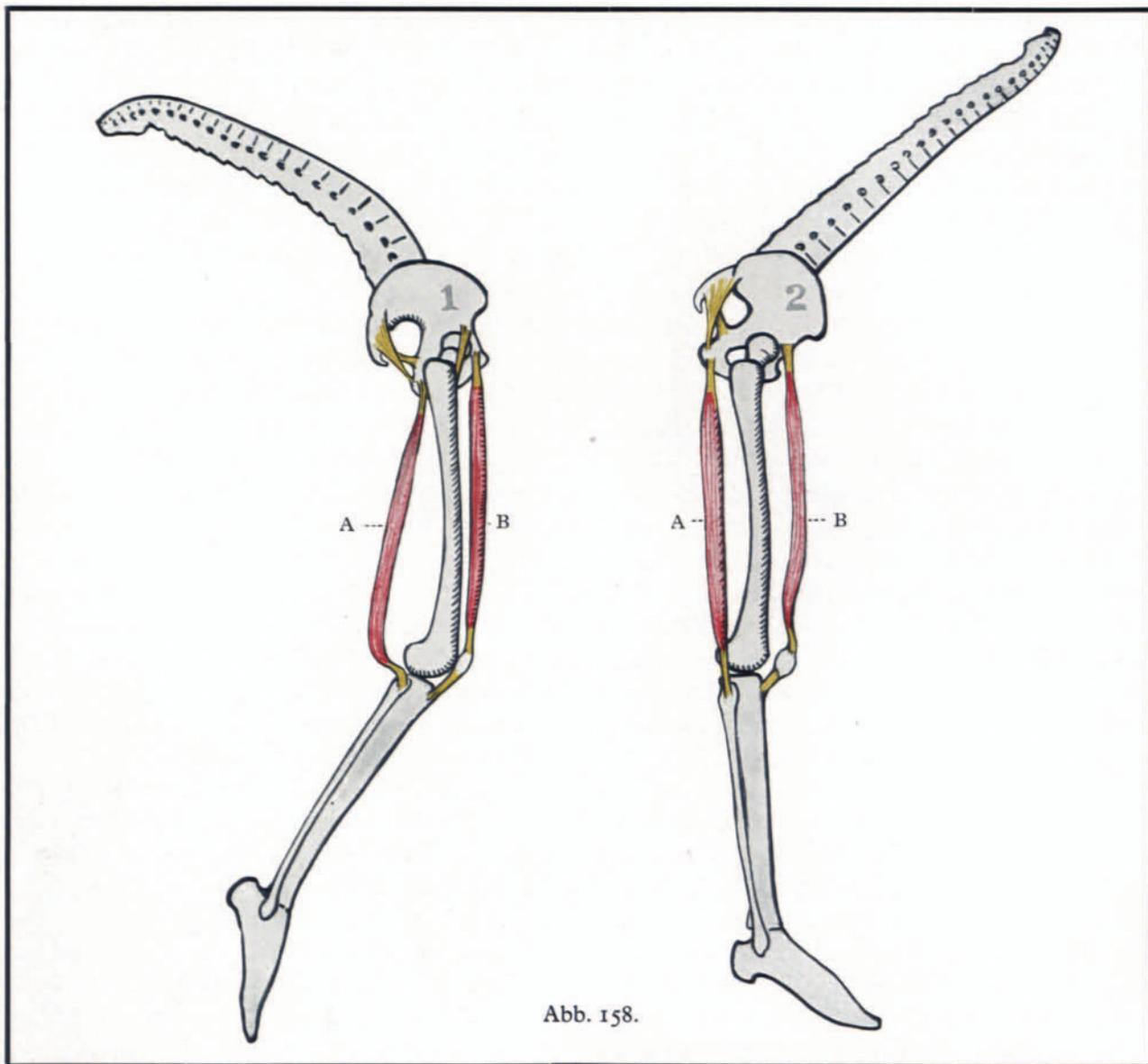
Die eigenartige Tätigkeit der zweigelenkigen Muskeln am Oberschenkel verlangt aber noch genauere Betrachtung. Wir können dabei von der bekannten Beobachtung ausgehen, daß das gestreckte Bein weniger hoch nach vorn gehoben werden kann, als das im Kniegelenk gebeugte, Abb. 130, 2 u. 3. Das Zahlenverhältnis ist gleich 70 bis 80° : 100 bis 120° . Diese Abhängigkeit der beiden Gelenke voneinander, man könnte von einer Kuppelung im Sinne der Technik sprechen, wird durch die langen Muskeln bedingt.

Auf Abb. 158 1—6 bedeutet A die langen Beuger, B die langen Strecker des Kniegelenkes, die in entgegengesetzter Richtung auf das Hüftgelenk arbeiten, also A als Strecker, B als Beuger. Auf Figur 1 ist das Becken auf dem Oberschenkel so stark als möglich hinten über gelegt, bis die Spannung des Darmbein-Oberschenkelbandes erreicht ist. Das Hüftgelenk ist also maximal gestreckt. Der Unterschenkel ist bis zur Spannung von B nach hinten geführt (gebeugt), A ist erschlafft. Nun wird der Unterschenkel im Kniegelenk gestreckt (Figur 2), B erschlafft. Durch einen Zug mit der Hand nach abwärts führt B eine Vorneigung des Beckens, also eine Beugung des Hüftgelenkes aus, die in der abgebildeten Stellung durch Spannung von A zum Stillstand kommt. Bringen wir dann durch Heben des Unterschenkels d. h. durch eine Beugung im Kniegelenk, den Ansatz des Muskels A am Unterschenkel höher hinauf, Figur 3, so neigt sich das Becken immer mehr vor, Figur 4, bis sich endlich auch der Muskel B spannt, Figur 5. Weiteres Beugen des Kniegelenkes bringt dann noch A zum erschlaffen, Figur 6, und das Becken kann noch weiter vorgeneigt (gebeugt) werden. Am Lebenden ist diese letzte Strecke nicht mehr durch eigene Muskelarbeit auf das Hüftgelenk, also nicht aktiv, sondern nur passiv erreichbar, Abb. 130, 4 und 139 B, und zwar deshalb, weil der gerade Schenkelmuskel seine beugende Kraft auf das Hüftgelenk dadurch fast ganz verliert, daß er immer näher an die quere Hüftgelenksachse heranrückt und die übrigen Beugemuskeln fast ihre maximale Verkürzungsgröße erreicht haben. Die langen Kniegelenksbeuger verlieren in der Beugestellung Abb. 158, Fig. 5 gleichfalls ihre Kraft auf das Kniegelenk und das ist die Erklärung für die muskeltote Strecke im Beugungsfeld auf Seite 77.

Senken wir aus der Stellung, Abb. 158, 5 den Unterschenkel zur Stellung 2, so geht auch das Becken zur früheren Stellung zurück. Wir bekommen mit jeder Beugung und Streckung des Kniegelenkes eine Mitbewegung des Hüftgelenkes.

Daraus ergibt sich, daß die langen Beugemuskeln A aufs äußerste gedehnt, doch noch zu kurz sind, um eine entgegengesetzt gerichtete stärkste Bewegung der zwei durch sie gekuppelten Glieder in den beiden Gelenken zu gestatten. *Ein völlig gebeugtes Hüftgelenk erlaubt kein völlig gestrecktes Kniegelenk und umgekehrt.*

Diese Muskelhemmung (passives Unvermögen) ist also die Ursache davon, daß wir das gestreckte Bein weniger hoch nach vorn heben können, als das im Kniegelenk gebeugte Bein. Doch kommt als zweite ursächliche Bedingung noch hinzu, daß die langen Beugemuskeln, welche die Bewegung in den beiden Gelenken ausführen, sich nicht ausreichend zu verkürzen vermögen, um die in beiden Gelenken mögliche Bewegung voll auszunützen (aktives Unvermögen).



Der gleiche Vorgang hemmt natürlich auch vorzeitig die Beugung des Rumpfes bei gestreckten Beinen und die Schmerzen in den Muskeln an der Hinterseite des Oberschenkels werden durch die Spannung der Muskeln hervorgerufen.

Was für die doppelgelenkigen, langen Beugemuskeln (des Kniegelenkes) gesagt wurde, das gilt in gleichem Maße, wenn auch im umgekehrten Sinne für den doppelgelenkigen langen Streckmuskel (des Kniegelenkes) den geraden Schenkelmuskel. Ein völlig gestrecktes Hüftgelenk erlaubt kein völlig gebeugtes Kniegelenk und umgekehrt.

Das ergibt sich klar aus der Abb. 158, 1. Würden wir aus der abgebildeten Stellung den Unterschenkel weiterbeugen, so muß durch den Zug von B das Becken im Hüftgelenk vorgeneigt also gebeugt werden.

Diese Probe ist auch am Lebenden leicht zu machen, und durch die Abb. 159, 1—3 nach Aktaufnahmen zur Darstellung gebracht. Die Stellung des Beckens ist durch eine Linie gekennzeichnet. Auf der ersten

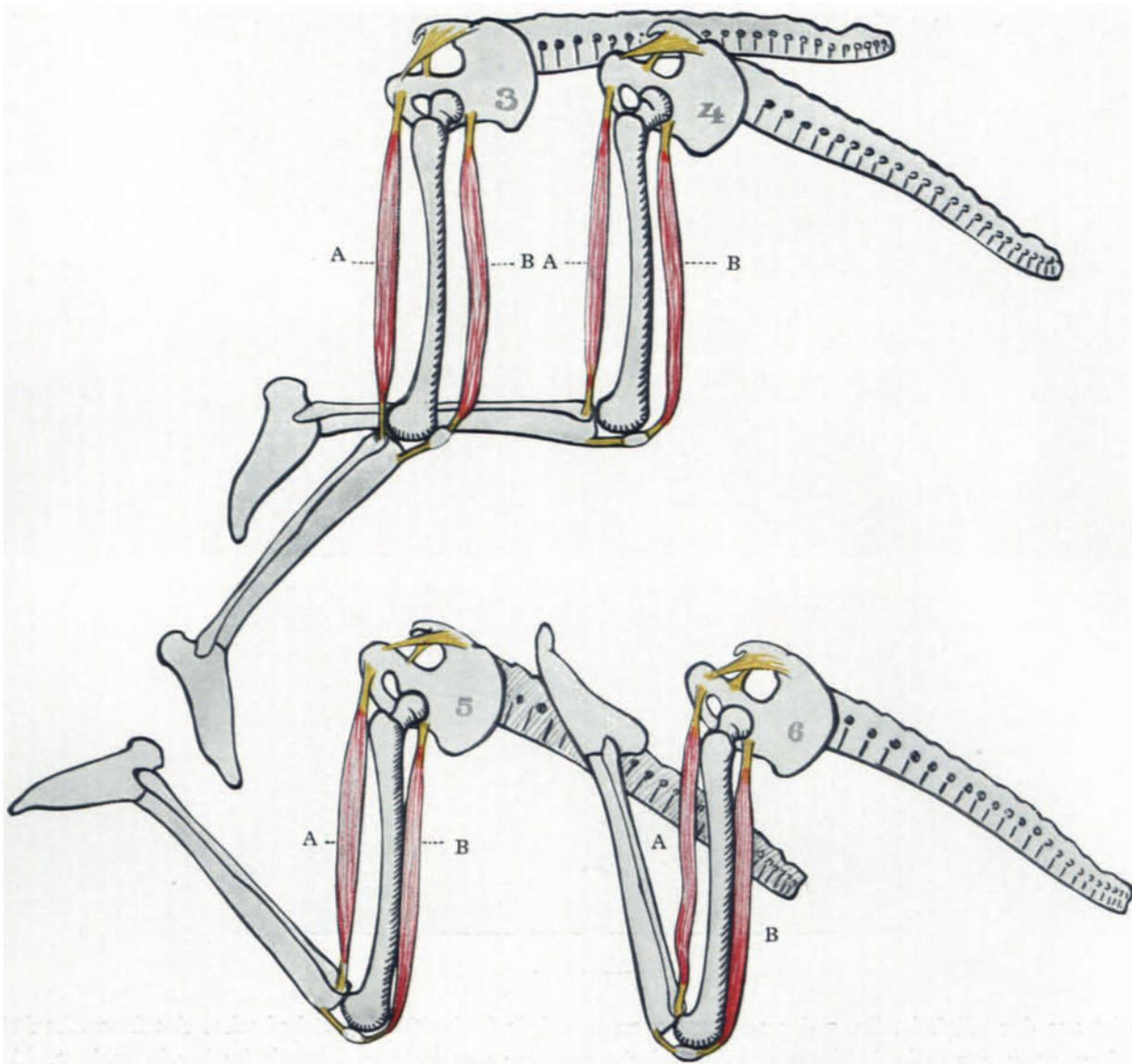


Abb. 158.

Abbildung versucht das Modell mit im Knie gestreckten Beinen auf ebener Tischplatte sitzend, sich möglichst stark vorzubeugen. Es ist die Haltung der tiefen Rumpfbeuge bei gestreckten Beinen, nur mit veränderter Schwerewirkung auf die Massen.

Die Rumpfbeuge kann hier nur soweit durchgeführt werden, als es die gehemmte Beugung des Hüftgelenkes und die Beugung der Wirbelsäule erlauben, weil eine stärkere Vorneigung des Beckens durch die Spannung der langen Beugemuskeln verhindert ist. Das Becken gewinnt erst durch eine Beugung des Kniegelenkes auch im Hüftgelenk so viel Spielraum, daß es in die starke Beugstellung der Abb. 159, 2 übergehen kann.

Streckt man dem Modell in dieser Haltung gewaltsam die Beine im Knie, so muß es wieder mit dem Oberkörper in die Haltung von 1 zurück.

Die dritte Abbildung läßt die Wirkung des geraden Schenkelmuskels auf das Knie- und Hüftgelenk sehen. Bei stärkster Kniebeuge wird durch den Muskel das Becken im Hüftgelenk vornüber gedreht.

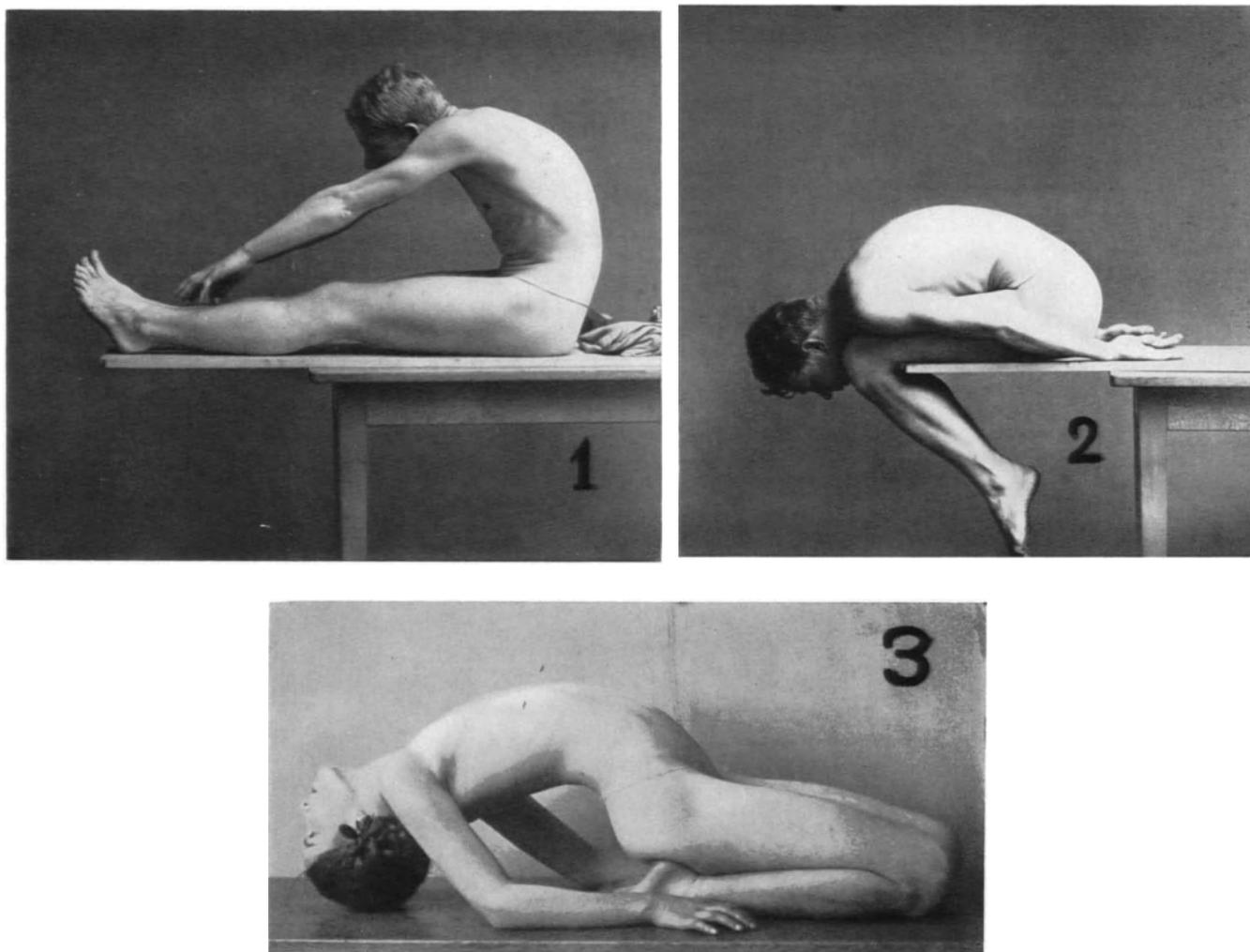


Abb. 159.

Das ist aus der Winkelstellung der aufgetragenen Be-Linie (Seite 69) zur Schaftachse des Oberschenkels zu sehen, wenn man die Abbildung um 90° dreht und von der rechten Schmalseite her betrachtet. Das Becken kann durch eine Streckung im Hüftgelenk einer Rückbeuge des Rumpfes nicht zu Hilfe kommen. Diese muß allein wieder durch die Wirbelsäule ausgeführt werden. Denken wir uns dagegen die Kniee des Modells gestreckt, so kann es sich mit flachem Rücken bündig auf dem Tisch ausstrecken.

Daß auch der Lebende durch Übung eine ganz besondere Dehnungsfähigkeit dieser langen Muskeln erlernen kann, das lehrt die von Artisten oft gezeigte und auf Seite 75, Abb. 131 abgebildete Übung.

Bei der Betrachtung der Abb. 160 könnte man meinen, daß hier gleichfalls die Spannung des doppelgelenkigen geraden Schenkelmuskels das Hüft- und Kniegelenk einstellt. Bei weiterer Überlegung wird uns aber klar, daß in diesem Falle der Rumpf mit dem Kopf bis auf den Boden sinken und die Kniegelenke maximal gebeugt werden müßten. Es kann folglich die abgebildete Stellung nur durch aktive Spannung des dreiköpfigen Streckers des Kniegelenkes ermöglicht werden, der den Unterschenkel und mit ihm auch noch den Rumpf streckt. Die harte Rundung des Oberschenkels, den das Gewicht auf der Unterlage kaum abplattet, drückt die Tätigkeit des Muskels aus. Der gerade Schenkelmuskel, der das Becken beugen und damit die Streckung der Wirbelsäule noch verstärken müßte, bleibt ausgeschaltet.

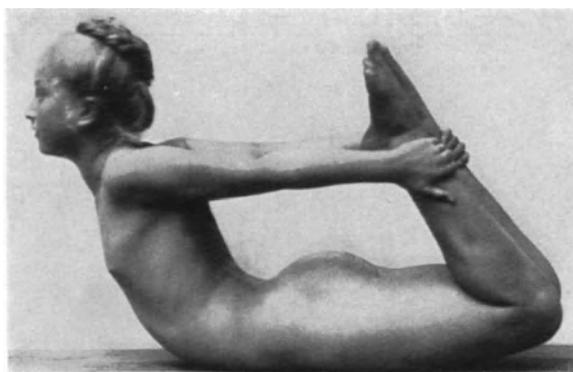


Abb. 160.

Diese Angaben über die doppelgelenkigen Muskeln können wir vervollständigen und hinzufügen, daß das Kniegelenk auch mit dem Sprunggelenk durch einen solchen Muskel gekuppelt ist. Wir haben ihn schon im Abschnitt II auf Seite 34 erwähnt. Es ist der *dreiköpfige Wadenmuskel*, Abb. 161. Die Probe ist leicht zu machen. Neigt man den Körper bei aufgestützten Armen und gestreckten Beinen in den Sprunggelenken stark vor, so spürt man bald die starke Dehnung des Zwillingsmuskels als lebhaften Schmerz, der sofort nachläßt, wenn man das Kniegelenk beugt, obwohl dann die Vorwärtsneigung des Beines noch wesentlich vermehrt werden kann. Der Muskel erlaubt bei völlig gestrecktem Kniegelenk kein völlig gebeugtes Sprunggelenk.

Das aktive Unvermögen des Muskels bei völlig gebeugtem Kniegelenk und völlig gestrecktem Sprunggelenk ist an sich selbst in Rückenlage leicht an dem weichen verschieblichen Zustand des Muskels festzustellen, der bei horizontaler Haltung des Unterschenkels durchhängt.

Es darf hier darauf hingewiesen werden, daß diese Kuppelung der drei Gelenke in der gleichen Bewegungsebene und zwar in der Beugungsebene der Gelenke erfolgt. Diese Ebene fällt mit der Blick-ebene zusammen.

Die Einstellung unserer Gehwerkzeuge für die Ausführung des Ganges in einer bestimmten Richtung findet hierin zum Teil ihren technischen Ausdruck.

Es gibt am Oberschenkel noch zwei weitere doppelgelenkige Muskeln, den *schlanken Muskel* und den *Schneidermuskel*, Abb. 162, 1 u. 2. Beide sind schmale und dünne Muskelbänder. Der *schlanke Muskel* (*M. gracilis*) findet oben am Becken seitlich von der Schamfuge Ansatz und verläuft an der inneren Fläche des Schenkels gerade abwärts, biegt nach vorn und endet an dem rauhen Höcker des Schienbeins. Der *Schneidermuskel* (*M. sartorius*) zieht von dem vorderen, oberen Darmbeinstachel aus spiralig nach abwärts und innen gleichfalls zum Höcker des Schienbeins. Er deckt hier die Sehne des schlanken Muskels.

Der Schneidermuskel wirkt auf das Hüftgelenk als Beuger, dessen Kraft mit eingetretener Beugung zunimmt und mit geringerer Kraft als Abheber und Auswärtsdreher. Er ist am Lebenden auf Abb. 163, ferner auf Abb. 135 und 154 als oberflächlicher, unter der Haut gelegener Muskel gut zu sehen. Der schlanke Muskel ist am Akt auf Abb. 131 und 135 sichtbar.

Der schlanke Muskel ist vor allem Anzieher. Auf das Kniegelenk wirkt er als schwacher Beuger mit steigender Kraft bei zunehmender Beugung.

Das letzte Muskelpaar, das wir am Oberschenkel finden, ist auf Abb. 164 dargestellt. Beide zugehörige Muskeln entspringen am Becken, laufen nach abwärts und außen aufeinander zu und gehen in einen sehnigen Streifen über, der in geradem Zug vom großen Rollhügel ab über den äußeren Kopf des Kniegelenkstreckers nach abwärts das Schienbein erreicht.



Abb. 161.



Abb. 163.

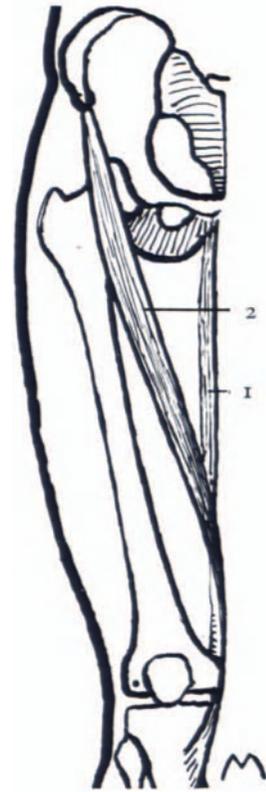


Abb. 162.

Der schmälere, vordere Muskelbauch, der hart am vorderen, oberen Darmbeinstachel des Beckens ansetzt, heißt der *Faszienspanner* (*M. tensor fasciae latae*) Abb. 164, 1. Der breitere hintere Bauch ist, wie wir wissen, ein Teilstück des großen Gesäßmuskels und zwar sind es die oberflächlicher gelegenen Fasern, nicht ganz der oberen Hälfte des Gesamtmuskels, die auf diese Weise zu besonderer Leistung abzweigen, Abb. 164, 2.

Es ist klar, daß diese Anordnung nicht etwa bloß eine gemeinsame Arbeit beider Muskeln erlaubt. Jeder Muskel kann für sich tätig sein und dabei wird die Sehne in die Verlaufsrichtung des Muskels gezogen werden, also bei abwechselnder Tätigkeit auf dem großen Rollhügel hin- und hergleiten.

Verfolgt man den gemeinsamen sehnigen Streifen von unten nach oben, so sieht man, wie derselbe nach dem Übergang zu den beiden Muskeln das dreieckige Feld zwischen beiden sich verbreiternd ausfüllt und den mittleren Gesäßmuskel abdeckt, der mit einem Teil seiner Fasern von diesem Sehnenblatt entspringt, das endlich am Darmbeinkamm Ansatz findet. Es wird dadurch bei starker Zuführung im Hüftgelenk gespannt und hemmt diese Bewegung.

In aufrechter Haltung wirken zunächst beide Muskeln auf das Hüftgelenk als Abheber, der vordere ferner als Beuger und schwacher Einwärtsdreher, der hintere als Strecker und Auswärtsdreher.

Eine starke Beugung, wie sie als Vorneigung des Beckens auf der Abb. 139B, Seite 79 zu sehen ist, stellt den Faszienspanner rein quer und erhöht dadurch seine beugende Kraft. Bei stärkster Streckung des Hüftgelenkes (Rückneigung des Beckens) verläuft der Muskel fast in der Längsrichtung des Oberschenkels, Abb. 139 A und verliert dabei viel an Beugekraft. Er bleibt aber immer Beuger und hilft in der abgebildeten Stellung, mit anderen Muskeln der Beugeseite die starke Streckung vom Hüftgelenk durch

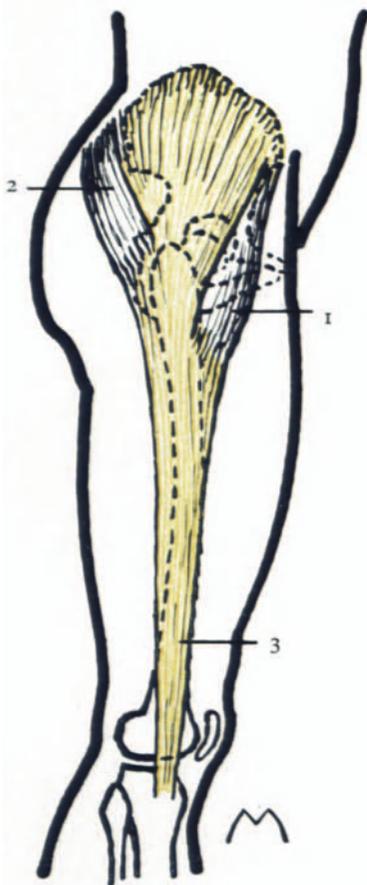


Abb. 164.

den hintenüber gelegten Oberkörper zu sichern. Man vergleiche mit den beiden Aktbildern die Abb. 138 der Vor- und Rückneigung des Beckens.

Auf das Kniegelenk wirken beide als Strecker. So sind sie zusammen wohl geeignet, bei ruhiger Haltung auf einem Standbein, bei welcher das den Boden berührende Spielbein die Gleichgewichtslage sichert, das Becken im Hüftgelenk feststellen zu helfen.

Bei der Beschreibung des Kniegelenkes ist auf Seite 51 begründet worden, warum das Gelenk nur in gebeugter Stellung eine Drehung zuläßt. Es ist deshalb begreiflich, daß die Drehung von denselben Muskeln ausgeführt wird, welche die dazu nötige Beugung ausführen.

So wird die Trennung der Beuger in die äußere und innere Gruppe verständlich, die als Auswärts- und Einwärtsdreher wirken.

Rückt man, auf einem Tische sitzend, so weit über den Rand desselben hinaus, daß man den Oberschenkel dicht über dem Knie von außen und innen umgreifen und die Sehne des Biceps, sowie jene des halbsehnigen und halbhäutigen Muskels fassen kann, so wird man bei der Drehung des Fußes die Spannung

derselben abwechselnd fühlen können. Doch ist es nötig, bei dieser Probe die Fußspitze gegen einen vorgesetzten Widerstand leicht anzustemmen, also das Kniegelenk zu strecken, um jede Beugebewegung auszuschalten.

Vergleichen wir die Abbildungen aller Muskeln der Hüfte, des Oberschenkels und des Unterschenkels mit den beigegebenen Aktbildern, so fällt uns auf, daß die einzelnen so sehr verschieden gestalteten Muskeln nicht mit völlig freier Form die Oberfläche des Beines bilden, sondern daß sie von außen her noch von einer kräftigen Hülle umfaßt sein müssen, welche auf die Gesamtform des Beines Einfluß nimmt, Abb. 165, nach Bourgeroy.

Diese Hülle nennen wir die Fascie. Sie ist aus zugfesten, derben, leimgebenden Fasern gewebt und ist sehr verschieden stark, je nach der Beanspruchung der sie von Seiten der Muskeln (oder auch von Seiten der in den Gelenken bewegten Knochen) ausgesetzt ist. Auch die Fasern des Gewebes sind in diesem Sinne gerichtet. Gehen Muskeln in die Fascie über, wie der Fascienspanner und der große Gesäßmuskel, oder nehmen sie von der Fascie ihren Ausgang, wie der mittlere Gesäßmuskel, so verlaufen die Fasern derselben in der Richtung des Muskels, während der Druck des schwellenden Muskelfleisches, die Fasern der Fascie quer zum Längsverlauf des Muskels ordnet.

Weil aber die Fasciehülle auch am Skelett festen Ansatz nimmt, so wird sie gleichzeitig zu einem wichtigen Hilfsmittel für die geordnete Lage der Muskeln und Sehnen. Dieser Aufgabe wird sie dadurch gerecht, daß sie zwischen den Muskeln bis auf den Knochen in die Tiefe greift.



Abb. 165.

So werden die einzelnen Muskeln in selbständige eigene Fascienräume eingeschlossen und zwar sind jene Muskeln besonders gut voneinander getrennt, die bei ihrer Kontraktion sich stärker gegeneinander verschieben und aneinanderpressen. Betrachten wir den auf Abb. 166 wiedergegebenen Querschnitt durch den Oberschenkel, so finden wir mit Ziffern die einzelnen Muskeln bezeichnet und sie alle durch weiße Linien (Fascien) getrennt, die wieder nach innen zu mit der Beinhaut des Knochens (1) zusammenhängen, während sie nach außen in die umschließende Außenhülle übergehen, die auf Abb. 165 dargestellt ist. Es ist hier ein die Muskeln aufnehmendes System von Kammern geschaffen, das seine Stütze an seinem Inhalt, dem Muskelfleisch und am Skelett findet.

Sind die Muskeln massig entwickelt, so haben sie schon Entwicklung gewonnen, die das Becken als ein Querstück nimmt, welches die beiden frei nebeneinander aufgebauten Säulen an ihren oberen Enden miteinander verbindet. Etwa wie eine Brücke die beiden Pfeiler. Wir erkennen dann in dem Becken das Vorhandensein zweier durch den Raum gespannter Bögen, von denen der obere, fast halbkreisförmig gezogen, in seinem Scheitel die Last (Wirbelsäule) aufnimmt und deshalb auf Druck beansprucht ist, während der untere flachere Bogen die Enden des oberen Bogens zusammenspannt, wie die Sehne eines Bogens und daher auf Zug beansprucht ist, Abb. 167.

Also auch für diese Übertragung der Rumpflast durch das Becken in die symmetrisch gestellten beiden Säulen besitzt dasselbe ein bestimmtes konstruktives Gefüge. Es ist klar, daß das

um ihre Lager drehbar ist, so werden natürlich in jeder anderen Stellung der Brücke, Abb. 168, 2 und 3 die Brückenbögen nicht nur auf Druck und Zug, sondern auch auf Durchbiegung beansprucht, weil ja die Brücke durch die Last entweder nach vorn oder nach hinten von den Pfeilern heruntergeworfen würde, wenn nicht Muskeln und Bänder sie daran hindern. Der Gefahr einer Durchbiegung wirkt die auf Seite 59 erwähnte Rahmenkonstruktion erfolgreich entgegen.

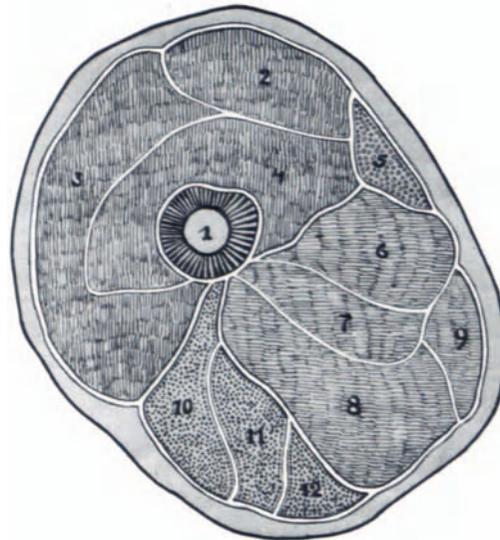


Abb. 166.

im erschlafften Zustand kaum Platz in diesen Räumen, deren Wände sie bei ihrer Verkürzung und Verdickung förmlich zu sprengen drohen. Nimmt das Muskelfleisch rasch an Masse ab, so geht die pralle Spannung immer mehr zurück, die Muskeln hängen durch und werden schlappig.

Wir haben jetzt die konstruktive Form des Beckens, des Hüftgelenkes und der Muskeln, die auf dasselbe wirken, kennen gelernt, doch läßt sich ein letzter und neuer Gesichtspunkt für die Bewertung der Skeletteile noch aus der Be-

trachtung gewinnen, die das Becken als ein Querstück nimmt, welches die beiden frei nebeneinander aufgebauten Säulen an ihren oberen Enden miteinander verbindet. Etwa wie eine Brücke die beiden Pfeiler. Wir erkennen dann in dem Becken das Vorhandensein zweier durch den Raum gespannter Bögen, von denen der obere, fast halbkreisförmig gezogen, in seinem Scheitel die Last (Wirbelsäule) aufnimmt und

deshalb auf Druck beansprucht ist, während der untere flachere Bogen die Enden des oberen Bogens zusammenspannt, wie die Sehne eines Bogens und daher auf Zug beansprucht ist, Abb. 167.

Gewicht des Rumpfes zur Hälfte auf diese beiden Säulen verteilt wird.

Dieser Vergleich des Beckens für die Lastübertragung mit einer Brücke, gilt aber nur für jene ganz bestimmte Stellung, in der der Angriffspunkt der Last und die Unterstützungspunkte vertikal übereinander liegen, also entsprechend der Abbildung 168, 1. Da aber das Becken ganz im Gegensatz zu jeder Brücke der Technik

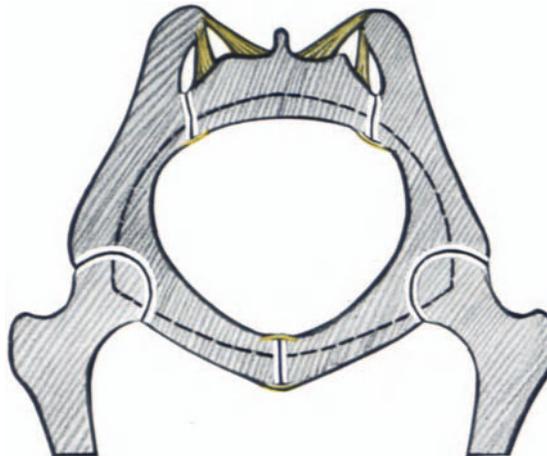


Abb. 167.

zu jeder Brücke der Technik

Wir müssen also daran denken, daß nicht die Rumpfmasse allein als einwirkende Kraft auf das Becken in Frage kommt, sondern daß auch alle Muskeln, die vom Becken ausgehen und an außerhalb desselben gelegene Teilstücke des Skelettes greifen, mit bestimmt gerichteten und bestimmt bemessenen Kräften auf dasselbe einwirken und dasselbe im Sinne einer Deformierung beanspruchen. Wenn ihnen diese Umformung, dank der Festigkeit der Beckenkonstruktion auch nicht gelingt, so verstehen wir doch, daß das Becken solchen Kräften unterworfen ist.

Deshalb bedeutet auch der Versuch, das Becken als eine Brückenkonstruktion darzustellen, nicht allzuviel, denn er gilt nur für den ideellen, im Leben kaum gegebenen Fall einer bestimmten Haltung

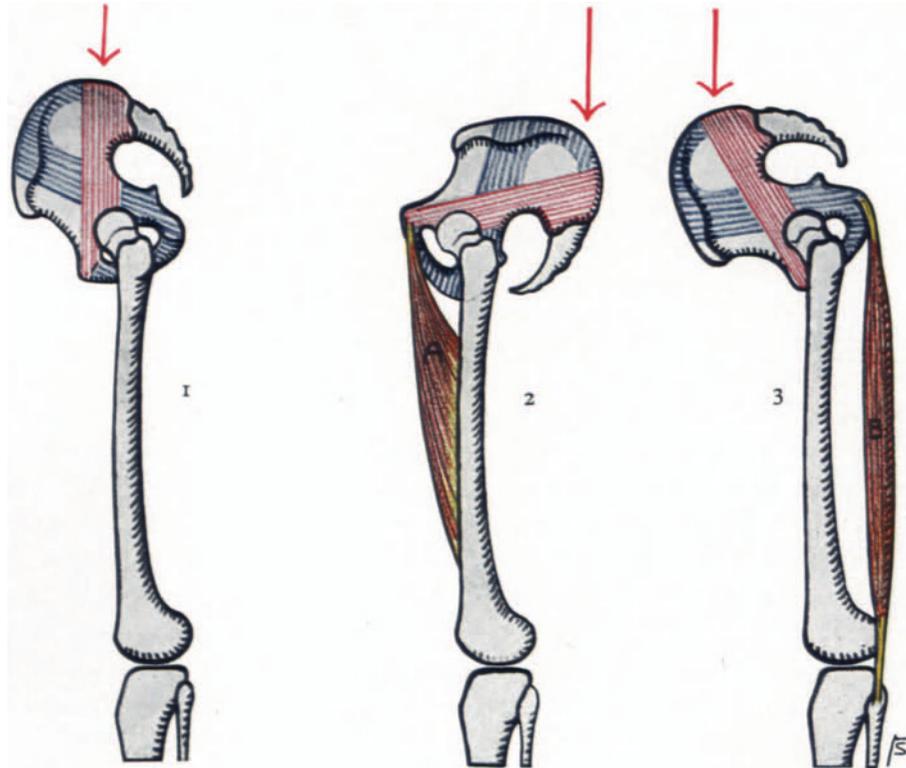


Abb. 168.

mit Ausschluß jeder Muskelwirkung. Jeder andere Fall müßte erst auf alle in Frage kommenden auf das Becken wirkenden Kräfte geprüft werden und diese Aufgabe hat dieses Buch nicht zu leisten.

Es gewinnt aber die Beantwortung der Frage erhöhtes Interesse, in welcher Lage sich das Becken auf den Oberschenkeln im Körper eines ruhig und nachlässig symmetrisch aufrecht stehenden Menschen befindet. Diese Lage ist natürlich abhängig von den auf dem Becken aufgebauten Massen und drückt sich in der Lage des Gesamt-Rumpfschwerpunktes aus. Diese Stellung des Beckens im Raum wird auch als Neigung des Beckens, kurz als Beckenneigung bezeichnet und durch das Maß des Winkels einer der auf Abb. 122 und 123 eingetragenen Bestimmungsebenen zur Horizontalebene gemessen.

Mit einer Drehung des Beckens nach hinten oder nach vorne ändert sich der Winkel.

Der Neigungswinkel schwankt individuell in mäßigen Grenzen und ist im weiblichen Körper meist ein wenig größer als im männlichen, d. h. das Becken steht in ruhiger aufrechter symmetrischer Haltung beim Weibe ein wenig stärker nach vorne geneigt als beim Mann.

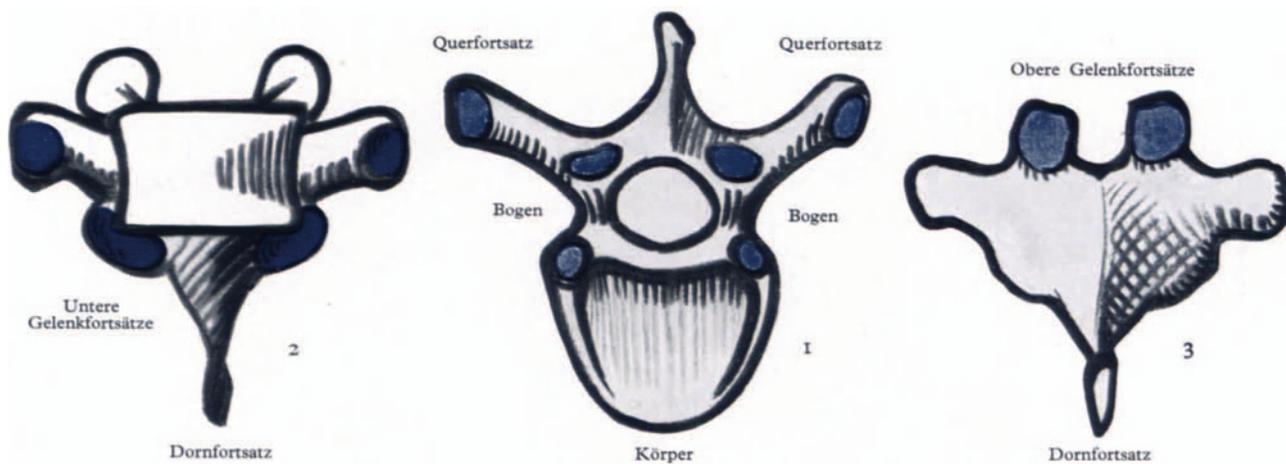


Abb. 170.

Wirbelsäule und Brustkorb.

Auf dem Kreuzbein sitzt die Wirbelsäule auf und überträgt das eigene Gewicht und die übernommene Belastung auf das Becken. Durch die im Becken enthaltene Konstruktion wird die Gesamtlast den beiden unterstützenden Säulen übermittelt.

Wegen der festen Verbindung des Beckengürtels mit dem zum Kreuzbein umgewandelten untersten Stück der Wirbelsäule ist das Becken als Sockelstück konstruktiv auch dem Rumpf zuzurechnen. Das Becken wird also erst als Teil des Rumpfes betrachtet ganz verstanden werden können und es wird unsere nächste Aufgabe sein, den Bau des Rumpfes zu schildern.

Die Wirbelsäule des erwachsenen Mannes, Abb. 169, 1–3, ist ohne Kreuzbein im Durchschnitt etwa 60 cm hoch. Sie besteht aus 24 übereinandergesetzten knöchernen Stücken, den *Wirbeln* und 23 dazwischengelegten, aus eigenartig gerichteten und geschichteten Fasern gearbeiteten *Zwischenwirbelscheiben*, die auf den 3 Abbildungen fehlen. Die Wirbel machen zusammen etwa $\frac{3}{4}$, die Scheiben $\frac{1}{4}$ der Gesamthöhe aus. Die Seitenansicht der Säule, Abb. 169, 3, bringt ihre drei Krümmungen zur Geltung, welche drei aufeinanderfolgende Abschnitte der Wirbelsäule abgrenzen. Wir rechnen die fünf untersten Wirbel auf das Lendenstück, die folgenden zwölf auf das Bruststück und die obersten sieben auf das Halsstück der Säule.

Das Bruststück ist nach vorne, die beiden anderen Abschnitte sind nach hinten abgebogen. Der Übergang des Bruststückes in das Halsstück fällt fast genau mit der Grenze beider Krümmungen zusammen, während die Lendenkrümmung meist auch noch die beiden letzten, manchmal auch noch den zehnten Brustwirbel miteinbezieht.

Jeder Wirbel, Abb. 170, 1 bis 4, besteht seiner Hauptmasse nach aus einem nach vorne zu gelegenen kurzen zylindrischen Stück mit ebenen, fast parallelen und nur ganz leicht gehöhlten Schnittflächen, das der *Wirbelkörper* genannt wird. Die Höhe, wie der Querdurchmesser derselben nimmt nach oben zu ab, Abb. 169, 2. Von der Hinterfläche

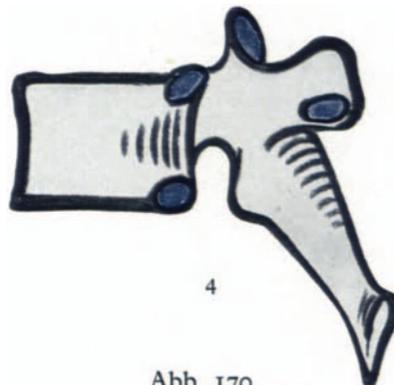


Abb. 170.

jedes Wirbelkörpers geht ein *Bogen* aus, Abb. 170, 1 und 171, 1, der mit dem Körper das *Wirbelloch* umschließt. Diese Bögen sind etwas niedriger als die Körper, Abb. 171, 2. Der Zwischenraum zwischen allen diesen Bögen, der um die Höhe der Zwischenscheibe vermehrt wird, Abb. 171, 3, wird von einem gelben, festen elastischen Band (*Ligamentum flavum*) bis auf ein seitliches

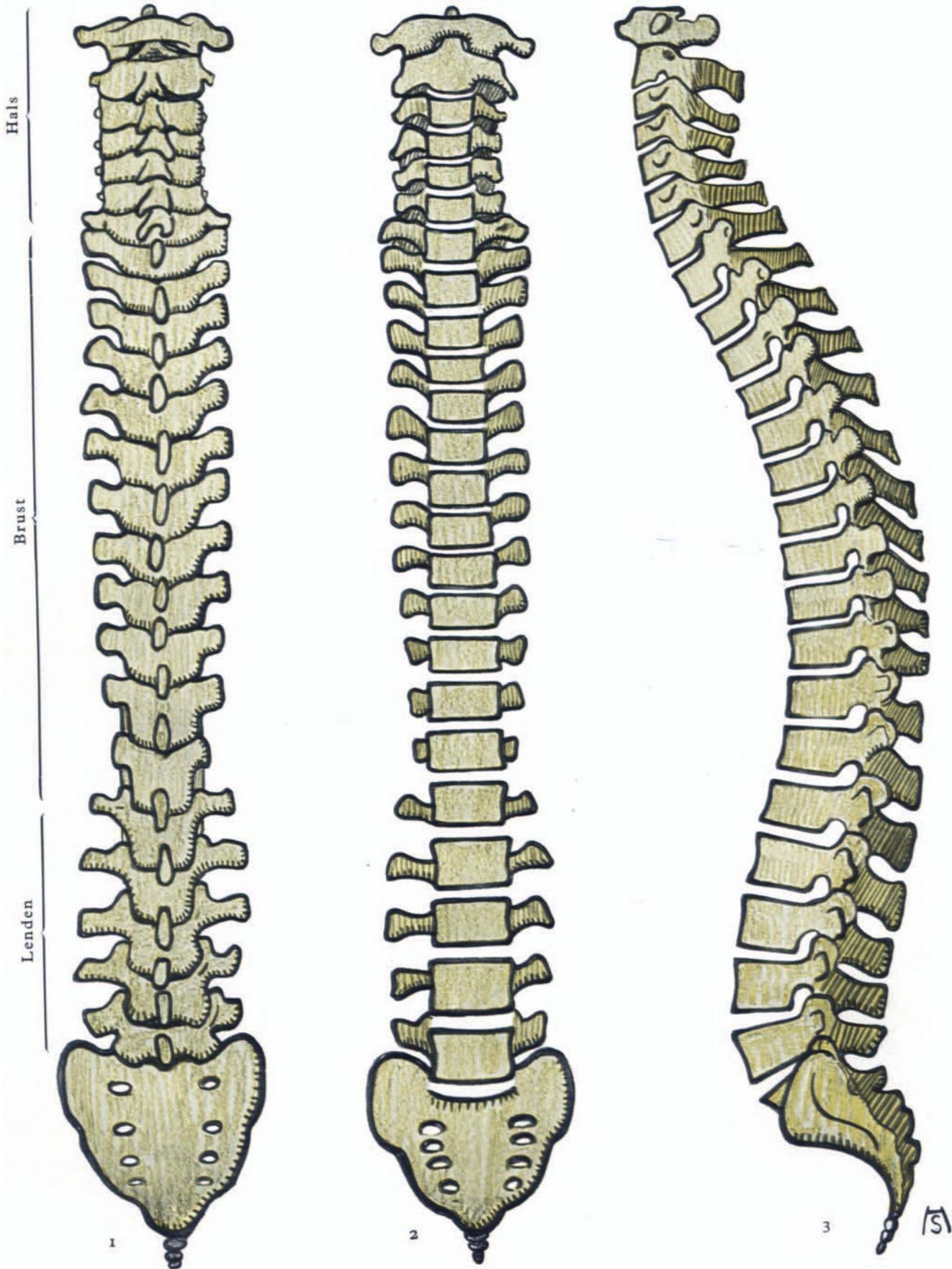


Abb. 169.

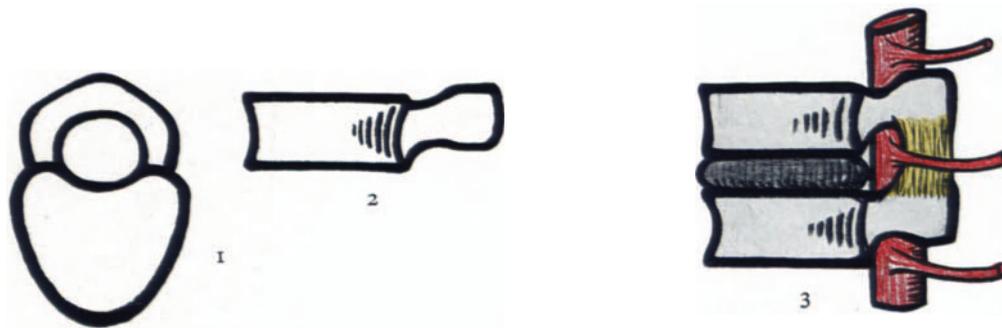


Abb. 171.

Fenster (Foramen intervertebrale) abgeschlossen und damit ein Längskanal geschaffen, in dem das Rückenmark (rot) seine geschützte Lage hat und seine Nervenstämmen durch die seitlichen Öffnungen austreten läßt.

Jeder Bogen geht in seinem Scheitel in den *Dornfortsatz* über, während an seiner Basis seitlich je ein kräftiger Fortsatz, der *Querfortsatz*, herausgreift, Abb. 170. Die Abb. 172, 1—3 zeigt uns einen Hals-, Brust- und Lendenwirbel in Aufsicht und erklärt, wie diese Fortsätze am Lendenwirbel (2) ganz, am Halswirbel (1) zum Teil als Rippenreste (schraffierte Teile) aufzufassen sind, die wir uns mit dem Wirbel verwachsen zu denken haben. Nur der Brustwirbel (3) besitzt einen Querfortsatz der nichts mit einer Rippe zu tun hat, weil in diesem Abschnitt der Wirbelsäule die Rippen selbständige Skeletteile geblieben sind. Diese Fortsätze dienen zum Ansatz von Muskeln und Bändern und spielen als verschieden lange Hebelarme bei der Muskelarbeit und Bänderwirkung eine wichtige Rolle.

Jeder Bogen schickt ferner von seinen Seitenteilen links und rechts einen Fortsatz nach oben und nach unten aus, Abb. 170 und 173. Diese Fortsätze haben eine rundliche, knorpelgedeckte Gelenkfläche zur Verbindung mit den anstoßenden Gelenkflächen der Fortsätze nachbarlicher Wirbel. Sie sehen an den oberen Fortsätzen nach hinten, an den unteren nach vorne. Faserige Gelenkkapseln schließen diese *Wirbelgelenke* ab, Abb. 173.

Zwischen den Körpern liegen, mit den Wirbeln festverwachsen, die erwähnten Zwischenwirbelscheiben, Abb. 173. Stellt man sich von einer Wirbelsäule ein Präparat derart her, daß man alles bis auf die Wirbelkörper und die Zwischenwirbelscheiben entfernt, so erhält man eine Säule, die nach allen Seiten

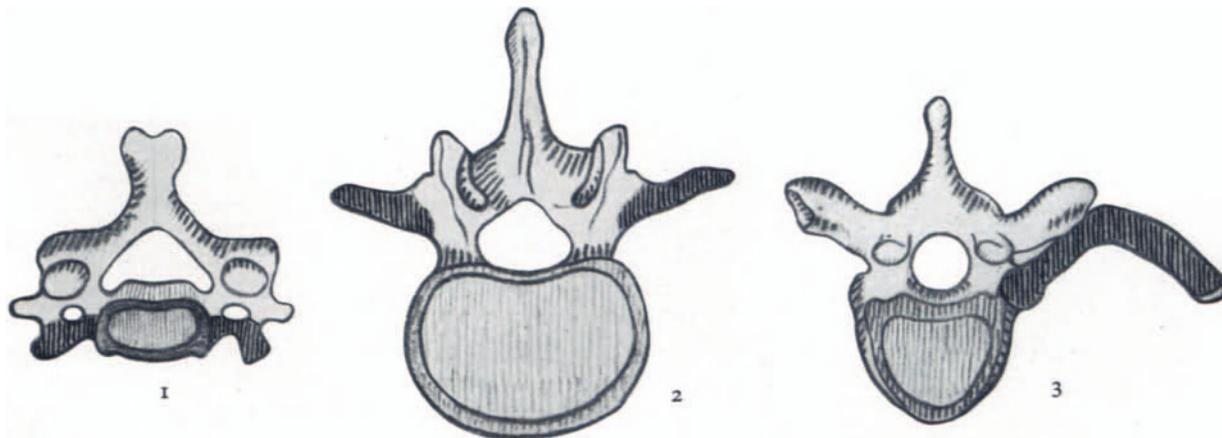


Abb. 172.

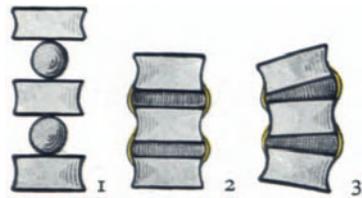


Abb. 174.

stärker verbiegbare ist als die ganze Wirbelsäule, aber wie diese immer wieder in eine bestimmte Ruhe oder Gleichgewichtslage zurückkehrt. Sie ist also elastisch und federt. Diese Elastizität ist in der Konstruktion der formveränderlichen Zwischenwirbelscheiben begründet.

Man könnte die Konstruktion der Säule folgendermaßen nachmachen. Man legt zwischen die Wirbelkörper Gummiballen, Abb. 174, 1, die auf die Höhe der Zwischenwirbelscheiben zusammengedrückt, Abb. 174, 2, gerade etwas über die Oberfläche der Wirbelkörper hervorquellen. Dann befestigt man sie in dieser Form durch Bänder, die man rings an die Außenfläche benachbarter Wirbelkörper festmacht.

Dadurch gewinnt die Säule innere Verspannung und kann erst durch bestimmte äußere Gewaltanwendung verbogen, Abb. 174, 3, verkürzt oder gedehnt werden. Die Säule hat eine elastische Gleichgewichtslage, die wir ihre Eigenform nennen. Die Wirkung der Gummiballen, die sich in einer die Wirbel auseinander treibenden Kraft äußert, wird in der lebenden Wirbelsäule durch die sogenannten Gallertkerne erzeugt. Das sind in der Mitte der faserigen Scheiben eingebaute Kerne aus quellbarer, wasserreicher Substanz. Schneidet man eine zwischen zwei Wirbeln befindliche Zwischenscheibe durch, so sieht man den Gallertkern sofort über die Schnittfläche heraustreten, Abb. 175. Ein Zeichen, daß er in der unverletzten Säule unter Druck gestanden hatte. Die Gallertkerne treiben folglich mit einer bestimmt bemessenen Kraft die einzelnen Wirbel auseinander, soweit der um den Gallertkern gelegene Faserring (Faserring) der Zwischenwirbelscheiben, der sie zusammenhält, dies gestattet. In aufrechter Stellung drückt die Last des Rumpfes die Zwischenwirbelscheiben ein klein wenig zusammen, so daß unsere Körpergröße durch längeres Liegen um 2—3 cm zunimmt. Im höheren Alter nehmen die Scheiben etwas an Höhe ab und damit auch die Körpergröße.

Verbiegen wir eine derart konstruierte Säule, durch äußere Kräfte, so geschieht das durch eine Formveränderung der Zwischenwirbelscheiben. Diese werden auf der einen Seite zusammengedrückt, auf der anderen gedehnt und nehmen Keilform an, Abb. 176, 1 und 2.

Der wasserreiche, fast flüssige Gallertkern bleibt dabei gleich groß, weil keine Flüssigkeit durch Druck in ihrem Rauminhalt verkleinert werden kann. Er verändert aber seine Form und seine Lage durch wechselnde Spannung des ihn umfassenden Faserrings. Dieser Faserring besteht aus leimgebenden derben Fasern, die in konzentrischen Schichten angeordnet sind und in diesen entgegengesetzte Richtung ihres Verlaufes haben. Zwischen den Fasern ist eine knorpelähnliche Substanz vorhanden, die dem ganzen Ring einen höheren Widerstand gegen Druck gibt. Im Gleichgewichtszustand der Säule liegt der Gallertkern in der Mitte des Ringes, Abb. 176, 1, und rückt bei einer Biegung der Säule gegen die Seite der Dehnung vor, während der Faserring auf der Biegungsseite zusammengedrückt, auf der anderen Seite gedehnt wird, Abb. 176, 2. Der Gallertkern wirkt also wie ein Wasserkissen und verteilt in jeder Lage den Druck nachbarlicher Wirbel gegeneinander auf eine größere Oberfläche. Ohne diese Gallertkissen

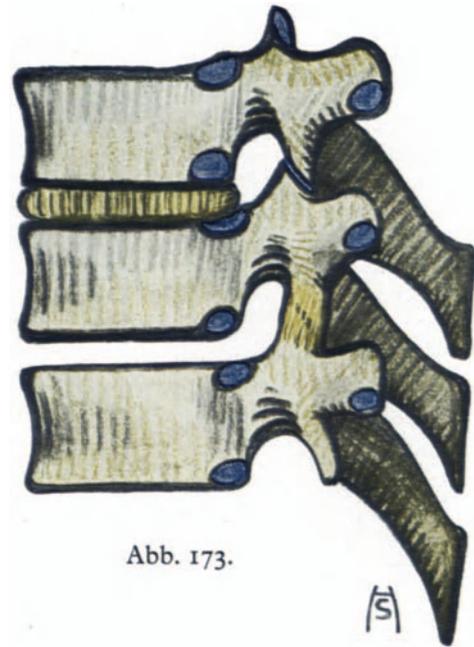


Abb. 173.



Abb. 175.

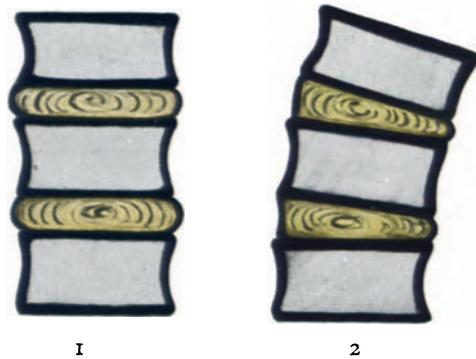


Abb. 176.

würden bei einer starken Abbiegung der Säule die einander genäherten Ränder der Wirbelkörper einen so hohen Druck auszuhalten haben, daß die Wirbel bei ihrer geschilderten Form zerbrechen müßten.

In der Gelenklehre wird die gesamte Zwischenwirbelscheibe als verknorpelte Faserbindung bezeichnet, die zwei Wirbeln eine recht freie Bewegungsmöglichkeit gegeneinander sichert.

Der Zusammenhalt aller Wirbelkörper und Zwischenscheiben wird durch zwei fortlaufende kräftige *Längsbänder* (Ligamentum longitudinale anterius und posterius) erhöht. Sie ziehen über die Vorder- und Rückfläche der Wirbelkörper und Zwischenscheiben. Das hintere Band liegt im Rückenmarkskanal.

Die geschilderte Konstruktion bewirkt, daß ein gleich langes Stück einer derart gebauten Säule um so beweglicher ist, je mehr Zwischenscheiben oder elastische Puffer dasselbe enthält. Wir können ebenso gut sagen, jenes Stück wird das beweglichere sein, das bei gleicher Länge öfter geteilt ist.

Es treffen auf die Halswirbelsäule bei etwa 12 cm Höhe 6 Zwischenscheiben, auf die Brustwirbelsäule bei etwa 29 cm Höhe 12 und endlich auf die Lendenwirbelsäule bei etwa 19 cm Höhe 4 solche elastische Puffer.

Darnach wäre die Halswirbelsäule die beweglichste, dann die Brustwirbelsäule und endlich die Lendenwirbelsäule. Doch kommt für eine Steigerung der Beweglichkeit außer der Zahl der Zwischenscheiben auch ihre Höhe, ihre Durchmesser und ihre innere Leistungsfähigkeit in Betracht. Die Höhe der Scheiben nimmt innerhalb der Lenden- und Brustwirbelsäule von unten nach oben ab, dann bis zur Mitte der Halswirbelsäule wieder etwas zu.

Unsere bisherige Betrachtung können wir dahin zusammenfassen, daß die Gesamtbewegung der Wirbelkörpersäule das Ergebnis, aller in den einzelnen Verbindungen nachbarlicher Wirbelkörper möglichen Bewegungen ist. Ein Wirbelkörper kann aber von seinem Nachbarn abrücken oder sich ihm nähern (Dehnung oder Pressung der Zwischenwirbelscheibe), er kann nach jeder Richtung über den Rand des nachbarlichen Wirbels ein wenig hinausrücken (Abscherungsbewegung) und er kann sich gegen den Nachbarn verdrehen. Er kann endlich in jeder Richtung gegen den Nachbarn sich neigen.

Bestünde die Wirbelsäule lediglich aus einer derart gegliederten Körpersäule, so müßte sie nach allen Richtungen stärker verbiegbar sein, als dies in Wirklichkeit der Fall ist und die Beobachtung, daß die Beweglichkeit der Wirbelsäule in einzelnen Abschnitten derselben mehr nach bestimmten Richtungen eingeengt erscheint, bliebe ohne Erklärung.

Diese liegt in der Verschiedenheit des Baues der Zwischenwirbelgelenke. Wir müssen also die Größe und die Richtung der Bewegung in diesen Gelenken kennen, um zu verstehen, wie viel von der größeren

Bewegungsmöglichkeit der früher geschilderten Wirbelkörpersäule übrig bleibt und ausgenützt werden kann. Es ist ferner anzunehmen, daß in der verschiedenen Stellung und Form der Gelenke der Grund zu suchen ist, warum die drei Abschnitte der Wirbelsäule bestimmte Bewegungseigentümlichkeiten erhalten, die nicht nur am Gelenkpräparat, sondern ebenso am lebenden Körper zur Geltung kommen. Die verschiedene Bewegungsform der Gelenkverbindungen beruht auf der besonderen Lage und Krümmung der einzelnen Gelenkflächen. Die Abb. 177 bringt die Verbindung zweier Lenden-, Brust- und Halswirbel auf einem Schnitt zur Darstellung. Ein Wirbel ist schwarz, der zweite rot gezeichnet. Wir sehen wie der durch eine kräftige schwarze Linie angegebene Gelenkspalt jedesmal andere Krümmung und vor allem andere Lage zum Wirbel zeigt. Daraus werden die Abweichungen in der Bewegung erklärbar, doch muß auf eine weitere Begründung verzichtet werden.

Das Halsstück der Säule besitzt die Fähigkeit ausgiebiger Beugung und Streckung, seitlicher Neigung und Drehung. Die seitliche Neigung kann durch gleichzeitige Drehung nach derselben Seite erhöht werden. Das Bruststück zeigt einen geringeren Ausschlag in der Mittelebene für die Beugung und Streckung, aber ausgiebige Drehung und seitliche Neigung. Die letztere ist mit einer gleichzeitigen Drehung nach derselben oder nach der anderen Seite verbunden. Im Lendenstück ist nur die Beugung — Streckung gut ausgebildet. Seitliche Neigung ist in geringem Maße möglich. Die Drehung fehlt so gut wie ganz, weil die Gelenkfortsätze förmlich ineinander verzapft sind, so daß eine Drehung derselben bloß als kleinste Wackelbewegung möglich ist, während bei einer Beugung und Streckung die Gelenkfortsätze derart aufeinander gleiten, daß sie aneinander auf- und absteigen.

Es darf aber nicht vergessen werden, daß die Verbindung der Wirbel durch ihre Gelenkfortsätze und Gelenkkapseln nicht bloß für die Beweglichkeit der Säule eine Rolle spielt, sondern daß diese Verbindung auch zur tragenden Konstruktion der Säule gehört, mag dieselbe auf Druck oder Zug oder Abscherung beansprucht sein. Auf der Abb. 179 und 183 sind die Lendenwirbel im fortlaufenden Zusammenhang ohne die Gelenkspalten gezeichnet. Hier wird der Eindruck der stützenden Konstruktion klar. Auch muß hier noch der Bänder gedacht werden, die zwischen den Dornfortsätzen und zwischen den Querfortsätzen der Wirbel sich ausspannen.



Abb. 177.

Versuchen wir es nun, die Bewegungsausschläge der Wirbelsäule in den drei Ebenen zahlenmäßig festzustellen, so wird uns die Einsicht in die beistehende Tabelle mit ihren so auffallend verschiedenen Maßangaben überraschen.

	<i>Virchow</i>	<i>Kammerer</i>	<i>Novogrodsky</i>	<i>Strasser</i>
Beugung	164	134	71	
Streckung	139	141	76	
Insgesamt	313	275	147	150

	<i>Virchow</i>	<i>Kammerer</i>	<i>Novogrodsky</i>
Hals W.S. Beugung	70	50	40
Brust W.S. Beugung	54	39	20
Lenden W.S. Beugung	40	46	18
Hals W.S. Streckung	62	56	40
Brust W.S. Streckung	57	33	23
Lenden W.S. Streckung	30	52	11

	<i>Virchow</i>	<i>Kammerer</i>	<i>Novogrodsky</i>	<i>Strasser</i>
Hals W.S. insgesamt	132	116	80	55
Brust W.S. insgesamt	111	70	43	60
Lenden W.S. insgesamt	70	98	29	35

Ebenso große Unterschiede in der Beweglichkeit der Wirbelsäule beobachten wir auch am lebenden Menschen. *Löhr* fand am Lebenden den Ausschlag der Geraden zwischen Dornfortsatzspitze des ersten Brustwirbels und erstem Kreuzbeindorn 33—100° groß. Die Ursache für diese wechselnden Angaben kann wohl nur darin liegen, daß die Bewegungsgröße der ganzen Säule und ihrer einzelnen Abschnitte individuell in sehr weiten Grenzen wechselt. Das ist auch nicht so sehr verwunderlich, wenn wir daran denken, daß die Säule aus 47 Einzelstücken zusammgebaut ist. Die Zahlen der Tabellen können übrigens nicht unmittelbar für den Lebenden Geltung beanspruchen, denn sie sind das Ergebnis der Prüfung aus dem Körper entnommener Wirbelsäulen, die alle Beziehungen zu den übrigen Teilen des Körpers verloren hatten. Die Konstruktion des Brustkorbes, die bei einzelnen Individuen so außerordentlich verschieden ist, die Belastung mit den gewichtigen Massen des Rumpfes und vor allem die Muskeln greifen verändernd in die Form der Bewegung der Wirbelsäule ein und so muß über die theoretische Prüfung hinaus noch die genaue Beobachtung am lebenden Körper erst das Verständnis für den Einzelfall eröffnen. Und doch darf man sagen, daß selbst die äußerste am anatomischen Präparat gefundene Bewegung auch von der lebenden Säule erreicht und übertroffen wird, denn die besonders leistungsfähige Wirbelsäule eines Schlangemenschen ist anatomisch noch nie genau untersucht worden. Sie würde wohl noch größere Ausschläge ergeben. Es ist also fast wertlos, für die Wirbelsäule eine gewisse normale Größe ihrer Beweglichkeit bestimmen zu wollen, besonders wenn man berücksichtigt, daß auch einzelne Abschnitte der Säule individuell sehr verschiedene Beweglichkeit besitzen können. Dadurch sind unerschöpflich wechselnde Bewegungsformen der ganzen Säule gegeben, auf die bei Besprechung der Muskeln noch zurückzukommen sein wird.

Wir wollen jetzt daran gehen, die Bewegung der Wirbelsäule im Bilde kennen zu lernen. Zunächst sei noch daran erinnert, daß am lebenden Körper nur die Dornfortsätze vom letzten (oft auch vom vorletzten) Halswirbel abwärts, so dicht unter der Haut liegen, daß sie sichtbar oder fühlbar sind und damit direkt als Marken für die jeweilige Krümmung der Wirbelsäule gelten können. Die hintere Kontur des Halses hingegen entspricht keineswegs der Dornfortsatzlinie und sie kann erst dann mit Erfolg für den Verlauf dieses Säulenabschnittes verwendet werden, wenn die anatomische Darstellung die Lage des Skelettes zur Oberfläche klar gelegt hat (siehe Abschnitt Hals).

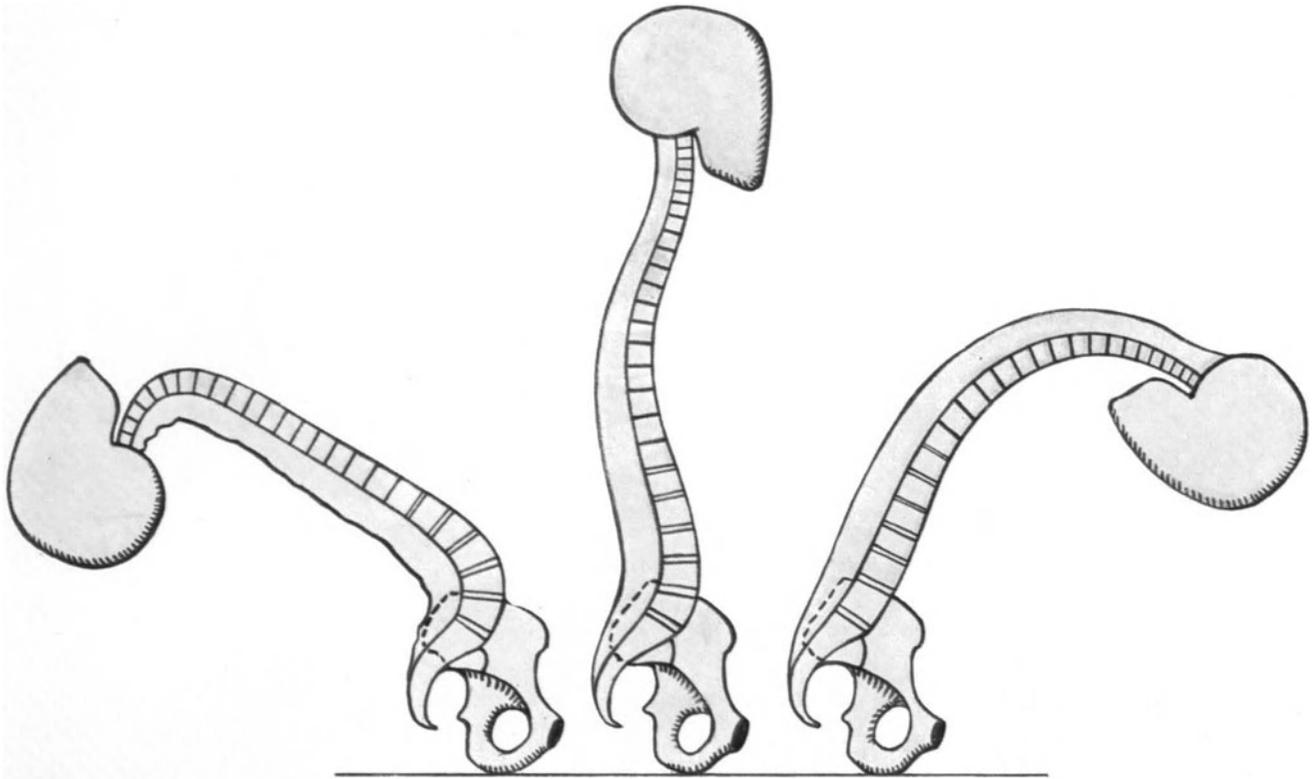


Abb. 178.

Die Abbildung 178 veranschaulicht das Vor- und Rückbeugen der Wirbelsäule, die *Beugung* (Flexion) und *Streckung* (Extension). Beim Vorbeugen wird das Hals- und Lendenstück der Wirbelsäule immer mehr abgeflacht und endlich gerade gestreckt. Die ganze Wirbelsäule erhält dadurch die Form eines fast gleichmäßigen Bogens, der an seinen Enden in kürzere geradlinige Abschnitte übergeht. Doch kann in vielen Fällen durch Muskelkraft oder durch äußere Kräfte auch das Halsstück und das Lendenstück ein wenig nach vorne überbogen werden. Die Rückbeugung der ganzen Säule (Streckung) wirkt im entgegengesetzten Sinne. Sie verstärkt die Hals- und Lendenkrümmung und verflacht die Brustkrümmung. Diese wird aber bei nicht außergewöhnlicher Streckung wohl nur selten völlig aufgehoben. Die Wirbelsäule erhält dadurch die Form eines geraden Stabes mit abgebogenen Enden. Für das Halsstück verweise ich auf den betreffenden Abschnitt. Für das Lendenstück zeigen die Abb. 179 und 180 eine recht ausgiebige Beugung und Streckung eines weiblichen Körpers nach Röntgenaufnahmen. Die Beugung geht tatsächlich über die gerade Form der Säule hinaus und bringt eine schwache nach vorne zu gerichtete Krümmung zustande.

Die Streckungskrümmung gibt auch hier das Bild eines sehr gleichförmigen Bogens, das gar nicht zu dem Aktbild Abb. 181 dieser Stellung passen will. Hier täuscht ein scharfer Knick der Weichteile eine ebensolche Form der Wirbelsäule vor. Wir wollen uns merken, daß dieser Knick mit der Mitte des Bogens der Lendenwirbelsäule zusammenfällt, also in der Höhe des Dornes des dritten Lendenwirbels liegt.

Der Ausschlag der Lendensäule von äußerster Streckung in äußerste Beugung betrug bei dem untersuchten Modell etwa 65° und ist aus der Skizze Abb. 182 zu ersehen. Die Bestimmung, mit welchen Ausschlägen sich die einzelnen Wirbel an der Gesamtbewegung beteiligen, ist aus einer solchen Röntgenaufnahme nicht befriedigend genau zu ermitteln und es soll deshalb von einer derartigen Angabe abgesehen

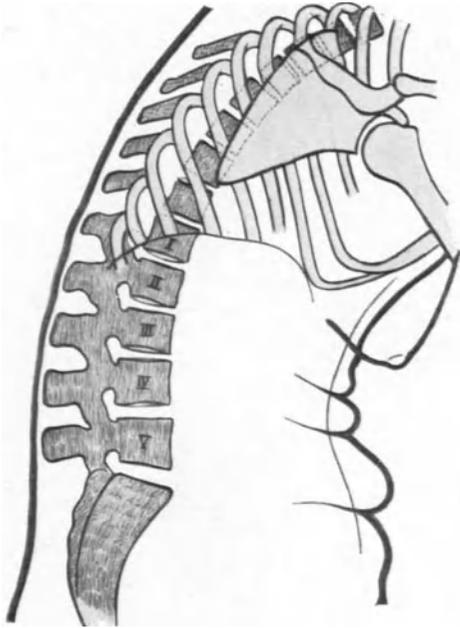


Abb. 179.



Abb. 181.



Abb. 180.

werden. Der letzte Lendenwirbel zeigt eine deutlich ausgesprochene Abscherbewegung, d. h. er ist gegen die Kreuzbeinoberfläche nach hinten zu verschoben.

Auf der Abb. 183 sehen wir aus zwei Röntgenaufnahmen die Form der Brustwirbelsäule bei einer kräftigen Streckung und Beugung herausgepaust. Der Ausschlag beträgt volle 40° und ist auch für das aufgenommene Modell nicht das äußerste erreichbare Maß. Ich glaube, daß bei Artisten mit ungewöhnlich großer Bewegungsfreiheit der Wirbelsäule, Abb. 188, das Bruststück derselben sicherlich gerade gestreckt, wahrscheinlich aber ein wenig nach hinten überbogen werden kann. Vollkommen falsch ist es aber, diesen Abschnitt der Wirbelsäule als so gut wie unbeweglich, als starr anzunehmen, wie das noch in so vielen Büchern zu lesen ist. Das lebende Modell vermag auch eine auf das Bruststück begrenzte Beugung, Abb. 184, und Streckung auszuführen.

Vergleichen wir jetzt die aneinander gereihten Schattenrisse nach Aktaufnahmen von acht verschiedenen Modellen, Abb. 185 und 186, und lassen dabei den Halsabschnitt außer Betracht, dann werden wir die Bewegung der Brust- und Lendenwirbelsäule bei jedem Modell wieder eigenartig gestaltet finden.

Eine besonders starke Beugung der Brustwirbelsäule in ihrem oberen Abschnitt finden wir bei 2 und 7 der Reihe. 5 zeigt im Vergleich mit 7 eine stärkere Beugung gegen die Mitte der Brustwirbelsäule. 3, 5 und 7 besitzen größere Beugungsfähigkeit des Lendenabschnittes als 2, 4, 6 und 8. 1, 3, 4 und 8 zeigen eine verschieden starke aber gleichmäßige Krümmung, während 5 und 7 eine stärkere Beugung des oberen Bruststückes erkennen lassen. 6 und in geringerem Maße 8 besitzen eine kleinere Beugungsfähigkeit der letzten Lendenwirbel. Darauf ist der schärfere Knick der Linie gegen das Kreuzbein zurückzuführen. Wie durch diesen Wechsel der Beugungsgröße der Bogen des gemeinsamen Stückes von Brust- und Lendenwirbelsäule in jeder Figur wieder eine andere Linie erhält, ist aus den Bildern eindrucksvoll zu erkennen.

Bei einem Vergleich der sieben Streckungsschattenrisse und des Streckungsbildes auf Abb. 178 ist besonders beachtenswert, daß die Modelle von 1, 2 und namentlich 4 eine ähnliche Streckungsform der Wirbelsäule zeigen, wie das anatomische Präparat von Abb. 178. Die stärkste Abbiegung liegt hier im

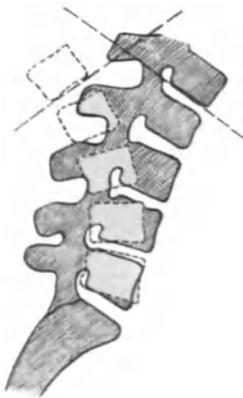


Abb. 182.

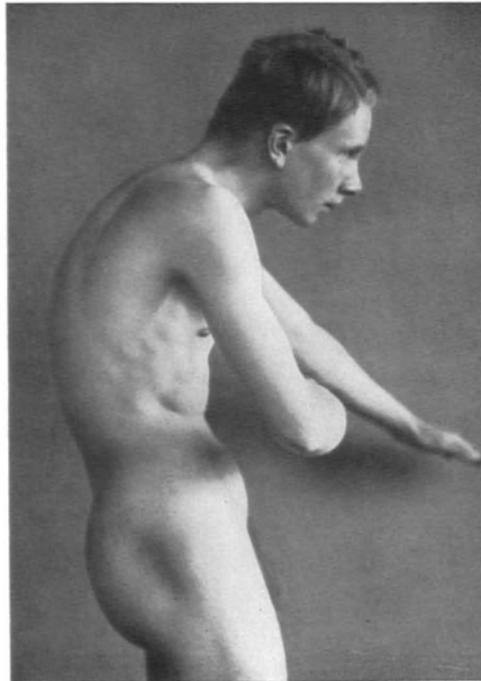


Abb. 184.



Abb. 183.

Bereich der mittleren Lendenwirbel. Höher liegt dieselbe bei 5. Ganz andere Form zeigen 3 und 6. Hier ist an der unteren Krümmung eine größere Strecke der Säule gleichmäßig beteiligt. Es nehmen auch die untersten Brustwirbel noch an der starken Streckung Teil. Es wird gut sein, auch bei diesen Bildern auf den verschiedenen Verlauf der gesamten Rückenlinie zu achten.

Ein Vergleich der Biegungsformen der Brust- und Lendenwirbelsäulen läßt leicht erkennen, daß sich die Steigerung der Beweglichkeit vor allem auf die Lendenwirbelsäule und die Verbindungen der untersten Brustwirbel bezieht, Abb. 187 u. 188. Es ist ferner von Interesse zu sehen, daß die stärkste Abbiegung dieses Abschnittes der Wirbelsäule durch äußere Kräfte erreicht wird. Die Muskulatur der Wirbelsäule allein kann niemals dieses Höchstmaß erzwingen. Im Falle der Abb. 188 ist es die Last der gestreckt über den Kopf nach vorn gebrachten Beine, welche die Wirbelsäule herunterbiegt, während das Modell auf Abb. 139B, Seite 79 durch den Zug der Arme die stärkste Beugung erreicht.

Entgegengesetzt gerichtete Beuge- und Streckbewegungen einzelner Abschnitte der Wirbelsäule sind möglich und auf den folgenden Abbildungen wiedergegeben. Zunächst bei abgeflachter Lendenkrümmung (Vorbeugung) eine Rückbeugung der Brusthalswirbelsäule mit Verflachung der Brust- und Verstärkung der Halskrümmung. Diese Bewegung kann oft so weit getrieben werden, daß ein deutlicher Lendenbuckel sichtbar wird, Abb. 189.

Betrachtet man diese eigenartige, aus theoretischer Überlegung heraus gestellte Pose des Modells, so könnte man fragen, wozu es nötig sei, solche besondere und künstliche Stellungen des Körpers abzubilden und zu besprechen. Es wird gut sein, ein für allemal solche Zweifel durch die Feststellung zu beseitigen, daß auch dieser Fall wie jeder andere unsere Erfahrung erweitert und die Beobachtung verbessert.

Betrachten wir dann die Abb. 190, die nach eingeholter Erlaubnis dem Hefte: „Deutschlands Kolonien“ aus dem gelben Verlag Dachau entnommen wurde, so sehen wir hier vier Frauen bei der Feldarbeit und fast bei allen in besonders ausgesprochenem Maße die erwähnte Form der Wirbelsäule mit

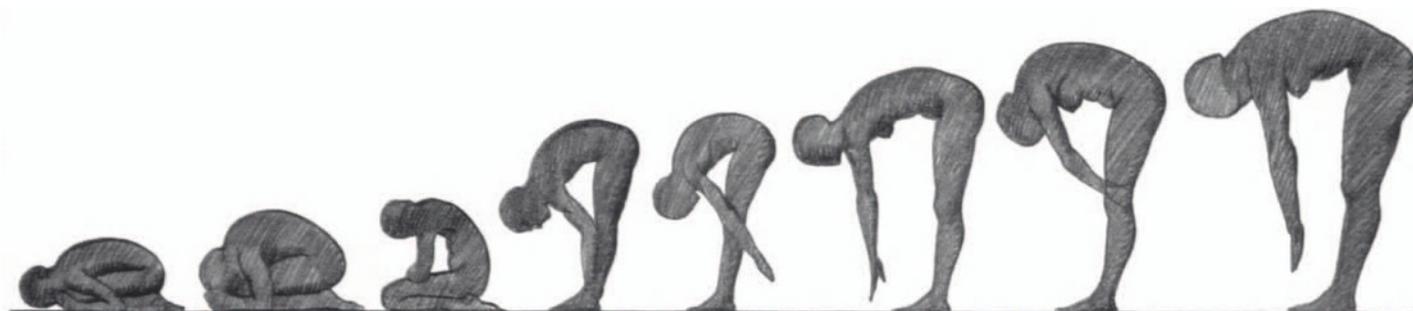


Abb. 185.

dem Lendenbuckel. Es ist diese Stellung also hier nicht eine künstliche Pose, sondern völlig natürlich und gehört zur dargestellten Arbeitsleistung.

Ich glaube aber kaum, daß ein Beschauer des Bildes ohne diesen ersten Hinweis auf die eigenartige Haltung der Wirbelsäule aufmerksam geworden wäre.

Bei einer erstmaligen Beobachtung einer raschen Bewegung gewinnen wir wohl einen aus befriedigenden allgemeinen Eindruck, ohne uns aber darüber Rechenschaft zu geben, daß sich derselbe aus sehr vielen Einzeleindrücken zusammensetzt. Wiederholen wir diese Beobachtung mit dem Willen, diese Gliederung soweit als möglich mit zu erkennen, so kommen wir bald soweit, daß wir aus einer Reihe von solchen Einzeleindrücken bestimmte auswählen und bei der weiteren Wiederholung unser Augenmerk ausschließlich darauf richten können.

Sind wir z. B. durch die Beobachtung des Lendenbuckels auf diese eigenartige Haltung der Wirbelsäule aufmerksam geworden, so werden wir ihr viel öfter bei den verschiedensten Bewegungen des Körpers begegnen und sie selbst bei sehr flüchtiger Erscheinung nicht mehr übersehen. Ich



Abb. 187.



Abb. 188.

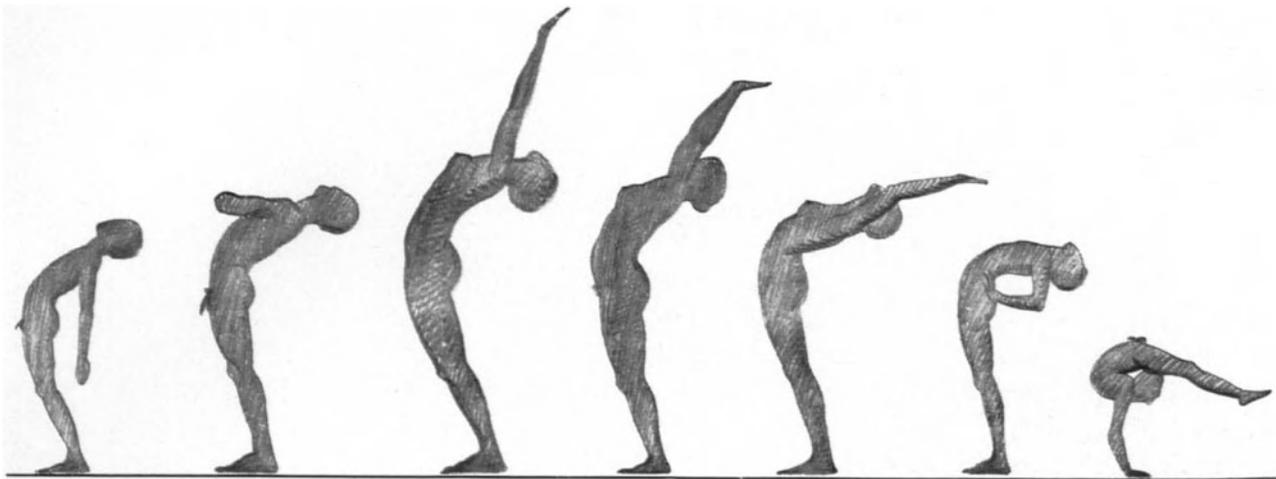


Abb. 186.

kann mich erinnern, wie sehr mich die Bewegungen der Schwimmer bei einem großen Wettsspringen in diesem Sinne überraschten. Sich selbst zu einer schnellen sicheren und zuverlässigen Beobachtung zu erziehen, ist eine mühsame Sache, die sehr viel Geduld verlangt, aber auch ungewöhnlich befriedigt. Ohne einiges Wissen über die Konstruktion des Körpers ist sie aber kaum zu erreichen.

Die Abb. 191 bringt eine Rückbeuge der Lendenwirbelsäule mit Vorbeugung der Brust- und Halswirbelsäule, also eine Verstärkung beider Krümmungen zur Darstellung. Eine möglichste Geradestreckung derselben ist auf Abb. 192 zu sehen. Als turnerische Übung wird sie „Rumpffällung“ genannt.

Wir wenden uns dann der Beobachtung einer seitlichen Neigung der Wirbelsäule zu, wie sie zunächst durch Abb. 193 und 194 gekennzeichnet und durch Zug am oberen Ende der Säule bei fixiertem unteren Ende erreicht worden ist.

Die Wirbelsäule zeigt dabei schon am anatomischen Präparat verschiedene Krümmungsform. Entweder erfolgt sie mehr in einem gleichmäßigen Bogen, Abb. 193, oder sie prägt sich am unteren und oberen Ende der Brustwirbelsäule besonders scharf, förmlich als Knickungen aus, Abb. 194. In diesem Falle bleibt die Brustwirbelsäule fast gerade gestreckt. Die Knickung zwischen dem Brust- und Halsstück braucht nicht immer gleichzeitig mit der Lendenknickung vorhanden zu sein. Am Präparat, das der Abb. 194 zugrunde liegt, fand sich der Scheitel der unteren Knickung im Bereich des 2. und 3. Lendenwirbels. Obwohl am Lebenden fast niemals die seitliche



Abb. 190.

Krümmung der Wirbelsäule durch ausschließlichen Zug am oberen Ende der Säule zustande kommt, sehen wir doch auch auf den Aktbildern der Abb. 193 und 194 diese beiden Formen auftreten. Der Scheitel der unteren Krümmung scheint aber nicht immer in gleicher Höhe zu liegen. Bei dem Modell der Abb. 195 liegt er nach Röntgenaufnahmen

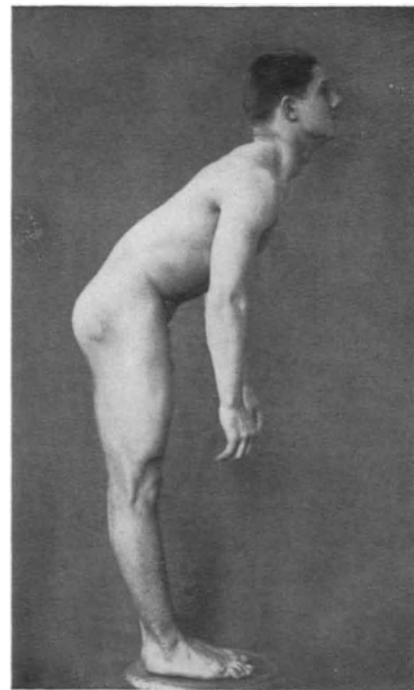


Abb. 189.

allerdings an gleicher Stelle, Abb. 196. Diese Aufnahme zeigt wie die frühere, Abb. 180 und 181, daß die äußere Körperform die Form der Wirbelsäule nicht streng zum Ausdruck bringt. Der scharfe Knick, wie ihn die Abb. 194 und besonders stark 195 zeigen, kommt durch die Verlagerung der Weichteile (Muskel, Fett und Haut) bei einer kräftigen aber gleichförmigen Abbiegung der Lendenwirbelsäule zustande, deren Scheitel mit dem Knick an der Körperoberfläche zusammenfällt. Auch die Verstellung des Brustkorbes gegen das Becken spielt dabei eine Rolle und vor allem ist der Übergang des seitlich gering abgelenkten Bruststückes der Wirbelsäule in das stark abgelenkte Lendenstück maßgebend. Das Maß der seitlichen Abbiegung des ersten Lendenwirbels zum Kreuzbein beträgt in diesem Falle etwa 40° . Deutlich sieht man auf dem Röntgenbild, wie die unteren Lendenwirbel durch den Muskelzug auf Abscherung nach der entgegengesetzten Seite beansprucht werden. Ferner daß bei der seitlichen Neigung doch auch in der Lendenwirbelsäule eine merkliche Drehung und zwar nach der anderen Seite ausgeführt wird.



Abb. 192.

Durch diese Knickungsform der Wirbelsäule bei seitlicher Beugung mit geringer Anteilnahme des größten Teiles der Brustwirbelsäule an der Bewegung darf man sich aber nicht zu der Annahme verleiten lassen, daß das Bruststück in dieser Richtung überhaupt kaum eine Beweglichkeit besitze, denn es ist ja auch möglich, daß die eigenartige Neigungsform der Säule bloß ein Ergebnis besonderer Muskelarbeit ist. Das trifft für alle Fälle, die ich beobachten konnte, sicher zu. Dasselbe Modell der Abb. 195 besaß in anderen Stellungen sogar eine recht große Neigungsmöglichkeit ihrer Brustwirbelsäule. Ebenso bringt Abb. 197 des mehrfach abgebildeten Togonegers eine passiv durch die Körperlast bedingte seitliche Beugung der Lenden- und Brustwirbelsäule als gleichmäßigen Bogen zur Beobachtung. Zum Beweis für die recht erhebliche seitliche Neigungsbewegung (über 20°) der Brustwirbelsäule dient die Abb. 198 nach einer Röntgenaufnahme, welche wie auch alle andern im Stehen unter natürlichen Bedingungen aufgenommen wurde und für diesen Fall noch lange nicht die äußerste Abbiegung bedeutet.

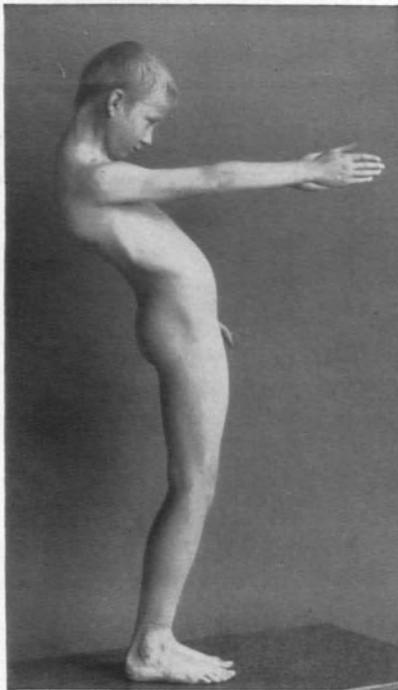
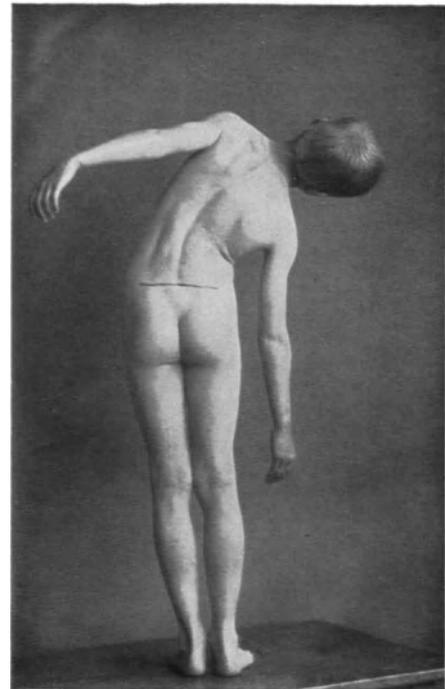
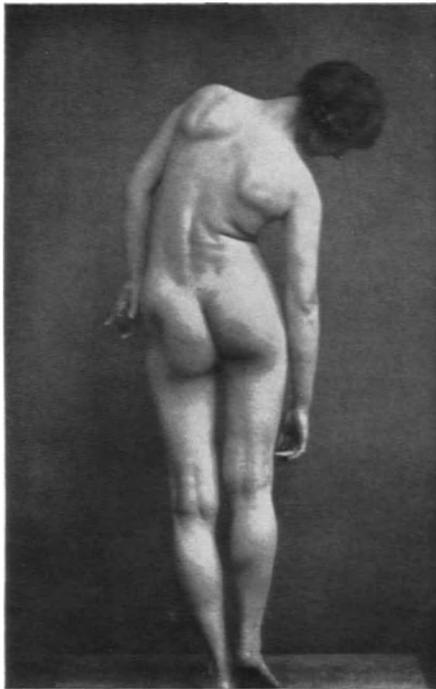


Abb. 191.

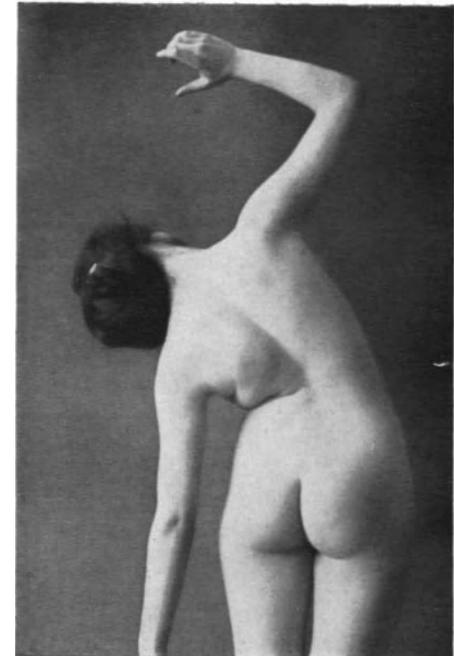
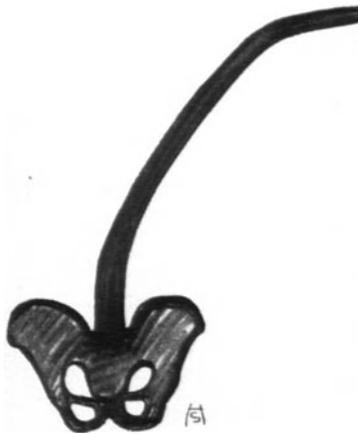
Von Interesse ist die Beobachtung, daß die Rippen auf der Seite der Abbiegung besonders stark von unten nach oben zusammengedrängt werden.

Es war auch möglich durch Röntgenaufnahmen nachzuweisen, daß eine passiv erzielte starke seitliche Abbiegung des Rumpfes durch Zug an einem Arme bei festgehaltenem Becken die erwähnte doppelte Knickung am Lebenden hervorbringt, während eine aktive freie seitliche Neigung in der Regel zu einem mehr oder weniger gleichförmigen Bogen der Wirbelsäule führt.



Schematische Zeichnung nach einem anatomischen Präparat. Das Becken war fixiert, die Wirbelsäule durch Zug am oberen Ende seitlich abgelenkt.

Abb. 193.



Schematische Zeichnung nach einem anatomischen Präparat. Das Becken war fixiert, die Wirbelsäule durch Zug am oberen Ende seitlich abgelenkt.

Abb. 194.



Abb. 195.



Abb. 197.

Auch zusammengesetzte mehrfache Neigungsbiegungen der Wirbelsäule sind möglich. Auf Abb. 199 geht die links gerichtete Neigung des unteren Abschnittes der Wirbelsäule gerade innerhalb der Brustwirbelsäule in die rechtsgewendete Neigung des oberen Abschnittes über.

Die *Drehung* der Wirbelsäule nimmt von unten nach oben zu, Abb. 200. Am Lebenden ist die Feststellung des Beckens, wie sie zur Ausführung der reinen Drehung nötig ist, am besten durch rechtwinkelige Beugung des Rumpfes in den Hüftgelenken zu erreichen, Abb. 201 und 36. Unserer früheren Angabe gemäß, daß die Lendenwirbelsäule nur eine sehr geringe Drehung zuläßt, wird auch am Modell erst oberhalb des Nabels die Drehung sichtbar und nimmt bis zum Kopfe zu. Das Drehungsmaß der Wirbelsäule vom 2. Halswirbel bis zum Kreuzbein ist gleichfalls individuell sehr verschieden. Für die Halswirbelsäule wird der Ausschlag mit $70-90^{\circ}$, für die Brustwirbelsäule mit $80-120^{\circ}$ angegeben.

Es sind auch zusammengesetzte Drehungen der Wirbelsäule, z. B. ein Teil nach links, der andere nach rechts und mehrfach abgestufte Drehungen möglich.

Führen wir am Bänderpräparat, bei eingespanntem Becken, die Wirbelsäule in äußersten Randstellungen im Kreise herum, so erhalten wir einen steten Wechsel der Form. Alle Bewegungen der Wirbelsäule sind hier mit Ausnahme der reinen Beuge- und Streckbewegung, aus gleichzeitiger Beugung (vor- oder rückwärts), Seitenneigung und Drehung entstanden. Man kann sie im Sinne der Technik als *Verwindung* bezeichnen. Hier mag auch hervorgehoben werden, daß eine reine seitliche Neigung vom lebenden Modell wegen der Eigenkrümmungen der Wirbelsäule außerordentlich schwer ausführbar ist und fast immer eine teilweise Verwindung zustande kommt. Das am Präparat ausgeführte Kreisen der Wirbelsäule kann man vom lebenden Modell nicht nachmachen lassen, weil eine Feststellung des Beckens nicht gelingt. Bei der turnerischen Übung des „Rumpfkreisens“ sind stets Beckenbewegungen in den Hüftgelenken mitbeteiligt.

Wir müssen jetzt nochmals die Wirbelsäule als Ganzes in der Seitenansicht betrachten, um die dreifache Krümmung derselben zu besprechen. Bei einer vertikalen Belastung der Säule wirken diese

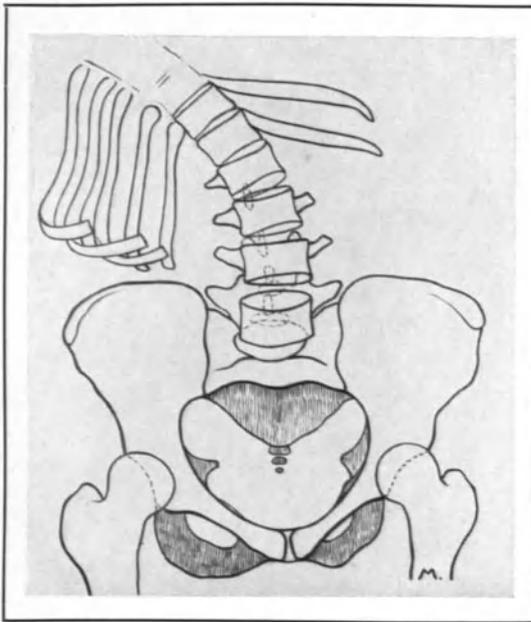


Abb. 196.

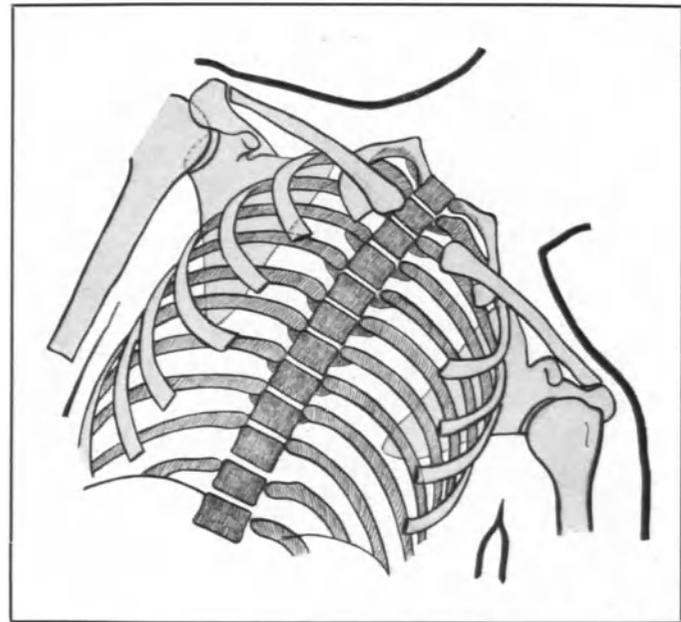


Abb. 198.

Krümmungen wie Federn, Abb. 202, und machen die Säule dadurch noch elastischer, aber zugleich auch tragfähiger.

Diese Krümmungen gehören zur Eigenform, d. h. zur Gleichgewichtsform der Säule und sind eine Konstruktionseigentümlichkeit der Säule selbst, die auf der Keilform der Zwischenwirbelscheiben und der Wirbelkörper beruht. Die Krümmung der Hals- und Lendenwirbelsäule wird fast nur durch die Keilform der Zwischenscheiben, die Krümmung der Brustwirbelsäule, aber fast ausschließlich durch die Keilform der Wirbelkörper bedingt.

Eine Verstärkung oder Abschwächung der Krümmungen kann natürlich nur durch eine Formveränderung der Zwischenscheiden bedingt sein, denn sie ist ja als Bewegung der Wirbelsäule aufzufassen, welche, wie wir sahen, gleichzeitig durch den Ablauf der Bewegung in den entsprechenden Gelenken bestimmt wird.

Von diesen Krümmungen der Wirbelsäule besitzen die vierfüßigen Säugetiere nur zwei und zwar die Brust- und Halskrümmung. Die Lendenkrümmung fehlt. Erst bei den menschenähnlichen Affen ist sie angedeutet.

Die Lendenkrümmung und vor allem die scharfe Abknickung der Lendenwirbelsäule gegen das Kreuzbein (das Vorgebirge = promontorium), Abb. 203, sind ein Merkzeichen des aufrechten Standes und Ganges. Dazu gehören noch fast durchgestreckte Hüftgelenke und Kniegelenke und eine bestimmte Einstellung des Beckens zum Kreuzbein.

Die drei schematischen Skizzen, Abb. 204, mögen veranschaulichen, wie die Aufrichtung des Rumpfes eines Vierfüßlers aus der horizontalen Haltung, Abb. 204, 1, in die vertikale aufrechte Haltung von statten geht, Abb. 204, 2 und 3. Es wird hiezu, bei gleichzeitiger Streckung der Kniegelenke, das Becken im Hüftgelenk hinten übergedreht, bis es fast abgelaufen ist und dann wird der noch immer viel zu weit vor den Hüftgelenken gelegene Schwerpunkt des Oberkörpers durch Rückbiegung der Lendenwirbelsäule unter Ausbildung des Vorgebirges nach hinten gebracht. Die stärkere Lendenkrümmung erzwingt wieder eine stärkere Brust- und Halskrümmung, um die Massen des Oberkörpers und des Kopfes nach vorn über die Füße und damit ins Gleichgewicht zu bringen.



Abb. 199.

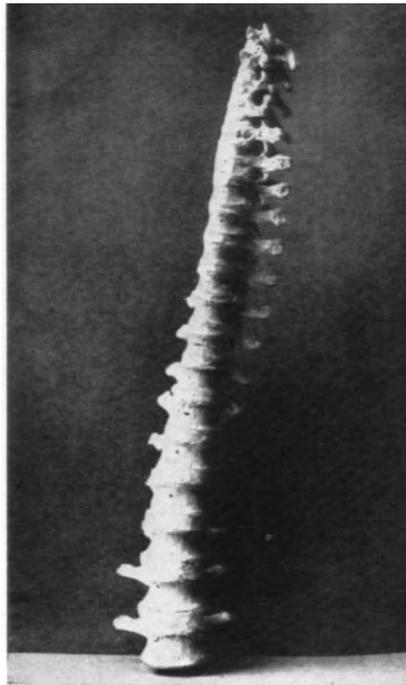


Abb. 200.

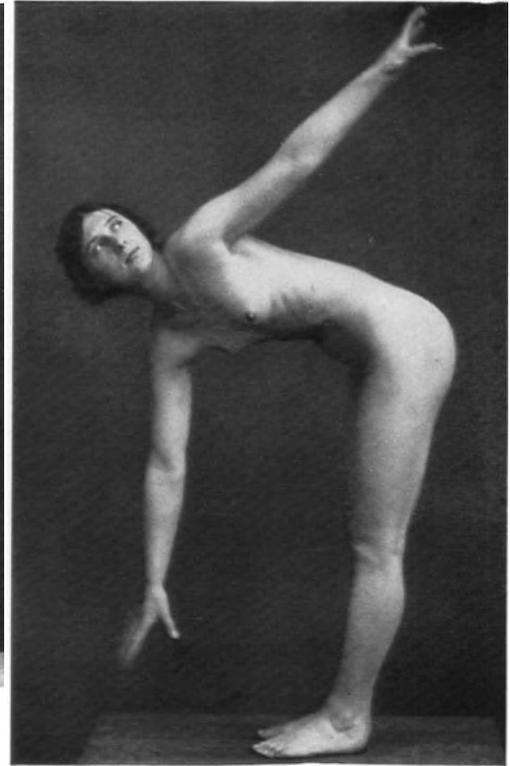


Abb. 201.

Als wichtiges Endergebnis der erreichten aufrechten Haltung sehen wir ferner, wie sich die Verbindungsstelle der Wirbelsäule mit dem Schädel verschiebt, so daß der Schädel mit seiner ganzen Gewichtsmasse von oben her auf die Wirbelsäule zu lasten kommt und sich hier fast ins Gleichgewicht einstellt. Damit fällt auch die eigenartige Modellierung des Hinterhauptes durch die beim Vierfüßler viel stärkere Nackenmuskulatur weg. Auch das starke elastische Nackenband, das bei vielen Vierfüßlern die Last des Kopfes zu tragen hilft, ist zwecklos und nur mehr in schwachen Resten vorhanden, siehe Abschnitt Hals. Wieder damit zusammenhängend fehlen der menschlichen Wirbelsäule die besonders langen Dornfortsätze der unteren Hals- und oberen Brustwirbelsäule, welche der Wirbelsäule der Vierfüßler als Widerrist ihre eigenartige Form gibt.

Mit der Horizontaleinstellung des Schädels hängt wieder die Einstellung der Blickrichtung, d. h. der Augenachsen oder Sehachsen zusammen.

Die starke Lendenkrümmung fehlt auch noch dem neugeborenen Menschen, wie ein Vergleich der vier auf Abb. 206 wiedergegebenen Wirbelsäulen erkennen läßt. Der Körper des neugeborenen Kindes sinkt anfänglich bei den ersten Versuchen, aufrecht zu sitzen, seiner Schwere folgend, nach vorne zusammen und erst allmählich mit zunehmender Kraft und Übung der die Wirbelsäule haltenden Muskeln gelingt ihm derselbe. Aber auch dann hängt die Wirbelsäule noch nach vorwärts über und es dauert noch geraume Zeit, bis die Muskulatur erstarkt und die Lendenkrümmung so weit ausgebildet ist, daß ein Sitzen mit aufrechter Haltung des Oberkörpers und des Kopfes, aber mit noch flachem Rücken, möglich wird, Abb. 207. Nach dem ersten Lebensjahr, wenn das Stehen und Gehen erlernt ist, finden wir die Krümmung der Lendenwirbelsäule besser ausgesprochen, aber noch längere Zeit dauert die weitere Verstärkung derselben an. Das kommt auf den beiden Abbildungen 208 und 209 zum Ausdruck. Es sind Aufnahmen desselben Kindes in aktiv aufgerichteter, gestreckter Haltung, Abb. 208 aus dem 2. Lebensjahr, Abb. 209

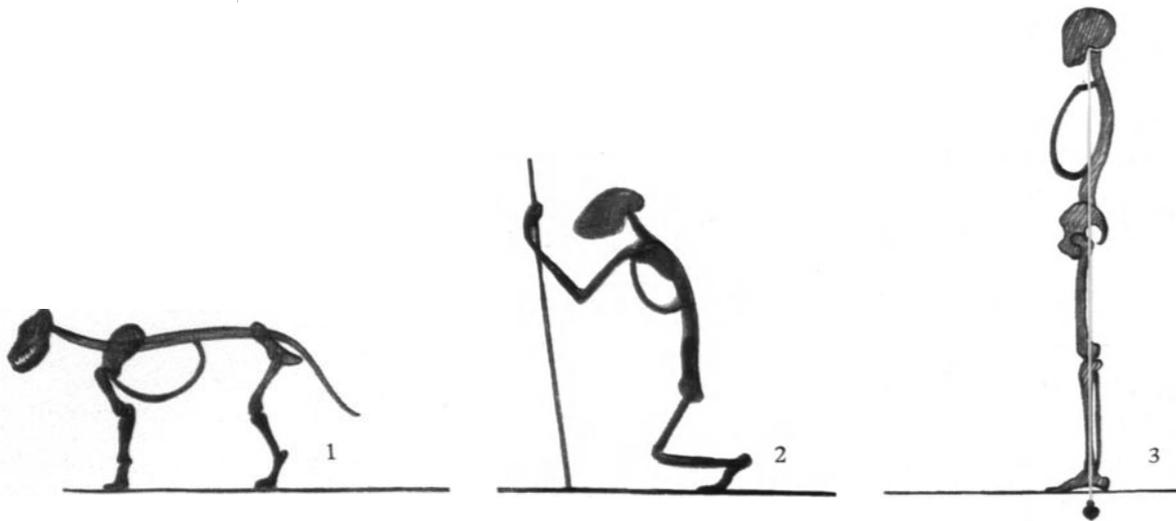


Abb. 204.

aus dem 4. Lebensjahr. Bewegt sich ein Mensch auf allen Vieren, Abb. 205, so wird die Lendenkrümmung durch Vorbiegen der Wirbelsäule wieder der einheitliche Bogen der Vierfüßler.

Die Beobachtung, daß die Krümmungen der Wirbelsäule sich im Laufe der Entwicklung so spät und erst mit dem Eintreten bestimmter statischer Bedingungen herausbilden, spricht dafür, daß die letzteren neben der Vererbung eine mitbedingende Ursache sind.

Wir haben schon wiederholt von der Eigenform oder Gleichgewichtsform der Wirbelsäule gesprochen und es ist verständlich, daß diese Form nur dann ausschließlich von den inneren Konstruktionsbedingungen der Säule abhängt, wenn sie für sich allein aus dem Körper genommen ist. Im Zusammenhang des ganzen Körpers muß aber diese Eigenform noch durch äußere Bedingungen beeinflusst werden und dadurch kommt es, daß die Form einer aus dem Körper entnommenen Säule jener gleicht, die nach kräftiger Rückbiegung zustande kommt. Es fehlt hier die vorbeugende Wirkung der schweren Massen des Rumpfes, die mit Hilfe des nach vorne ausladenden Brustkorbes auf der Wirbelsäule lasten, Abb. 210. Diese vorbeugende Wirkung wird im lebenden Körper bei aufrechter Stellung durch die elastische Streckkraft der zwischen den Wirbelbögen ausgespannten gelben Bänder und der Muskeln nur zum Teil aufgehoben und deshalb besitzt die Säule im Bestand des lebenden Körpers eine weniger gestreckte Gleichgewichtsform, als wenn



Abb. 202.

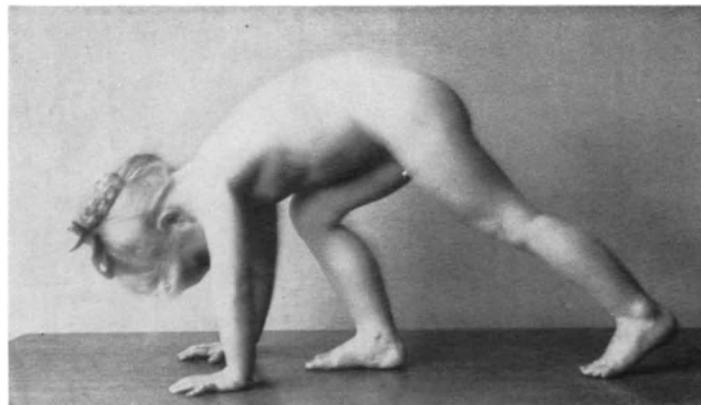


Abb. 205.

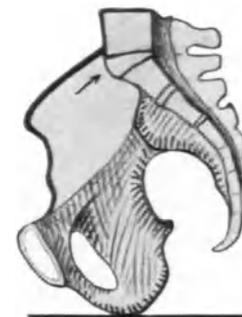


Abb. 203.

Auf Abb. 206 sind zur Darstellung gebracht:

1. Wirbelsäule eines neugeborenen Kindes,
2. Wirbelsäule eines 3jährigen Kindes,
3. Wirbelsäule eines 10jährigen Kindes,
4. Wirbelsäule eines erwachsenen Menschen.

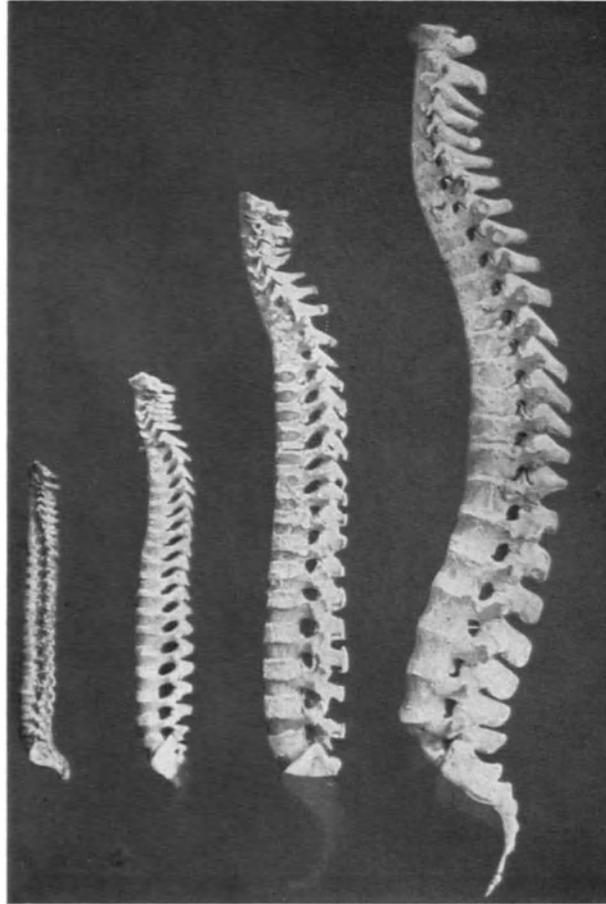


Abb. 206.



Abb. 208.

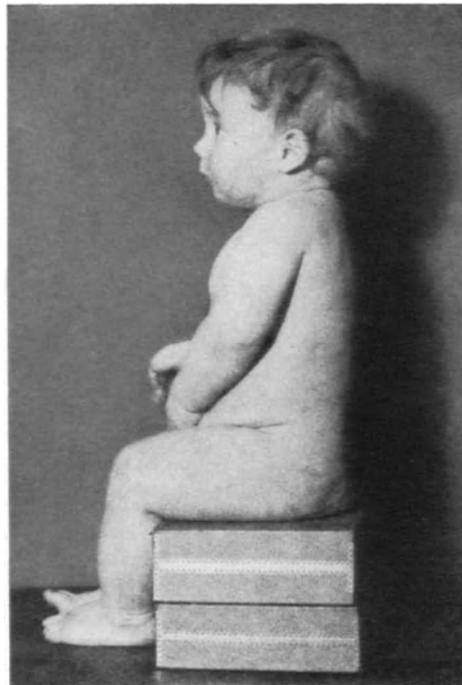


Abb. 207.

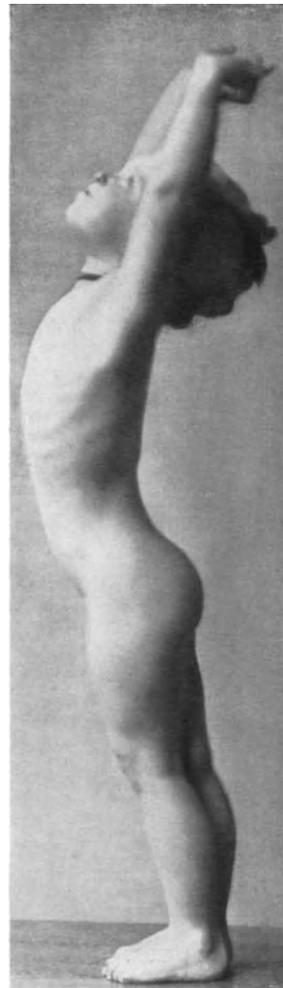


Abb. 209.

Abb. 207.
3jähriges Kind in aufrechter Sitzhaltung.

Abb. 208.
Kind von 1½ Jahren.

Abb. 209.
Dasselbe Kind im Alter von 4½ Jahren; beide in aufrechter gestreckter Haltung.



Abb. 210.

sie aus dem Körper genommen ist. In diesem Fall stellt sie der Zug aller elastischen Bänder, wie das die Abb. 211 erklärt, in stärkere Streckung ein. In A sind die gelben Bänder bei paralleler Einstellung der Wirbelkörper schon gedehnt. Durch eine Beugung werden sie noch mehr gedehnt, während sie bei ausschließlicher Eigenwirkung die Einstellung der Wirbel in bestimmte Streckstellung bewirken, C.

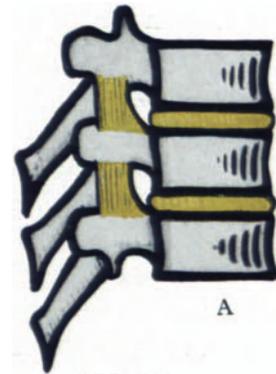


Abb. 211.

Die Wirbelsäule trägt direkt nur die Last des Kopfes. Das Gewicht der oberen Extremitäten, der Rumpfwand und der Eingeweide, ist hingegen zum Teil an einem knöchernen beweglichen Sparrengerüst aufgehängt, das von der Wirbelsäule ausgeht.

Dieses Gerüst ist der *Brustkorb* (Thorax), Abb. 212, 213 und 214. Er ist symmetrisch gebaut und zwar aus je 12 verschieden langen und verschieden geformten linken und rechten Spangen, den *Rippen* (Costae), die vorne durch ein unpaares kräftigeres Mittelstück, das *Brustbein* (Sternum), zusammengehalten werden. Jede Rippe setzt sich aus einem längeren knöchernen und einem vorderen kürzeren knorpeligen Stück zusammen. Mit dem ersteren ist die Rippe an die Wirbelsäule, mit dem letzteren an das Brustbein festgemacht. Nur die zwei letzten „fliegenden“ Rippen finden keinen Halt am Brustbein und enden mit kurzen knorpeligen Stücken frei in der Muskulatur der Rumpfwand.

Um die Konstruktion des Gerüsts verstehen zu lernen, wird es am besten sein, zunächst die Form des Brustbeins und seine Stellung zur Brustwirbelsäule kennen zu lernen.

Das *Brustbein*, Abb. 215, ist ein flacher Knochen und besteht aus zwei Stücken, dem *Handgriff* (Manubrium) und dem *Körper* (Corpus). Der Handgriff ist an seinem oberen

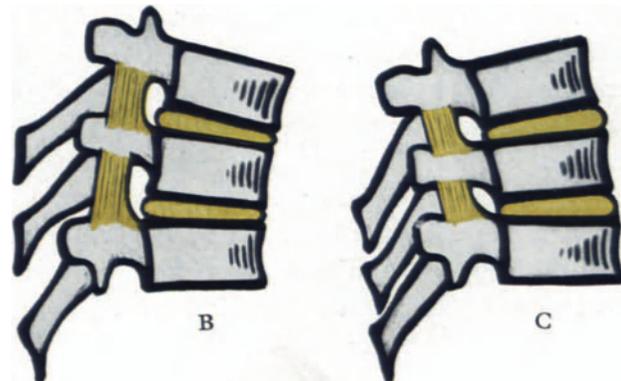


Abb. 211.

verbreiteten Rande aufgewulstet und die beiden seitlichen Enden des Wulstes sind seitlich abgeschrägt und nach oben und hinten zu einem stärkeren Gelenkkörper verdickt, welcher die flache überknorpelte Gelenkpfanne zur Verbindung mit dem Schlüsselbein trägt. Zwischen diesen aufgewulsten Enden vertieft sich die Oberkante zu einem gerundeten Einschnitt (*Incisura jugularis*). Am Lebenden sinkt darüber die Haut zur *Drosselgrube* (*Jugulum*) ein. Der Handgriff ist mit dem Körper meist geradlinig oder unter einem stumpfen Winkel (*Brustbeinwinkel*) *Abb. 215*, durch eine dünne Scheibe aus faserigem Knorpel verbunden. Auch hier liegen die Verbindungsflächen auf etwas aufgetriebenen Knochenrändern. Auf der Vorderseite wird dieser Rand, weil er auf dem Scheitel des Brustbeinwinkels liegt, am Lebenden oft als quere Leiste sichtbar. Die Vorderseite des Handgriffes ist gewöhnlich leicht konvex geformt, die des Körpers entweder eben oder gleichfalls leicht gewölbt. Die Seitenränder des Brustbeines tragen die flachen Gelenkgrübchen zur Verbindung mit den Rippenknorpeln. Das erste Grübchen liegt dicht unter dem Schlüsselbeingelenk. Das zweite stößt auf die Knorpelfuge zwischen beiden Teilstücken und dann folgen fünf weitere Grübchen in immer kleineren Abständen am Außenrand des Brustbeinkörpers. Sind die Enden der Rippen an ihrem Übergang in die Knorpel aufgewulstet, so ist dies eine Folge der *Rachitis*. Durch die gleiche Ursache kommt auch die sog. *Hühnerbrust* zustande. Sie beruht auf einer starken geraden Streckung namentlich der unteren Rippen, so daß das Brustbein wie der Kiel eines Schiffes durch die Spanten vorgedrängt erscheint. An seinem unteren Ende trägt das Brustbein ein Anhängsel, das entweder aus Knochen oder aus Knorpel

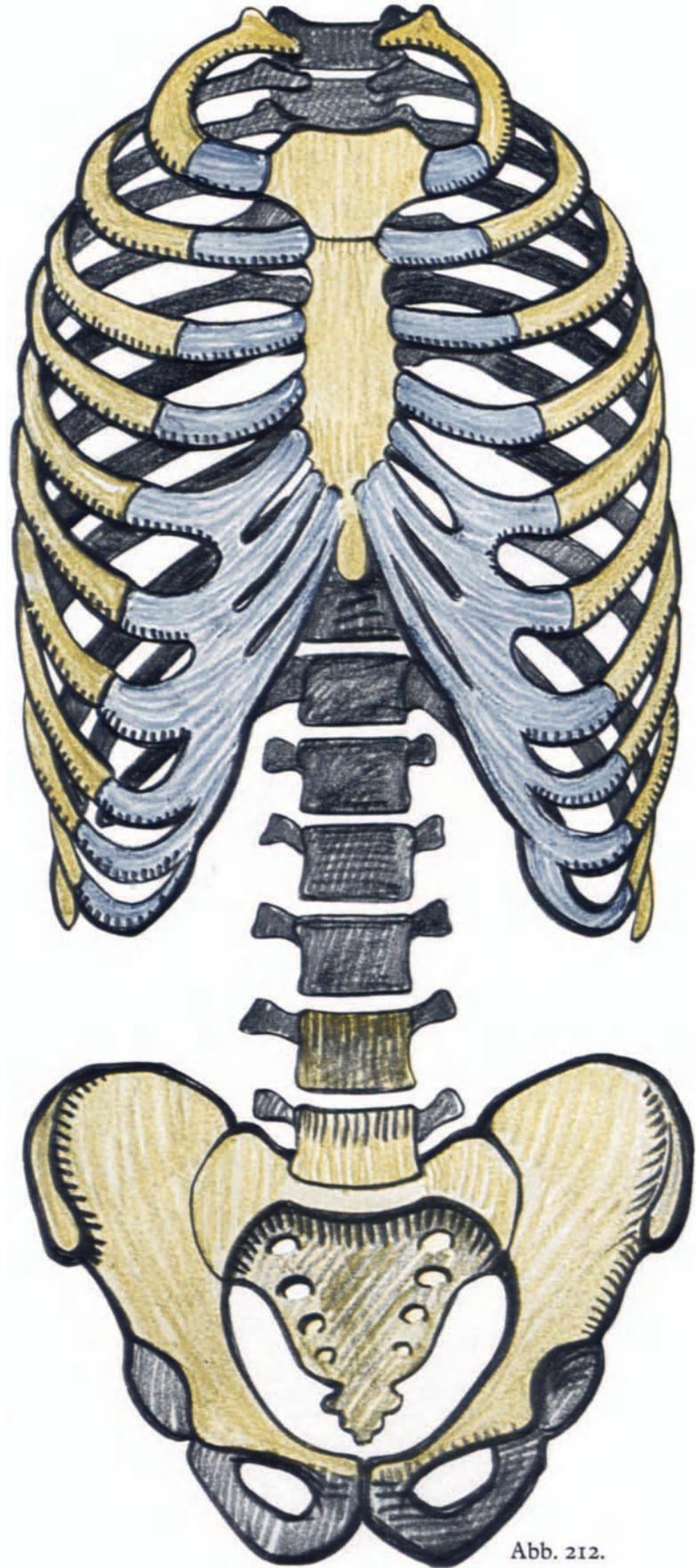


Abb. 212.

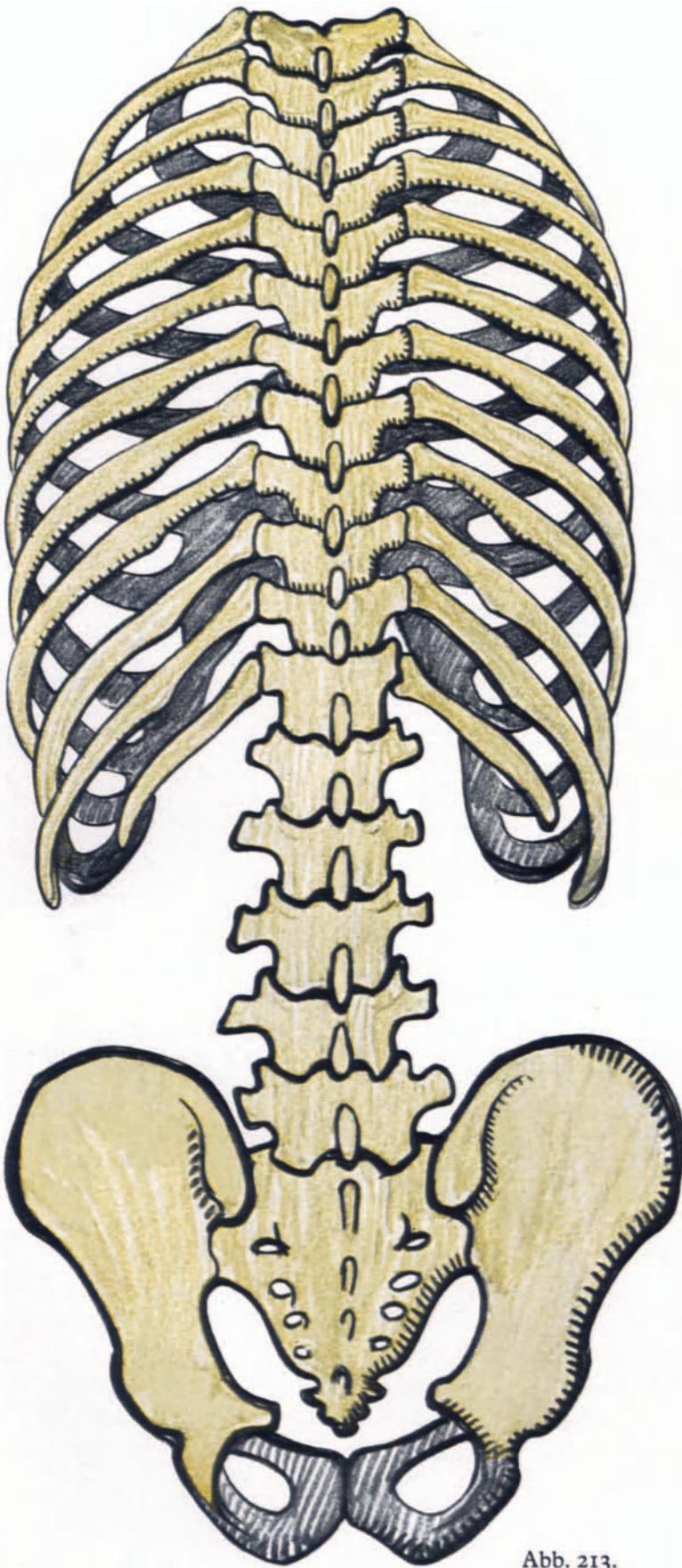


Abb. 213.

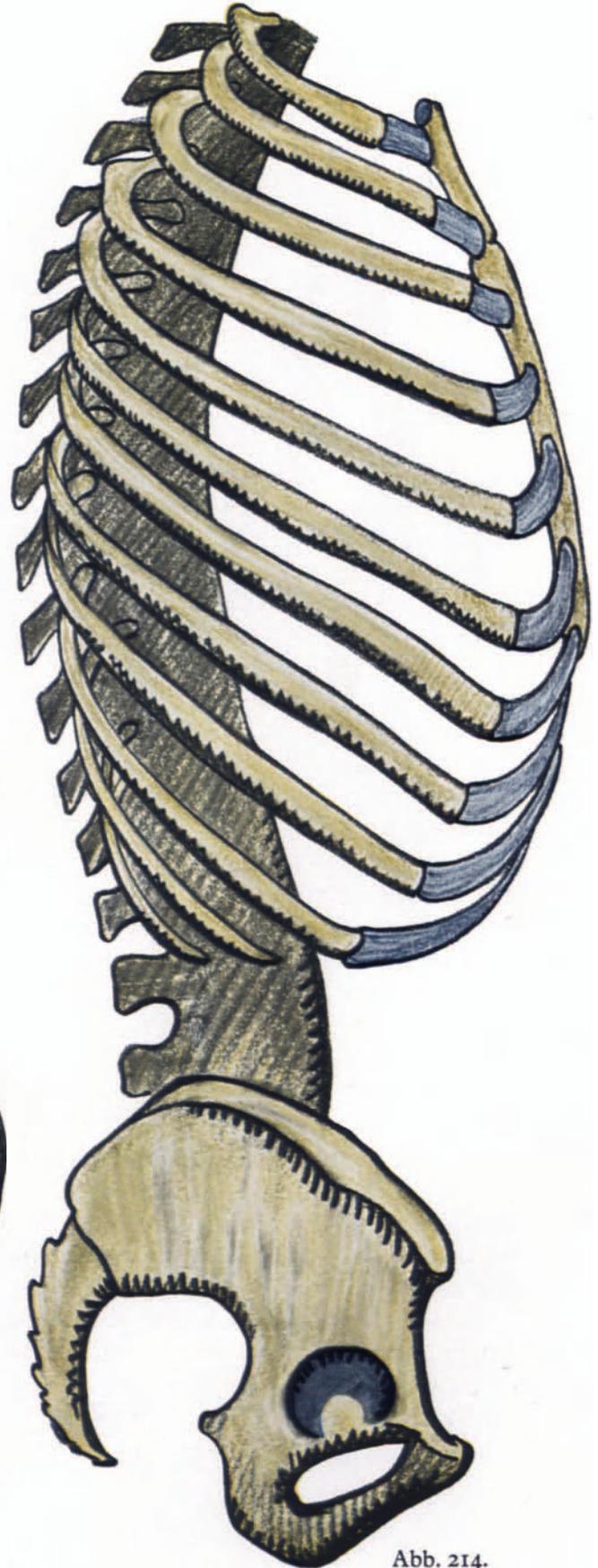


Abb. 214.

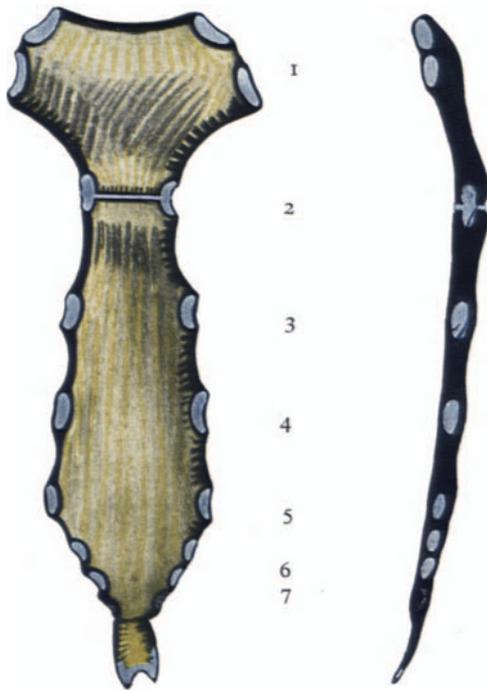


Abb. 215.

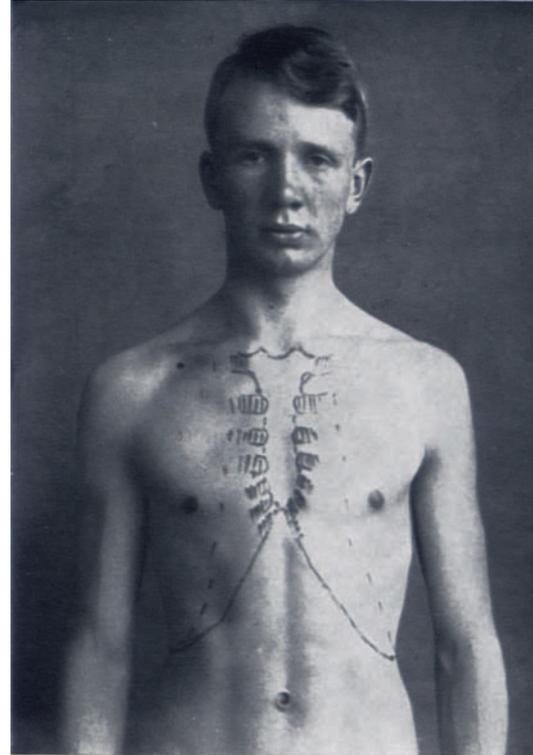


Abb. 216.

gebildet ist und *Schwertfortsatz* (Processus ensiformis) heißt. Es hat mit der Konstruktion des Gerüsts nichts zu tun, macht sich aber äußerlich manchmal auffallend bemerkbar.

Die Lage des Brustbeines und der sich ansetzenden Rippenknorpel im lebenden Menschen ist auf Abb. 216 ersichtlich. Die Abb. 217 zeigt, daß das obere Ende des Brustbeines näher an der Wirbelsäule liegt, als das untere. Das untere Ende ist sogar so weit nach vorne herausgesetzt, daß das Brustbein trotz der konkaven Krümmung der Wirbelsäule eine zur vertikalen Ebene geneigte Lage erhält.

Setzen wir nun zur Verbindung der Brustwirbelsäule mit dem Brustbein zunächst das erste und das siebente Rippenpaar ein, so sind die Punkte 1 mit 1 und 7 mit 7 der Abb. 217 zu verbinden. Die beiden Rippenpaare erhalten dadurch eine nach vorn abfallende, geneigte Lage. Während aber die erste Rippe gleichmäßig von hinten nach vorne und nur wenig abdacht, ist die siebente Rippe mit ihrem knöchernen Teil viel stärker geneigt und endet weit unter der Querebene durch die untere Brustbeinkante. Sie muß deshalb ihren knorpeligen Abschnitt stark nach oben und innen schicken, um das siebente Gelenkgrübchen am Brustbeinrand zu erreichen, indem sie, wie auch alle übrigen, durch Bänder festgehalten wird. Der Rippenknorpel erfährt eine starke Abbiegung, die auf der Abb. 217 zu sehen ist. Die siebente Rippe ist, weil sie diesen Umweg von der Wirbelsäule zum Brustbein nimmt und weil sie auch noch das am weitesten abstehende untere Ende des Brustbeines zu erreichen hat, wesentlich länger in ihren beiden Abschnitten als die erste Rippe, die fast in einer Ebene die beiden Ansatzstellen verbindet. Betrachtet man hierauf die Form beider Rippenpaare in senkrechter Projektion zu der Ebene ihres Längsverlaufes, Abb. 218, so sieht man, wie sie beide mit einer Krümmung einen Raum umfassen, der hinten durch die Wirbelsäule und vorne durch das Brustbein abgegrenzt wird. Der Raum wird durch die eigenartige Biegung der Rippen kartenherzförmig und nimmt von der ersten bis zur siebenten Rippe stetig



Abb. 217.

Abb. 218.

an Größe zu. Sein querer Durchmesser übertrifft den Tiefendurchmesser zwischen Brustbein und Wirbelsäule.

Über die Vervollständigung des Gerüsts durch die übrigen 10 Rippenpaare ist nicht mehr viel zu sagen. Auf der Abb. 212 und 214 sieht man, wie die zweite bis sechste Rippe in den Raum zwischen erster und siebenter sich einfügen und ebenso leicht ist die Beobachtung, wie die 8., 9. und 10. Rippe durch ihre Knorpel, die spitz zulaufen und stark abgelenkt sind, eine an die andere und endlich alle durch den Knorpel der 8., an den der 7. Rippe angehängt werden. Sie gewinnen dadurch gleichfalls Halt am Brustbein. Der durch diese Anordnung gebildete Knorpelbogen, der von der 10. Rippe zum unteren Rande des Brustbeins reicht, heißt *Rippenbogen* (siehe auch Abb. 216). An diesen unteren Rippenknorpeln kommen quere Verbindungen, wie sie auf Abb. 225 (untere Reihe) zu sehen sind, nicht selten vor.

Der von dem ganzen Gerüst umspannte Raum, der Brustraum, ist durch die Zwischenrippenräume von außen zugänglich. Diese nehmen von hinten nach vorne bis zum Übergang in den Knorpel etwas an Höhe zu und werden gegen das Brustbein hin wieder enger, Abb. 212—214. Die Rippenknochen laufen folglich von der Wirbelsäule aus etwas auseinander, während die Rippenknorpel zum Brustbein wieder zusammenlaufen.

Gießen wir den Brustraum aus, so erhalten wir einen von vorne nach hinten etwas *abgeplatteten*, stumpfen, kurzen Kegel, der auf der abgeflachten Rückseite durch das Hereingreifen der Wirbelkörper säule eine tiefe Rinne zeigt. Man braucht bloß den Versuch zu machen, um diesen Körper schmale Spangen (z. B. aus Plastilin) in der Verlaufsrichtung der Rippen zu legen, so wird sofort klar, daß jede Rippe zwei Krümmungen besitzen muß, wenn sie der Oberfläche dieses Körpers wie Faßreifen immer bündig anliegen soll. Eine Krümmung über die Fläche und eine Längsdrehung. Die Rippen sind aber außerdem nicht wie Faßreifen in einer Ebene um den Brustraum gegürtet, sondern die mittleren und längsten Rippen zeigen noch bei ihrer stärkeren Schiefelage eine Kantenkrümmung, so daß sie auf eine ebene Unterlage gelegt, dieselbe nicht mit allen Punkten ihrer Kante berühren, Abb. 219 und 225.

Das geschilderte Gerüstwerk des Brustkorbes ist durch das in seiner Konstruktion verwendete Knorpelmateriale außerordentlich elastisch und die gut federnden Rippenknochen vermehren diese Elastizität. Wir wissen, was für kräftige Stöße der Brustkorb auszuhalten und welche enorme Lasten der versteifte Brustkorb federnd zu tragen vermag. Mit dem Alter nimmt die elastische Kraft des Knorpels und Knochens und damit auch die Widerstandsfähigkeit ab. Es ist ferner verständlich, daß durch die Einschaltung des Brustbeines, welches eine Belastung sofort auf 7, ja auf 10 Rippenpaare verteilt, die Vorderwand des Brustkorbes am geeignetsten ist, einen Anprall gegen äußere Gewalten auszuhalten. Die Rippenknorpel werden dabei auf Druck, Abbiegung und Verdrehung beansprucht.

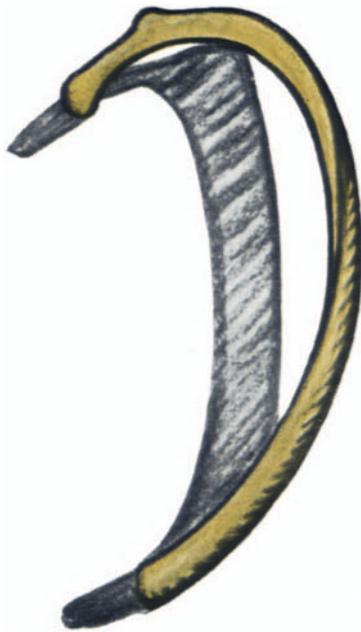


Abb. 219.



Abb. 220.

Der Brustkorb ist aber nicht nur elastisch, sondern auch beweglich. Um dies zu ermöglichen, sind die Rippen auch mit der Wirbelsäule *gelenkig* verbunden. Diese Verbindung mit der Wirbelsäule ist eine doppelte. Wir erfahren, daß das *Rippenköpfchen* (Capitulum) in einer flachen Gelenkgrube liegt, die für die oberen Rippen von zwei Wirbelkörpern je zur Hälfte, Abb. 220, für die erste, elfte und zwölfte Rippe aber nur von dem gleichliegenden Körper des ersten, vorletzten und letzten Brustwirbels geliefert wird. Von hier aus läuft die Rippe mit einem kurzen geraden Stück, dem *Hals* (Collum), nach hinten außen, erreicht den Querfortsatz des Wirbels und verdickt sich hier zum *Rippenhöcker* (Tuberculum), der sich wieder gelenkig mit dem Querfortsatz des unteren Wirbels verbindet. Hierauf folgt die plötzliche, scharfe Abbiegung der Rippe nach vorne, der *Rippenwinkel* (Angulus).

Alle diese Einzelheiten sind auf der Abbildung 221 zu sehen. Rechts bei A ist die Rippe abgelöst, links bei B sind die Gelenke mit ihren Kapseln erhalten. Jede Rippe ist aber außerdem noch durch drei feste Bänder mit dem Querfortsatz des nächst höher gelegenen und des gleichen Wirbels verbunden. Sie sind auf Abb. 222, 1, 2 und 3, dargestellt und verhindern durch ihre Spannung vor allem eine zu weitgehende Senkung der Rippen gegenüber der Wirbelsäule und übertragen eine Senkungsbewegung der Rippen auf die Wirbelsäule. Wir dürfen auch nicht vergessen, daß diese Festheftung der Rippenbänder an zwei Wirbel auch als Sicherung der Wirbelverbindungen in Rechnung zu stellen ist.

Jede Rippe bewegt sich gleichzeitig in den beiden Gelenken um eine Achse, die durch die Mittelpunkte derselben geht und durch den Rippenhals verläuft, Abb. 221, schwarzer Linie. Es kommt damit eine Scharnierbewegung zustande und die Drehung um diese Achse äußert sich als eine Hebung und Senkung der Rippen. Dieselbe ist um so ausgiebiger, je weiter nach vorne zu gelegene Punkte an den Rippen wir in ihrer Bewegung beobachten und wird durch die Spannung der Bänder abgestellt. Die Brustkorbbewegung eines tiefatmenden Menschen ist deshalb vom Rücken her kaum zu erkennen, während sie von vorne gesehen so auffallend in Erscheinung tritt.

Die Achsen für die Rippenbewegung verlaufen aber, wie wir das aus der Abb. 221 ersehen, von hinten außen nach vorne innen und der Winkel, den die Achse mit der Stirnebene bildet, ist nicht für

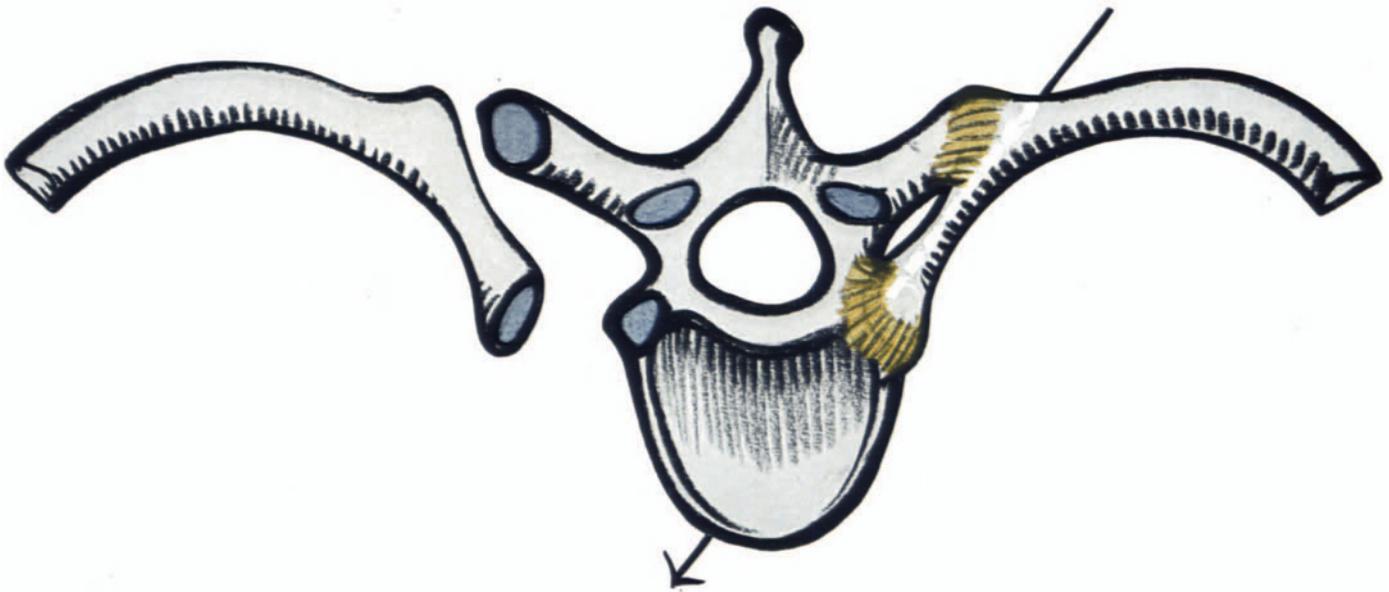


Abb. 221.

alle Rippen gleich groß. Die Achse der ersten Rippe verläuft nahezu parallel mit der Stirnebene, liegt also fast quer, während die Achsen der folgenden Rippen immer mehr mit dem äußeren Ende nach hinten abrücken und damit den Winkel mit der Stirnebene stetig vergrößern.

Diese Schiefstellung der Rippenachsen muß bewirken, daß bei einer Hebung der Rippen, das vordere Ende derselben nicht nur von der Wirbelsäule nach vorne zu abrückt, sondern auch gleichzeitig sich von der Mittelebene entfernt, also nach außen geht und zwar um so stärker je weiter abwärts gelegene Rippen wir beobachten. Das ist auf Abb. 223 1 u. 2 ersichtlich. Der Abstand der vorderen Enden der beiden siebenten Rippenknochen nimmt mit ihrer Hebung zu. Das quere Abrücken der Rippenenden voneinander infolge der Hebung bedeutet aber auch ein Abrücken der Rippenenden vom Brustbein, mit dem sie durch den Knorpel verbunden sind. Es muß also der Knorpel nachgeben und diese Bewegung erlauben. Er wird verbogen, gedehnt oder zusammengedrückt und verdreht. Er verändert seine Form. Auch das ist an den drei schematischen Darstellungen der Abb. 223 zum Ausdruck gebracht, aber vorteilhafter auf Abb. 225 untere Reihe zu beobachten. Auch der Knickungswinkel zwischen Rippenknochen und Knorpel, Abb. 223, A wird verändert. Es hängen folglich alle Bewegungsauslässe der Rippen im Raum von der Nachgiebigkeit der elastischen Knorpelspannen ab. Einen Beweis dafür gibt uns der Befund, daß im hohen Alter die Elastizität der Knorpel abnimmt und damit die Bewegung des Brustkorbes leidet, noch mehr aber die Beobachtung von Fällen, wo die Rippenknorpel durch Einlagerung von Kalksalzen starr und unnachgiebig werden. Dadurch wird der Brustkorb fast unbeweglich festgestellt.

Der Brustkorb ist wie wir jetzt wissen, innerlich durch elastische Kräfte verspannt. Man kann an einem frisch aus dem Körper präparierten Brustkorb das Brustbein mit den Rippen heben oder niederdrücken und damit die Form des Brustkorbes ändern, aber freigelassen kehrt derselbe sofort wieder in seine Gleichgewichtslage zurück, aus der ihn nur wieder eine bestimmt bemessene Kraft herauszubringen

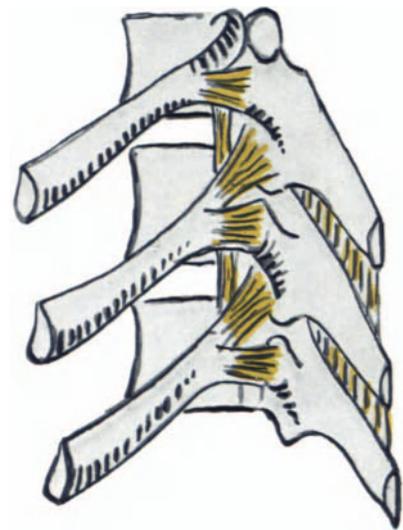


Abb. 222.

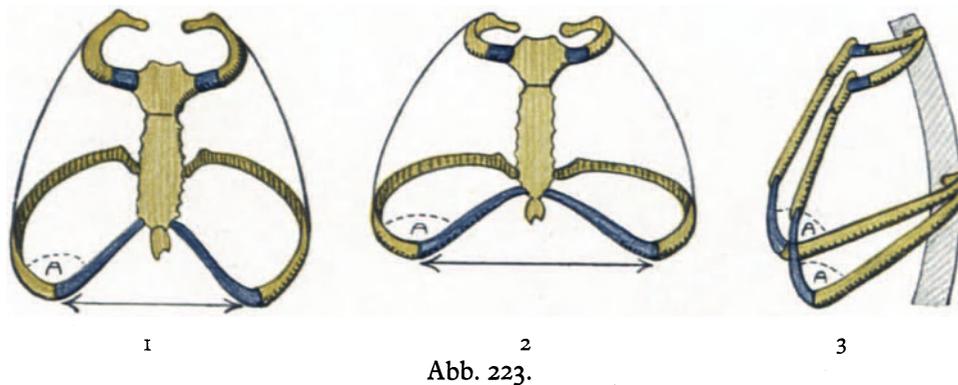


Abb. 223.

vermag. Es ist bemerkenswert, daß diese Gleichgewichtslage nicht, wie man früher meinte, mit der vollen Senkung der Rippen zusammenfällt.

Alle Kräfte, welche die Form der Rippenknorpel verändern, wirken selbstverständlich auch auf das Brustbein ein, und geben ihm neue und wechselnde Einstellung. An der Hand der Abb. 223, 3, soll gezeigt werden, welche Lage das Brustbein bei der Hebung der Rippen einnimmt. Das Resultat entspricht nicht ganz den Erwartungen, denn wir sehen das Brustbein fast parallel seiner Ruhelage nach vorn und oben gehen, während wir wegen der größeren Länge der unteren Rippen, ein stärkeres Ausweichen seines unteren Endes nach vorne zu und damit eine weniger steile Lage desselben erwartet hätten. Aber die unteren langen Rippen bewegen sich mit ihrer Hebung stärker nach außen als die oberen kurzen Rippen, von denen die erste sogar infolge ihrer quer gestellten Achse eine reine Vorhebung zeigt. Dadurch kommt fast eine Parallelverschiebung des Brustbeines zustande. Das scheint gar nicht mit unserer gewohnten Beobachtung zusammenzustimmen, nach welcher die Büste durch jeden tiefen Atemzug nach vorne und

in stärkere Aufsicht gebracht wird. Das hat aber seinen Hauptgrund darin, daß bei jedem tiefen Atemzug die Wirbelsäule gestreckt wird und damit auch der Brustkorb samt dem Brustbein in diese weniger steile Lage gebracht wird. Bei schön gewölbtem, gut gebautem und sehr beweglichem Brustkorb kann aber dennoch bei einer tiefen Einatmung, Abb. 224, die weniger steile Lage des gehobenen Brustbeines gegenüber der Ruhelage deutlich ausgesprochen sein.

Das Gesamtergebnis der Rippenbewegung ist als Formveränderung des Brustkorbes in den vier Ansichten, Abb. 225, wiedergegeben. Die beiden oberen Bilder sind nach einem künstlich montierten beweglichen Modell gezeichnet, während den beiden unteren Bildern Röntgenaufnahmen eines jungen sehr kräftigen Mannes zugrunde liegen, die ich der Güte des Herrn Prof. Dr. Haselwander verdanke. Sie zeigen, daß durch die Hebung und Senkung der Rippen der von ihnen umschlossene Brustraum an Tiefe (obere Reihe) und an Breite (untere Reihe) zu- und abnimmt, während die Höhe desselben im umgekehrten Sinne wechselt. Die getönten Umrißfelder heben diesen Formwechsel auffallend heraus. Besonderer Beachtung wert ist die

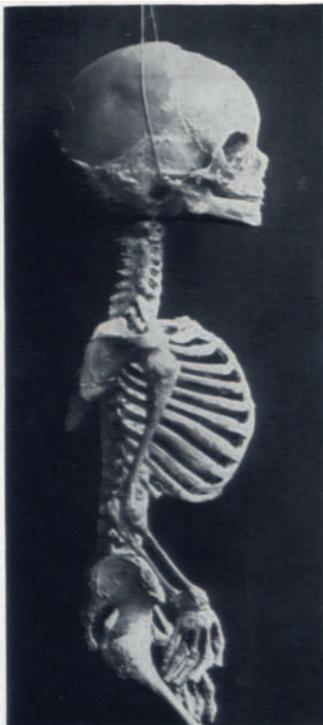


Abb. 226.

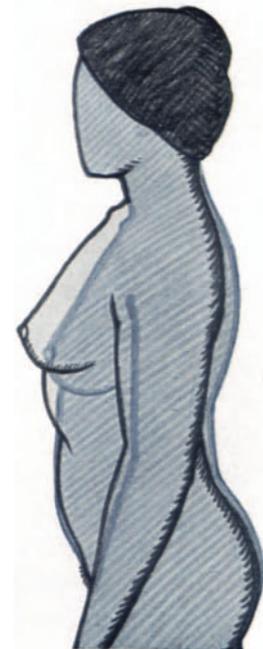
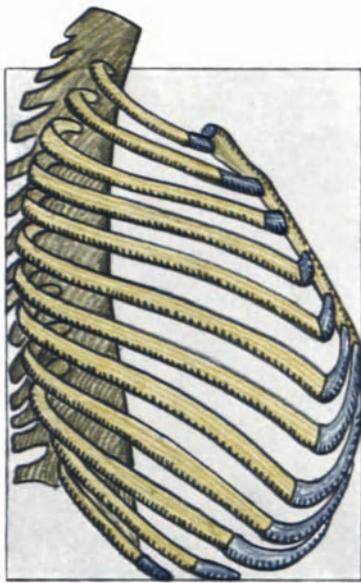
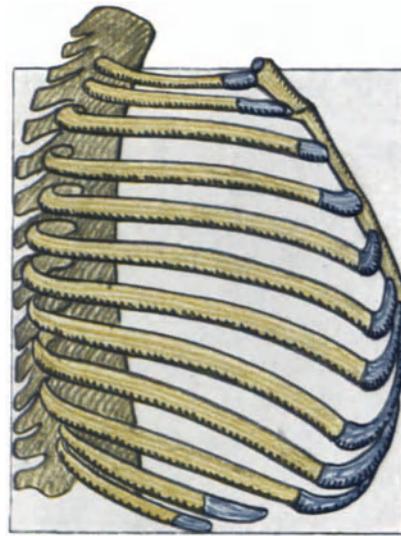


Abb. 224.



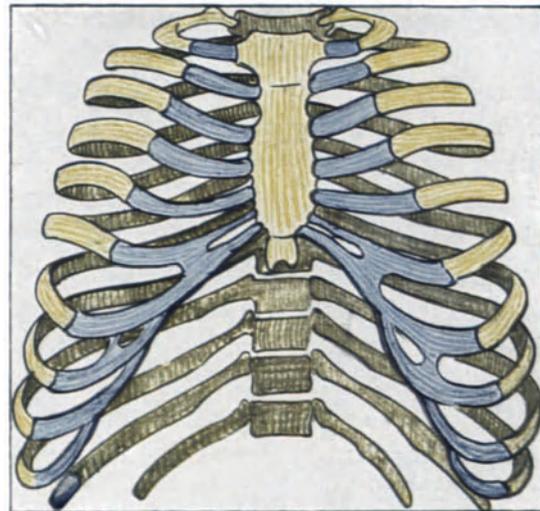
A



B



C



D

Abb. 225. A und B nach einem künstlich zusammengesetzten beweglichen Modell. A = Brustkorb mit gesenkten Rippen. B = Brustkorb mit gehobenen Rippen. C und D nach Röntgenaufnahmen gezeichnet. C = Brustkorb mit gesenkten Rippen, D = Brustkorb mit gehobenen Rippen. A und C = gewöhnliche Ausatemstellung. B und D = stärkste Einatemstellung.

Die graugetönten Umrißfelder zeigen die Formänderung des Brustkorbes in beiden Stellungen an.

Änderung der Form und Lage der Rippenknorpel und des Rippenbogens auf den beiden unteren Bildern. Der Winkel zwischen beiden Rippenbögen nimmt mit der Hebung zu.

Die Form des Brustkorbes mit möglichst gesenkten Rippen werden wir später als tiefste Ausatmungsstellung, jene mit möglichst gehobenen Rippen als stärkste Einatmungsstellung kennen lernen, weil der Brustraum durch diese Rippenbewegung einmal auf kleinstes und dann auf größtes Inhaltsmaß gebracht wird.

Bei tiefster Ausatmung ist der Brustkorb schmal, seicht und lang, bei tiefster Einatmung aber breit, tief und kurz.

Die Form und Einstellung der Rippen ist bei neugeborenen Kindern und auch noch bei Kindern in den ersten Lebensjahren eine ganz andere. Die Abbildung 226 wird zeigen, daß die Rippen anfänglich viel weniger gesenkt verlaufen und dadurch der Brustkorb mehr Faßform bekommt, weil der Tiefen- und Querdurchmesser fast gleich groß ist.

Die Wirbelsäule hat zum Teil durch Vermittlung des Brustkorbes eine ansehnliche Last zu tragen. Es wird für uns von Interesse sein, die Folgen dieser normalen Belastung kennen zu lernen. Wir wissen aus Erfahrung, daß das Gewicht des Kopfes (etwa 4 kg) allein schon genügt, um die Wirbelsäule als elastischen Stab aus ihrer Gleichgewichtslage zu bringen, d. h. sie zu verbiegen und daß wir es folglich schon für die aufrechte Körperhaltung nötig haben, die einzelnen Glieder des Systems gegeneinander in der gewünschten Lage durch Muskeln festzuhalten.

Die Muskeln, die für die Feststellung und Bewegung der Wirbelsäule in Betracht kommen, sind als Streck- und Beugemuskeln, als Muskeln für die seitliche Neigung und als solche für die Drehung angebracht.

Wir müssen ferner kurze und lange Muskeln unterscheiden. Ich will im Folgenden diese Muskeln beschreiben, aber jene für die Halswirbelsäule bei der Betrachtung zunächst zum Teil außer Acht lassen.

Die kurzen Muskeln liegen tiefer als die langen und bewegen entweder einzelne Wirbel gegen einander oder sie wirken auf Gruppen von Wirbeln ein, indem sie zwischen ihren Ansätzen einen oder mehrere Wirbel überspringen. Sie verlaufen entweder *mit* der Wirbelsäule als *Zwischendornenmuskeln* (*M. interspinales*) und *Zwischenquerfortsatzmuskeln* (*M. intertransversarii*) oder *schief* zu derselben als *kurze Drehmuskeln* (*M. rotatores*) und als *vielgeteilter Muskel* (*M. multifidus*). Auf der Abb. 227 sind auf der linken Seite die Zwischenquerfortsatzmuskeln im Bereich der Lendenwirbelsäule und die kurzen Dreher der Brustwirbelsäule abgebildet und ohne Zahlenbezeichnung gelassen. Rechts ist seitlich von der Mittellinie die fortlaufende Reihe jener Muskeln gezeichnet, die von den Querfortsätzen unterer Wirbel ausgehen und zur Mitte aufsteigend, die Dornfortsätze höherer Wirbel erreichen. Der ganze fortlaufende Zug heißt der *vielgeteilte Muskel* (*M. multifidus*).

Im Bereich der Brust- und Halswirbelsäule folgt darüber geschichtet, aber mit dem darunter liegenden Muskel innig verwachsen ein weiterer Zug, der *Halbdornmuskel* (*M. semispinalis*), dessen einzelne Faserbündel oberflächlich selbständig sind und eine größere Anzahl Wirbel (5—5) zwischen ihren Ansätzen an den Querfortsätzen der Brustwirbel und jenen an den Dornfortsätzen des 2. bis 7. Halswirbels überspringen, siehe Abschnitt Hals.

Diese Muskeln liegen alle in der Rinne, die von der fortlaufenden Reihe der Dorn- und Querfortsätze begrenzt wird. Sie dienen bei doppelseitiger und gleichzeitiger Tätigkeit zunächst und vor allem der Streckung der Wirbelsäule. Bei einseitiger Verkürzung kommen sie in geringem Maße auch für die seitliche Neigung und für die Drehung in Betracht. Ihre drehende Kraft wächst mit einer stärkeren Quereinstellung der Fasern, wie sie die kurzen Drehmuskeln der Brustwirbelsäule besitzen.

Die oberflächlichen Muskeln zur Feststellung und Bewegung der Wirbelsäule sind lange Muskeln und gehen zum Teil vom Becken aus. Der *lange Rückenmuskel* (*M. sacrospinalis*) ist der kräftigste Strecker der Wirbelsäule und wird auch für sich der „*Rückenstrecker*“ genannt. Sein mächtiger Fleischbauch füllt die Grube zwischen dem Darmbein und dem Kreuzbein aus. Seine Fasern entspringen mittelst eines

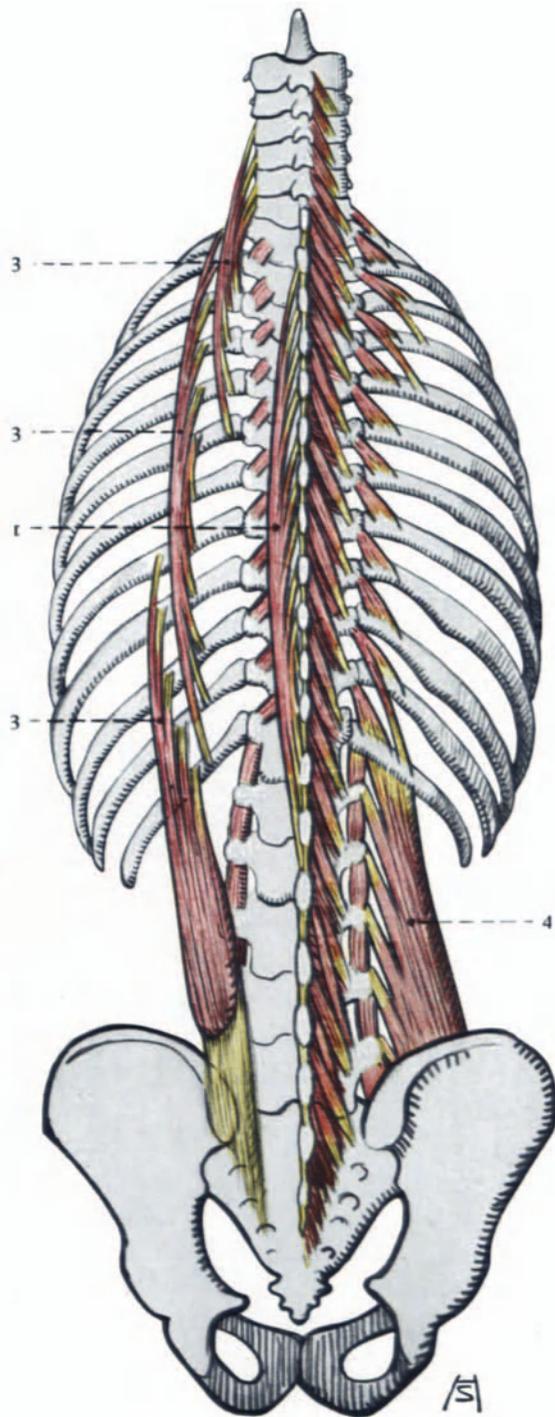


Abb. 227.

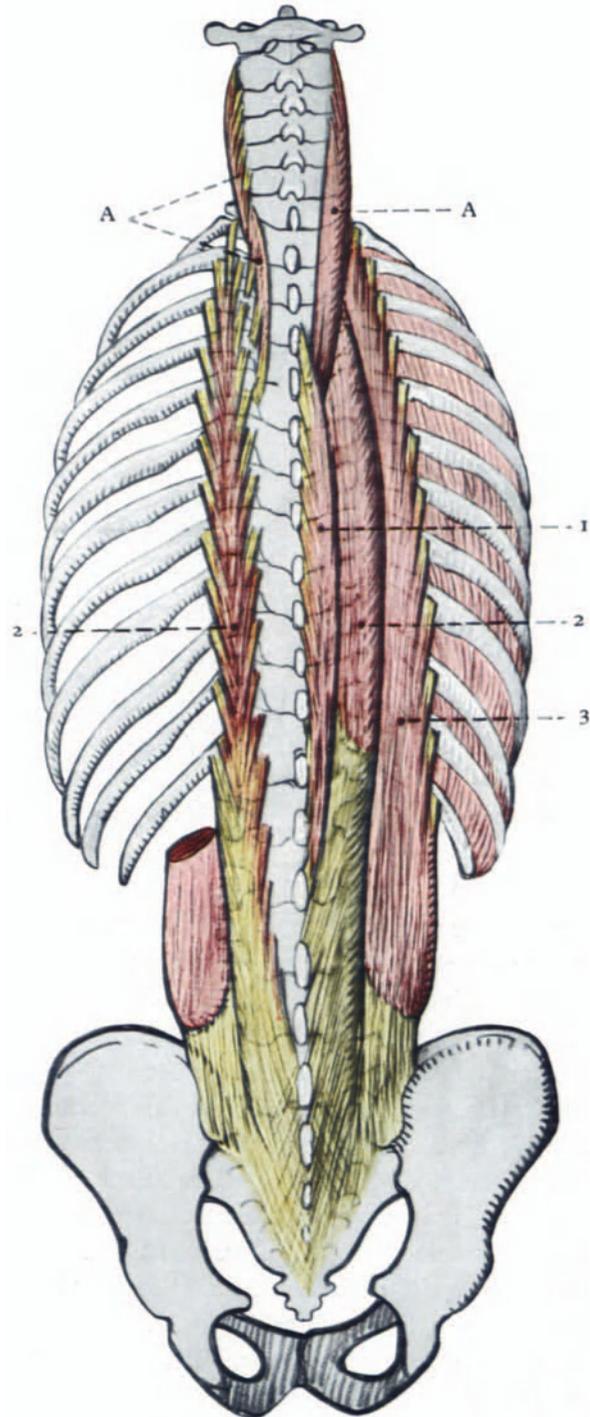


Abb. 228.

starken oberflächlichen Sehnenblattes von den beiden genannten Knochen und von den Dornfortsätzen der Lendenwirbel, ferner in der Tiefe fleischig von den die Darmkreuzbeingrube formenden Skelettstücken.

Von hier aus steigt die Muskelmasse, sich rasch verjüngend kopfwärts an und spaltet sich noch im Bereich der Lendenwirbelsäule in zwei, dicht nebeneinander gelegene Teilstränge.

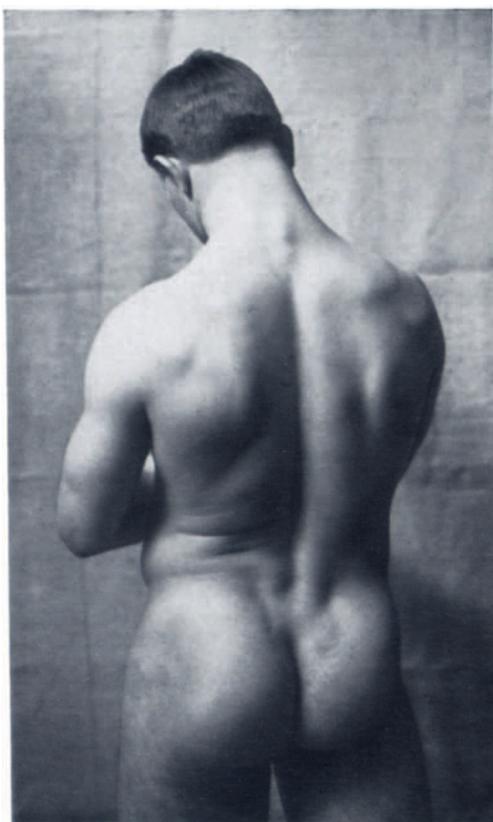


Abb. 230.

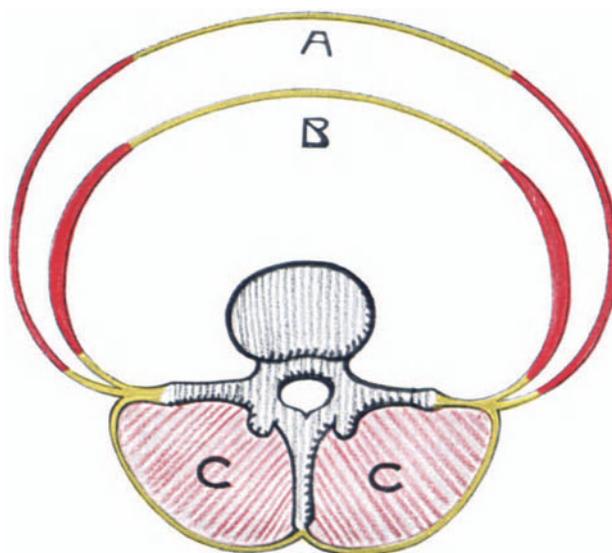


Abb. 229.

Der äußere Teil, der *Darmbein-Rippenmuskel* (*M. iliocostalis*), Abb. 228, ist auf der rechten Seite des abgebildeten Rumpfskelettes im Zusammenhang mit seinem Nachbarn gelassen, auf der linken Seite der Abb. 227 für sich allein auspräpariert, 3. Er erreicht in drei aneinander gereihete Abteilungen gegliedert mit einer fortlaufenden Reihe von Ansätzen die Rippenwinkel und die Querfortsätze der vier unteren Halswirbel. Der Muskel wirkt mit Hilfe der Rippen,

die er zu senken trachtet, vor allem auf die Wirbelsäule ein, welche er bei beiderseitiger Tätigkeit streckt und bei einseitiger dazu noch kräftig seitlich neigt.

Der innere stärkere Teil des Muskels, der *längste Rückenmuskel* (*M. longissimus dorsi*) liegt dem äußeren unmittelbar an, Abb. 228, 2. Er endet, Abb. 228 links 2, mit einzelnen Sehnen an den Rippen und an den Querfortsätzen der Lenden- und Brustwirbelsäule und wird durch einen kleineren Hals- teil A (*Longissimus cervicis*) bis zum zweiten Halswirbel fortgeführt. Er hat die gleiche Wirkung wie sein Nachbar, nur daß er ein weit stärkerer Strecker als Neiger der Wirbelsäule ist. Der gemeinsame Fleischbauch der langen Streckmuskelmasse liegt in der Rückenrinne den kurzen Muskeln nach außen auf und zwar vor allem im Bereich der Lenden- und unteren Brustwirbel. Hier wird der Fleischbauch von einer derben, faserigen Scheide halb umhüllt, die von den Dornfortsätzen der genannten Wirbel ausgeht und den Muskel nach außen umfassend, die Rippenfortsätze der Lendenwirbel und darüber die Rippenwinkel erreicht. Die Abb. 229 zeigt dieses Blatt (gelb) auf dem Querschnitt im Bereich eines Lendenwirbels. Die Muskelmasse ist mit C bezeichnet. Körperlich gesehen, steckt hier der Fleischbauch in einem Kanal oder einem Köcher, der spitz zulaufend am Kreuzbein endet. Auf Abb. 243, B ist auf der rechten Seite in das hintere Blatt dieser faserigen Scheide ein Fenster ausgeschnitten um den eingeschlossenen Muskel (6) sichtbar zu machen.

Am Lebenden nimmt der kräftige Längswulst des langen Rückenstreckers lebhaften Anteil an der Oberflächengestaltung des Rückens. Auf der Abb. 230 ist er auf der rechten Körperseite in leichter Spannung und sein verschmälerter Ansatz am Kreuzbein und Becken, sowie das allmähliche Abnehmen seiner Masse gegen den oberen Brustkorbrand sind gut zu sehen. Vergleichen wir mit dieser Abbildung die

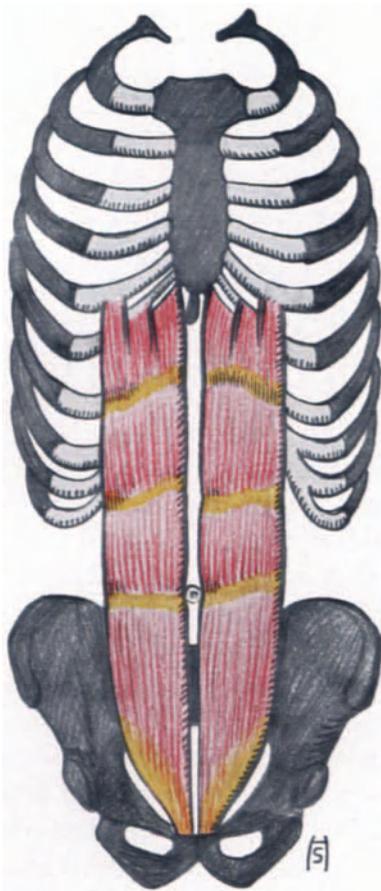


Abb. 231.



Abb. 232.

Abb. 199 auf Seite 116, so gibt hier derselbe Muskel auf der linken Körperhälfte, obwohl er ebenso stark an die Oberfläche tritt, doch ein ganz anderes Bild. Er ist hier völlig erschlaft, weich und verschieblich und das Fleisch hängt nach abwärts durch, an der Grenze der Sehne sich mit querer Einziehung überstauend.

Auch die Abb. 195 ist insofern von Interesse, als hier rechterseits nach außen von dem deutlichen Längswulst des langen Rückenstreckers die Reihe der Rippenwinkel als fortlaufende Reihe einzelner niedriger Erhabenheiten zu sehen sind, die durch die Verteilung von Licht und Schatten wohl abgrenzbar werden. Erst von ihnen aus beginnt der einheitliche Schatten der rechten seitlichen Brustwandfläche.

In einer Flucht mit dem langen Rückenstrecker liegt zu beiden Seiten der obersten Lenden-, der Brust- und Halsdornen der *Dornmuskel* (*M. spinalis*). Er zieht mit einzelnen Bündeln von tiefer gelegenen Dornen zu höher gelegenen bis herauf zum Dorn des zweiten Halswirbels und überspringt dabei eine größere Zahl von Wirbeln. Er ist auf Abb. 227 und 228 mit 1 bezeichnet und gehört zu den reinen Streckern der Wirbelsäule. Der Halsteil des Muskels ist im Abschnitt Hals nachzusehen.

Diesem Strecker der Wirbelsäule steht als Beuger zunächst der *gerade Bauchmuskel* (*M. rectus abdominis*) gegenüber, Abb. 231. Er entspringt als schmales Muskelband am Schambein links und rechts neben der Schamfuge, nimmt rasch an Breite zu und zieht zu beiden Seiten der Mittellinie aufwärts, um sich stufenweise am Knorpel der 5., 6. und 7. Rippe seitlich vom Brustbein anzusetzen. Er kann deshalb die Wirbelsäule nur mit Hilfe des Brustkorbes bewegen, auf welchen er zunächst im Sinne einer Senkung der Rippen und des Brustbeines wirkt. Durch den Brustkorb wird seine Bewegung auf die Wirbelsäule übertragen und die Kraftleistung bei der Beugung ist durch den langen Hebelarm verhältnismäßig groß.

Da der Muskel paarig zu Seiten der Mittellinie liegt, werden vor allem seine äußeren Fasern auch einen Einfluß auf die seitliche Neigung des Rumpfes haben können.

Sehen wir uns den Muskel nochmals an, so finden wir ihn der Quere nach durch schmale, aber kräftige Sehnenstreifen (*Inscriptiones tendineae*) geteilt. Sie durchsetzen den Muskel selten geradlinig, sondern meistens unregelmäßig geknickt, die oberen — oft schief absteigend und gehen sehr häufig nicht durch die ganze Muskelmasse hindurch. Solcher Streifen sind meistens drei, oft auch vier, selten bloß zwei vorhanden.

Einer liegt meist dicht über dem Nabel oder in Nabelhöhe. Darüber folgen noch zwei oder in seltenen Fällen bloß einer, darunter gar nicht so selten auch noch einer wie auf Abb. 232 und 233. Beide Aktbilder zeigen einen sehr wechsellvollen Verlauf und verschiedene Einstellung der vier vorhandenen Zwischensehnen und das Modell der Abb. 232 auch noch eine Verschiedenheit zwischen der linken und rechten Körperhälfte. Beide Figuren machen deshalb einen anderen Eindruck, weil das Modell der Abb. 232 seinen geraden Bauchmuskel für sich allein in leichte Verkürzung und Spannung gebracht hat,

so daß nur das Mittelfeld des Bauches eine besonders betonte Gliederung erhält, während das Modell der Abb. 233 ruhig dasteht, ohne einen besonderen Muskel bewußt durch Spannung besser zeigen zu wollen. Sehr gute körperliche Schulung und außergewöhnlich elastische dünne Haut, fast ohne Fettunterlage lassen trotzdem das Muskelrelief so klar an die Oberfläche treten. Die beiden geraden Bauchmuskeln stehen gegen die Mittellinie etwas voneinander ab. Am lebenden Menschen senkt sich die Haut in diese Rinne ein und bildet bei kräftig entwickelter Muskulatur und fettarmer elastischer dünner Haut über dem Nabel eine sehr deutlich ausgebildete Grenzrinne, die manchmal auch durch stärkere Pigmentierung der Haut auffällt.

Dem verjüngten unteren Ansatz des Muskels liegt häufig, aber nicht immer, ein kleiner dreieckig geformter Muskel (*M. pyramidalis*) auf, der mechanisch nicht von großer Bedeutung ist, aber am Lebenden recht auffallend die Oberfläche gestalten kann.

Seitlich vom geraden Bauchmuskel begegnen wir den schief von hinten oben außen nach vorne, unten und innen absteigenden Fasern des *äußeren schiefen Bauchmuskels* (*M. obliquus abdom. externus*), Abb. 234, welche in 7 oder 8 Teilstücken (*Zacken*) von den Enden ebenso vieler unterer Rippenknochen kommen. Die entgegengesetzte Ansatzstelle am Becken ist für die drei letzten Muskelzacken auf der Abbildung 234 zu sehen. Es ist der Darmbeinkamm — von der Mitte seiner Länge bis knapp zum vorderen oberen Stachel. Die übrigen Muskelzacken gehen längs einer geraden, der Mittellinie parallelen Linie (*Muskelinnenrand*) in eine starke Sehnenplatte über, deren grobe Fasern die

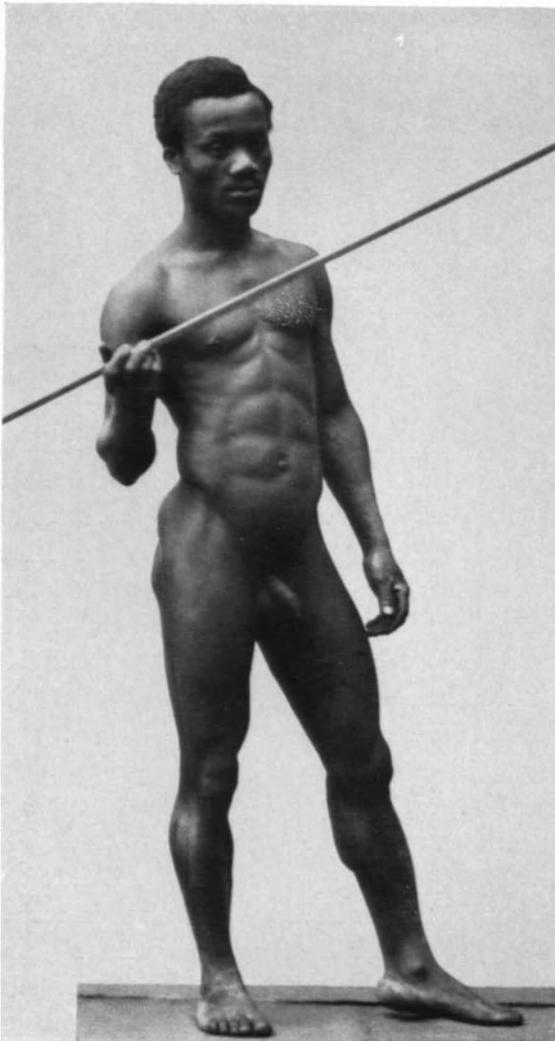


Abb. 233.

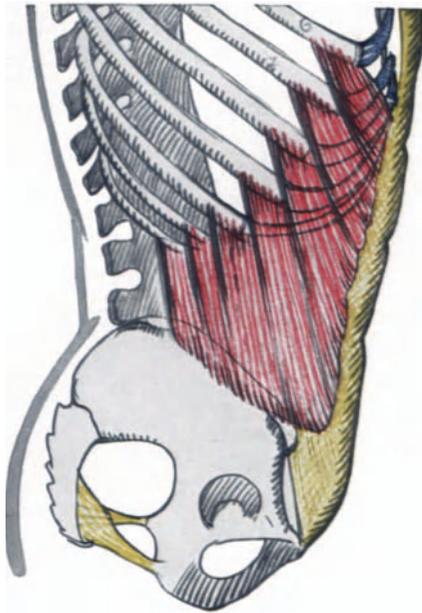


Abb. 234.

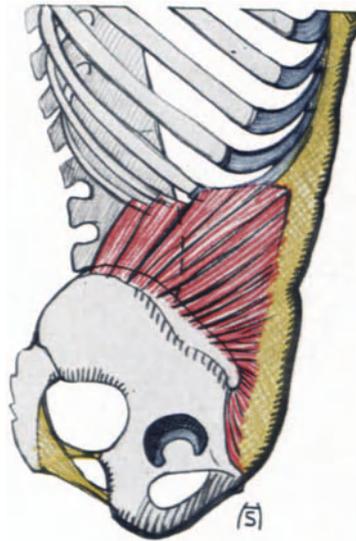


Abb. 235.

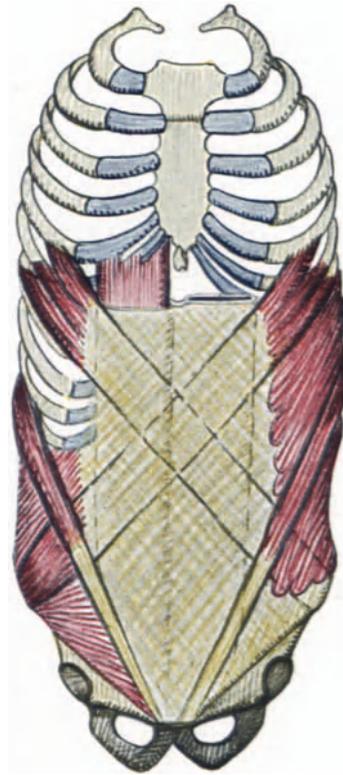


Abb. 236.

Richtung der Muskelfasern fortsetzen und über die Mittellinie hinüber bis zum Muskelinnenrand der anderen Körperhälfte und bis zum Leistenband verlaufen. Diese mittelständige Sehnenplatte umscheidet oberhalb des Nabels den geraden Bauchmuskel mit zwei auseinanderweichenden Blättern. Unterhalb des Nabels zieht das ganze ungeteilte Blatt vor dem Muskel vorbei. In dem Spalt zwischen den beiden geraden Bauchmuskeln verweben sich die beiderseitigen Sehnenplatten zu einem überkreuzt geflochtenen Streifen, der die *weiße Linie* (Linea alba) genannt wird.

Als nächst tiefere Schicht folgt der *innere schiefe Bauchmuskel* (*M. obliquus abdominis internus*), Abb. 235. Er geht mit langer Ansatzlinie vom Darmbeinkamm und vom Leistenband aus. Drei wohlbegrenzte Teilstücke, Zacken, finden Ansatz an den drei letzten Rippen. Die folgenden Muskelfasern laufen ebenfalls nach innen und oben, dann in der Höhe des Darmbeinstachels rein nach innen, von hier ab nach innen und unten. Sie alle gehen, wie die Fasern des äußeren schiefen Bauchmuskels, sogar fast in der gleichen Linie in die erwähnte Sehnenplatte über, die den geraden Bauchmuskel einscheidet. Suchen wir nun auch für jene Fasern beider Muskeln, die noch keinen zweiten Ansatz am Skelett erhalten haben, nach einem solchen, so ergibt sich ein eigenartiges Verhalten beider Muskeln. Auf der Abb. 236 erkennen wir, daß die oberen Rippenzacken des *äußeren* schiefen Bauchmuskels (linke Körperseite) über die mittlere Sehnenplatte hinweg ihre Fortsetzung in einem Teil der Muskelfasern des *inneren* schiefen Bauchmuskels (rechte Körperseite) finden.

Funktionell gehört ein Teil beider Muskeln zusammen und zwar immer der oberflächliche der einen Seite mit dem tieferen der anderen Seite, soweit ihre Muskelfasern die gleiche Richtung ihres Verlaufes haben. Man kann sie auch als *einen* Muskel mit einer in ihrem Verlauf eingefügten Zwischensehnenplatte auffassen, welcher die Rippen mit dem Darmbein verbindet, wie das die Abb. 236 darstellt. Links ist der äußere schiefe Bauchmuskel ganz, rechts sind bloß zwei Teilstücke desselben gezeichnet, von denen das obere beiderseitig zu dem gekreuzten Sehnenstreifen gehört, der an seinem unteren Ende



Abb. 237.



Abb. 238.

in den gleichgerichteten Teil des inneren schiefen Bauchmuskels übergeht, wie das auf der rechten Körperseite zu sehen ist.

Die schematische Abbildung 237 wird vielleicht am besten zur Vorstellung führen, daß die gekreuzten Muskel-Sehnenstreifen bei gemeinsamer und gleich starker Tätigkeit ausschließlich eine Beugung der Wirbelsäule ausführen und damit die geraden Bauchmuskeln unterstützen, während sie bei Einzelarbeit die Wirbelsäule beugen, drehen und seitlich neigen werden.

Die Tätigkeit einer der beiden Muskel-Sehnenbinden kann sie am lebenden Körper sehr deutlich an die Oberfläche treten lassen. Auf Abb. 238 führt das Modell den Auftrag aus, mit gestrecktem Arm durch ein geringes Vorbeugen des Oberkörpers und durch eine kräftige Drehung des Rumpfes den Stab gegen einen Widerstand anzudrängen. Es ist das eine Bewegung ähnlich jener, die der Schnitter bei einem Sensenschlag macht. Das nach rechts absteigende Band der Kreuzschleife ist förmlich auf die Oberfläche aufgezeichnet und die Verziehung der dritten oder Nabelzwischensehne des geraden Bauchmuskels ist klar ausgesprochen.

Wir werden dadurch auf die besondere Aufgabe der sehnigen Einschreibungen aufmerksam. Sie lassen, wie schon erwähnt, die tiefe Schichte der Fasern der geraden Bauchmuskeln frei und wir können den Muskel deshalb in einen durchgehenden langen Anteil und in einen vorderen gegliederten Anteil trennen. Der letztere besteht aus vier oder fünf aneinandergereihten kürzeren Stücken (Muskelfelder). Weil die sehnigen Zwischenstreifen mit dem Sehnenblatt der schiefen Bauchmuskeln fest verwachsen sind, sorgen sie für einen geordneten Halt der Fasern des geraden Bauchmuskels. Sie können aber andererseits infolge dieser Verwachsung von den schiefen Bauchmuskeln in der Richtung ihres Faserzuges beansprucht werden und dann sind wohl auch folgende in der Abb. 239 dargestellte Möglichkeiten der zusammengesetzten Muskularbeit denkbar. Das bedeutet soviel, daß der gerade Bauchmuskel nicht immer mit seinem ganzen Faserbestand tätig sein muß, sondern seine Arbeit, dank der Felderung, gliedweise abgestuft leisten kann. Ich habe die hier abgebildeten beiden Fälle gemeinsamer Tätigkeit der Bauchmuskeln bei Ringern oftmals beobachtet, doch ist es mir nicht gelungen, einem Modell die willkürliche Ausführung dieser Bewegung zu erlernen. Auf Seite 153 komme ich wiederholt auf diesen Fall zu sprechen.

Nehmen wir jetzt nochmals die Abb. 236 vor, so sehen wir, daß die unteren Fasern des äußeren schiefen Bauchmuskels immer steiler nach abwärts laufen und es ist ein zweiter Faserstreif aus dem Muskel durch Umrandung besonders herausgehoben worden, der nach abwärts gerade die Schamfuge erreicht. Dieser Teil des Muskels und alle folgenden haben folglich keinen Partner mehr auf der anderen Körperseite.

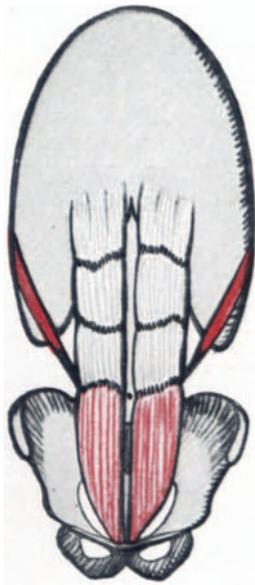


Abb. 239 A.

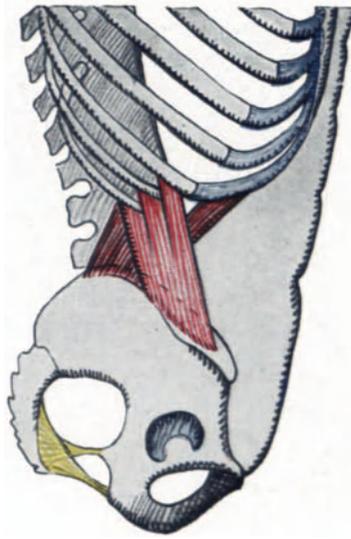


Abb. 240.

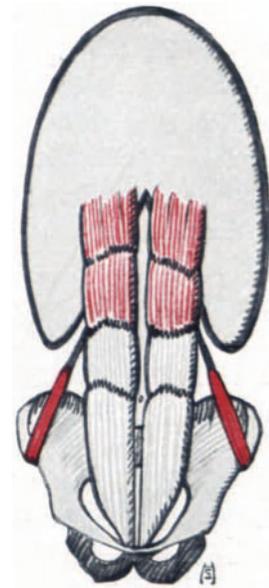


Abb. 239 B.

Die Verkürzung dieses weiteren Muskelstreifens wird keine so starke Drehung wie die der gekreuzten Muskelbänder ergeben, aber dafür eine stärkere Beugung. Auch dieses Muskelband wird unter Umständen durch seine Tätigkeit am lebenden Modell deutlich ausgesprochen, Abb. 238, und darf nicht mit dem Leistenband verwechselt werden, das auf der rechten Körperseite sichtbar ist.

Bei seitlicher Betrachtung des Rumpfes, Abb. 240, sieht man endlich, daß die hintersten Faserzüge beider schiefer Bauchmuskeln am steilsten nach unten, resp. oben laufen. Dadurch kommt hier eine neue, unter spitzen Winkel gekreuzte Muskelschlinge zustande, Abb. 240, die ohne viel zu drehen eine energische Seitwärtsneigung der Wirbelsäule durchzuführen vermag, sobald die Rippen festgestellt sind, Abb. 241. Bei einer seitlichen Neigung helfen auch noch die *viereckigen Lendenmuskel* (*M. quadratus lumborum*) und die *Darmbeinlendenmuskel* (*M. iliopsoas*) mit. Die ersteren verbinden den Darmbeinkamm mit der letzten Rippe und den Querfortsätzen der Lendenwirbel. Sie sind auf Abb. 247, 4 dargestellt. Über den Darmbeinlendenmuskel, Abb. 247, 5 ist schon auf Seite 82 das Nötige gesagt worden.

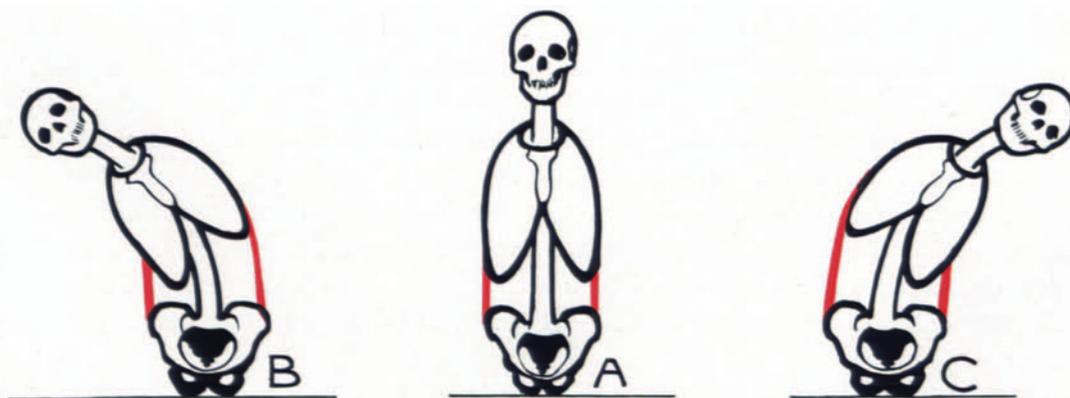


Abb. 241.

Die tiefste und letzte Schichte der Bauchmuskeln bildet der *quere Bauchmuskel* (*M. transversus abdominis*). Seine Fasern gehen von der Innenfläche der sechs unteren Rippenknorpeln, von dem tiefen Blatt der sehnigen Hülle des langen Rückenstreckers, vom Darmbeinkamm und vom Leistenband aus und haben nur im mittleren Teil größere Länge, Abb. 242 und 243, 7.

Die oberen kurzen Fasern gehen nach quерem Verlauf, gedeckt von dem vorliegenden geraden Bauchmuskel unmittelbar in die hintere Wand der sehnigen Hülle dieses Muskels über. Soweit die abwärtsfolgenden Muskelfasern

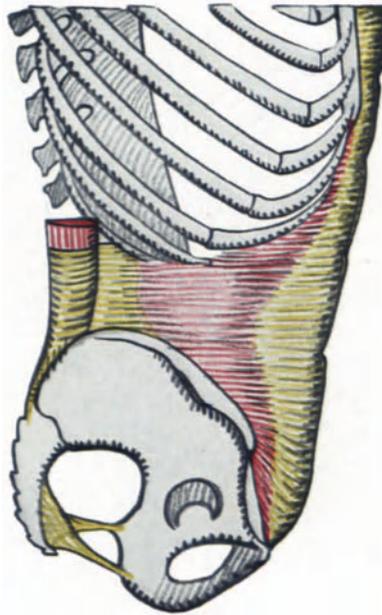


Abb. 242.

nach außen vom geraden Bauchmuskel enden, werden sie durch quere Sehnenfasern bis zum Rand des Muskels fortgeführt und hier laufen sie gleichfalls in das hintere Blatt der geraden Bauchmuskelscheide ein.

Zwei Fingerbreit unterhalb des Nabels verläßt aber der gerade Bauchmuskel durch einen Schlitz der hinteren Wand seine Scheide und verläuft bis zum Schambein *hinter* dem Doppelblatt der sehnigen Hülle. Die Abb. 243 A zeigt bei 8 diesen Schlitz und oberhalb desselben die flache Rinne des hinteren Blattes der Scheide zur Aufnahme des Muskels.

Der Fläche nach abgewickelt und ausgebreitet, Abb. 244, sehen wir die beiderseitigen Muskeln mit der mittleren Sehnenplatte eine elastische und verkürzbare Bauchbinde bilden, die aufs beste geeignet erscheint, die Eingeweide zu tragen, d. h. ihrem Druck das Gleichgewicht zu halten. Auf der Abbildung 244 sind die Ansatzstellen der Muskelfasern am Skelett übersichtlich angegeben und mit Rücksicht darauf läßt sich der Muskel in drei Abschnitte gliedern. In einen Mittelstreifen (2) mit den längsten Fasern, die alle mit Hilfe der sehnigen Hülle des Rückenstreckers die Lendenwirbelsäule erreichen und zwei Randstreifen mit kürzeren Fasern, welche im oberen Streifen (1) von den sechs untersten Rippenknorpeln (7—12) und im untersten Streifen (3) vom Darmbeinkamm (C) und vom Leistenband (B) ausgehen. Mit A ist die Schamfuge bezeichnet. Die Last der Eingeweide wird durch diesen Muskel auf den Brustkorb, die Wirbelsäule und das Becken übertragen. Welcher Teil mehr zu tragen bekommt, wird von der Rumpfhaltung abhängen. Bei aufrechter Haltung muß der Druck der Eingeweide nach abwärts zunehmen, es wird also der untere Teil des Muskels mehr zu leisten haben. Wenn wir uns vorneigen oder auf allen Vieren gehen, wird der mittlere Teil des Muskels stärker belastet und nehmen wir eine Stellung, Kopf unten, Beine oben ein (Handstand, Knie- oder Zehenhang am Reck), so muß endlich der obere Muskelstreifen die größere Last tragen. Verkürzt sich der ganze Muskel, so wird er auf die Eingeweide einen Druck nach innen ausüben, falls nicht die Bauchwand durch eine vorherige Ansaugbewegung schon nach innen eingebuchtet ist. In diesem Fall würde er einen Zug nach außen hervorbringen und den Druck in der Bauchhöhle verringern. Bei der Verkürzung werden sich aber die drei Abschnitte des Muskels verschieden verhalten. Der obere Abschnitt wird das dreieckige Feld zwischen den beiden Rippenbögen flächenhaft zu spannen versuchen und dabei die Rippenbogen gegeneinander bewegen, wenn sie nicht durch andere Kräfte festgehalten werden. Ebenso wird der untere Teil des Muskels das zwischen den Darmbeinkämmen (bis zum höchsten Punkt) und den Leistenbändern gelegene dreieckige Feld spannen, nicht ohne einen Einfluß auf den Verlauf und die Spannung dieses Bandes zu nehmen.

Das mittlere, ringsum greifende Muskel-Sehnenband wird durch seine Verkürzung wie ein schnürender elastischer Gürtel wirken und mit seiner Verkürzung immer geringeren Umfang bekommen.

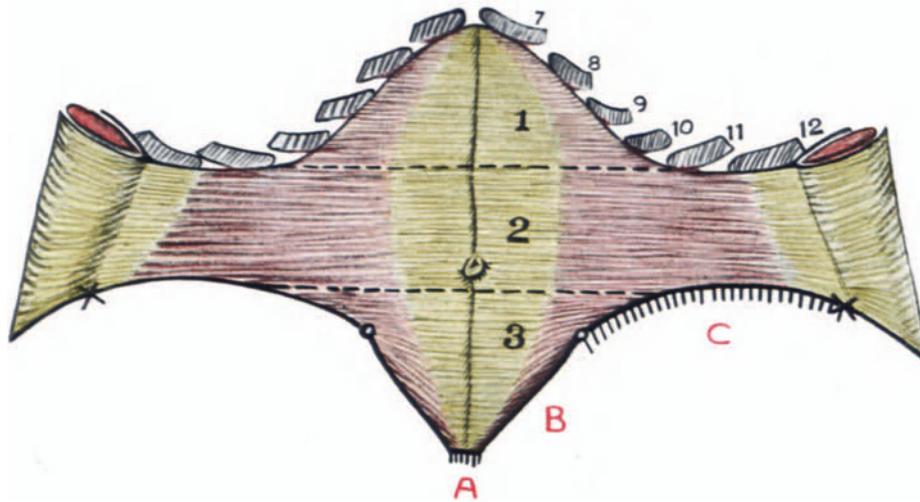


Abb. 244.

Dabei ist nicht zu vergessen, daß dieser Gürtel von der Wirbelsäule ausgeht, folglich den Bauch von vorne und von den Seiten her nach hinten zu einschnürt, Abb. 244, 2. Die wirkliche Taille einer Figur hängt also zum größten Teil von der guten Entwicklung und der Elastizität dieses Muskels ab. Doch muß die Flächenverbindung dieser tiefsten Muskelschicht mit den nach außen darüber liegenden Schichten sehr fest sein, wenn sie äußerlich voll in Erscheinung treten soll; denn nur dann werden die äußeren Schichten der Bauchwand diesen Zustand der innersten Schichte getreu wiedergeben. Auf die Bewegung der Wirbelsäule könnte die Muskelbinde nur insofern wirken, als sie imstande ist durch Einziehung der mittleren Partie der geraden Bauchmuskeln die Wirkung derselben auf die Wirbelsäule zu erhöhen, was namentlich bei stärkerer Vorbeugung des Rumpfes und kräftiger Verkürzung der geraden Muskeln von Vorteil sein kann, Abb. 189 und 253, 2 und 269, 2, Seite 165.

Die queren Bauchmuskeln für sich allein zu verkürzen, ist nicht schwer und jedes intelli-

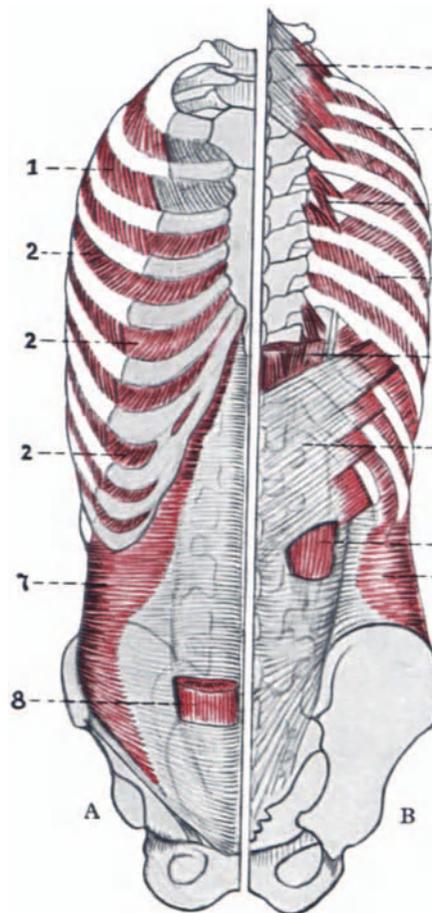


Abb. 243.

gentere Modell lernt in kurzer Zeit bei richtiger Anleitung diese Übung. Gut durchgebildete Modelle kann man aber so weit bringen, daß sie die queren Bauchmuskeln faserbündelweise von oben nach unten und wieder von unten nach oben zur Verkürzung zu bringen vermögen. Dann läuft dieselbe wie eine Welle von oben nach unten und wieder zurück (siehe Seite 153).

Von der Tätigkeit der uns bekannt gewordenen kurzen und langen Muskeln hängt die Einstellung der Wirbelsäule ab. Man könnte sagen, daß durch die langen Muskeln eine grobe, durch die kurzen Muskeln eine feine Einstellung erfolgt. Darnach wäre es bemerkenswert, daß es keine kurzen Beugemuskeln gibt und daß die Beugung bloß von den langen Muskeln und immer im Sinne der Bewegung

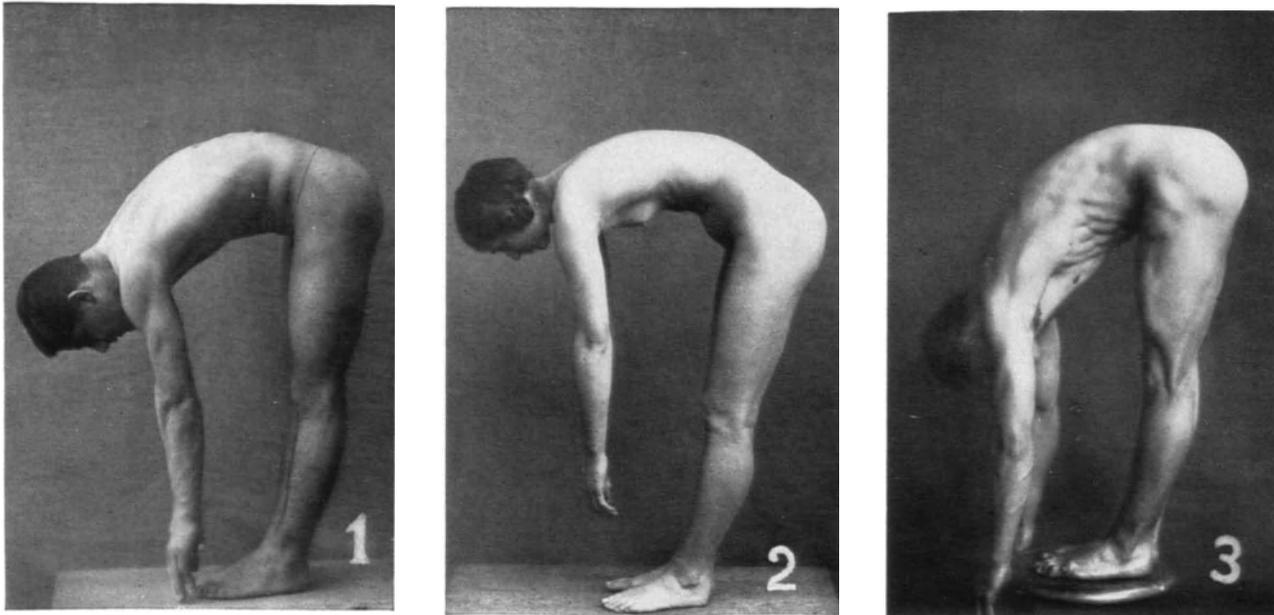


Abb. 245.

des ganzen Lenden- und Bruststückes der Säule ausgeführt, viel einförmiger in ihrer Erscheinung sein müßte als die Streck-, Dreh- und Neigungsbewegungen der Säule, die wir abwechselnd durch lange und kurze Muskeln auszuführen vermögen und damit eine fast unerschöpfliche Zahl von Bewegungszusammenstellungen erreichen können.

Diese Feinheit wechselnder Muskelauswahl müßte also der Beugebewegung fehlen, da nur lange Muskeln dafür da sind. Das trifft aber nicht zu, denn hier werden die fehlenden kurzen Muskeln durch jene der Streckseite ersetzt. Je nach dem Widerstand, den wir der Beugung der Säule durch Streckmuskeln entgegenstellen, werden freie Abschnitte der Säule leichter gebeugt wie jene, die für eine Beugung abgebremst sind. Dadurch gewinnt auch die Beugung einen unerschöpflichen Wechsel in ihrem Ablauf und dadurch wird der Rumpf zu einem Teil des Körpers, dessen fein abgestufte und immer wechselnde Bewegung wir nicht genug bewundern können. Davon hängt der Unterschied ab zwischen dem steif und hölzern getragenen und ungeschickt bewegten Rumpf eines ungelenkigen Menschen und dem Rumpf eines Akrobaten oder einer technisch gut geschulten Tänzerin.

Es ist möglich, durch intensive Übung alle diese vielen den Rumpf bewegenden Muskeln derart in die Gewalt zu bekommen, daß sie zur Lösung immer zahlreicherer und immer feiner abgestufter Aufgaben sofort bereit sind.

Es wird gut sein, nach dieser Beschreibung der Muskeln, welche die Wirbelsäule beherrschen, alle in dem Buch vorhandenen Aktphotographien daraufhin zu prüfen. Als Beispiel will ich die Beugung der Wirbelsäule an den folgenden vier Aktaufnahmen besprechen.



Abb. 245.

In der ruhigen aufrechten Haltung fällt das Schwerlot des ganzen Körpers vor die Hüftgelenke und es genügt deshalb schon ein Nachlassen der die Haltung sichernden Streckmuskeln um eine Beugung in diesen Gelenken, also eine Rumpfbeugung auszulösen. Während der Rumpf im Kreise um die Hüftgelenke nach vorne sich senkend dreht, rückt der Schwerpunkt des Körpers immer weiter nach vorne und die Hüftgelenke müssen durch eine Streckung der Beine im Sprunggelenk nach hinten geschoben werden, so daß die Beine schief nach hinten ansteigen, Abb. 245, 1. Der vor der Wirbelsäule befindliche Schwerpunkt der oberen Körperhälfte beugt diese in allem beweglichen Verbindungen und diese Bewegung dauert so lange an, bis das Hüftgelenk vor allem durch die Spannung der doppelgelenkigen Muskeln und die Wirbelsäule durch die Spannung der Rückenstrecker festgestellt wird.

Hier ist es nun am Platze, darauf hinzuweisen, wie außerordentlich verschieden bei einzelnen Menschen dieser Mechanismus arbeitet. Der junge Artist vermag sowohl sein Hüftgelenk wie seine Wirbelsäule durch die Schwere des Oberkörpers wesentlich stärker beugen zu lassen als das abgebildete weibliche Modell, Abb. 245, 2. Seine Muskeln, welche die Beugung abbremsen, geben besser nach und in dieser durch Übung gewonnenen Nachgiebigkeit liegt die größere Ausnutzungsmöglichkeit der Gelenke bei einzelnen Menschen begründet. Eine verschiedene konstruktive Form der Gelenke spielt dabei nur eine untergeordnete Rolle. In manchen Fällen geht diese Nachgiebigkeit der Muskeln soweit, daß die volle Bewegungsgröße der Gelenke bis zur Bänder- oder Knochenhemmung ausgenützt werden kann. Doch verlangt auch diese Angabe die Einschränkung, daß es Gelenke gibt, die verhältnismäßig leicht völlig ausnutzbar sind und andere, bei denen nur die geduldigste Übung dazu verhilft.

Vergleichen wir die Bauchlinie beider Modelle, so müssen wir den auffallenden Unterschied auf die verschiedene elastische Spannung der Bauchmuskeln zurückführen. Beim weiblichen Modell hängt der Bauch durch. Das Gewicht der Eingeweide dehnt die nicht verkürzten Muskeln und zwar, wie zu erwarten, am meisten im Bereich der unteren Hälfte des Bauches nach abwärts von der dritten oder Nabelsehne des geraden Bauchmuskels. Hier kommt es zu einer deutlichen Knickungs- oder besser Beugungsfurche zwischen dem vordrängenden Bauch und dem gegen das Becken herab und nach hinten drängenden Rippenbogen. Diese Beugungsfurche fällt bei elastischer Haut und gut entwickelter Muskulatur fast immer mit der dicht über dem Nabel gelegenen queren Einschreibung der geraden Bauchmuskeln zusammen.

Ganz anders beim männlichen Modell. Seine Bauchmuskeln, obwohl mit Willen erschlafft, haben trotzdem soviel Spannung, daß sie das Gewicht der Eingeweide leicht tragen und wir merken nur in dem schmalen Streifen zwischen Darmbeinkamm und Rippenbogen ein leichtes seitliches Ausweichen der Bauchwand unter dem Druck der Eingeweide.

Vollkommen verändert ist die Oberfläche des Bauches auf dem dritten Bild, Abb. 245, 3, durch das starke Muskelrelief. Wir sehen die einzelnen Streifen (Zacken) des tätigen äußeren schiefen Bauchmuskels von Rippen ausgehen und in Zickzacklinie zwischen die Zacken des großen Sägemuskels eingreifen. An der gerade gestreckten Unterlinie des Bauches merken wir auch die Spannung der stark verkürzten geraden Bauchmuskeln. Die Arbeit dieser Muskel war dazu nötig, um die Wirbelsäule über das frühere Maß hinaus weiter zu beugen. Die tiefer heruntergreifenden Hände zeigen den Erfolg ihrer Tätigkeit an. Um die Beugung so weit zu fördern, werden die Beugemuskeln des Hüftgelenks und die Strecker des Kniegelenkes in Anspruch genommen und ihre Tätigkeit ist an der veränderten Oberfläche der Vorderseite des Oberschenkels erkennbar. Hier ist vor allem die Anschwellung des geraden Oberschenkelmuskels (*M. rectus femoris*) als Ausdruck seiner Tätigkeit zu beobachten. Der zweigelenkige Strecker des Kniegelenkes spannt sich zur Dehnung der hinteren doppelgelenkigen Muskel an.

Auf dem letzten Bild, Abb. 245, 4, ist das starke Muskelrelief des Bauches und des Oberschenkels verschwunden, trotzdem das Hüftgelenk und die Wirbelsäule noch ein wenig stärker gebeugt sind. Hier

besorgen aber die am Bein angreifenden Muskeln des Armes die Beugung des Rumpfes und arbeiten unter so günstigen Hebelbedingungen auf die Wirbelsäule und auch auf das Hüftgelenk, daß die bisher tätigen Muskeln nicht mehr erfolgreich mithelfen können und erschlaffen.

Atmung.

Die Rücken- und Bauchmuskeln dienen außer zur Bewegung der Wirbelsäule auch noch zur Atmung. Wir müssen sie also auch von dieser Seite kennen lernen und dazu etwas weiter ausholen. Die Atembewegungen verändern die äußere Form des Körpers in besonderer Weise und ihre Kenntnis ist deshalb für den Künstler wie Mediziner von großem Wert.

Wir haben erfahren, daß durch die gelenkige Bewegung der Rippen und durch die eingeschalteten Rippenknorpel das ganze Spangengerüst des Brustkorbes beweglich ist und die dadurch gewährleistete Rippenhebung und -Senkung als eine Erweiterung und Verengerung des Brustkorbraumes zum Ausdruck kommt.

Die Wand desselben wird dadurch vervollständigt, daß die fingerbreiten Spalten zwischen den Rippen durch zwei Lagen von *Zwischenrippenmuskeln* (M. intercostales) ausgefüllt sind. Die Verlaufrichtung der Fasern der äußeren Schicht ist in Abb. 243 A und B (1) zu sehen. Die Fasern der inneren Lage (2) sind fast rechtwinklig dazu gestellt. Bemerkenswert ist es, daß die äußeren Zwischenrippenmuskeln den Raum zwischen zwei Rippen nach vorne nur bis zum Übergang der knöchernen Rippe in die knorpelige überspannen und von dieser Übergangslinie bis zum Brustbein nur die Schichte der inneren Zwischenrippenmuskeln zwischen den Rippenknorpeln übrig bleibt. Diese sind hier von derben Sehnenstreifen gedeckt, welche die äußeren Muskeln bis zum Brustbeinrand fortsetzen, Abb. 243 A. Rückenwärts dagegen reichen umgekehrt die äußeren Zwischenrippenmuskeln weiter gegen die Wirbelsäule heran als die inneren, Abb. 243 B.

Die ganze Innenfläche der so geschlossenen Brustwand wird von einer sehr dünnen, *luftdicht gebauten Haut*, dem Rippenfell, wie mit einer Tapete überzogen. Abb. 248 (die gestrichelte Linie an der breiten schwarzen Linie). Diese Haut deckt auch den Boden des Raumes, der von einem Muskel gebildet wird, den wir das *Zwerchfell* (Diaphragma) nennen.

Das Zwerchfell ist ein dünner, querovaler, gewölbeförmiger Muskel, dessen Fasern dem unteren Rande des Brustkorbes entlang vom Brustbein, von den Anfängen der Rippenknorpel und mit besonders kräftigen Teilstücken von der Lendenwirbelsäule ausgehen. Die Fasern enden an einem inneren Sehnenfeld, das sich um die einspringende Wirbelsäule krümmt und Sichelform besitzt. Es liegt etwa in der Höhe des unteren Brustbeinrandes und deshalb verlaufen die vordersten Muskelfasern, die vom Schwertfortsatz ausgehen, auch nur wenig ansteigend in dasselbe ein und sind die kürzesten. Nach den Seiten zu werden die Fasern länger und ihr Verlauf zum Sehnenfeld wird immer steiler, je mehr sie an die Wirbelsäule herankommen. Auf dem Körpermittelschnitt, Abb. 246, sehen wir das zum Ausdruck kommen und verstehen, wie das Zwerchfellgewölbe zur Ebene der unteren Brustkorböffnung eingestellt ist.

Ein Schnitt parallel der stirngeraden Ebene, Abb. 247, zeigt das Gewölbe nicht ganz symmetrisch gebaut, sondern mit zwei seichten Kuppeln endend, von denen die rechte um ein geringes Maß (eine Rippenbreite) höher steht als die linke. Beide Kuppeln sind durch eine seichte Delle voneinander getrennt. Das Zwerchfellgewölbe erhebt sich als Decke der Bauchhöhle in den Brustraum hinein und weist so noch einen Teil des Brustkorbinnern der Bauchhöhle zu, Abb. 246.

In dem luftdicht abgeschlossenen Brustraum sind ebenfalls luftdicht die beiden Lungen eingebaut, so daß zwischen ihrer Oberfläche und der Brustwand keine Luft vorhanden ist. Abb. 248 A und B. Die Lungen (rot) können wir uns als sehr dünnwandige, elastische Säcke vorstellen, die sich leicht ausdehnen lassen. An ihrer Oberfläche sind sie gleichfalls durch die schon erwähnte dünne Haut (hier Lungenfell genannt) Abb. 248, abgedichtet, die an der Lungenwurzel umbiegt und in das Rippenfell übergeht, dabei überkleidet das äußere Blatt nach abwärts auch noch die Zwerchfelloberfläche. Aus dem Verlauf der

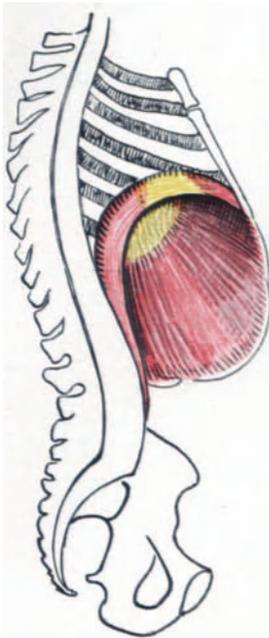


Abb. 246.

gestrichelten Linie sehen wir, daß das Rippen- und Lungenfell einen in sich geschlossenen Sack darstellt, in welchen die Lunge von innenher eingestülpt erscheint. Die Anheftung des Rippenfells an der Brustkorbaußenwand und des Lungenfells an der Lungenoberfläche ergibt die Möglichkeit einer leichten Verschiebung beider Teile gegeneinander. Der Spaltraum zwischen beiden Teilen (Pleuraraum) ist luftleer und von einer geringen Menge Flüssigkeit erfüllt. Die Lungen stehen durch die Luftröhre, den Kehlkopf, die Rachen-, Nasen- und Mundhöhle mit der Außenluft in Verbindung. Diese Verbindung kann durch eine Drosselung des Röhrenquerschnittes

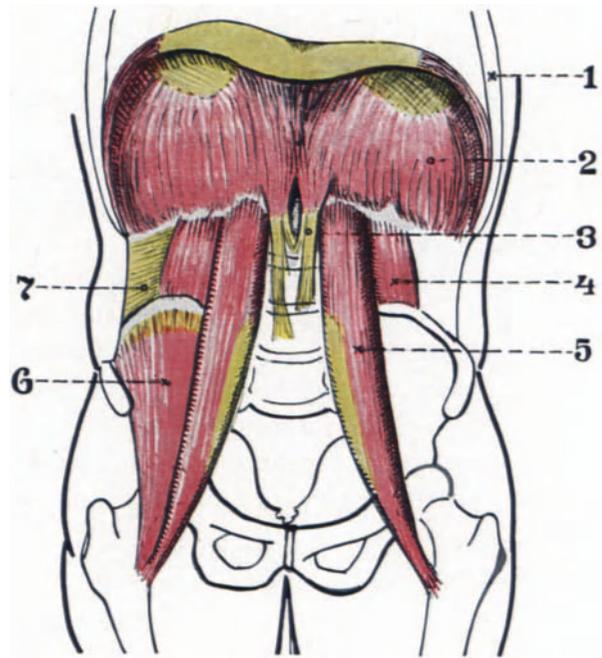


Abb. 247.

verschieden weit eingestellt werden. Das geschieht innerhalb des kurzen festen oberen Ansatzstückes der Luftröhre, welches wir den Kehlkopf nennen. Hier finden sich die verstellbaren Stimmbänder, die den zwischen ihnen vorhandenen Spalt, die Stimmritze, erweitern und verengen können. Die Luft, die in die Lungen will oder aus ihr kommt, muß durch diesen Spalt hindurch. Wir können dann diesen vorbeistreichenden Luftstrom benutzen, um die Stimmbänder in Schwingungen zu versetzen und damit Töne zu erzeugen. Die wechselnde Spannung, die wir den Stimmbändern geben können, sorgt für die wechselnde Tonhöhe. Wird der Brustraum erweitert, Abb. 248B, so dehnen sich die elastischen, lufthaltigen Lungen mit aus und es wird eine weitere Menge Luft von außen in die Lungen durch das offene Leitungsrohr angesaugt. Eine folgende Verengung des Brustraumes erlaubt die elastische Zusammenziehung der gedehnten Lungen und dadurch wird die eingebrachte Luft wieder ausgetrieben.

Dieses Wechselspiel zwischen Aufnahme und Ausgabe nennen wir Atmung.

Der für den Ablauf der Lebensvorgänge unentbehrliche Sauerstoff ist in der eingeatmeten Luft enthalten. Er wird ihr vom Blut entzogen und allen Teilen des Körpers zugeführt, während die bei den Lebensvorgängen gebildete und nicht mehr verwertbare Kohlensäure durch das Blut an die Lungenluft zurückgegeben wird und durch die Ausatemungsluft den Körper verläßt. Jede stärkere Arbeitsleistung der Organe verbraucht eine größere Menge Sauerstoff und deshalb muß der Luftwechsel durch die Atmung in weiten Grenzen reguliert werden können. Diese Regelung ist auch deshalb nötig, weil die Luft, die wir

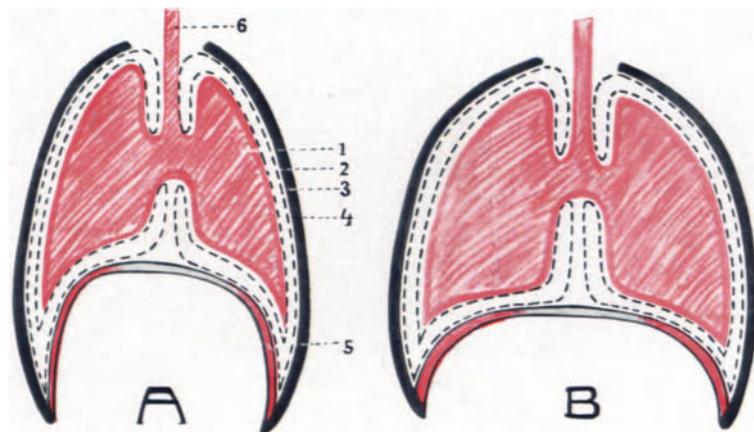


Abb. 248.

atmen, nicht immer die gleiche Menge Sauerstoff enthält. Die Regelung erfolgt auf mechanischem Wege durch eine Änderung der Zahl der Atemzüge in der Minute (normal etwa 16—20) oder durch eine Änderung der Tiefe der Atemzüge, welche in der Größe des Luftwechsels für einen Atemzug zum Ausdruck kommt.

Bei einem ruhigen Atemzug nimmt die Lunge etwa 500 ccm, also einen halben Liter Luft auf und gibt ebensoviel wieder ab. Wir vermögen aber diese Leistung durch eine sich an die ruhige Atmung anschließende stärkste Ein- und Ausatmungsbewegung wesentlich zu steigern und erreichen dann etwa 3 $\frac{1}{2}$ Liter für die verstärkte Atmung (Vitalcapazität) als Fassungsvermögen der Lunge. Man nennt die Luftmenge, die wir nach ruhiger Ausatmung noch aus den Lungen pressen können, die *Reserveluft*, die entsprechende Luftmenge, die wir nach ruhiger Einatmung durch eine angesetzte tiefste Einatmung noch in die Lunge saugen können, die *Komplementärluft*. Nach der stärksten Ausatmung bleibt aber immer noch eine gewisse Luftmenge, etwa 1500 ccm, in den Lungen zurück, die wir also durch unsere Muskelkraft nicht zu entleeren vermögen und die *Residualluft* genannt wird. Wollen wir also berechnen, wieviel im höchsten Falle eine im Durchschnitt gut arbeitende Lunge faßt, so bekommen wir:

Residualluft	1000 ccm
Reserveluft	1500 „
Luftmenge des ruhigen Atemzuges	500 „
Komplementärluft	1500 „

zusammen etwa 4 $\frac{1}{2}$ Liter. Rechnen wir davon die Residualluft, die immer in den Lungen bleibt, ab, so fördert eine Lunge mit jedem stärksten Atemzug einen Luftwechsel von etwa 3 $\frac{1}{2}$ Liter. Doch sind Zahlen bis zur doppelten Größe gemessen worden.

Die jedem Besucher eines Volksfestes bekannten „Lungenmesser“ (Spirometer) stellen die Größe des Luftwechsels für einen Atemzug fest. Doch gehört eine gewisse Übung dazu, um aus seinen Atemmuskeln die bestmögliche Leistung herauszuholen.

Die Kräfte, welche die Ventilierung der Lungen besorgen, sind entweder *Muskelkräfte* oder *elastische Kräfte* oder beide zusammen.

Die Erweiterung des Brustraumes geschieht durch die Hebung der Rippen und durch die Verkürzung = Abflachung des Zwerchfelles, die Verengerung durch die Senkung der Rippen und durch die Erschlaffung = passive stärkere Wölbung des Zwerchfells in den Brustraum hinein, Abb. 248A und B.

Doch besteht ein Unterschied für die Einatmung gegenüber der Ausatmung insofern, als die Einatmung in der Regel ausschließlich durch Muskelkräfte, die Ausatmung aber bis zu einem gewissen Grad auch ohne Muskularbeit durch die elastische Kraft des gedehnten Brustkorbes erfolgen kann. Etwa wie ein Blasbalg, der durch maschinelle Kraft gegen eine ihn zusammendrückende Feder ausgedehnt und mit Luft gefüllt durch seine Schwere und durch den Druck der gespannten Feder wieder zusammensinkt und die Luft auspreßt. Daß die Schwere des mit seinen Inhaltmassen gehobenen Brustkorbes auch zur Ausatmung ein Geringes beiträgt, ist begreiflich.

Es gibt aber auch eine Form der Atmung, bei welcher die *Einatmung* durch elastische Kraft erfolgt. Das geschieht, wenn wir mit kurzen flachen Atemzügen von tiefster Ausatmungsstellung atmen. Durch die tiefe Ausatmung wird der Brustkorb infolge gewaltsamer *Rippensenkung* aus seiner Gleichgewichtslage gebracht. Lassen die Muskeln nach, so federt derselbe in seine Ruheform zurück, welche gegen die tiefste Ausatmungsstellung eine Einatmung bedeutet.

Lernen wir zunächst die Rippenatmung kennen. Die *Hebung der Rippen erfolgt wie gesagt, fast ausschließlich durch Muskeln*. Es sind dies zunächst die eigenen Rippen- oder besser die Zwischenrippenmuskeln und zwar die äußeren, deren Anordnung und Verlauf auf Abb. 243 zu sehen ist.

Diese Muskeln entwickeln eine ganz bedeutende Kraft und sind imstande die Rippen bei nicht zu großen Widerständen, so weit zu heben, daß fast eine maximale Einatmung zustande kommt. Sie besorgen wahrscheinlich bei ruhiger Rippenatmung allein die Arbeit. Mit ihnen heben die vorderen Teilstücke der inneren Zwischenrippenmuskeln soweit sie zwischen den Rippenknorpeln verlaufen. Die auf Abb. 243 B 3 sichtbaren *kurzen und langen Rippenheber* (*M. levatores costarum*) kommen entgegen ihrer Bezeichnung für diese Tätigkeit kaum in Betracht, weil sie fast in der Richtung der Bewegungsachse der Rippenwirbelverbindungen ziehen und so nur einen sehr geringen Einfluß auf die Rippendrehung finden können. Weit stärker wird ihre Wirkung zur seitlichen Neigung der Wirbelsäule sein.

Von den auf Abb. 243, 4 u. 5, bezeichneten hinteren Sägemuskeln ist der obere ein kräftiger Rippenheber für die von ihm beeinflussten oberen Rippen, der untere hintere Sägemuskel ist, weil er von der Wirbelsäule (Dornfortsätze) der zwei unteren Brust- und zwei oberen Lendenwirbel nach außen zu den vier letzten Rippen *ansteigt*, ein Senker dieser Rippen. Er hält die unteren Rippen fest, so daß ein Zug von oben her sie auseinander ziehen kann. Auf Abb. 322 sehen wir auf der rechten Seite des Modells die vier Rippenzacken des Muskels deutlich an die Oberfläche treten.

Verlangen wir eine größere Leistung der Lunge oder muß die Einatmung gegen Widerstände erfolgen, wie z. B. beim Saugen, oder gegen Kräfte geschehen, welche die Ausdehnung des Brustkorbes erschweren (beengende Kleidungsstücke, umklammernde Umarmung beim Ringen, Erkrankungen der Lunge), so werden noch andere Muskeln zu Hilfe genommen. Am besten eignen sich hierzu die sogenannten *Treppmuskeln* (*M. scaleni*), die von den Querfortsätzen oberer Halswirbel zur ersten und zweiten Rippe herablaufen, Abb. 249, ferner die Kopfnicker (*M. sternocleidomastoidei*), die vom Hinterkopf zum Brustbein und an das benachbarte Ende des Schlüsselbeins ziehen (Abschnitt Hals). Als letzte Hilfe bei äußerster Kraftanstrengung beim Atmen können auch noch die Muskeln, die vom Schultergürtel und vom Arm an den Brustkorb ziehen, Verwendung finden (siehe Abschnitt Schultergürtel), ferner die im Abschnitt Hals besprochenen vorderen Halsmuskeln. Welche außergewöhnliche Leistung dann erreichbar ist zeigen jene Athleten, die um den gesenkten Brustkorb gelegte Ketten durch Ausdehnung desselben sprengen.

Die Hebung muß die Schwere und die elastische Spannung des Brustkorbes und der Lunge überwinden, die mit steigender Hebung der Rippen immer größer wird.

Wird die hebende Muskelkraft geringer als die senkende elastische Kraft oder hört die erstere plötzlich ganz auf zu wirken, so beginnt sofort die Senkung des Brustkorbes, d. h. wenn die in die Lungen aufgenommene Luft durch die offene Stimmritze und durch Nase oder Mund entweichen kann. Wir vermögen das Zusammensinken des ausgedehnten Brustkorbes folglich durch aufeinanderfolgende Abgabe kleiner Luftmengen stufenförmig zu gestalten oder erreichen das Gleiche durch wiederholtes Eingreifen von Atemmuskeln, die der senkenden Kraft entgegenwirken.

Ob die elastische Kraft ausreicht, um den gehobenen Rippenkorb ganz in die normale Ausatmungsstellung zurückzubringen, wie fast allgemein angenommen wird, scheint mir zweifelhaft. Am Lebenden kann man wenigstens häufig beobachten, daß gegen das Ende einer ruhigen Ausatmung doch Muskelkräfte zu Hilfe genommen werden. Diese Muskeln für die Rippensenkung, also für die Ausatmung, werden aber dann immer nötig sein, wenn entweder die aus der Lunge entweichende Luft größere Widerstände zu überwinden hat (Blasinstrument, enge oder geschlossenen Stimmritze, Tonerzeugung) oder wenn wir *schneller* ausatmen wollen, als dies von der elastischen Kraft selbst besorgt werden kann.

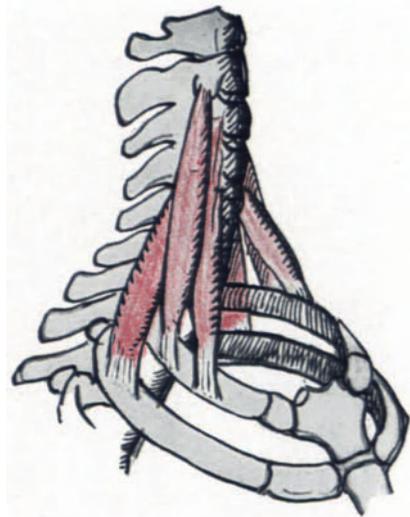


Abb. 249.

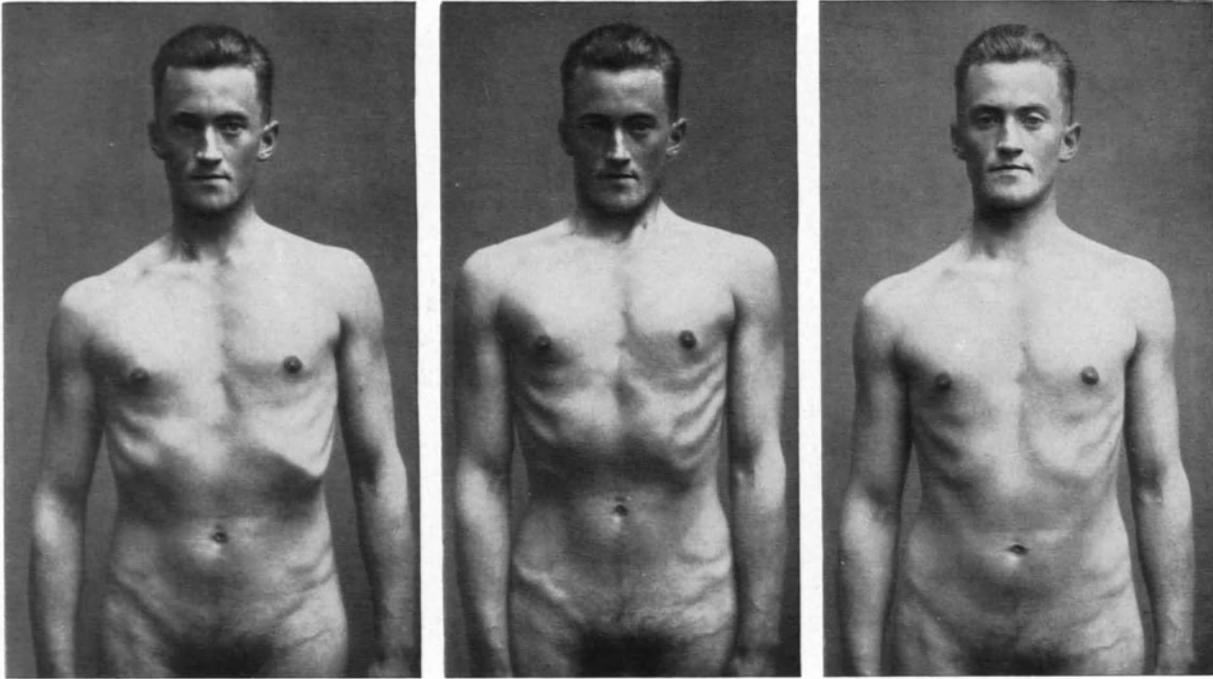


Abb. 250.

Man denke z. B. an den Vorgang beim Schießen mit einem Blasrohr. Je größeren Druck wir der in der Lunge aufgenommenen Luft vor ihrem Eintritt in das Rohr durch die Ausatemungsmuskeln geben können, eine um so größere Anfangsgeschwindigkeit wird der Bolzen erhalten. Wir atmen tief ein und pressen dann den Brustkorb zusammen, um plötzlich die geschlossene Stimmritze durch den hohen Luftdruck zu sprengen. Auch ein Hustenstoß ist nichts anderes als eine rasche, plötzliche und sehr kraftvolle Ausatmung, bei welcher die entweichende Luft unter hohem Druck die geschlossene Stimmritze sprengt. Auch das Lachen kommt auf ähnliche Weise zustande. Daß dabei die Bauchmuskeln gebraucht werden, weiß jeder aus eigener Erfahrung, dem der Bauch infolge quälenden Hustens oder erschütternden Lachens weh getan hat.

Die Bauchmuskeln sind die wichtigsten und kräftigsten Muskeln für die Rippensenkung. Außer ihnen kommen wahrscheinlich, wenn auch in viel geringerem Maß, noch die inneren Zwischenrippenmuskeln in Frage. Die Wirkung der Bauchmuskeln auf die Rippen ist verschieden. Die geraden Bauchmuskeln arbeiten mehr auf eine Senkung der Rippen insgesamt, während die schiefen Bauchmuskeln und vor allem die queren Bauchmuskeln auch noch eine quere Einziehung der Rippen unter Annäherung der beiden Rippenbogen gegeneinander durchführen. Auch die äußeren Rippenansätze des Darmbeinrippenmuskels (*Iliocostalis*) kommen für eine Senkung der Rippen in Frage. Ebenso die viereckigen Lendenmuskeln sowie die hinteren unteren Sägemuskeln.

Mit diesen geschilderten Kräften wird die Lüftung der Lungen durch die Bewegung der Rippen besorgt. Wir müssen aber auch wissen, daß der Ablauf dieser Bewegung nicht immer gleich bleibt. Es gibt verschiedene Formen der Rippenatmung. Zunächst die *volle Rippenatmung*, wenn der Brustkorb im Ganzen gehoben und gesenkt wird. Dann die *Unterrippenatmung* (Flankenatmung), wenn die Hebung und Senkung der unteren Rippen in gesteigertem Maße gegenüber den verhältnismäßig wenig bewegten oberen Rippen erfolgt. Das Brustbein wird in diesem Falle weniger gehoben, aber mit seinem unteren Ende stärker vorgestoßen.

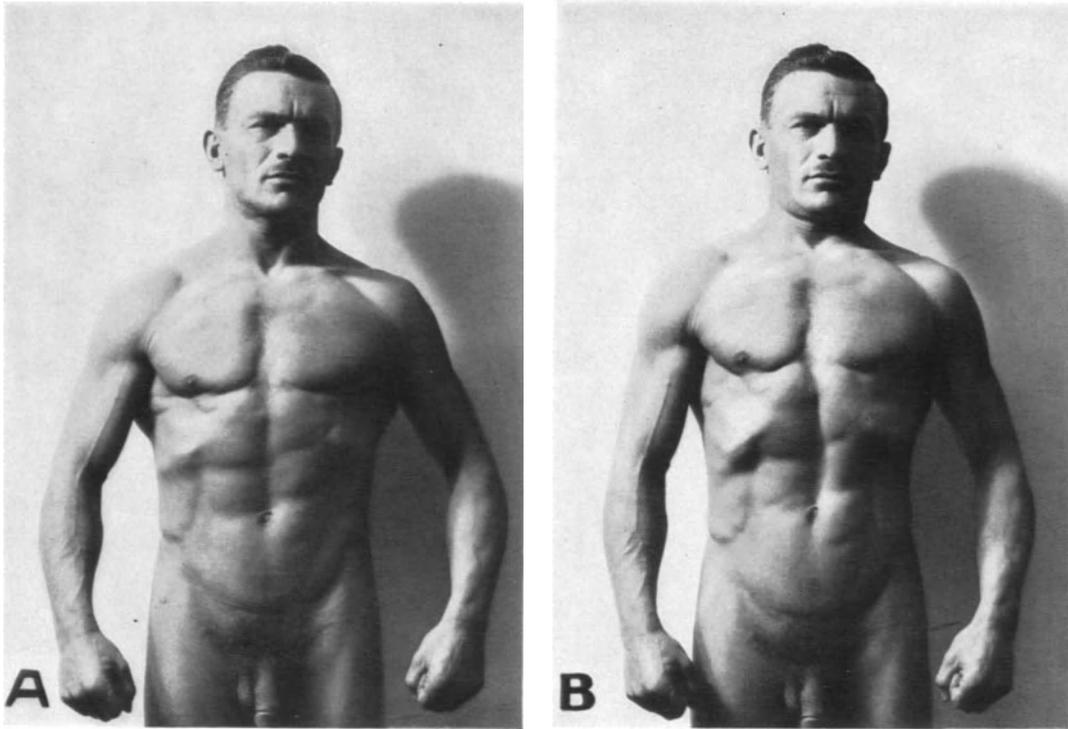


Abb. 251.

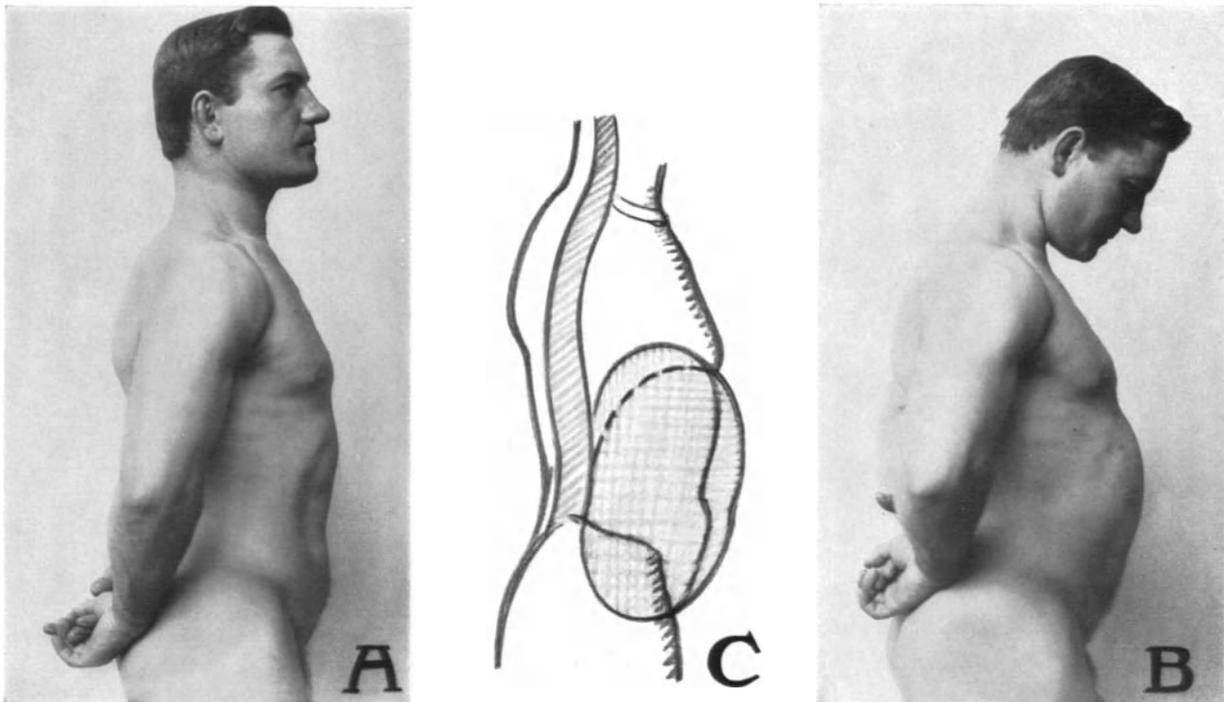


Abb. 252.

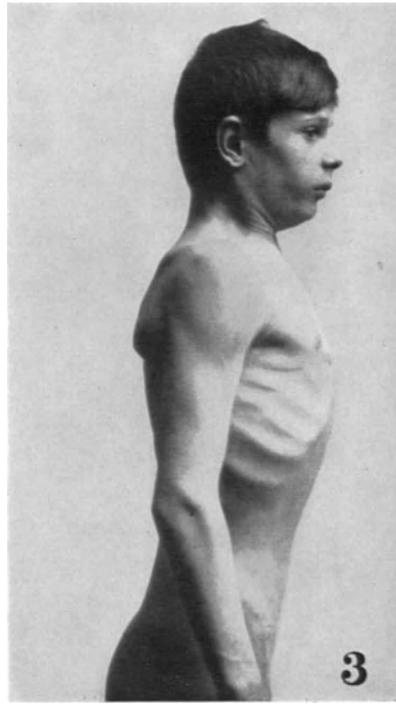
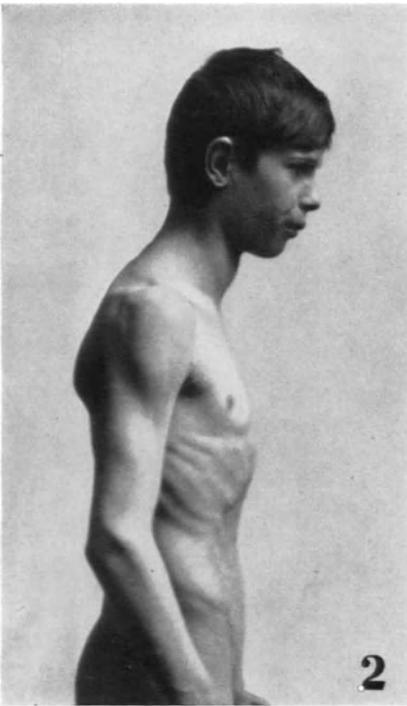
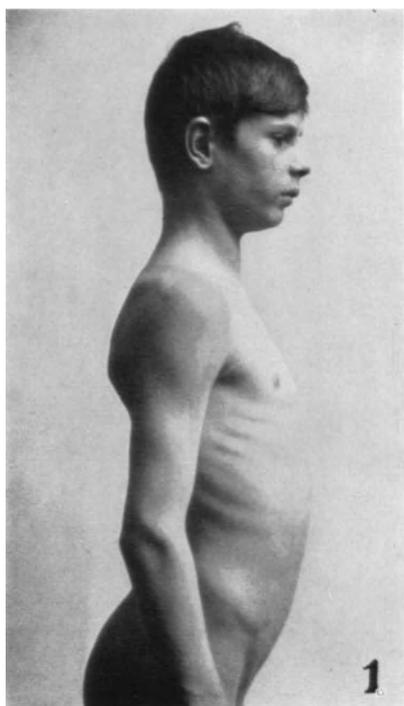
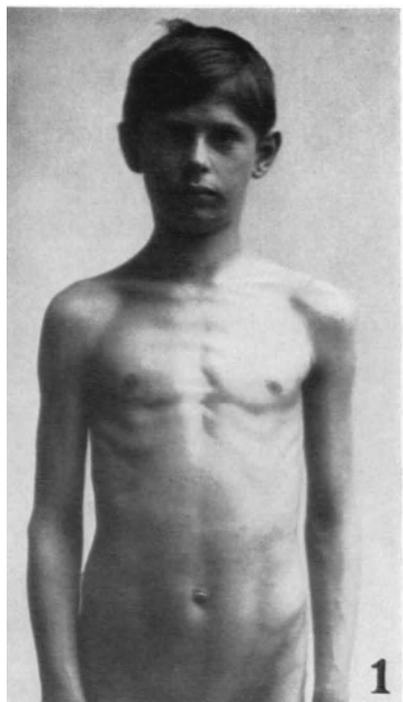


Abb. 253.

Endlich die *Oberrippenatmung*, bei der die unteren Rippen nur wenig ansteigen, während die obersten Rippen und das Brustbein stark gehoben und das Letztere mit seinem oberen Ende vorgedrängt wird. Es nimmt deshalb eine steilere Lage als bei der vollen Rippenatmung ein.

Die beiden erstgenannten Formen der Atmung sind leicht scharf getrennt durchzuführen. Die Oberrippenatmung dagegen ist schwerer durch Übung zu lernen. Sie tritt aber dann von selbst ein, wenn die unteren Rippen an ihrer Erhebung behindert werden, z. B. durch enges Umschließen eines Kleidungsstückes (Schnürleib). Die Aufnahme, Abb. 250, zeigt gut ausgeprägte Unter- und Oberrippenatmung eines jungen Mannes. Am besten führt ein Vergleich der Bilder zum Verständnis der Gegensätzlichkeit beider Bewegungsformen. Im ersten Fall (erste Figur) geht der untere Brustkorbabschnitt in die Breite (Flankenatmung), weil die unteren Rippen bei ihrer Hebung gleichzeitig besonders stark nach außen bewegt werden. Die oberen Rippen mit dem Brustbein bleiben fast ruhig stehen. Im zweiten Fall (zweite Figur) gehen namentlich die oberen Rippen mit dem Brustbein in die Höhe und drängen dem Beschauer entgegen. Ein Vergleich dieser Figur mit der dritten, die bei ruhiger Atmung aufgenommen wurde, läßt aus dem Hochstand des oberen Brustbeinrandes und der Brustwarzen die starke Hebung der Rippen ermessen. Auffallend ist bei Figur 2 die gewaltsame Modellierung der unteren Brustkorbhälfte und der sogar ein klein wenig kleinere Querdurchmesser im Bereich der untersten wahren Rippen gegenüber Figur 3. Das erklärt sich aus der kräftigen Hebung der unteren, an das Brustbein gebundenen Rippen aber ohne daß sie bei dieser Hebung wie sonst gewöhnlich nach außen gehen. Also sind sie mit ihren vorderen Endstücken nach innen gezogen worden, wodurch die Rippenbögen nicht nach außen auszuweichen vermögen. Diese Bewegung wird wohl zum größten Teil auf Kosten der Federung der Rippenknochen und Knorpel gehen.

Auf den beiden genannten Figuren der Abb. 250 sind so gut sichtbare Meßpunkte zu finden, daß eine Kontrolle dieser Angaben nicht schwer sein wird.

Wir haben früher schon gehört, daß der obere Teil des queren Bauchmuskels durch seine Verkürzung die Rippenbögen einander nähern kann. Er wird wohl auch in diesem Falle der wesentliche, wenn nicht einzige Ausführende sein.

Dem Beschauer der drei Figuren wird sofort der höhere Stand des Nabels bei der zweiten auffallen und er könnte denselben mit einer Verkürzung des geraden Bauchmuskels in Zusammenhang bringen wollen. Messen wir aber die Hebung, so ist sie gleich jener der Brustwarzen und so ein Ergebnis der Rippenhebung. Wir sehen auch an dem welligen Verlauf des Muskels, daß derselbe nicht verkürzt, wohl aber in leichter Dehnungsspannung sich befindet.

Die Halsmuskeln ziehen das Brustbein und die erste Rippe gegen den versteiften Kopf herauf, während sie auf Figur 1 nur die erste Rippe und das Brustbein in ihrer Lage halten, um die starke Auswärtshebung der unteren Rippen zu ermöglichen.

Die Abb. 251 A und B zeigt die gleiche Atmungsform von einem besonders muskelkräftigen Modell. Auf Fig. A ist die Unterrippenatmung und auf Fig. B die Oberrippenatmung aufgenommen.

Der Brustraum kann aber auch bei völlig ruhig gestellten Rippen doch noch durch die Verstellung seines Bodens erweitert oder verengert werden. Das Spiel des Zwerchfells arbeitet folglich im Sinne einer wechselnden Raumverteilung zwischen Brust- und Bauchhöhle. Die Folgen dieser Tätigkeit sind aber für beide Abteile sehr verschieden. Der Rauminhalt des Brustkorbs wird durch die abflachende Verkürzung des Zwerchfells größer und die Lunge wird gedehnt. Die Verkürzung des Zwerchfells führt zur Einatmung einer gewissen Menge Luft. Die Verkleinerung der Bauchhöhle durch die Abflachung des Zwerchfells wird aber meistens durch eine entsprechende Dehnung eines anderen Wandabschnittes aufgehoben. Dafür eignet sich am besten das lange Feld der vorderen weichen Bauchwand. Dasselbe wird entsprechend der Richtung des Zwerchfelldruckes nach vorne und unten vorgetrieben, doch wird

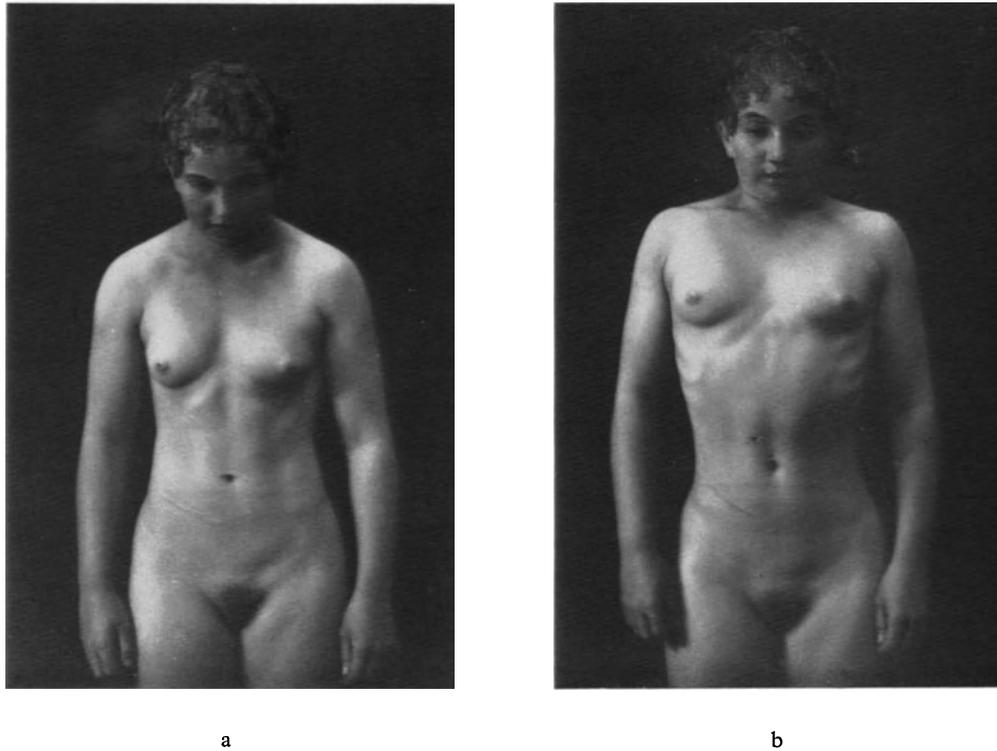


Abb. 254.

der Bauchraum auch der Quere nach verbreitert. Auf Abb. 252A sehen wir das Modell bei ruhiger Atmung in normaler Haltung. Auf Abb. 252B hat das Modell durch energische Zwerchfellsenkung seinen Bauch vorgetrieben. Das Schema auf Abb. 252C gibt die dadurch veränderte Raumform des Bauches auf einem Mittelschnitt wieder. Die Größe des Bauchraumes kann so die gleiche bleiben, aber die Form des Bauches ändert sich völlig und es müssen die im Bauchraum eingebauten Eingeweide verschieblich sein, um diese Formwandlung zu erlauben.

Es kommt die Atembewegung des Zwerchfells in einer Bewegung des Bauches zum Ausdruck. Deshalb wird sie *Bauchatmung* genannt.

Erschlafft das abgeflachte Zwerchfell, so kann es selbstverständlich nicht mehr durch eigene Kraft sich wieder in den Brustraum wölben, dazu gehören andere Kräfte. Zunächst können die ausgebauchten, gedehnten Muskeln der weichen Bauchwand durch ihren elastischen Zug diese Arbeit schon bis zu einem gewissen Grad besorgen und auch der elastische Zug der gedehnten und wieder zusammenfallenden Lunge hilft dabei mit. Doch scheint mir nur in der Rückenlage diese elastische Kraft für die Ausatmung ganz zu genügen, während in aufrechter Haltung am Schluß der Ausatmung auch hier die Bauchmuskeln durch aktive Verkürzung mithelfen müssen. Bei rascher und energischer Zwerchfellatmung wird aber die Ausatmung gleich von Anfang an durch eine Tätigkeit der Bauchmuskeln mit besorgt.

Rippenatmung und Bauchatmung benützen wir im Leben viel öfter zusammen, als getrennt für sich. Jeder gewöhnliche volle Atemzug setzt sich aus Rippenatmung (Rippenhebung) und gleichzeitiger Zwerchfellatmung (Zwerchfellsenkung) zusammen und kann dann *Vollatmung* genannt werden.

Hier mag die Feststellung von Interesse sein, daß es einen besonderen Atmungstypus für Mann und Weib nicht gibt. Alle Angaben, daß die Frau mehr Rippenatmung, der Mann mehr Bauchatmung = Zwerchfellatmung zeige, sind unbegründet geblieben.

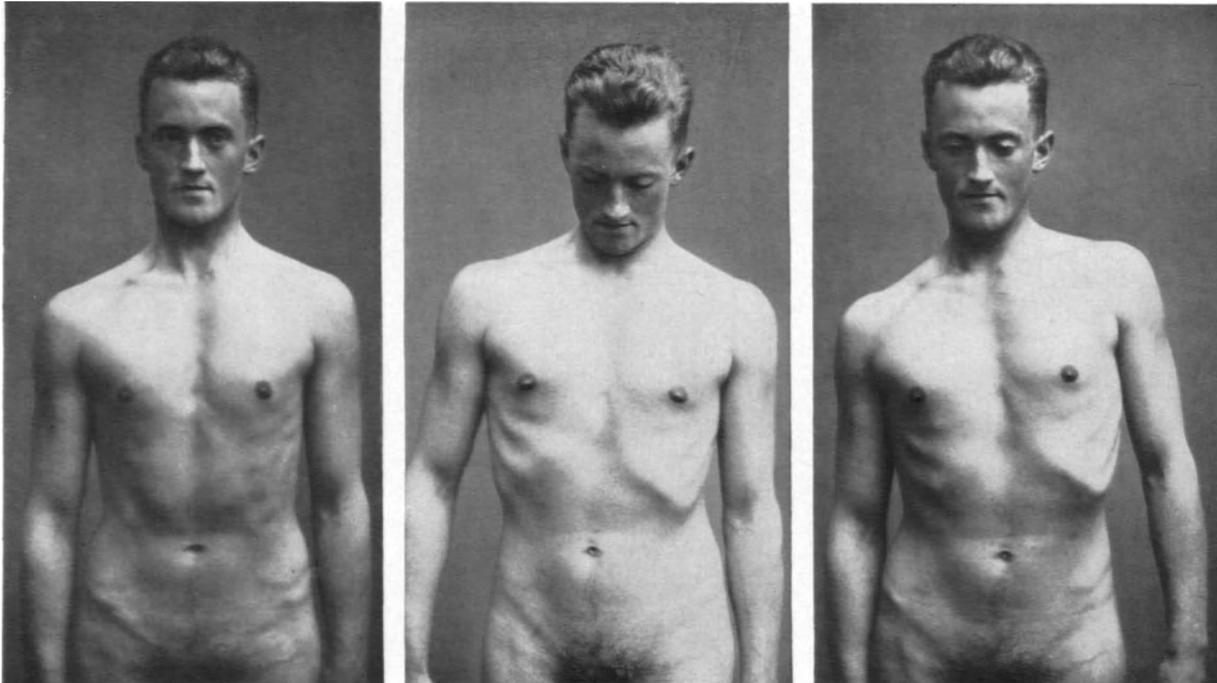


Abb. 256.

Selbstverständlich muß ein äußeres Hindernis für die Rippenatmung, wie ein Korsett oder ein enger breiter Hosenbund die Rippenatmung beeinträchtigen und die Atmungsform dem freien Körper gegenüber verändern, aber das trifft für beide Geschlechter in gleichem Maße zu.

Wichtig hingegen ist die Beobachtung, daß die feine Regulierung des Druckes und der Geschwindigkeit der ausströmenden Atemluft vor allem durch das Zwerchfell besorgt wird. Beim Gesang oder beim Spielen eines Blasinstrumentes wird die grobe Regulierung der Ausatmung durch stärkere oder schwächere Arbeit der die Rippen senkenden Muskeln erreicht, während die feine Einstellung durch die gleichzeitig gleichsinnige oder entgegengesetzte Tätigkeit des Zwerchfells erfolgt.

Nicht vergessen darf werden, daß die gegensätzlich wirkenden Kräfte für die Ein- und Ausatmung gleichzeitig in Tätigkeit versetzt werden können und sich besonders auch dadurch die feinste Abstufung der Bewegung erzielen läßt.

Die sechs Figuren auf Abb. 253 zeigen die Ruhestellung und die tiefste Ein- und Ausatmungsstellung eines 15jährigen Knaben in Vorder- und Seitenansicht (je 1—3).

Über die Bewegung des Brustkorbes ist das nötige schon mitgeteilt worden. Hier haben wir vor allem auf das Muskelspiel und auf die Formänderung zu achten. Bei tiefster Einatmung (3 und 3) läßt der gehobene und erweiterte Brustkorb die Rippen stark an die Oberfläche treten, weil der Druck der äußeren Luft die Haut in die Zwischenrippenräume preßt. Am Halse ist die Muskulatur, die zur Rippenhebung beitragen kann, in Tätigkeit und namentlich der Kopfknicker (Abschnitt Hals) gut zu sehen. Aber

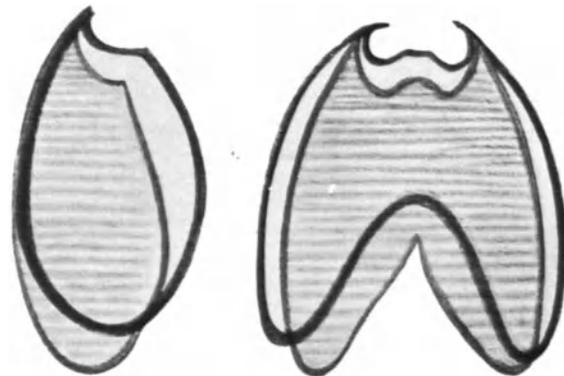


Abb. 255.

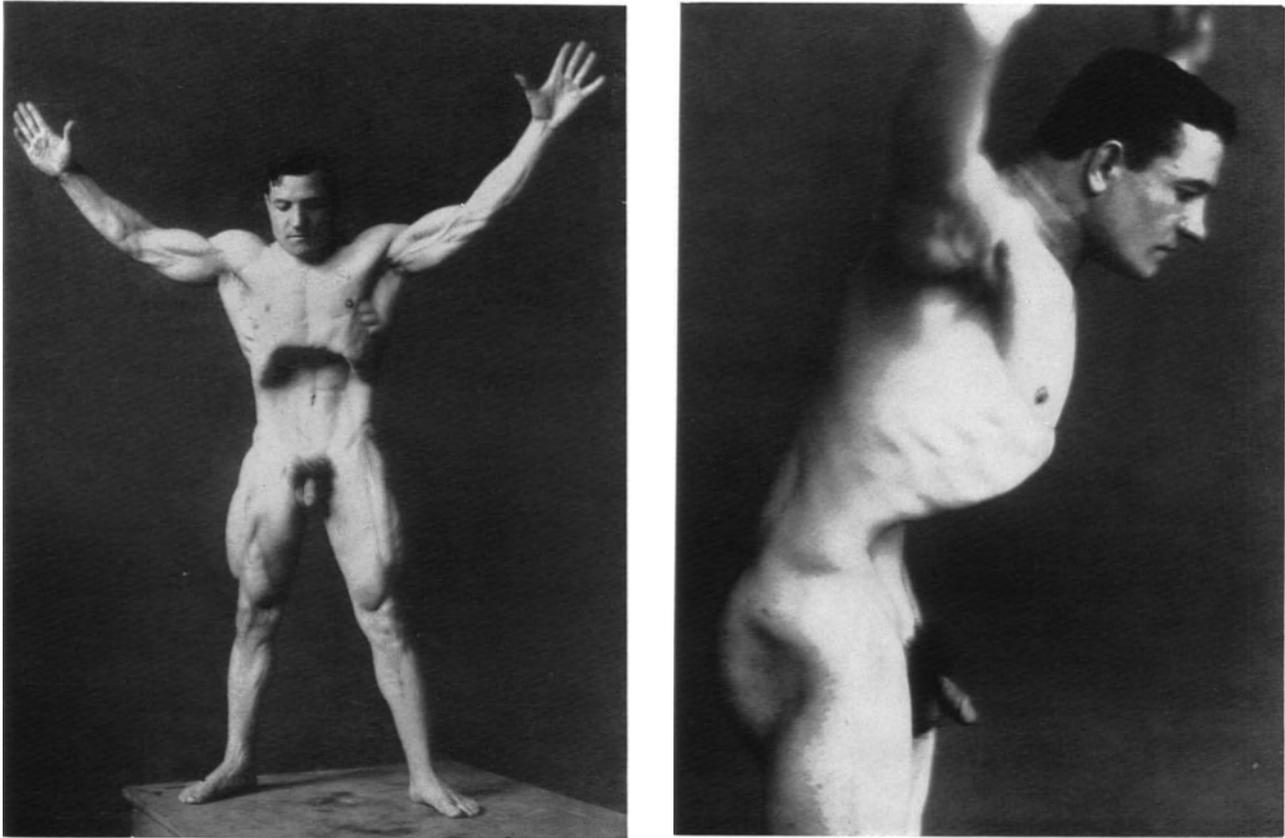


Abb. 257.

auch die Muskeln der Schulter sind vielfach in Spannung, um den Schultergürtel in der gehobenen Lage zu erhalten und den Brustkorb von der Last der Arme zu befreien, indem sie den größten Teil derselben dem Kopf und der Wirbelsäule überweisen. Die Schlüsselbeine können auch bei tiefster Einatmung parallel zur Ruhestellung gehoben werden. Ein stärkeres Ansteigen des äußeren Endes sieht man häufig. Es ist aber nicht unerlässlich für die maximale Rippenhebung und kann unterdrückt werden. Beachtenswert ist es, daß auch bei herabhängenden, nicht aufgestützten Armen, der Oberarm mit dem Schulterblatt und dieses am Rumpf derartig durch Muskeln festgesteilt werden können, daß der untere Teil des großen Brustmuskels, der kleine Brustmuskel und der große Sägemuskel zur Ausweitung des Brustkorbes beizutragen vermögen. In der Tat sehen wir auf dem Rücken eines Modells bei tiefster Einatmung, Abb. 261 erste Figur, fast alle Muskeln in gewaltsamer Spannung. Der kleine dreieckige Schatten nach innen vom unteren Schulterblattwinkel unterfängt den unteren Rand des verkürzten rautenförmigen Muskels, der das Schulterblatt festhält, von dem aus dann der sägeförmige Muskel nach vorne an die Rippen angreift.

Bei der tiefsten Ausatmung (2 und 2) verschwinden die Rippen mehr aus dem Relief der seitlichen Brustkorbwand. Dafür tritt die Bauchmuskulatur, namentlich der gerade und der obere Zacken des äußeren schiefen Bauchmuskels stärker heraus, während die Brustmuskeln, die Hals- und Schultermuskeln erschlafft sind. Auf Abb. 253, 2 sehen wir ferner, wie der auf Abb. 244 abgegrenzte Mittelstreif des queren Bauchmuskels eine deutliche quere Einziehung der vorderen Bauchwand oberhalb des Nabels verursacht.

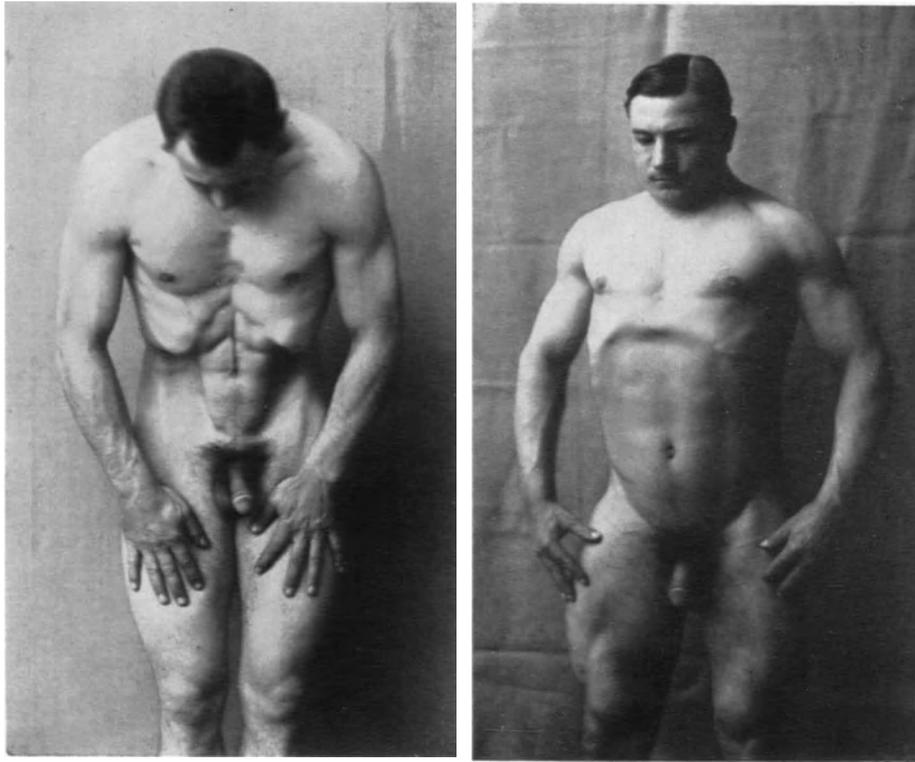


Abb. 258.

Beachtenswert an den Bildern ist auch die Beobachtung, wie sich einmal durch passive Dehnung der elastischen Bauchmuskeln bei der Einatmung und dann durch die aktive Verkürzung derselben bei der Ausatmung die Seitenlinie des Rumpfes ändert, Abb. 253, 1 bis 3. Es muß dabei der quere Bauchmuskel, aber wohl auch das gekreuzte Muskelband mit im Spiel sein.

Mit Vorteil werden wir jetzt auch die Brustkorbbilder Abb. 225 auf Seite 127 nochmals betrachten.

Prüfen wir die Atmungsform des abgebildeten Knaben auf die verwendeten Kräfte zur Erweiterung des Brustraumes, so müssen wir darauf aufmerksam werden, daß die Bauchatmung, also die Zwerchfellsenkung, nur mangelhaft benützt erscheint. Es ist in der Stellung der Abb. 253, 3 entschieden möglich, den Bauch durch Zwerchfellsenkung stärker vorzuwölben, wie das auch auf einem der beiden Atmungsbilder einer Sängerin mit gut ausgebildeter Atemführung zu erkennen ist, Abb. 254, A und B.

Auf diesen beiden Bildern kommt die besonders große Beweglichkeit der Rippen, vor allem in einer sehr ausgiebigen Hebung derselben zum Ausdruck und wird durch den Vergleich der Höhenlage der Brust meßbar ausgedrückt. Auf dem Schema der Abb. 255 sind die Umrißlinien des Brustkorbes des auf Abb. 253 verwendeten Modells bei stärkster Ein- und Ausatmung zum Vergleich übereinander gezeichnet.

Die Atmung erfolgt als automatische Bewegung in der Regel ohne von unserem Willen beeinflußt zu werden, doch sind wir, von seltenen Ausnahmeständen abgesehen, immer in der Lage, diesen Einfluß geltend zu machen. Wir können die Atmung zeitlich und mechanisch beliebig abstufen und so war auch theoretisch die Annahme erlaubt, es müßte eine einseitige, linke oder rechte Atembewegung willkürlich ausführbar sein, wie sie unwillkürlich gewählt wird, wenn die Rippenbewegung auf der einen Seite Schmerzen verursacht.

Das in Abb. 256 abgebildete Modell erlernte diese einseitige Atemführung in kurzer Zeit und zeigt, daß sich dieselbe, wie zu erwarten, vor allem an den unteren, selbständiger beweglicheren Rippen abspielt.

Die gestörte Symmetrie des Rippenbogens kommt auffallend zur Beobachtung. Sie wird noch erhöht durch die seitliche Neigung der Wirbelsäule, die der Rippenbewegung günstige Bedingungen schafft.

Bei gewöhnlicher Atemarbeit saugt die Erweiterung des Brustkorbes durch Erweiterung der Lungen-säcke eine bestimmte Menge Luft an. Die größte Menge bei stärkster Rippenhebung und Zwerchfellsenkung. Verhindern wir aber den Eintritt der äußeren Luft in die Lungen durch Abschluß der Stimmritze, während der maximalen Ausdehnung des Brustkorbes, so wird im Brustkorb ein sehr viel geringerer Druck hergestellt, als der äußere Luftdruck messen läßt und die Luft sucht auf jedem Wege in diesem luftverdünnten Raum einzudringen und sie kann dabei recht beträchtliche Widerstände überwinden und Massen verschieben. So wird z. B. das erschlaffte Zwerchfell mit den Baueingeweiden entsprechend der Abb. 257, 1 und 2 in den erweiterten Brustkorb vorgetrieben und die äußere Bauchwand sinkt so weit ein, daß unter dem Zwerchfell, umfaßt vom Rippenbogen, eine tiefe Höhle sichtbar wird. Der gerade Bauchmuskel liegt jetzt fast unmittelbar der Wirbelsäule auf.

Läßt man ein Modell diese Übung ausführen, so muß es zunächst in etwas vorgebeugter, günstigster Ausatemstellung kräftig ausatmen und dann bei geschlossener Stimmritze die Bauchmuskeln wieder erschlaffen lassen. Dann folgt unter leichter Streckung des Oberkörpers eine rasche, energische Ausdehnung des Brustkorbes durch eine gewaltsame Unterrippenhebung. Diese Form der Rippenbewegung wird deshalb gewählt, weil die volle Rippenhebung die Bauchmuskeln zu stark dehnt und das äußerste Einsaugen der Bauchwand dadurch behindert. Ein Vergleich von Abb. 252 mit Abb. 257 macht uns die große Verschiebungsmöglichkeit der Baueingeweide durch die uns bekannt gewordenen Kräfte klar.

Eine eigenartige Wirkung gibt die Abb. 258. Hier bringt das Modell der ersten Figur in der eben beschriebenen Stellung stärkster Einsaugung der Bauchwand seine beiden geraden Bauchmuskeln zur Verkürzung, die nun als zwei von der Bauchwand fast völlig umfaßte Stränge wie eine Brücke vom Brustkorb zum Becken über den tief eingesunkenen Bauch sich spannen. Es ist diese Stellung zur Demonstration der geraden Bauchmuskeln und ihres sehnigen Ansatzes an der Schamfuge sehr geeignet.

Wie sich dieses schmale, kurze, aber dicke Muskelband des geraden Bauchmuskels in die Länge und Breite dehnen läßt, zeigt die zweite Figur derselben Abbildung.

Das Modell hat seinen Oberkörper gestreckt und in dieser Haltung den Brustkorb so stark als möglich gehoben und quer erweitert. Alle diese Bewegungen vergrößern die Entfernung des Brustbeines von der Schamfuge und dehnen die Bauchmuskeln. Um nun das in dieser Haltung, bei offener Stimmritze unvermeidliche Ansaugen und Einsinken der vorderen Bauchwand zu verhindern, wird das Zwerchfell verkürzt. Es senkt sich und treibt die Eingeweide nach abwärts und vor. Dann bringt endlich eine leichte Anspannung der geraden Bauchmuskeln, wie sie zur Ausführung eines Druckes der Hände gegen die Oberschenkel nötig ist, das gewünschte Bild zustande.

Nebeneinander gestellt vermitteln diese beiden Abbildungen eine gute Vorstellung von der Form, die ein bandförmiger Muskel in starker Verkürzung und Verlängerung (Dehnung) gewinnen kann.

Über ein weiteres Ergebnis der Zusammenarbeit des Zwerchfells mit den Bauchmuskeln unterrichten die vier Bilder auf Seite 153.

Der Vorgang ist folgender: In leichter Beugstellung der Wirbelsäule und in tiefer Ausatemstellung des Brustkorbes wird das Zwerchfell so stark als möglich verkürzt. Es tritt gegen die Bauchhöhle herunter und treibt die Eingeweide unter starker Ausbuchtung der vorderen Bauchwand vor, Abb. 252B. Wird nun wie in Abb. 259A der obere Abschnitt der Bauchwand durch Verkürzung der Muskeln gespannt oder wie in Abb. 260B der untere Teil, so wird der unverkürzte Teil noch stärker herausgetrieben und hebt sich scharf gegen den durch Muskeln zurückgehaltenen Teil ab. Es kommt zur Formung einer oberen und unteren Bauchkugel.

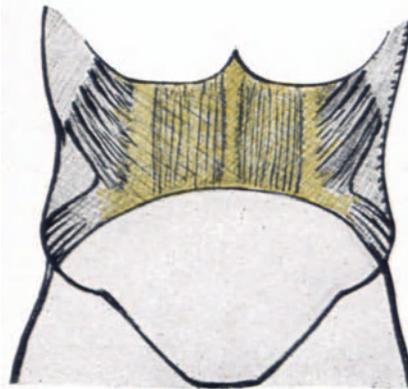
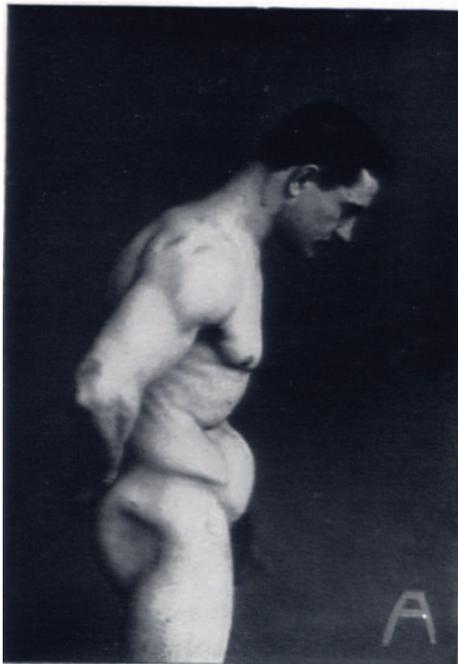
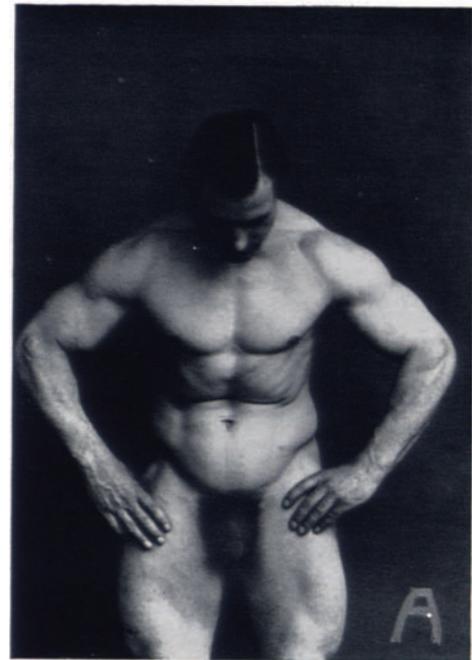


Abb. 259.



Die Einziehung und Spannung der Bauchwand wird vor allem durch den queren Bauchmuskel besorgt. Im ersten Fall durch Verkürzung seiner Fasern, die zwischen den Rippenbogen quer ausgespannt sind und im zweiten Fall durch jene Fasern, die vom Darmbeinkamm und dem Leistenband ausgehen. Eine genaue Betrachtung des Modells zeigt aber, daß auch die übrigen Bauchmuskel Anteil nehmen, und zwar hier wieder unter Ausnützung jener Zusammenstellung, die schon auf Seite 133 Erwähnung gefunden hat. Im ersten Falle, Abb. 259A, arbeitet der innere schiefe Bauchmuskel mit dem oberen Teil des geraden

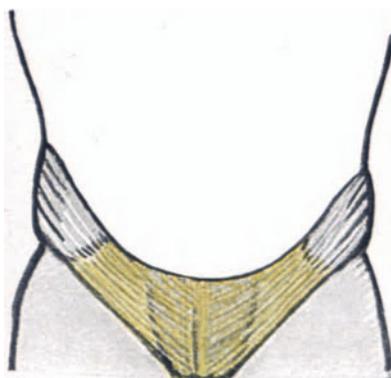
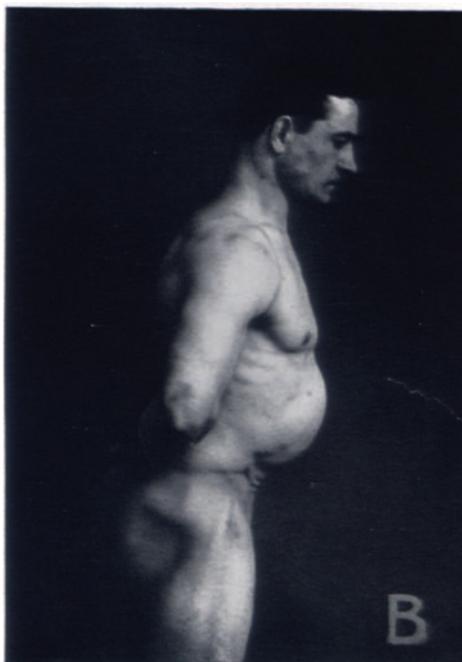
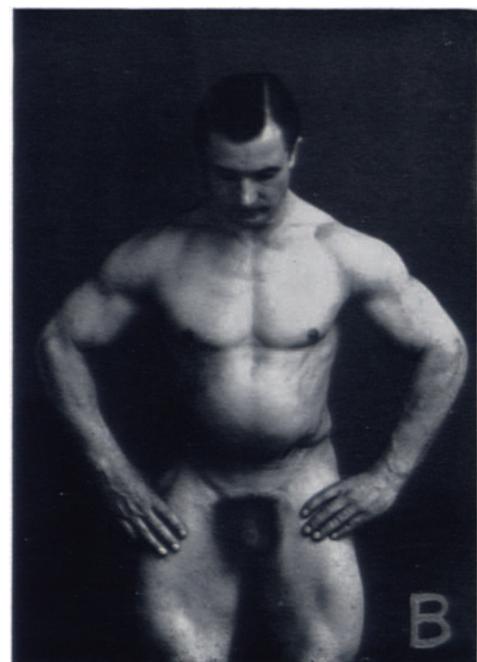


Abb. 260.



und äußeren schiefen Bauchmuskels zusammen. Im zweiten Falle B der äußere schiefe Bauchmuskel mit dem unteren Teil des geraden Bauchmuskels, wie das die beiden beistehenden Schemata der Abb. 259 und 260 erklären.

Modelle, die man auf das Spiel einzelner Muskeln geübt hat, kann man aber leicht so weit bringen, daß sie in dieser Haltung die queren Bauchmuskeln faserbündelweise von oben nach unten und wieder von unten nach oben zur Verkürzung bringen. Dann läuft die Verkürzung wie eine Welle abwärts und aufwärts. Die Bauchkugel rollt aufwärts und abwärts. Es ist auffallend, daß die quere Knickungslinie des Bauches in der Stellung A und B auf Abb. 259 u. 260 immer mit dem Verlauf einer queren Zwischensehne der geraden Bauchmuskeln zusammenfallen. Aber nicht mit gleichliegenden natürlich. Bei A trifft sie mit der zweiten (vom Nabel aufwärts gezählt), bei B mit der ersten zusammen. Das spricht für das auf Seite 137 über die Zusammenarbeit der Bauchmuskeln Gesagte.

Durch diese Muskularbeit ist eine sehr wirkungsvolle Selbstmassage der Baueingeweide möglich und kann auch von ärztlicher Seite ausgenützt werden. Ich erinnere mich eines Falles, wo nach einem schweren Typhus gegen die zurückbleibende chronische Obstipation selbst die kräftigsten Mittel versagten und erst die regelmäßige Benützung dieser Massage das Übel dauernd behob.

Es ist aber klar, daß der eben beschriebene Vorgang auch zur *teilweisen* Bauchatmung dienen kann und zwar dann, wenn die volle Bauchatmung mit völliger Erschlaffung der ganzen Bauchwand nicht möglich ist. Auf Seite 155 ist darauf hingewiesen, daß bei manchen Kraftleistungen, die mit gesteigerter Atemführung ausgeführt werden und bei welchen der Zug der Bauchmuskeln zur Beugung der Wirbelsäule nicht ganz entbehrt werden kann, die besprochene Muskelauswahl wenigstens eine teilweise Bauchatmung erlaubt.

Sind wir mit dem Gesagten über die Atemtechnik hinreichend unterrichtet worden, um unsere Beobachtung am lebenden Modell leiten zu können, so muß jetzt noch gesagt werden, daß alle Bewegungen, die wir zur Füllung und Entleerung der Lungen kennen gelernt haben, auch zu anderen Zwecken dienen können.

Einmal als Bauchpresse, um auf die im Bauchraum eingeschlossenen Teile einen Druck auszuüben. Senkung der Rippen, Beugung der Wirbelsäule, Verkürzung des Zwerchfells und der Bauchmuskeln, namentlich des queren Bauchmuskels, sind die Mittel, welche die möglichste Verkleinerung des Bauchraumes anstreben.

Ob der Druck dieser Kräfte wirklich eine Verkleinerung der Bauchhöhle bewirkt, hängt davon ab, ob der Raum zusammendrückbaren Inhalt enthält, oder ob ein Teil des Inhaltes zur Entleerung gebracht werden kann. (Gas, Harn und Kot, Geburt des Kindes.)

Auch die Abwehr äußerer Kräfte, die auf uns eindringen, kann der Zweck derartiger Muskularbeit sein. Denken wir uns beim freien Ringkampf den einen Ringer mit seinem ganzen Gewicht auf dem Bauch seines rücklings unterliegenden Gegners knieen, so kann die Gefahr dieser Belastung auf die inneren Organe nur durch die starke Spannung der vorderen Bauchwand abgewendet werden.

Auch die lebenden Kräfte des Brustkorbes finden häufig ihre Arbeit außerhalb der Atmungstätigkeit und dienen dem Zweck, den Brustkorb gegen äußere Kräfte zu versteifen, so, um großen Kraftleistungen der Arme den nötigen Halt zu geben. Hier ist auch der Hinweis nötig, daß der geweitete Brustkorb mit gefüllten Lungen, durch eine Rippensenkung unter starken Druck gesetzt, sich derart prall versteifen läßt, daß er durch sehr bedeutende Kräfte nicht eingedrückt werden kann.

Die Arbeit der Atemmuskeln kann, wie die Arbeit des Herzens, nur relativ kurze Zeit aussetzen. Es ist also nötig, daß die Atmung auch während aller wechselnden Formen des Rumpfes und während einer verschiedenen Inanspruchnahme durch die Tätigkeit der Arme oder durch andere äußere Kräfte dauernd durchgeführt wird.

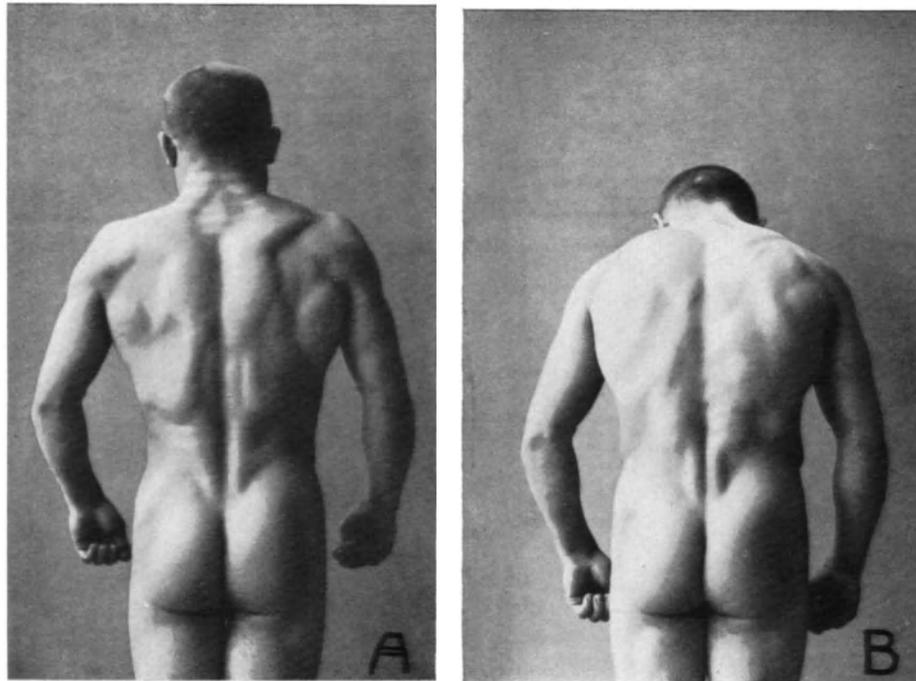


Abb. 261.

Es ist aber begreiflich, daß die höchste Kraftleistung des Körpers nur bei einer Einstellung des Rumpfes möglich ist, die ausschließlich auf diesen Zweck Rücksicht nimmt und nicht gleichzeitig eine Weiterführung der Atmung ermöglicht. Das heißt: bei äußerster Kraftleistung wird die Atmung aussetzen. Hier ist es aber vor allem der Erfolg systematischer Übung, der diese Höchstleistung immer weiter hinausschiebt. Ein Anfänger macht schon die einfachsten sportlichen Übungen als Höchstleistung mit angehaltenem Atem, während der Geübte dabei ruhig weiteratmet und erst bei viel höheren Leistungen das gleiche zu tun gezwungen ist. Das nicht außer Atem kommen bei starker Muskelanstrengung ist ein Haupterfolg der Übung. Jeder Mensch, der auf längere Zeit eine große Muskelarbeit leisten will, muß also darnach trachten, dieselbe bei ungestörter Atmung zu leisten. Er darf sich seine Atemführung nicht unterbrechen lassen. Er muß diese folglich mit den wechselnden zur Verfügung stehenden Mitteln bei den wechselnden äußeren Bedingungen durchzuführen suchen.

Beobachten wir zwei Ringer. Die starke Anstrengung zwingt sie zu gesteigerter Atemführung. Sie müssen deshalb jede Gelegenheit, Atem zu holen, benützen. Aber die fortwährend wechselnden Stellungen des Körpers geben bald nur die einen, bald die andern Atemmuskeln frei. Es wechselt Zwerchfellatmung mit Rippenatmung ab. Die letztere kann in einer Stellung nur ganz oberflächlich und rasch erfolgen. Im nächsten Augenblick kann eine tiefe langsame Atmung möglich sein. Es folgt darauf entweder eine langsame Ausatmung oder die Luft muß schleunigst pfeifend ausgestoßen werden, um für die nächste Körperstellung die richtige Form zu gewinnen. Die Bauchatmung kann einen Augenblick frei sein, um im nächsten Moment durch Spannung der Bauchmuskeln behindert zu werden. Bald darauf gelingt eine Kombination der Muskeln, wie sie auf Seite 153 beschrieben wurde, um wenigstens einen Teil der Bauchwand für die Verschiebung der Eingeweide frei zu geben, wie sie für die Ausführung der Zwerchfellatmung nötig ist. Sehr charakteristisch sind viele Endstellungen beim Ringen, weil hier die Höchstleistung mit angehaltenem Atem häufig mit ihrem Zusammenbruch die Entscheidung bringt.

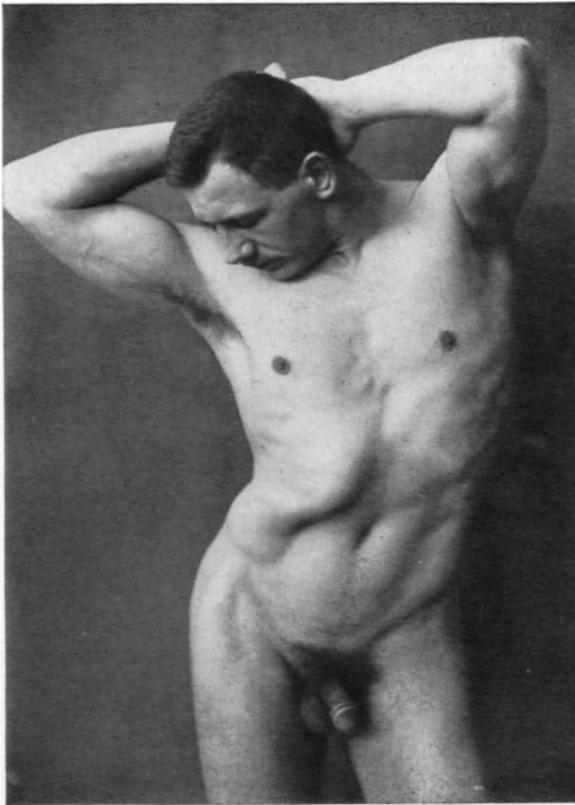


Abb. 262.

Wir dürfen das Kapitel über Atmung aber nicht schließen, ohne einen Vorgang zu besprechen, der jedem Laien bekannt ist. Es handelt sich um die rhythmische und regelmäßige Mitbewegung der Wirbelsäule bei der Atmung.

Die Beobachtung lehrt, daß bei tiefer Einatmung die Wirbelsäule etwas gestreckt (Brust heraus) und bei tiefer Ausatmung etwas gebeugt wird. Das sehen wir deutlich auf den Bildern der Abb. 253, Seite 140, und auf der beistehenden Doppelaufnahme, Abb. 261, zum Ausdruck kommen. Die Figur A bringt die tiefste Einatmung und die Figur B die tiefste Ausatmung vom Rücken her zur Beobachtung.

Wir empfinden so sehr das förderliche einer solchen Streck- und Beugebewegung für die Atmung, daß wir durchaus das Gefühl haben, es müßte diese Bewegung der Wirbelsäule eine Bedingung für das Zustandekommen der tiefsten Atmung sein. Ja wir würden ohne Bedenken die Annahme machen, daß z. B. ein Greis mit bleibend gebückter Haltung eine entsprechend tiefe Einatmung deshalb nicht mehr ausführen kann, weil er die dazu nötige Streckbewegung der Wirbelsäule nicht mehr zustande bringt. Gehen wir aber dem Problem nach, dann finden wir es von so vielen einzelnen

und verschiedenen Bedingungen getragen, daß eine Erörterung derselben hier nicht am Platze erscheint.

Ich will nur erwähnen, daß sich durch geeignete Untersuchungen feststellen läßt, daß die Bewegungen der Rippen in ihren gelenkigen Verbindungen mit der Wirbelsäule von den Bewegungen der Säule selbst in weiten Grenzen unabhängig sind. Nur die obersten Rippen, deren Drehungsebene mit der Beugungsebene der Säule mehr zusammenfallen, scheinen etwas mehr beeinflusst zu sein.

Praktisch genommen heißt das, daß wir fast in jeder Beuge- resp. Streckstellung der Wirbelsäule voll atmen können und daß die beobachtete regelmäßige Beugung und Streckung der Wirbelsäule bei tiefster Atemführung nicht allein durch eine Förderung der Rippengelenkausschläge erklärbar ist.

Ich will ferner noch darauf aufmerksam machen, daß die meisten Muskeln für die Rippenhebung und -Senkung *vor* der Wirbelsäule liegen und direkt oder in stufenförmiger Übermittlung von einer Rippe zur andern die Wirbelsäule erreichen.

Alle diese Muskeln müssen also auch die Wirbelsäule zu beugen suchen. Diese Beugung muß erst durch das Eingreifen der Rückmuskeln (Strecker der Wirbelsäule) verhindert werden, wenn nicht ein Teil der Muskelarbeit in dieser Bewegung der Wirbelsäule verbraucht werden soll. Zur Atemführung gehört also eine entsprechende Feststellung der Wirbelsäule. Das gilt sowohl für die Einatmung wie für die Ausatmung, wenn auch die rippenhebenden Muskelkräfte von höher gelegenen Teilen der Säule, die rippenenkenden Kräfte von tiefer gelegenen Teilen der Säule und vom Becken ausgehen. Die Versteifung des Halses durch die beugenden und streckenden Muskel ist jedem Menschen geläufig und auch auf den Bildern der Abb. 250 und 253 zu sehen. Es ist bekannt, wie beim Singen gerade die Pressung des Kehlkopfes durch die Muskeln vermieden werden muß und schon die ersten Übungen darauf hinzielen, das

tiefe Atemholen ohne zu starke Inanspruchnahme der Halsmuskeln auszuführen. Auch bei jedem Hustenstoß (Ausatemungsbewegung) fühlen und sehen wir den Rückenstrecker in energische Verkürzung geraten. Ich erinnere ferner daran, wie bei einer rheumatischen Schmerzhaftigkeit des Muskels oder bei einer Zerrung desselben jeder Husten Schmerzen auslöst und jeder tiefe Atemzug vermieden wird.

Die Tätigkeit des Rückenstreckers bei der Einatmung und bei der Ausatmung ist auch an dem auf Abb. 261 A

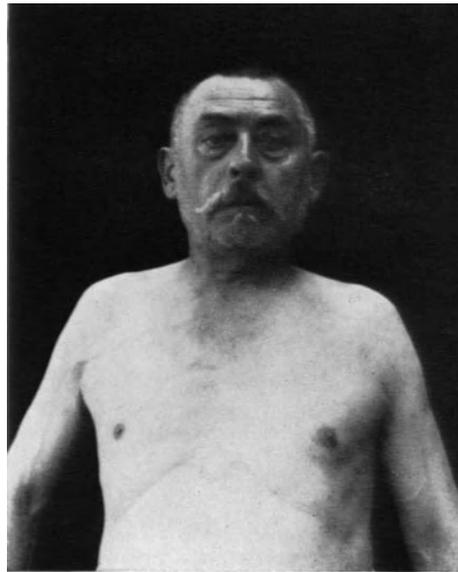


Abb. 263.

Aus der Betrachtung der Abb. 261 können wir aber auch zu der Annahme kommen, daß die Streckbewegung vielleicht auch mit der Feststellung des Schultergürtels am Rumpf etwas zu tun hat, damit die rippenhebenden Muskeln, der kleine Brustmuskel und der unterste Teil des großen Brustmuskels, dieser Arbeit nachzukommen vermögen. Jedenfalls sehen wir auf der Abbildung deutlich den großen Unterschied in der Modellierung des Rückens bei tiefster Ein- und Ausatmung durch die Tätigkeit der Rumpfgürtel- und Rumpfarmmuskeln zustande gebracht. Es bleibt uns folglich nichts anderes übrig, als mit der Tatsache der regelmäßigen Anteilnahme einer Wirbelsäulenbewegung bei tiefster Atemführung zu rechnen, ohne eine Erklärung dafür geben zu können.

Auffallend ist auch die Beobachtung, daß die gestreckte Haltung bei Unterrippenatmung nicht eingenommen wird, sondern bloß bei Vollatmung und starker Oberrippenatmung. Es scheint darnach die Streckung der Wirbelsäule vor allem der Bewegung der oberen Rippen zugute zu kommen. Das wird, wie schon erwähnt, damit zusammenhängen, daß die oberen Rippen ihre Drehungsachsen mehr quer gestellt haben und daher ihre Bewegung mehr parallel der Körpermittelebene erfolgt, in welcher auch die Wirbelsäule sich bewegt.

Eine übermäßige Streckung der Wirbelsäule wird durch die zu starke Spannung der gedehnten Bauchmuskeln, welche die unteren Rippen festhalten und eine übermäßige Beugung wird durch das Andrängen der unteren Rippen gegen die Eingeweide eine volle Hebung und Senkung der Rippen verhindern.

Enger muß die seitliche Neigung der Wirbelsäule mit einer Zusammenschiebung der Rippen unter Verengung der Zwischenrippenräume verknüpft sein. Die Rippen, namentlich die oberen, können dieser Mitbewegung in ihren Gelenken nicht ausweichen. Die eine Brustkorbhälfte wird zusammengeschoben und kleiner, die andere ausgeweitet und größer, Abb. 262, 196 u. 198. Die Hebung und Senkung der Rippen und die Zwerchfellbewegung bleiben aber ausführbar, doch ist bei starker Neigung der Erfolg tiefster Atmung gegenüber der aufrechten Haltung herabgesetzt.

Hier mag auch darauf hingewiesen sein, daß die Bezeichnung „weiter“ und enger Brustkorb zunächst keinen Schluß auf die Atmungsprozesse erlaubt, sondern bloß größere oder kleinere Maße und verschiedene Form und Stellung der Rippen zum Ausdruck bringt.

und B, abgebildeten Modell deutlich sichtbar. Es wäre also möglich, daß die Streckbewegung der Wirbelsäule am Ende tiefster Einatmung nur aus einer solchen versteifenden Tätigkeit der Rückenmuskeln hervorgeht. Doch kann diese Annahme nicht als genügende Erklärung für die beobachtete Erscheinung dienen, weil das Problem vor allem dadurch so verwickelt erscheint, daß auch ein Einfluß der Wirbelsäulenhaltung auf die rippenbewegenden Muskeln sowie auf die Tätigkeit des Zwerchfells denkbar erscheint.

Der Atmungswert des Brustkorbes hängt aber bloß von der Größe des jedesmaligen Luftwechsels ab. Ein enger Brustkorb mit guter Atemtechnik kann mehr leisten als ein weiter mit schlechter.

Betrachtet man die Abb. 263, so glaubt man den Brustkorb des aufgenommenen Mannes in kräftiger Einatmungsstellung vor sich zu haben. In der Tat befindet sich derselbe aber in ruhiger Atmungsmittelstellung entsprechend den Abbildungen 253, 1 und 250 dritte Figur.

Dieser Mann vermag folglich seine Rippen nicht mehr normal tief zu senken und die Ausgangsstellung für die stärkste Hebung der Rippen (Einatmung) ist viel ungünstiger als in den beiden anderen Fällen, denn er kann mit seinen Rippen überhaupt nicht mehr in die normale tiefste Ausatmungsstellung herunter. Die Ursache liegt hier in einer Veränderung der Elastizität des Lungengewebes, welche die Lunge nicht mehr zur normalen kleinsten Größe zusammenfallen läßt und wohl auch in einer gleichzeitigen Veränderung der Elastizität der Rippenknorpel. Man nennt diese Krankheit Lungenblähung oder Emphysem.

Es leuchtet aber ein, daß ein an dieser Krankheit leidender Mensch trotz seines vollen und breiten Brustkorbes schlechter daran ist, als ein anderer mit einem viel schwächeren Thorax. Ein solcher schon in der Ruhelage aufgeblähter Brustkorb, der bei Betrachtung den Eindruck macht, als ob sich das Modell nicht völlig auszutmen traue, gibt auch nicht mehr den Eindruck großer Kraft und Ausdauer.

Wir haben jetzt nach der eingeschobenen Darstellung des Brustkorbes und seiner Bewegung die Beschreibung der Konstruktion der Wirbelsäule fortzusetzen, die wir auf Seite 119 abgebrochen hatten.

Die Wirbelsäule führt ihre geschilderten Bewegungen auf dem Becken aus und jede Bewegung muß eine Rückwirkung auf die Verbindung der Säule mit ihrem Sockelstück, dem Becken, haben.

Es ist also nötig, die Befestigungsweise der Wirbelsäule oder die Einpflanzung der Wirbelsäule im Becken zu schildern.

Bei dieser Betrachtung wollen wir das Kreuzbein zur Wirbelsäule rechnen und haben dann zwischen einem oberen längeren Stück, der freien Säule und einem unteren kürzeren im Becken eingepflanzten Stück, dem Kreuzbein zu unterscheiden.

Beide Teile stoßen unter einem ausgeprägten Winkel zusammen, der durch die keilartige Form des Körpers des letzten Lendenwirbels und des obersten Kreuzbeinwirbels (vor seiner Verwachsung), ferner durch die gleiche Keilform der letzten Zwischenwirbelscheibe zu Stand kommt und der *Vorberg* (Promontorium) genannt wird, Abb. 203 (Seite 117).

Die drei genannten Stücke besitzen alle gleichsinnig gerichtete Keilform, das Längenmaß ihrer Vorderseite übertrifft stark dasjenige der Hinterseite. Der vorspringendste Punkt liegt in der Mitte des unteren Randes der letzten Zwischenwirbelscheibe.

Der vorletzte und besonders der letzte Lendenwirbel sind mit dem Darmbein durch kräftige Bänder verbunden. Auf Seite 63 ist ferner schon die Verbindung des Kreuzbeines mit dem Becken besprochen worden, und auf der gleichen Seite finden wir die Angabe, daß das Kreuzbein und Steißbein durch zwei starke Bänder links und rechts an das Sitzbein angehängt sind. Der technische Sinn dieser Einrichtung ist uns aber noch unklar geblieben.

Die Wirbelsäule ist im Becken ähnlich befestigt, wie der Mast in einem kleinen Segelboot, Abb. 264.

Das unterste Ende desselben ist im Schiffsboden fest eingelassen und in einiger Entfernung darüber läuft der Mast durch die Ducht (quer verlaufende Bank), so daß er also an zwei Stellen befestigt ist. Die Beanspruchung durch den Druck der Segel liegt an seinem oberen Ende. Wird der Mast durch den Segeldruck abgebogen, so bietet er nur bei einer ganz bestimmten Form den größten Widerstand gegen Bruch, bei geringstem Materialaufwand und Gewicht. Er muß in der Höhe der Ducht am stärksten sein und von hier aus sich gegen die beiden Enden allmählich verjüngen. Dasselbe können wir für die Wirbel-



Abb. 264.



Abb. 265.

säule gelten lassen. Sie ist an ihrer stärksten Stelle straff gelenkig mit den beiden Hüftbeinen verbunden und verjüngt sich nach oben und unten. Das untere zugespitzte Ende des Kreuzbeines ist durch Bänder mit den Sitzbeinhöckern und den Sitzbeinstacheln verspannt. Wir müssen also annehmen, daß in diesem Falle das unterste Ende des Mastes durch Seile am Schiffsboden festgehalten wird, was technisch das Gleiche bedeutet, Abb. 264 u. 266. Den gleichen statischen Bedingungen entsprechen wie wir sehen, auch gleiche Formen der Säulen. Beim Vierfüßler fehlt diese statische Bedingung und damit auch diese Form. Hier ist die Wirbelsäule von gleicher Querschnittsgröße und verjüngt sich nicht gegen ihre beiden Enden.

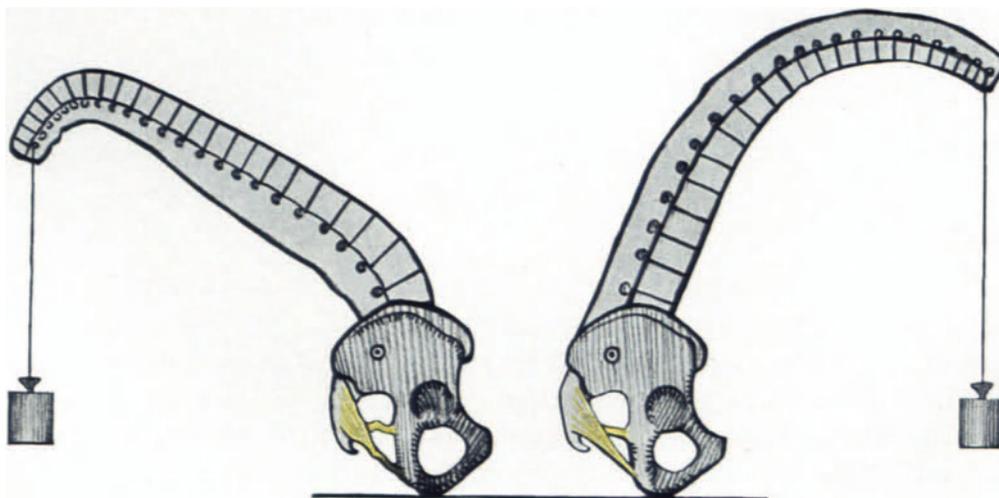


Abb. 266.

Betrachten wir nochmals die Abb. 264, so verstehen wir, daß jede Bewegung des freien Mastendes eine entgegengesetzte des fixierten Endes hervorzubringen versucht. Das Gleiche gilt von der Wirbelsäule, Abb. 266. Biegen wir die Wirbelsäule nach vorne ab, so sucht die Kreuzbeinspitze nach hinten zu gehen, biegen wir sie nach rechts, so strebt die letztere nach links usw.

Alle diese Bewegungen müssen verhindert oder auf ein geringes unschädliches Maß vermindert werden, weil sie eine Sprengung der straffen, gelenkigen Verbindung zwischen dem Kreuzbein und den Hüftbeinen anstreben.

Zu diesem Zwecke ist nicht nur das untere Ende des Mastes festgemacht, sondern auch sein oberes Ende durch Seile (Wanten) mit der Bordwand verspannt. Außerdem muß aber die Ducht selbst fest genug sein um den Druck des Mastes ohne Bruch auszuhalten zu können. Die Verbindung des Mastes in der Ducht ist eine feste Umklammerung. Ähnlich ist die technische Lösung der Aufgabe bei der Wirbelsäule. Auch hier wird das obere Kreuzbeinende unter Ausbildung der beiden Gelenke vom Becken (Knochen und Bänder)

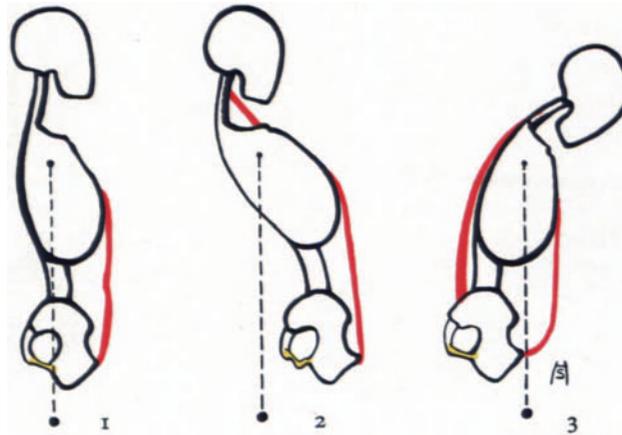


Abb. 267.

Wirbelsäule ein Ausweichen der Kreuzbeinspitze nach hinten verhindert wird, Abb. 267. Für die Rückbeugung der Säule sind Bänder zur Feststellung der Kreuzbeinspitze nicht vorhanden. Dieselbe muß also eine Erschlaffung der Bänder bewirken, Abb. 267, 2, doch tritt hier ein zweiter Mechanismus helfend ein. Legen wir uns im Rumpf hinten über, was einer Abbiegung des Mastes nach vorne gegen das Vorschiff gleichkommt, so werden die Bauchmuskeln gespannt und versuchen die Rippen zu senken, Abb. 265.

Werden die Rippen festgestellt, so wirken sie nun in dem gewünschten Sinne hemmend auf die Bewegung des Mastes und verhindern die Vorbewegung des Kreuzbeines.

Vergleichen wir nach der Abb. 264 und 265 die vom Mast (Wirbelsäule) nach vorne gespannten Seile (1) mit den Rückenmuskeln die vom Mast ausgelegt und durch das Segel verbundenen Rundhölzer mit den Rippen, das obere Verspannungsseil mit den die Rippen hebenden (Treppen) Muskeln (2), das untere Seil mit den die Rippen senkenden (Bauch) Muskeln (3) das Boot als das Becken, so wird uns durch diese Festmachung des Mastes im Boot auch jene der Wirbelsäule im Becken verständlicher.

Die Abb. 267, 1, 2, 3, bringt schematisch den eben geschilderten Mechanismus der Befestigung der Wirbelsäule im Becken zur Darstellung.

Auf der ersten Abbildung (1) geht das Schwerlot durch das Kreuzdarmbeingelenk und damit ist das Rumpfstück im Gleichgewicht und bedarf keiner Verspannung. Fällt das Lot hinter das Gelenk (2), so tritt die vordere Muskelverspannung in Tätigkeit, fällt das Lot vor das Gelenk, so funktioniert die Sicherung durch die Kreuzbeinsitzbeinbänder. Wir müssen aber daran denken, daß die Beugung und Streckung der Wirbelsäule außer durch die Schwere der Massen durch Muskeln erfolgen kann und zwar

umklammert und festgehalten und leistet einer Sprengung bestimmt bemessenen Widerstand, oft unter Mitinanspruchnahme der Schamfuge. Außerdem finden wir das Kreuzbein nach vorne und seitlich durch das Kreuzbeinhöckerband und durch das Kreuzbeinstachelband am Becken befestigt, so daß durch eine Vorbeugung der

durch die Bauchmuskeln und durch die Rückenmuskeln. Arbeiten die Bauchmuskeln, so wird die Kreuzdarmbeinverbindung durch die Spannung der beiden Kreuzsitzbeinbänder gesichert. Diese Sicherung kann noch durch Muskeln mit ihrer Spannung erhöht werden. Es kommen in Betracht: der vom Kreuzbein und vom Kreuzbeinknorrenband entspringende Teil des großen Gesäßmuskels, der vom Darmbein entspringende Teil des langen Rückenstreckers und der birnförmige Muskel. Treten die Rückenmuskeln in Tätigkeit, so ist eine solche Sicherung nur in geringerem Maße nötig, weil die Fleischmasse des Rückenstreckers nur zum kleineren Teil vom Darmbein entspringt und dieser Teil allein seine Wirkung auf das Gelenk äußert. Doch kann das Gelenk für diese Bewegung durch die Spannung der vorderen Bauchmuskeln und des Darmbeinlendenmuskels hemmend beeinflusst werden.

In ähnlicher Weise wird eine seitliche Verbiegung der Wirbelsäule durch die Spannung der seitlichen Bauchmuskeln und Rückenmuskeln auf der gedehnten Rumpffseite und durch die Spannung der Gelenkbänder und der Kreuzbeinbänder (namentlich des mehr quer verlaufenden Kreuzbeinstachelbandes) in ihren schädlichen Folgen für die Kreuzdarmbeinverbindung aufgehoben. Als dritte darauf senkrechte Bewegung des Kreuzbeines kommt noch seine Drehung um eine durch das Gelenk laufende Längsachse in Betracht, die unter Umständen als eine auf das Kreuzbein fortgepflanzte Drehung der Wirbelsäule angesehen werden kann. Bei dieser Drehung wird neben der Bandverbindung des Kreuzdarmbeingelenkes vor allem auch die Schamfuge auf Zug oder Druck beansprucht.

Außer diesen Drehungen des Kreuzbeines in seinen Verbindungen mit dem Darmbein um eine quere Beugungsachse, eine von vorn nach hinten gerichtete Neigungsachse und um eine der Länge nach verlaufende Drehungsachse gibt es noch eine Abscherbewegung zwischen Kreuz- und Darmbein, die beim aufrechten Stand sich in dem Bestreben des Kreuzbeines äußert, der Hüftbeingelenkfläche entlang ins kleine Becken abzugleiten.

Es ist sehr auffallend, daß diese Beanspruchung der Gelenkverbindung allein durch ihre Bandmaßen und bei bestimmter Belastungsrichtung mit Hilfe der Schamfuge ins Gleichgewicht gebracht wird. Das Kreuzbein hängt dabei an dem starken rückwärtigen Bandapparat und stützt sich andererseits klemmend auf die Gelenkflächen des Darmbeines.

Für den abwärts gerichteten Anteil der Bewegung des Kreuzbeins gegenüber dem Hüftbein gibt es keine gegnerischen Muskel, denn sie müßten ja vom Darmbein ausgehen und am Kreuzbein tiefer unten sich ansetzen, um das letztere gegen das durch die Beine gehaltene Darmbein aufwärts ziehen zu können.

Ist nun die Wirbelsäule auf dem Becken festgemacht, so muß jede Bewegung des Beckens eine gleichsinnige Verstellung der Wirbelsäule und des Rumpfes mit sich bringen. Die Eigenbewegung der Wirbelsäule durch ihre Muskulatur kann die vom Becken überkommene Bewegung im gleichen Sinne verstärken oder im entgegengesetzten Sinne fortführen und die erstere wieder zum Teil tilgen. Zur Erklärung des Gesagten wird die Abb. 141 B dienen. Sie zeigt, wie eine seitliche Neigung des Beckens durch eine entgegengesetzte Neigung der Wirbelsäule zum Teil aufgehoben wird, so daß ein oberer Abschnitt der Säule in seiner früheren Einstellung verharrt. Je größer die Bewegung des Beckens ist, um so weiter nach oben werden ihre Folgen an der Wirbelsäule ablesbar sein, weil immer mehr Glieder derselben mit ihrer Bewegungsgröße zusammenarbeiten müssen, um die Beckenbewegung in ihren Folgen für die Schwerpunktsverlegung des Oberkörpers aufzuheben. Dadurch sind wir imstande, den Schwerpunkt der oberen Rumpfhälfte oder den Kopf bei wechselnder Beckenhaltung in gewissen Grenzen über der Unterstützungsfläche einzustellen und das Gleichgewicht zu sichern.

Wir vermögen also auch auf schwankendem Becken unsere vielgliedrige Wirbelsäule auszubalancieren, etwa so, wie wir uns selbst auf dem schwankenden Deck eines Schiffes im Gleichgewicht zu erhalten vermögen.

Wer einmal istriatische Bäuerinnen auf ihren kleinen Eseln im Seitensitz, strickend und auf dem Kopf den großen beladenen Marktkorb balancierend zur Stadt reiten sah, der hat beobachten können, wie die von dem Leib des Tieres übernommenen schwankenden Bewegungen des Beckens durch die Wirbelsäule abgefangen werden, um das Gleichgewicht des belasteten Kopfes nicht zu stören. Es bleibt von ihnen nur ein regelmäßiges Auf- und Niedergehen des Kopfes übrig.

Aus dieser Betrachtung gewinnen wir die Vorstellung, daß die aufrechte Haltung des Körpers je nach der Einstellung des Beckens sehr verschieden ausfallen muß und daß bei aufrechter Haltung die Lage des Beckens die Form der Wirbelsäule beeinflusst.

Weil aber in aufrechter, symmetrischer Haltung die verschiedene Stellung des Beckens auf den beiden stützenden Säulen, die *Beckenneigung*, von der wechselnden Einstellung der Hüftgelenke abhängt, so kann man die beschriebene Abhängigkeit der Wirbelsäule von der Beckenneigung auch so ausdrücken, daß bei aufrechter Haltung des Körpers eine Bewegung im Hüftgelenk (ausgenommen die Drehung) auch eine Bewegung in der Wirbelsäule auslöst.

Zur Bestimmung, wie groß die Spielweite des Beckens in den Hüftgelenken in aufrechter Haltung für die Beugung und Streckung ist, dienen die Abb. 268 und 269 A, B und C. Sie zeigen eine männliche und zwei weibliche Figuren in ruhiger, aufrechter Haltung mit dementsprechend normaler Beckenneigung (A), ferner je eine Figur mit kleinster (B) und eine mit größter Beckenneigung (C). Die Differenz beträgt beim Manne etwa 32° , beim Weibe etwa 35° .

Der Beckenneigungswinkel ist auf Abb. 268 gegen die eingetragene weiße, horizontale Querlinie gleichfalls abzulesen.

Dieses Maß hat auf den Lebenden angewendet aber gar keinen Verwendungswert. Denn dieser Winkel wird ja z. B. auch durch jede Vor- und Rückneigung der gestreckten Beine ohne eine Bewegung des Beckens im Hüftgelenk vergrößert oder verkleinert. Die normale Beckenneigung bringt aber zum Ausdruck, welche Einstellung des Beckens zum Oberschenkel man in ruhiger, aufrechter Haltung mit gestreckten Beinen wählt, und sie zeigt ferner durch die beiden Maße der stärksten und schwächsten Neigung an, wie weit die Streckung und Beugung im Hüftgelenk unter Beibehaltung der aufrechten Haltung ausführbar ist. Dabei wollen wir als Merkmal der aufrechten Haltung die Einstellung des Kopfes über den Füßen gelten lassen, gemessen an einem vertikalen Lot, das vom Ohr nach abwärts fällt und vor der Sprunggelenksquerachse vorbeizieht, Abb. 59. Ist die Beckenneigung aber ein Maß für eine Bewegung im Hüftgelenk, dann kann dasselbe nur sinngemäß auf die Stellung der beiden im Gelenk verknüpften Knochen bezogen werden. Es muß folglich die am Becken angesetzte Maßlinie zur Schaftlinie oder noch besser zur Traglinie des Oberschenkels in Beziehung gebracht werden, wie das Abb. 269 erklärt. Sie zeigt einen weiblichen Körper in ruhiger aufrechter Haltung mit dementsprechender normaler Beckenneigung. Der Winkel, den die Stachellinie mit der Traglinie des Oberschenkels bildet, beträgt etwa 98° . Die zweite Figur derselben Abbildung zeigt die Haltung bei kleinster Beckenneigung mit einem Winkel von 95° ; die dritte Figur die Haltung bei stärkster Beckenneigung mit einem Winkel von 123° . Diese Maße betragen für die weibliche Figur der Abb. 268 normal = 105° , kleinste Beckenneigung = 95° , größte Beckenneigung 125° und für die männliche Figur 100° , 93° und 122° . Der Winkelunterschied zwischen kleinster und größter Beckenneigung ist für die beiden weiblichen Körper 28 und 30° , beim Manne 29° . Das Becken kann also unter Beibehaltung der aufrechten Haltung mit diesem Ausschlag bewegt werden und es verteilt sich dieses Maß auf die Vorneigung (Beugung im Hüftgelenk) mit 25° , 20° und 22° gegenüber der Rückneigung (Streckung im Hüftgelenk) mit 3° , 10° und 7° .

Lesen wir diese Maße nochmals durch und vergleichen wir die gegebenen Abbildungen, so wird daraus klar, daß in ruhiger aufrechter Normalhaltung das Becken eine verschiedene Neigung zeigt. In der

Regel hat dasselbe im weiblichen Körper eine etwas steilere Einstellung (stärkere Vorneigung) als im männlichen Körper, etwa um 4° . Man vergleiche die beiden Figuren A der Abb. 268.

Von dieser Normalhaltung aus steht das Maß der stärksten Beckenneigung in bestimmter Beziehung zur stärksten Streckfähigkeit der Lendenwirbelsäule und hat für uns besonderes Interesse. Bei den beiden Modellen der Abb. 268 C war die Beckenneigung und damit das korrigierende Streckvermögen der Lendenwirbelsäule annähernd gleichgroß.

Jede vorübergehende oder dauernde *stärkere* Beckenneigung muß auch eine stärkere Lendenkrümmung ausbilden, wenn die aufrechte Haltung beibehalten werden soll.

Die beim Weibe vielfach beobachtete stärkere Lendenkrümmung des Körpers in der ruhigen Haltung (das hohle Kreuz), hängt mit einer stärkeren Beckenneigung zusammen und es bildet sich unter dieser Bedingung vielfach auch die größere Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule des weiblichen Körpers aus, die in den Jahren des starken Wachstums häufig zu einer allzustarken Durchbiegung führt, die man durch orthopädische Schulung zu korrigieren versucht, indem man die Kinder an das Einhalten einer geringeren Beckenneigung allmählich erzieht und gewöhnt. Der Erfolg solcher Schulung macht sich in besonders ausgesprochener Form in der Haltung des Modells auf Abb. 269 B bemerkbar und drückt sich in der geringen Beckenneigung mit einem Winkel von 98° aus, der noch kleiner als jener des männlichen Modells ist. Vor der gymnastischen Schulung hatte dieser Körper sogar ein auffallend hohles Kreuz mit besonders starker Beckenneigung.

Eine stärkere und geringere Beckenneigung mit entsprechender Lendenkrümmung tritt auch als Rassenmerkmal hervor. So zeigen die Neger eine ausgesprochen starke Beckenneigung mit allen Folgen für die aufrechte Haltung.

Aber auch bei kleinen Kindern ist oft schon eine verschiedene Haltung mit schwacher oder starker Beckenneigung und entsprechender Krümmung der Lendenwirbelsäule zu beobachten, Abb. 271.

Die stärkste erreichbare Beckenneigung in aufrechter Haltung muß, wie wir sehen, durch eine Massenverschiebung des Rumpfes nach rückwärts ausgeglichen werden. Verstärkung der Lendenkrümmung, Abschwächung der Brustkrümmung und Verstärkung der Halskrümmung folgen sich deshalb aufeinander.

Die Lösung der Aufgabe, mit maximal geneigtem Becken aufrecht zu stehen, ist folglich immer eindeutig. Nicht so bei der aufrechten Haltung mit der geringsten erreichbaren Beckenneigung. Hier hat die Wirbelsäule noch Bewegungsfreiheit, so daß sie sehr verschiedene Haltungsformen einnehmen kann. Abb. 268, Fig. B und Abb. 269, Fig. B.

Das Hüftgelenk ist eben, wie wir wissen, in aufrechter Haltung für die Streckung fast abgelaufen, für die Beugung aber in reichem Maße offen. Deshalb können wir das Becken sehr weit nach vorn neigen und es hängt nur von der Beweglichkeit der Wirbelsäule ab, welche Beckenneigung wir noch zu korrigieren vermögen, um aufrecht stehen zu bleiben. Dieses Maß wird folglich individuell wechseln, aber für den Einzelnen bestimmt sein.

Die Rückneigung des Beckens oder die Streckung des Hüftgelenks findet aber sehr bald durch Muskeln oder Bänderspannung (Darmbeinschenkelband) ihr Ende. Wir wären aber imstande, eine viel stärkere Streckung des Beckens noch durch die Vorbeugung der Wirbelsäule wettzumachen, und erst dann wäre auch hier die Lösung der Aufgabe eindeutig.

So ist die kleinste mögliche Beckenneigung im aufrechten Stand noch nicht die kleinste, welche die Wirbelsäule korrigieren kann. Die Wirbelsäule kommt nicht an die Grenze ihrer Beweglichkeit, sondern behält nach allen Richtungen Bewegungsfreiheit übrig.

Die schematischen, linearen Figuren der Abb. 270 auf der vorhergehenden Seite werden mithelfen, den besprochenen Zusammenhang zwischen Beckenneigung und Wirbelsäulenform verständlich zu machen.

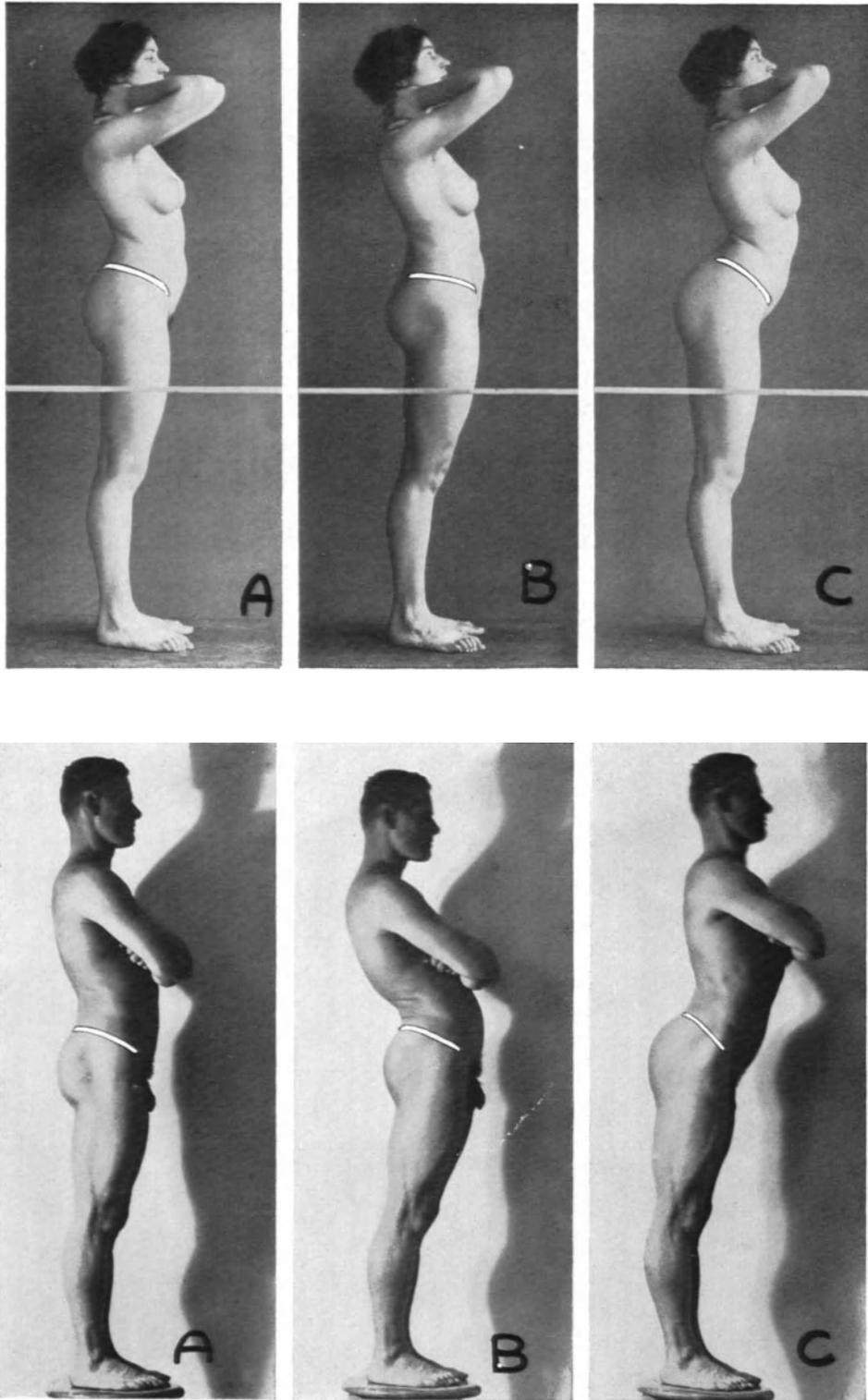


Abb. 268.

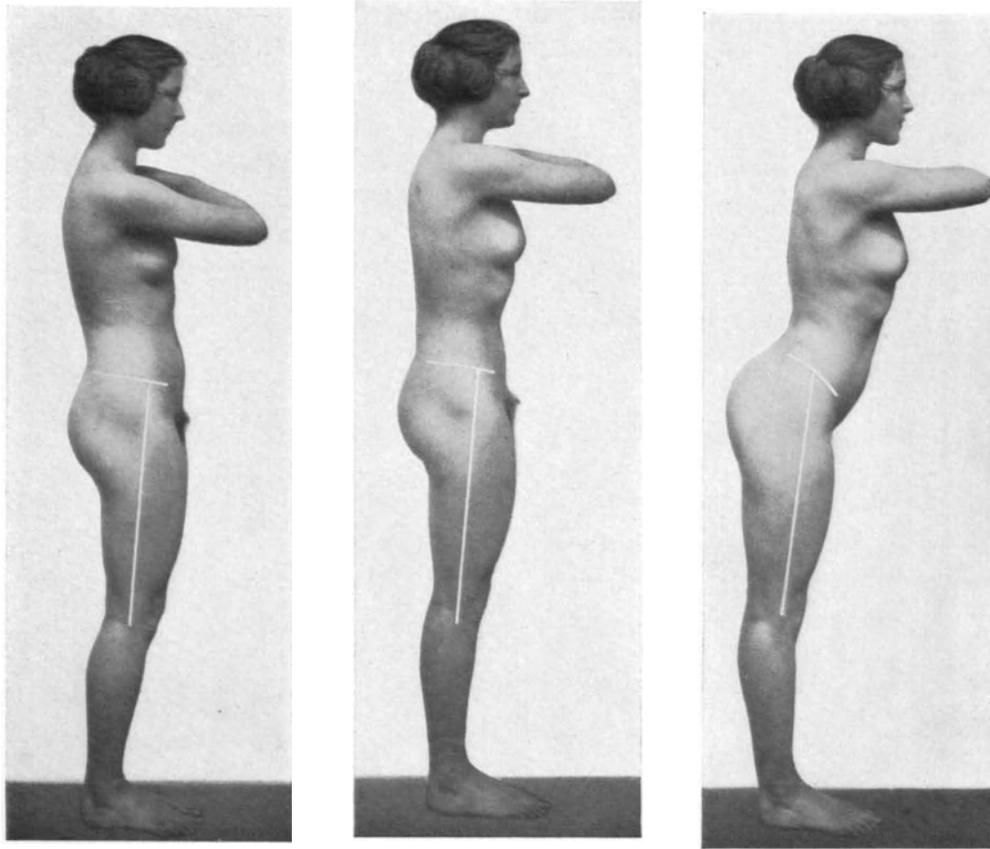


Abb. 269.

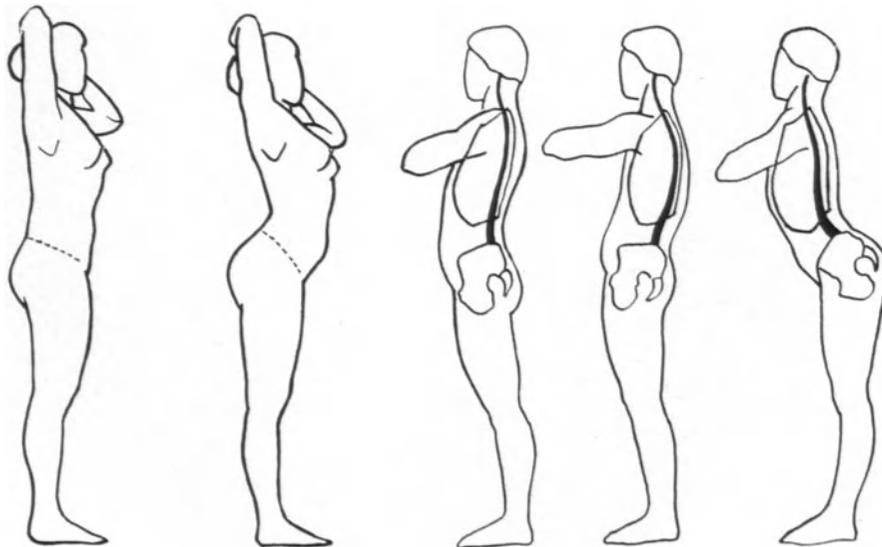


Abb. 270.

Es ist übrigens recht schwer zu erlernen, in aufrechter Haltung die Beugemuskel des Hüftgelenks soweit erschlaffen zu lassen, daß wirklich das Darmbein-Oberschenkelband, Abb. 136A gespannt und das Gelenk voll ausgenützt wird. Alle drei Modelle haben in dieser Hinsicht noch nicht den möglichen Enderfolg erreicht.

Auffallend ist die Übereinstimmung der Winkelgröße zwischen kleinster und größter Beckenneigung, die bei allen drei Modellen etwas über 30° beträgt. Sollte bloß die Streckfähigkeit der Lendenwirbelsäule als grenzbestimmend für die Vorneigung in Frage kommen, dann müßte man für alle drei Modelle aus Zufall die gleiche Streckfähigkeit der Lendenwirbelsäule annehmen. Es scheint aber auch die Begrenzung der Vorneigung des Beckens durch die Anspannung der doppelgelenkigen Beugemuskeln des Kniegelenkes zu erfolgen, so daß man vielleicht einen gewissen Zusammenhang dieser beiden Bedingungen annehmen darf.



Abb. 271.

Schultergürtel und Schultergelenk.

Die Wirbelsäule hat außer der Last des Rumpfes und des Kopfes auch noch das Gewicht der oberen Gliedmaßen zu tragen. Diese bestehen aus einem vom Rumpfe abstehenden Teil, der freien Extremität und aus einem Knochenpaar, dem *Schultergürtel*, welcher mit der Rumpfwand beweglich verbunden ist.

Der Schultergürtel wird durch zwei Knochen, das *Schulterblatt* und das *Schlüsselbein* gebildet. Das *Schlüsselbein* (Clavicula) ist ein etwa 15—17 cm langer, dünner zylindrischer Röhrenknochen. Von oben

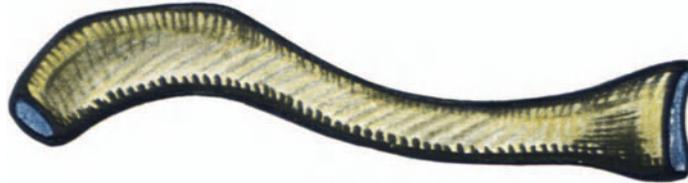


Abb. 272.



Abb. 273.

her gesehen, Abb. 272, ist er leicht S-förmig gekrümmt, von vorne gesehen, Abb. 273, aber gerade gestreckt. Selten ist er über seine Mitte mit den Enden nach abwärts ein wenig durchgebogen. Die S-förmige Krümmung kann sehr verschieden stark ausgebildet sein und kann auch ganz fehlen. Der Knochen ist

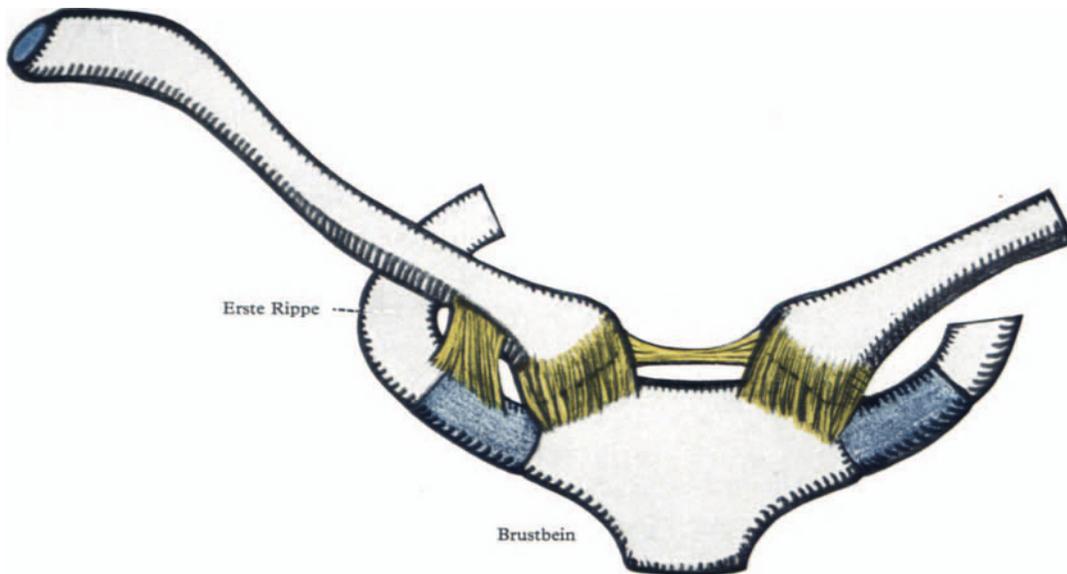


Abb. 274.

an seinem äußeren Ende von oben nach unten abgeplattet und verbreitert. Der abgerundete äußere Rand trägt nach vorne zu eine kleine flache überknorpelte Gelenkfläche zur Verbindung mit dem Schulterblatt. Das innere Ende ist zu einem knorpelüberzogenen rundlich walzenförmigen Knopf verdickt, den die entsprechende Pfanne am oberen äußeren Winkel des Brustbeines aufnimmt.

Dieses Gelenk wird durch eine sehr kräftige Kapsel zusammengehalten und die Verbindung beider Teile durch zwei Bänder, das *Zwischenschlüsselbeinband* (Ligamentum interclaviculare) und das *Rippen-schlüsselbeinband* (Ligamentum costoclaviculare) verstärkt, Abb. 274. Kapsel und Bänder sichern einmal die horizontale Ruhelage des Knochens durch ihre Spannung und legen andererseits die Grenzen der Bewegung des Schlüsselbeins im Gelenk fest.

Führen wir bei feststehendem Brustbein das äußere Ende des Schlüsselbeins unter voller Ausnützung des Gelenkes bis zur Rückkehr in die Ausgangslage herum, so umschreibt der Knochen einen Kegelmantel, dessen Spitze im Gelenk liegt, und dessen Basis als Teil einer Kugelschale meist keinen reinen Kreis, sondern eine Ellipse darstellt, Abb. 275, deren lange Achse am lebenden Modell häufiger von vorne nach hinten, seltener von unten nach oben verläuft.

Das Schlüsselbein kann also aus der Ruhelage ausgiebig nach vorne, nach hinten und nach oben, aber nur wenig nach abwärts bewegt werden, wenn auf der Abb. 275 die runde weiße Marke die Lage des äußeren Schlüsselbeinendes in der allseitiger Bewegungsmöglichkeit. Es ist ein Gelenk mit drei Geraden der Freiheit wie das Hüftgelenk. Bringen wir das Brustschlüsselbeingelenk, wie das Hüftgelenk, Seite 69, in den Mittelpunkt einer durchsichtigen, auf ihrer Oberfläche geteilten Kugel, deren Polachse (P—P) vertikal eingestellt ist, deren Null-Meridianebene stirngerade liegt und die Mittelpunkte beider Brustschlüsselbeingelenke schneidet Abb. 275, so können wir die Bewegung des Schlüsselbeins in ihren Maßen und in ihrem räumlichen Ablauf bestimmen.

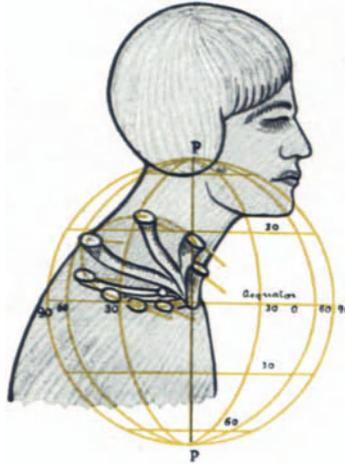


Abb. 275.

Das äußere Ende des Schlüsselbeins rückt nur wenig über die Null-Meridianebene nach vorne und über die Äquatorialebene nach abwärts heraus.

Kennen wir die Winkel, welche die Längsachse des Knochens mit der Nullmeridianebene und mit der Äquatorialebene bildet, ferner den Winkel, welchen der horizontale Querdurchmesser des abgeplatteten äußeren Schlüsselbeinendes (die gelbe Strichmarke) mit dem Meridian durch die Längsachse des Knochens in der Ruhelage bildet, so sind wir über die Lage des Schlüsselbeins dem Rumpf gegenüber unterrichtet.

In ruhiger aufrechter Haltung mit schlaff herabhängenden Armen liegt die Längsachse des Schlüsselbeins annähernd horizontal, also in der Äquatorialebene und in einer Meridianebene die um etwa 25° von der Nullmeridianebene nach hinten zu abweicht. Der Querdurchmesser steht gleichfalls nahezu horizontal. Das Maß der Bewegung ist: Für die Hebung und Senkung $30\text{--}36^{\circ}$. Die Wegstrecke des äußeren Endes des 16 cm langen Schlüsselbeins beträgt 8—10 cm. Für das Vorbringen und Zurücknehmen sind die Maße: $35\text{--}45^{\circ}$. Die Wegstrecke mißt 10—12 cm. Für das Drehen im Sinne des Uhrzeigers und in entgegengesetzter Richtung messen wir $30\text{--}35^{\circ}$. Diese Drehung um die Längsachse ist bei der in Abb. 275 abgebildeten Randbewegung eine zwangsläufige Mitbewegung und an der wechselnden Einstellung der von dem Schlüsselbein ausgehenden gelben Strichmarke erkennbar. Die Spannung der Kapsel und Bänder muß die Ursache dieser Erscheinung sein. Die Wirkung des Rippen-schlüsselbein-

Ruhestellung anzeigt. Jede äußerste Bewegung des Schlüsselbeins nach vorn und hinten hat ein gleichzeitiges Ansteigen desselben zur Folge.

Außer diesen Bewegungen läßt das Schlüsselbein auch noch solche um seine Längsachse zu, durch welche seine vordere Kante mehr nach unten oder nach oben gedreht wird.

Das Gelenk erlaubt folglich Bewegungen in drei aufeinander senkrecht stehenden Ebenen im Raume. Es entspricht einem Kugelgelenk mit

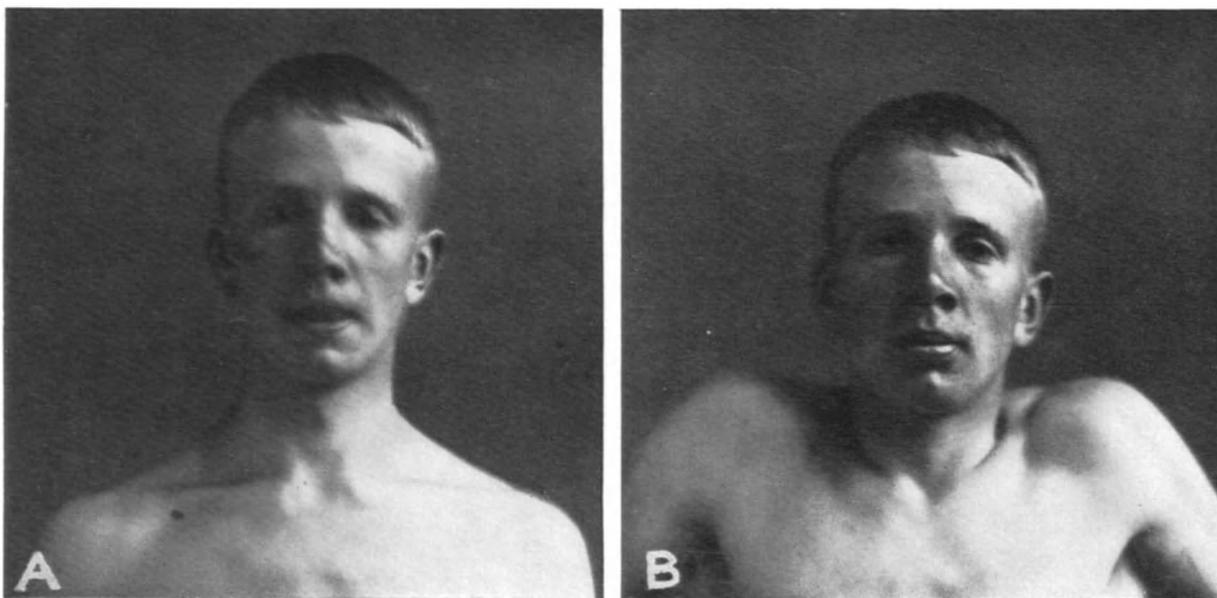


Abb. 276.

bandes ist insofern beachtenswert, als durch eine gewaltsame Hebung des Schlüsselbeines das gespannte Band die bewegliche erste Rippe eine Strecke weit mitnimmt und dadurch den Erfolg der Hebung vermehrt. Innerhalb der Randbewegung ist die Längsdrehung in wechselndem Ausmaß frei ausnützlich.

Die Bilder 276—278 ermöglichen eine Prüfung, wie weit die beschriebene Bewegungsfreiheit des Schlüsselbeines vom lebenden Modell ausgenutzt werden kann. Bei der Betrachtung von vorne Abb. 276 A und B kommt die Hebung und Senkung des Schlüsselbeines am besten zum Ausdruck und wir finden hier Maße, die nach einiger Übung und bei muskelgewandten Personen, jene des Präparates, also etwa 10 cm vertikalen Abstand erreichen und gelegentlich überholen. Steigt das Schlüsselbein schon in der Ruhelage nach außen an, so verringert sich das Maß um diese Größe.

Die Vor- und Rückführung des Schlüsselbeins ist in dieser Ansicht gleichfalls gut ablesbar, weil durch stärkstes Vorschieben der Schultern die Schlüsselbeine in die stirngerade Ebene rücken und damit die größte Schulterbreite bestimmen, die durch Zurücknahme der Schultern (Brust heraus) wesentlich verringert wird, Abb. 277 A und B.

Den vollen Umfang der Schlüsselbeinbewegung übersehen wir aber auch am Lebenden am besten bei seitlicher Betrachtung.

Die 6 photographischen Aufnahmen, Abb. 278 1—6 sind einzelne Stellungen des Schlüsselbeins, die aus einer fortlaufenden äußersten Randbewegung im Brustbein-Schlüsselbeinergelenk herausgegriffen sind. Die schwedische Gymnastik kennt diese Bewegung als Schulterkreisen. Die dazu gehörigen anatomischen Skizzen werden zum Verständnis und zur Beobachtung der Aktaufnahmen genügen.

Die Basis des Bewegungskegels stimmt auch am Lebenden der Form und Größe nach gut mit jener des Gelenkpräparates überein. Der Abstand zwischen äußerster Vor- und Rücklage des Schlüsselbeines beträgt in diesem Falle 10,5 cm. Die Hebung mißt 10 cm.

Auch die Drehung des Schlüsselbeines um seine Längsachse ist an mageren und nicht zu muskelstarken Personen leicht zu beobachten und kann bei flacher und kantiger Form des Schlüsselbeines manchmal sogar sehr auffallend werden.

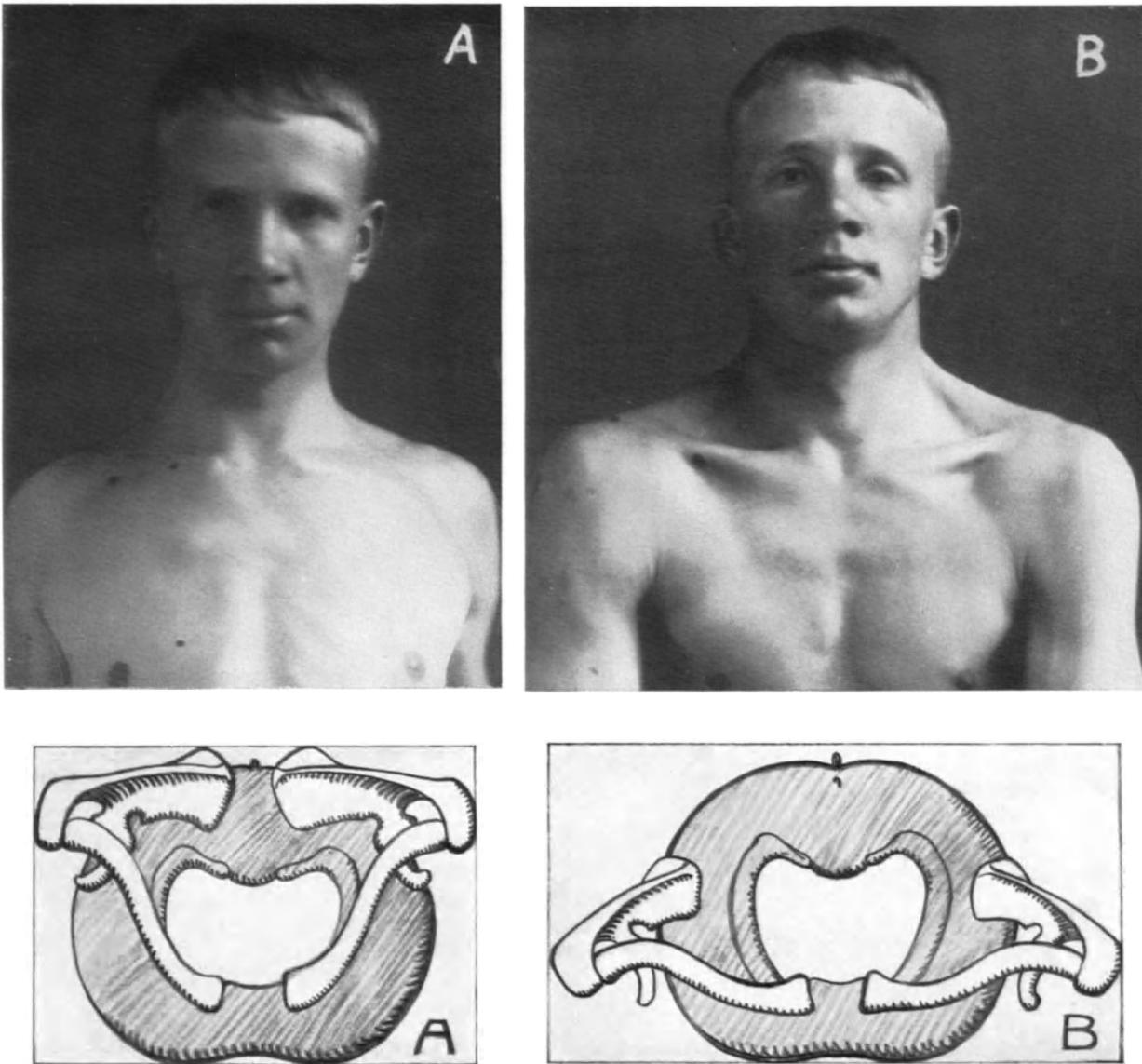


Abb. 277.

Der zweite Knochen des Schultergürtels ist das *Schulterblatt* (Scapula), Abb. 279A—C. Es ist ein platter, zum großen Teil sehr dünner Knochen von dreieckiger Form, an dem wir die drei Seiten als *Ränder* und zwar einen Innen-, Außen- und Oberrand unterscheiden. Doch spricht die Anatomie auch von dem Rand zur Wirbelsäule (*Margo vertebralis*) und von dem Rand zur Achselhöhle (*Margo axillaris*). Die drei Ecken der Knochenplatte werden als *oberer*, *unterer* und *äußerer Winkel* (*Angulus superior*, *inferior* und *lateralis*) beschrieben. Der obere und untere sind flächig verdickt zum Ansatz von Muskeln, ebenso sind die Ränder zum gleichen Zwecke aufgewulstet und umfassen wie ein Rahmen die umschlossene sehr dünne Knochenplatte, die ein wenig gehöhlt und mit ihrer Innenkante abgebogen, sich der äußeren Brustkorboberfläche anpaßt. Der äußere Winkel nimmt an Masse stärker zu und entwickelt einen auf dem Querschnitt ovalen kurzen Stiel, den *Hals* (*Collum*) der an seinem Ende den größeren ovalen Gelenkkörper trägt, der wieder auf seiner Außenseite leicht eingedrückt und überknorpelt ist. In diese seichte

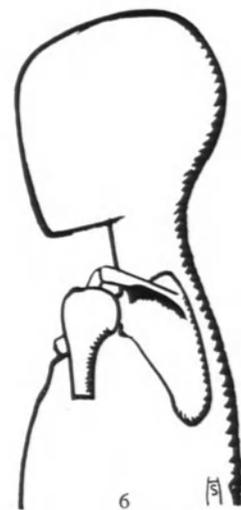
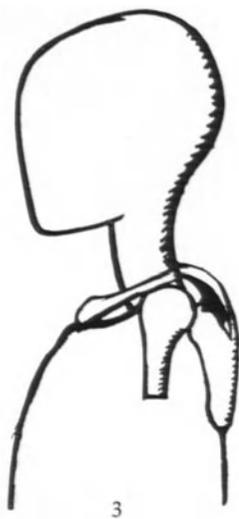


Abb. 278.

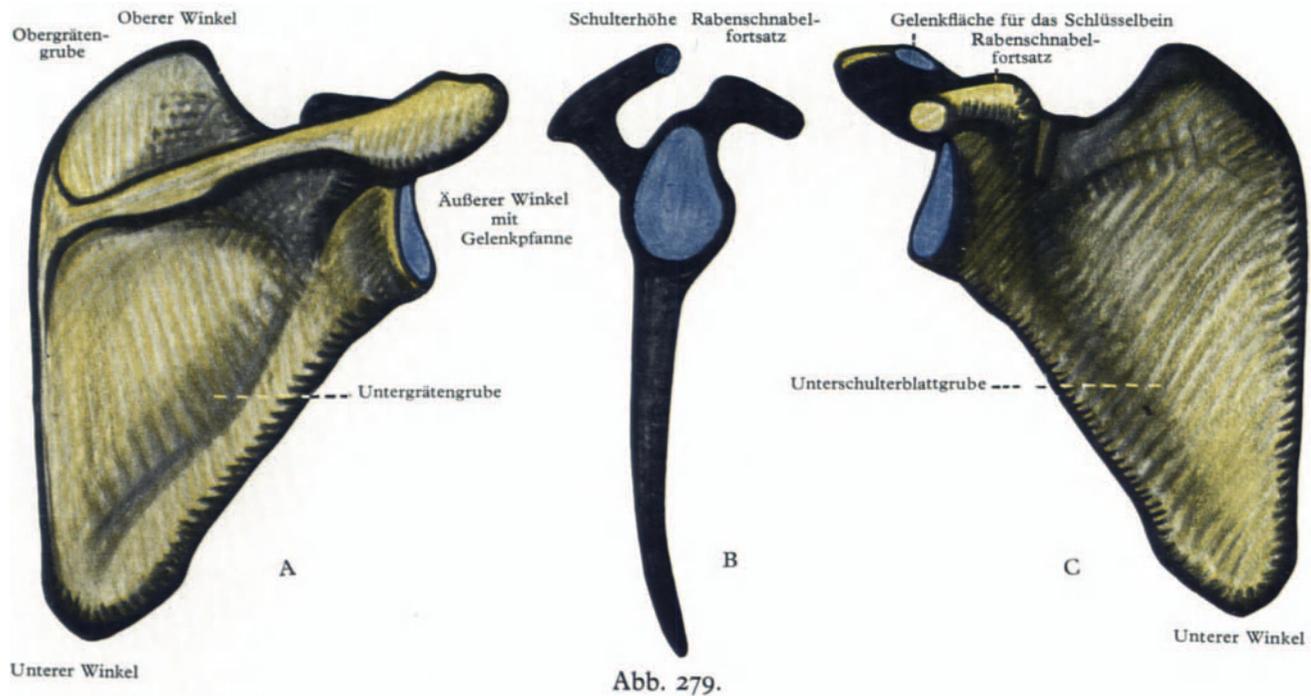


Abb. 279.

Pfanne legt sich der Oberarmkopf und die Vereinigung von Kopf und Pfanne wird zum Schultergelenk. Aus dem oberen Rand des Schulterblattes, gerade wo er in den Hals übergeht, greift ein hakenförmig gebogener, abgeplatteter Fortsatz, der *Rabenschnabelfortsatz* (Processus coracoideus) nach vorn heraus und nimmt zur Gelenkpfanne die in Abb. 279B und C sichtbare Stellung ein.

Die Rückfläche des Knochens Abb. 279A wird durch einen nach außen sanft ansteigenden *Knochengrat* (Spina scapulae) in ein oberes kleineres und unteres größeres Feld geteilt, die *Obergrätengrube* und die *Untergrätengrube* (Fossa supra- und infraspinata). Dieser Knochengrat geht zunächst ganz niedrig aus dem aufgewulsteten inneren Rand hervor. Er läuft nach außen und ein wenig nach oben und wird dabei immer höher. Ein Querschnitt, Abb. 282, läßt erkennen, daß es sich um eine dünne Knochenplatte handelt, die an ihrem freien Rande stark aufgewulstet ist, wie das Profil eines T-Trägers der Technik.

Der Knochengrat läuft auf das obere Ende der Gelenkpfanne los und geht am Gelenkhals in einen frei über die Gelenkpfanne ausladenden breiten, abgeplatteten Fortsatz über, die *Schulterhöhe* (Akromion). Diese biegt zuletzt ein wenig nach vorne ab und trägt an ihrer inneren Kante, kurz vor dem abgerundeten oder mehr scharfkantigen Ende eine kleine, flache knorpelüberzogene Delle zur Einlenkung der entsprechenden leicht gewölbten Gelenkfläche am äußeren Schlüsselbeinende, Abb. 279C. Akromion und Rabenschnabelfortsatz überragen folglich außen und innen das Schultergelenk, Abb. 279B. Durch ein kräftiges, breites Band (Ligamentum coraco acromiale), das beide Fortsätze verbindet, entsteht ein das Gelenk schützendes Dach, Abb. 280.



Abb. 280.

Das Gelenk zwischen Schlüsselbein und Schulterblatt wird zunächst durch eine zugfeste faserige Gelenkkapsel gesichert, Abb. 281 A. Das Schulterblatt ist aber außerdem noch durch ein sehr starkes Band (B), das in einiger Entfernung vom Gelenk von der Basis des Rabenschnabelfortsatzes ausgeht, an das Schlüsselbein angehängt. Dieses Band (Ligamentum coraco

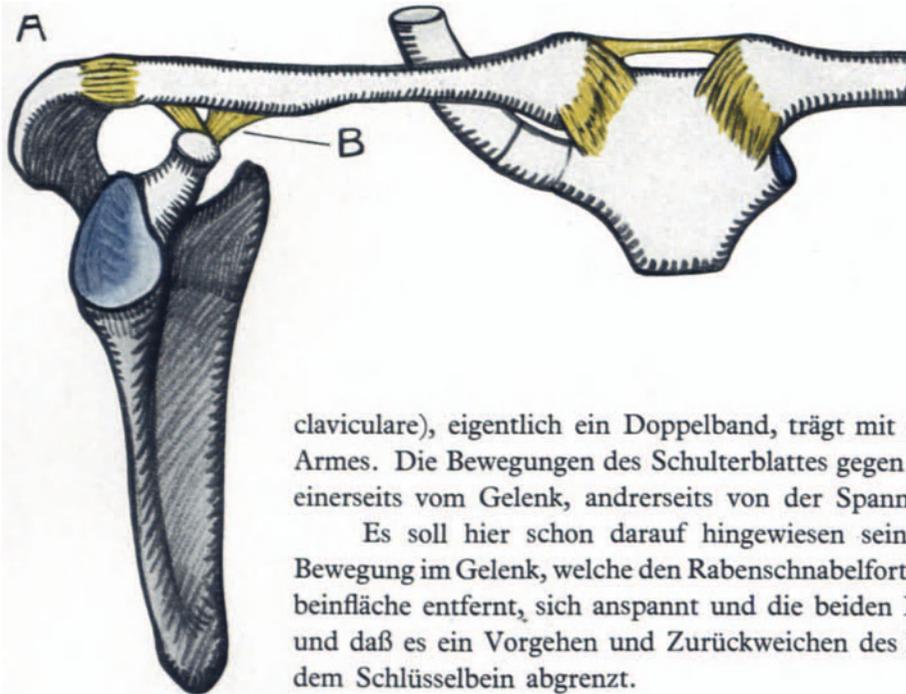


Abb. 281.

claviculare), eigentlich ein Doppelband, trägt mit die Last des ruhig hängenden Armes. Die Bewegungen des Schulterblattes gegen das Schlüsselbein werden also einerseits vom Gelenk, andererseits von der Spannung dieses Bandes bestimmt.

Es soll hier schon darauf hingewiesen sein, daß dieses Band mit einer Bewegung im Gelenk, welche den Rabenschnabelfortsatz von der unteren Schlüsselbeinfläche entfernt, sich anspannt und die beiden Knochen miteinander versteift und daß es ein Vorgehen und Zurückweichen des Rabenschnabelfortsatzes unter dem Schlüsselbein abgrenzt.

Die Form der Bewegung in diesem *äußeren Schlüsselbeingelenk* wollen wir zunächst ohne Rücksicht auf den Rumpf, für sich allein und derart untersuchen, daß wir die beiden Knochen im Zusammenhang vom Rumpf abtrennen, das Schulterblatt in einen Schraubstock einspannen und das Schlüsselbein dagegen bewegen. Diese Bewegung ist auf der Abb. 283 dargestellt. Sein inneres oder Brustbeinende umschreibt den durch eine starke gelbe Linie gekennzeichneten Abschnitt einer Kugelschale. Außerdem dreht sich das Schlüsselbein um seine Längsachse um etwa 45° , was wir aus der wechselnden Lage der gelben Strichmarke ersehen. Auch dieses Gelenk hat folglich den Wert eines Kugelgelenkes und wir müssen es in den Mittelpunkt einer durchsichtigen an der Oberfläche geteilten Kugel bringen auf der wir die Grenzbewegung des unteren Schulterblattwinkels aufzeichnen lassen.

Die Abbildung 284 zeigt einen menschlichen Körper nicht in voller Rückansicht, sondern etwa um 30° dem Beschauer zugewendet. Die Polachse (PP) geht durch die Mitte des Gelenkes und steht senkrecht auf der Oberfläche des abgeplatteten äußeren Endes des Schlüsselbeines. Die Nullmeridianebene, auf der Abb. schwarz gestrichelt, schneidet die Mitte des inneren Schlüsselbeingelenkes. Die ganze Kugel ist folglich mit dem Schlüsselbein fest verbunden gedacht und macht die Bewegungen desselben mit. Da die Polachse bei ruhiger Gleichgewichtslage des Gürtels in aufrechter Haltung annähernd vertikal verläuft, so haben die Parallelkreise und der Äquator horizontale Lage.

Die Abb. 289 gibt die Lage des Schultergürtels zum Brustkorb innerhalb der geteilten Kugelschale von oben her gesehen wieder.

Um die Einstellung des Schulterblattes innerhalb der Gradnetz-Kugel zu bestimmen, müssen wir zunächst drei auch am Lebenden stets leicht bestimmbare Punkte desselben auswählen, die nicht in einer Geraden liegen. Der *obere Merkpunkt* (OP) liegt am hinteren Rand des Gelenkes. Er wird stets leicht durch den tastenden Finger bestimmt, wenn derselbe der hinteren Rundung des Schlüsselbeines entlang so lange nach außen gleitet, bis er durch die absperrende Schulterhöhe aufgehalten wird, Abb. 285 und 286. Der *mittlere Merkpunkt* (MP) ist die Stelle, an welcher die untere Kante der Schultergräte in den inneren der Wirbelsäule zugewendeten Rand des Schulterblattes übergeht. Als *unteren Merkpunkt* nehmen wir



Abb. 282.



Abb. 283.

den unteren Winkel des Knochens (UP) an, obwohl es bei schwellenden Muskeln nicht immer ganz leicht ist, hier eine sicher fühlbare Stelle zu ermitteln, die bei jeder Lage des Schulterblattes bestimmbar bleibt.

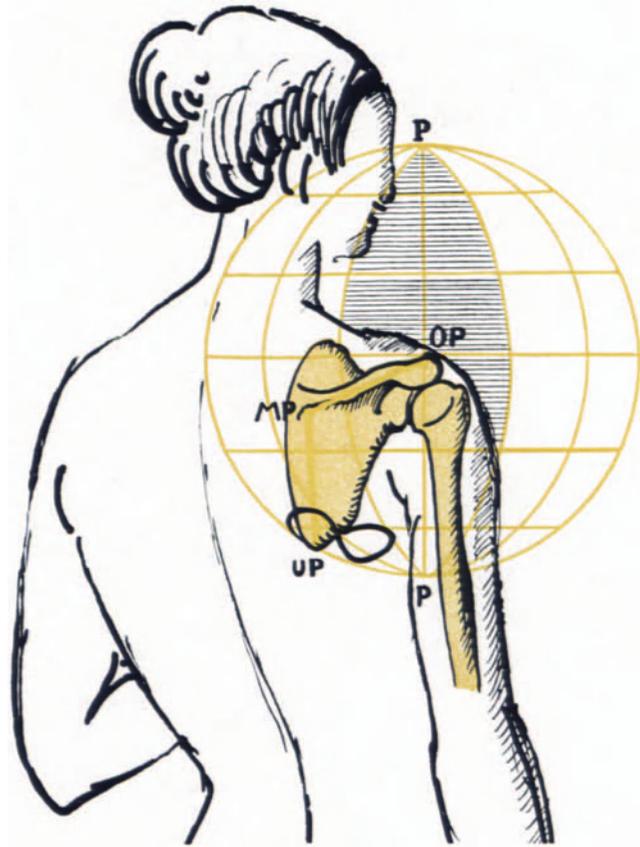


Abb. 284.

Die drei Punkte verbinden wir durch gerade Linien, Abb. 285 bis 287.

Die Meridianebene, in welcher die Linie OP—MP liegt, bildet mit der Nullmeridianebene (0—180) (Abb. 284 durch das Schlüsselbein gestrichelt) einen Winkel von etwa 67° . Wir wollen ihn den *Schlüsselbeingrätenwinkel* nennen. Es ist der Winkel BP (Brustbeinpunkt) — OP—MP auf Abb. 285.

Die Linie OP—MP bildet ferner mit der Äquatorialebene einen Winkel von ungefähr 22° , Abb. 284; die Linie MP—UP mit dem Meridian durch den mittleren Merkpunkt einen Winkel von etwa 20° . Durch diese drei Winkel ist jede Lage des Schulterblattes bestimmt, doch ist es hier besonders nötig auf die großen Schwankungen dieser Maße bei einzelnen Personen aufmerksam zu machen.

Wie müssen wir nun die Einstellung des Schulterblattes beobachten? Den Schulterblattgrätenwinkel am besten von oben her in der Richtung der Polachse. Diese Ansicht gibt die Abb. 285. Ändert sich der Winkel, so bewegt sich das Schulterblatt um die Polachse selbst. Denken wir uns auf der Abbildung durch den Punkt OP eine Nadel gesteckt und das Schulterblatt um dieselbe drehbar, so wird diese Bewegung um die Polachse verständlich sein. Der Winkel kann größer und kleiner werden, im ganzen ist die Bewegung etwa $30-40^{\circ}$ groß. Der untere Winkel bewegt sich dabei selbstverständlich gleichfalls auf einer Kreislinie um die Polachse. Wollen wir die Bewegung der Linie OP—MP gegen die Äquatorialebene erkennen, beobachten wir am besten den lebenden Körper in der Ansicht der Abbildung 284, also senkrecht auf die Meridianebene durch den mittleren Merkpunkt oder auf die Fläche des Schulterblattes. Das Maß der Bewegung ist etwa $20-30^{\circ}$. Der untere Schulterblattwinkel geht von innen hinten oben nach außen vorne und unten.

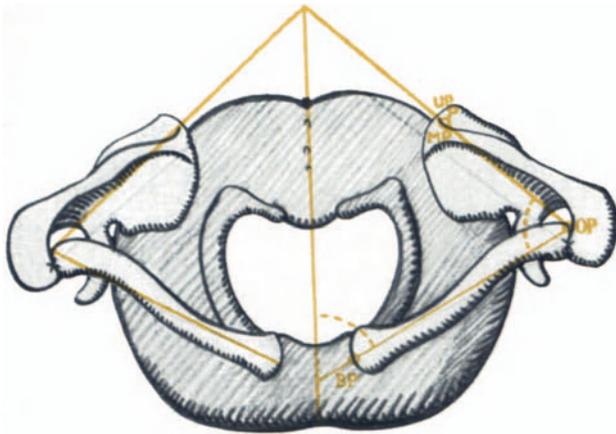


Abb. 285.

Die dritte Bewegung müssen wir am Lebenden entweder von vorne außen oder von hinten innen beobachten, so daß wir in der Richtung der Meridianebene durch den mittleren Merkpunkt beobachten, denn es ist der Winkel abzuschätzen, den die Linie MP—UP (Schulterblattfläche) mit dieser Ebene bildet. Der Winkel kann um etwa $30-35^{\circ}$ verändert werden.

Nützen wir das Gelenk völlig aus, so umschreibt der untere Winkel des Schulterblattes auf der Kugelschale ein breit oder schmal eiförmiges Feld, von der in Abb. 284, 288 und 289 abgebildeten Lage und von wechselnder Länge.

Tragen wir in dieses Feld die Kreislinien ein, auf welchen sich der untere Winkel bei seiner Bewegung um die drei festgelegten und aufeinander senkrecht stehenden Achsen bewegen kann und auf der Abb. 288 mit AA, BB und P bezeichnet sind, so geht der untere Winkel bei der Bewegung um die Achse AA in einem Kreisbogen von a nach a, bei der Drehung um die Achse BB von b nach b und bei der Drehung um die Polachse (P) von a nach c.

Daraus ersehen wir, daß es noch eine weitere Hauptbewegung des Schulterblattes gibt, die den unteren Winkel (unteren Merkpunkt) über die gelb gestrichelte lange Achse des Ovals hinwegführt.

Diese Hauptbewegung ist folglich zusammengesetzt aus allen drei Raumbewegungen, wenn auch zu ungleichen Teilen und erreicht ein Maß von etwa $50-60^{\circ}$. Wir wollen sie die *Schwingung* des Schulterblattes nennen.

Nach dieser Erläuterung müssen wir daran denken, daß das Schulterblatt gegen das zum Rumpf in der Ruhelage festgestellte Schlüsselbein nicht frei im Raum beweglich ist, sondern in bestimmten Sinne an den Rumpf gebunden erscheint. Es beschränken folglich äußere Zwangskräfte seine Bewegungsfreiheit.

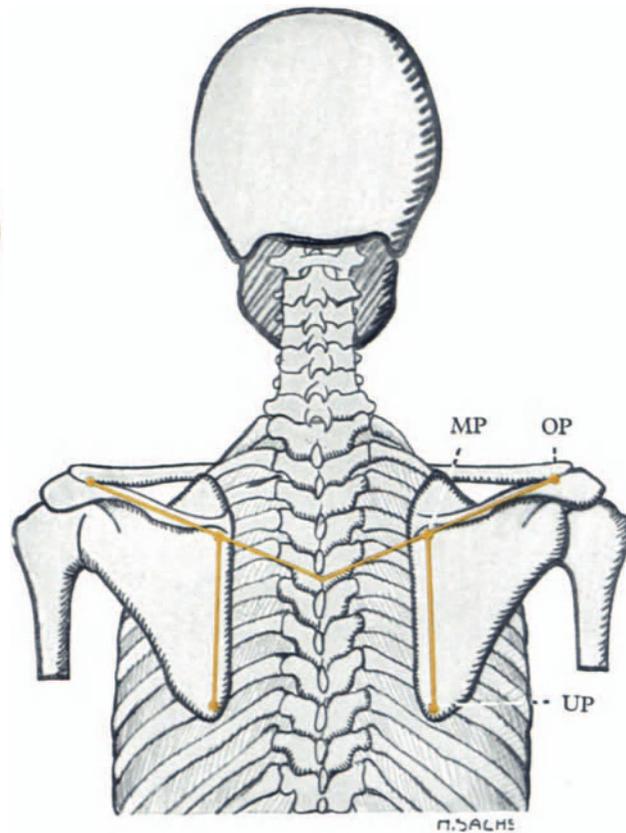


Abb. 286.

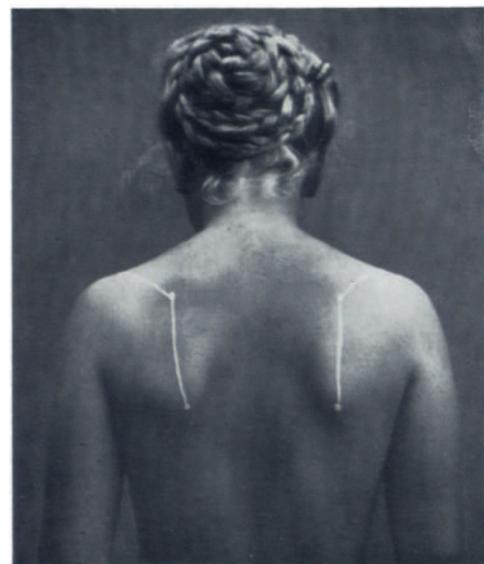


Abb. 287.

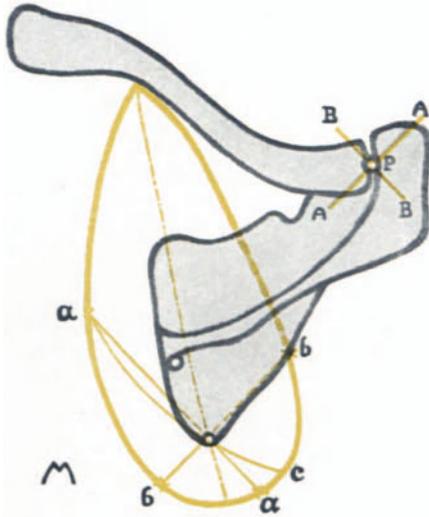


Abb. 288.

Keinesfalls kann es in den Brustkorb hinein. Es wird ihm entweder mit wechselnder Berührungsfläche anliegen oder sich von ihm abheben müssen.

Sehen wir nach, wie sich der Brustkorb in das Bewegungsgebiet des Schulterblattwinkels eindrängt, so finden wir durch die Abb. 289 ausgedrückt, daß ein größerer vorderer Teil des eiförmigen Bewegungsfeldes *im* Brustkorb liegt und deshalb bei feststehendem Schlüsselbein gar nicht ausgenutzt werden kann. Es muß dazu aus dieser Lage *im* Brustkorb an seine Oberfläche verlagert werden. Dazu kann *nur* eine entsprechende Verstellung des äußeren Schlüsselbeingelenkes verhelfen und aus diesem Grunde sind auch die Bewegungen des Schulterblattes meist von Bewegungen des Schlüsselbeines im inneren Gelenk begleitet.

Versuchen wir uns diese Abhängigkeit an einem Beispiel verständlich zu machen.

Auf Abb. 290 ist, vom Kopfe aus gesehen, der Durchschnitt des Brustkorbes in der Höhe des unteren Schulterblattwinkels als schraffierte Fläche dargestellt.

Darüber projiziert sehen wir die erste Rippe und den Schultergürtel in normaler Einstellung. Schlüsselbein und Schulterblatt sind weiß eingetragen und mit 1 bezeichnet. Das dazu gehörige Bewegungsfeld des unteren Winkels ist mit punktierter Linie umrandet und sein vorderer und hinterer Pol mit A und B bezeichnet.

Dunkler getönt ist der Schultergürtel in der zweiten und zwar stark gehobenen Stellung (2). Das Schlüsselbein, mit seinem äußeren Ende um 10 cm gehoben, ist deshalb stark verkürzt und der untere Winkel des Schulterblattes (2), gleichfalls gehoben, ist am Brustkorb mehr nach außen gerückt. Durch diese Verstellung des äußeren Schlüsselbeingelenkes von 1 nach 2 wird das Bewegungsfeld des unteren Schulterblattwinkels in die neue Lage der gestricheltpunktierter Linie und damit ganz an die Oberfläche des Brustkorbes gebracht und der untere Winkel kann jetzt bis an den vorderen Pol (C) an der Brustkorbaußenfläche vorgehen.

Um uns wenigstens eine Vorstellung davon zu machen, welchen Raum der untere Schulterblattwinkel für seine Bewegungen zur Verfügung hat, wenn das Schlüsselbein und das Schulterblatt volle Bewegungsfreiheit haben, betrachten wir die Abb. 291.

Wir sehen auf dem Rumpf einen Körper aufmodelliert, der dadurch gewonnen wurde, daß die äußersten Randbewegungen der unteren Schulterblattspitze aus einer größeren auf den Brustkorb aufgesetzten Tonmasse den gewünschten Körper herausschnitten.

Seine Ansatzfläche am Brustkorb, also seine Grundfläche ist auf der Abbildung 292 zu sehen. Sie hat einen Längsdurchmesser von etwa 16—18 cm und eine Höhe von etwa 6—8 cm. Der innere Rand derselben steht ungefähr 1—2 cm von der Dornenlinie der Wirbelsäule ab, die äußere vordere Spitze liegt etwa auf der fünften Rippe.

Es scheint uns zunächst wohl außerordentlich überraschend und fast unwahrscheinlich zu sein, daß es dem Lebenden gelingen könnte, den unteren Schulterblattwinkel in dem großen Ausmaß des modellierten Körpers zu bewegen. Das ist aktiv, durch Muskeltätigkeit, auch unmöglich. Passiv aber werden, durch Bewegungen des Armes, die das Schulterblatt mitbewegen, weitere Ausschläge erreicht werden können.

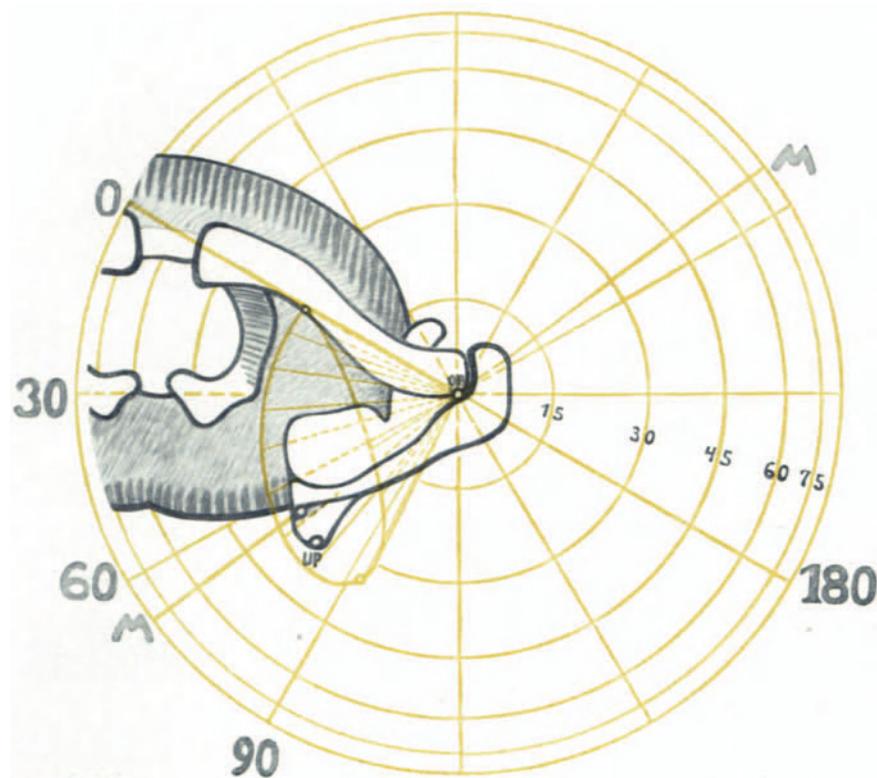


Abb. 289.

Nehmen wir aber auch an, daß das anatomische Präparat größere Gelenkausschläge als der lebende Körper messen läßt und daß durch die Spannung der Muskeln und der Haut, ferner durch die flächenhafte Verbindung der Muskelschichten untereinander und mit dem Brustkorb und endlich durch den Luftdruck bedeutende Widerstände eingeschaltet werden, so müssen wir andererseits doch darauf aufmerksam machen, daß es uns auch ebenso überraschend und unglaublich vorkommt, welche außerordentliche Beweglichkeit seines Schulterblattes ein Mensch durch geeignete Übung zu erwerben vermag und wir merken, daß wir uns *gewöhnlich* mit einzelnen bestimmten Bewegungen begnügen, die wir mit *äußersten Maßen* auszuführen lernen. Besonders überraschend scheint uns bei manchen Menschen das Vermögen den unteren Schulterblattwinkel stark von der Rumpfoberfläche nach hinten herausheben zu können. Ich erinnere an das sogenannte „Engerltragen“ durch Aufheben des Körpers am vorstehenden Schulterblattwinkel. Hier ist auch daran zu denken, daß die doppelte Muskellage, die wir zwischen Schulterblattinnenfläche und Brustwand kennen lernen werden, bei sehr muskelstarken Personen und in starker Verkürzung eine Dicke von 6 cm und mehr erreichen kann. Das bedeutet allein schon eine ausgiebige Abdrängung des Schulterblattes vom Brustkorb.

Wir sind in Fällen besonders großer Beweglichkeit nur allzuleicht der Ansicht, daß außergewöhnliche Konstruktionsverhältnisse der Gelenke diese erhöhte Leistungsfähigkeit bedingen müssen. Eine Annahme, die in den meisten Fällen nicht nötig und auch nicht zutreffend ist. Das gleiche gilt für jene Fälle, wo nach Muskellähmungen, abnorme und scheinbar krankhaft erweiterte Bewegungen des Schulterblattes zur Beobachtung gelangen.

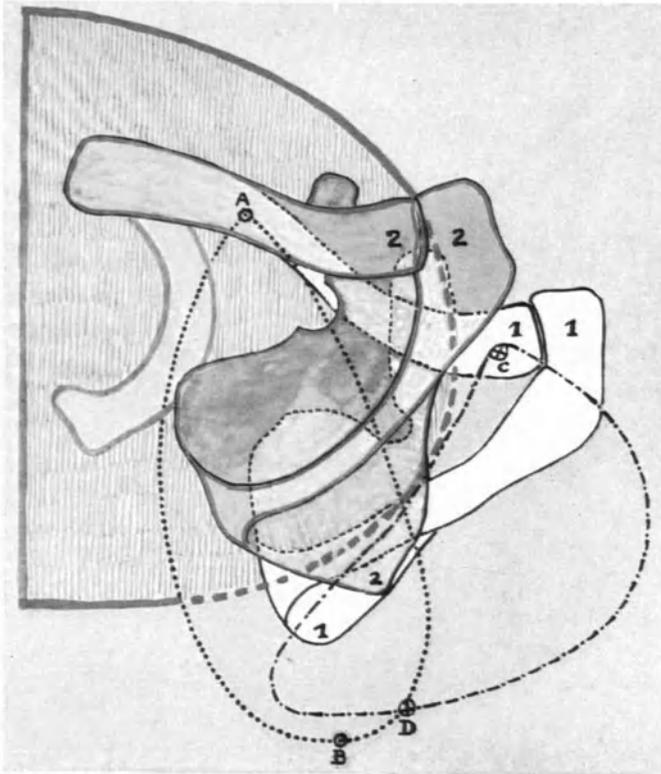


Abb. 290.

M

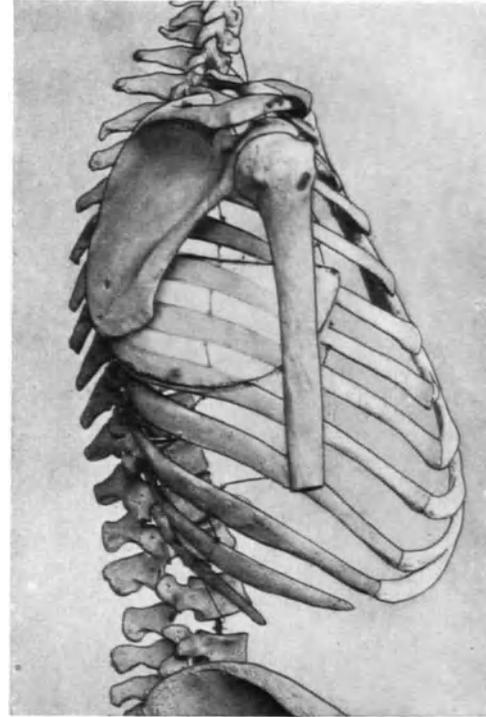


Abb. 292.

Wir dürfen daher erwarten, daß auch am lebenden Körper dem unteren Winkel des Schulterblattes ein gleichgeformter, wenn auch sicher kleinerer Bewegungsraum zur Verfügung steht und daß die Angabe nicht richtig sein kann, nach welcher das Schulterblatt stets nur in völliger Berührung mit der Brustkorbwand sich auf derselben bewegt.



Abb. 291.

Haben wir aus der gegebenen Darstellung erfahren, wie der Brustkorb die Bewegung des Schulterblattes beeinflusst, so ändert das doch noch keineswegs die Tatsache, daß dem Schulterblatt trotzdem durch die *beiden* Schlüsselbeingelenke unendlich viele Bewegungsmöglichkeiten übrig bleiben und es unser Bestreben sein muß, eine Betrachtungsweise einzuführen, die es erlaubt, eine gewisse Ordnung in diese Vielheit zu bringen oder einzelne besonders ausgezeichnete Bewegungen aus den unendlich vielen herauszugreifen.

Es wird aber nützlich sein, alle Bewegungen auf eine bestimmte Ausgangsstellung zu beziehen und wir wollen als solche jene Stellung wählen, die der Schultergürtel bei ruhiger aufrechter Haltung des Körpers mit nachlässig hängenden Armen einnimmt. Diese Stellung des Gürtels soll die *Normalstellung* genannt werden. In der Ansicht von oben, Abb. 285, sehen wir in der Normalstellung die beiden Knochen des Gürtels unter einem Winkel von etwa 65° aneinandergesetzt. Ein Winkel, der bei einzelnen Menschen verschieden groß ist, weil er von den Maßen und von der Form des Brustkorbes, von der Länge des



Abb. 293.

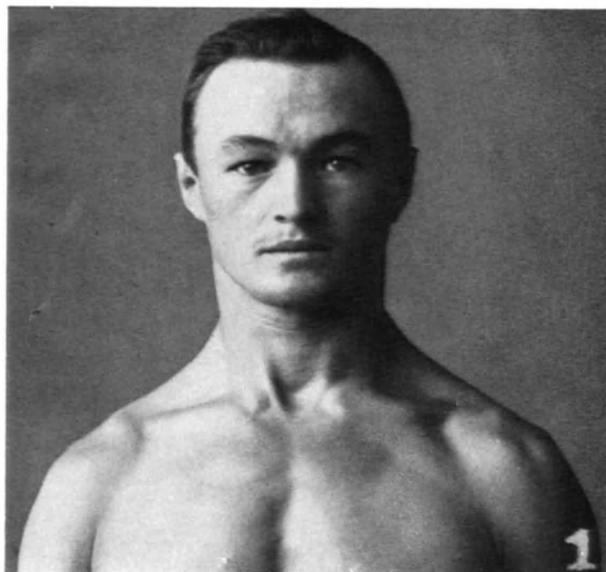


Abb. 294.

Schlüsselbeines und von der Einstellung der beiden Knochen durch Schwerkraft und Muskelspannung abhängt. Der äußere Winkel des Schulterblattes mit der Schultergelenkspfanne wird durch das Schlüsselbein soweit seitlich hinausgetragen, daß der Arm vertikal zu Seiten des Rumpfes herabhängen kann.

Das Gleichgewicht des Systems in ruhiger aufrechter Haltung wird folgendermaßen erreicht. Zunächst wird das, ohne Belastung etwas nach oben abweichende äußere Ende des Schlüsselbeines durch die Last des muskelbeladenen Schulterblattes und des Armes in die horizontale Ruhelage gesenkt und hier durch Spannung der Bänder und der Muskeln eingestellt. Gleichzeitig bringt die Last des Armes das Schulterblatt gegen das Schlüsselbein in eine bestimmte Lage auf dem Brustkorb, so daß sein innerer Rand fast parallel mit der Wirbelsäule verläuft und etwa 7—9 cm davon absteht, Abb. 296.

Da die Schultergräte mit dem inneren Rand des Schulterblattes keinen rechten Winkel, sondern einen solchen von etwa 105° bildet, so steht dieselbe auch nicht horizontal, sondern fällt nach innen zu ab.

Um über die wechselnde Lage des Schultergürtels richtig orientiert zu sein, ist es nötig, die drei Merkmale am lebenden Modell aufzusuchen und anzuzeichnen. Ein Blick auf die Abb. 293 bis 295 wird uns darüber belehren, daß die Ruhelage des Schlüsselbeines innerhalb gewisser Grenzen schwankt. Wir dürfen die *horizontale* Einstellung des Schlüsselbeines, Abb. 293, als *normale* Ruhelage bezeichnen, doch steigt das Schlüsselbein recht häufig nach außen bis zu 2—3 cm an, Abb. 295, seltener ein klein wenig ab, Abb. 294. Diese gesenkte Lage der Schlüsselbeine habe ich bei Modellen mit besonders kräftig entwickelter Muskulatur oft gesehen. Es scheint, daß hier die den Gürtel senkenden Muskeln



Abb. 295.

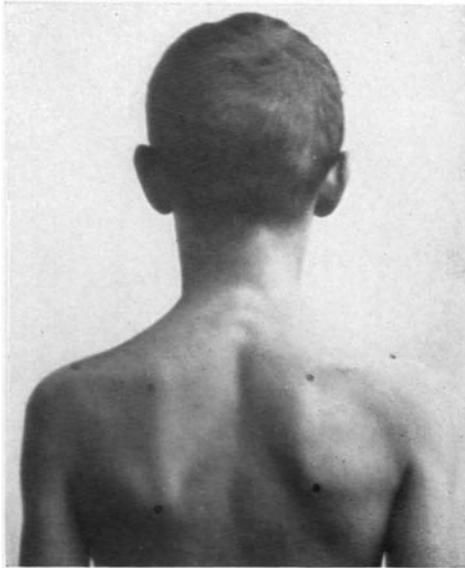


Abb. 296.

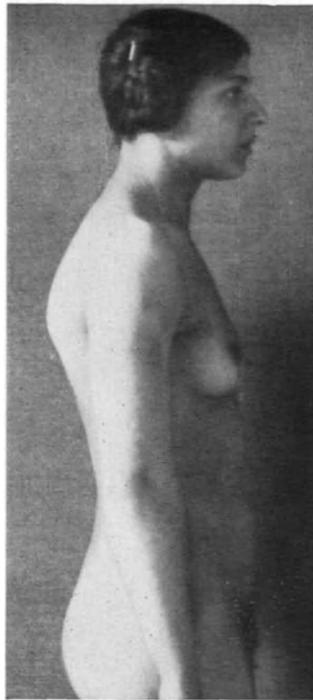


Abb. 298.



Abb. 297.

ein stärkeres Übergewicht über die hebenden Muskeln bekommen. Das Schlüsselbein kann ferner stärker vor oder zurückgenommen Lage, Abb. 296, welche darin zum Ausdruck kommt, daß der innere Rand des Schulterblattes oder die Verbindungslinie des mittleren und unteren Merkpunktes nicht mehr parallel zur Dornfortsatzlinie verläuft. Häufiger wird die Entfernung der mittleren, sehr selten die der unteren Merkpunkte von der Dornenlinie größer. Die inneren Ränder beider Schulterblätter laufen dann nach unten ein wenig zusammen, Abb. 297, oder auseinander.

Der durch die „Grätenlinien“ gegebene Winkel ändert sich aber dadurch nicht immer in entsprechender Weise. Ein Zeichen, daß die Schultergräte mit dem Innenrand des Schulterblattes *nicht* stets den gleichen Winkel einhält.

Die durch die Schwere der Teilmassen bedingte Gleichgewichtslage der beiden Gürtelknochen wird durch die Spannung der angreifenden Muskeln nicht wesentlich geändert, aber sicherlich mitbestimmt. Von großem Einfluß auf die Ruhehaltung des Schultergürtels ist ferner die Rumpfhaltung, d. h. die Haltung der Wirbelsäule und die Einstellung der ersten Rippe und des Brustbeines. Namentlich kommt hier eine starke oder geringere Eigenkrümmung des Bruststückes der Wirbelsäule in Betracht. Das Schulterblatt fügt sich bei nicht zu starkem Schwung der Brustwirbelsäule der Rückenfläche des Brustkorbes gut an, Abb. 298, doch steht der untere Winkel auch bei sehr gut durchgebildeter Muskulatur immer deutlich vom Brustkorb ab.

Mit einer starken Eigenkrümmung der Brustwirbelsäule und stark gesenkten ersten Rippen ist aber häufig bei deshalb tiefstehendem Brustbein eine stärkere Vorlagerung des äußeren Schlüsselbeines verbunden. Das Schulterblatt wird dadurch derart nach vorne zu über den Brustkorb gelegt, daß sein unterer Winkel und sein innerer Rand weiter von ihm abstehen (schlechte Haltung), Abb. 299. Es ist vorteilhaft, die Haltung dieses Modells von guten Proportionen seines Skelettes aber mit schlaffer Muskulatur mit den Abb. 122 und 298 von weiblichen Körpern mit sehr gut entwickelter und geübter Muskulatur zu vergleichen.

getragen werden, als dies die Normalhaltung zeigt.

Auch das Schulterblatt zeigt häufig eine Abweichung von der normalen

Aus der Verteilung der durch ihre Schwere wirkenden Massen am Schlüsselbein und Schulterblatt ist es verständlich, daß das Schlüsselbein nach einer Bewegung in seinem inneren Gelenk immer wieder sehr sicher in die gleiche Ruhelage gebracht wird, während das Schulterblatt namentlich nach kraftvoller Bewegung längere Zeit die alte Ruhelage nicht wieder findet. Für das Schulterblatt muß also eine veränderte Spannung der Muskeln viel leichter einen Einfluß auf seine Einstellung gewinnen, als für das Schlüsselbein. Das Gleichgewicht des Schlüsselbeines ist stabiler als das des Schulterblattes.

Das bestätigt auch die Beobachtung von Muskellähmungen, welche sehr viel stärker in der veränderten Haltung des Schulterblattes zum Ausdruck kommen.

Wie ungemein empfindlich der Schultergürtel auf eine veränderte Angriffsrichtung der Schwere des Armes bei erschlafften Muskeln reagiert, das können wir durch jede Änderung der Rumpfhaltung erfahren. Beugen wir den Rumpf vor oder zurück, oder seitwärts, oder hängen wir uns im Kniehang an das Reck, so gewinnt jedesmal die Schwere der drei Glieder gegeneinander und gegen den Rumpf neue Ordnung und ergeben andere Gleichgewichtslagen. Auf die Normalstellung haben wir alle Bewegungen des Schulterblattes zu beziehen und wir können wieder zu unserer Aufgabe zurückkehren, eine ordnende Betrachtungsweise für diese unendlich vielen Bewegungsmöglichkeiten einzuführen.

Wir wollen die Tatsache benützen, daß der Arm mit dem Schulterblatt mit Hilfe des Schultergelenkes verbunden ist, um daraus bestimmte Beziehungen von Schulterblattbewegungen zu den Armbewegungen abzuleiten. Wir wollen ferner daran denken, daß mit der allmählichen Gebrauchsübung unserer Glieder sicherlich besonders ausgezeichnete Bewegungen aus den unendlich vielen Möglichkeiten ausgewählt und durch Übung festgelegt werden. Eine weitere Überlegung erlaubt uns zu denken, daß die beiden Annahmen sich nicht gegenseitig ausschließen, sondern daß sie sich sogar gegenseitig bedingen könnten. Gibt es besonders ausgezeichnete Bewegungen des Schulterblattes, die in bestimmter Beziehung zu den Bewegungen des Armes im Schultergelenk stehen, so ist es sehr wahrscheinlich, daß diese Bewegungen des Schulterblattes gerade in der Konstruktion der Gelenke ihren technischen Ausdruck finden und daß die Übung sie vorzugsweise auswählen und einüben wird.

Beobachtet man, daß bei jeder einfachen und wiederkehrenden rhythmischen Armbewegung, wie beim Nähen, beim Spielen eines und desselben Tones auf der Geige usw. auch das Schulterblatt im rhythmischen Takt immer die gleiche Bewegung macht, dann empfindet man selbst als Laie, daß die Bewegungen des Schulterblattes nicht ohne Rücksicht auf die Bewegungen des Armes betrachtet werden dürfen und daß hier ein gesetzmäßiger Zusammenhang zu finden sein müßte.

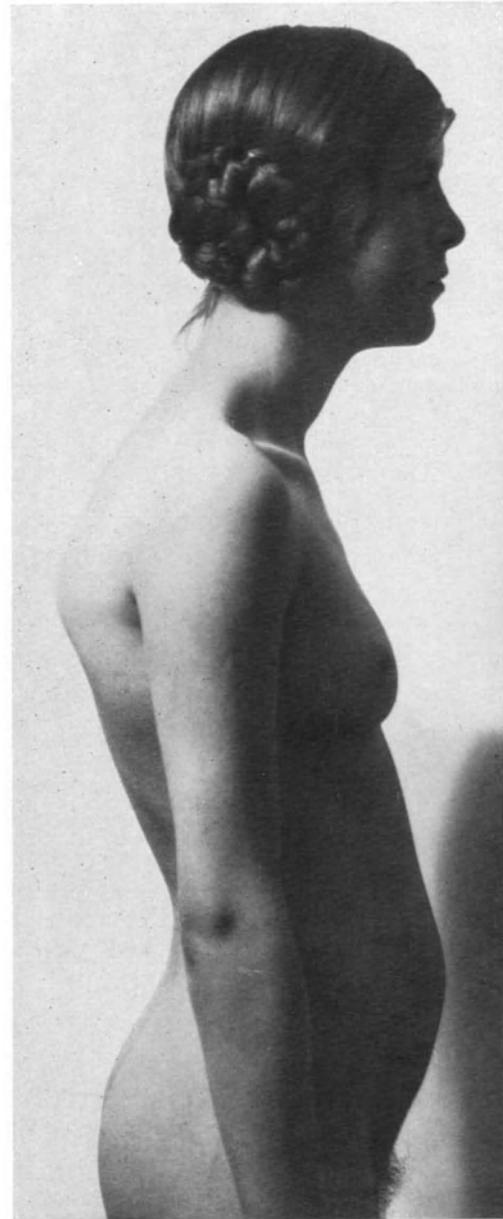


Abb. 299.

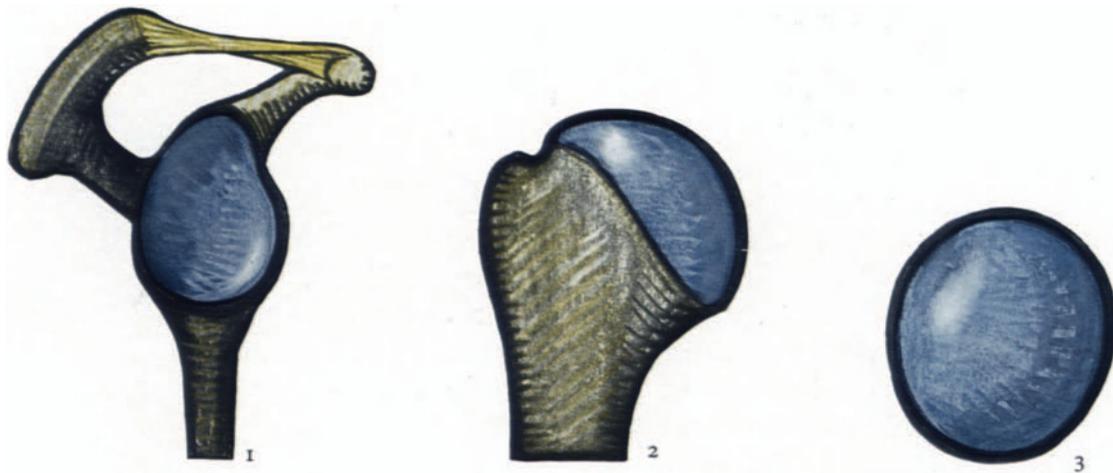


Abb. 300.

Es ist also nötig, zunächst das *Schultergelenk* kennen zu lernen. Zu diesem liefert das Schulterblatt das Lager oder die Pfanne, der Oberarmknochen den darin drehbaren Gelenkkopf.

Der Gelenkkopf, Abb. 300 2 u. 3, ist halbkugelförmig, überknorpelt und schief unter einem Winkel von 130° an den Schaft des Oberarmknochens angesetzt. Eine ringförmige seichte Rinne trennt ihn ab. Der Halbmesser der Halbkugel beträgt etwa 26—27 mm.

Vergleichen wir den Gelenkkopf mit der Pfanne, Abb. 300 1, so ergibt sich, daß wir aus dem Größenverhältnis der kleineren ovalen Pfanne zu dem viel größeren Gelenkkopf die Spielweite dieses Kugelgelenkes in den verschiedenen Richtungen bestimmen können.

Alle diese Bewegungen werden durch Spannung der das Gelenk abschließenden Kapsel, Abb. 301 und 302, aber fast ausnahmslos vorher schon durch die Spannung der Muskeln gehemmt, so daß am Lebenden meist kleinere Maße gefunden werden als das Gelenkpräparat zuläßt.

Die Bewegungen des Oberarmbeines im Schultergelenk als Kugelgelenk wollen wir wieder mit Verwendung einer geteilten Gradnetzkuugel vornehmen, in deren Mittelpunkt das Gelenk eingestellt wird und die mit dem Schulterblatt fest verbunden zu denken ist, weil es gilt, die Bewegungen des Armes gegen das Schulterblatt zu beurteilen, Abb. 303. Die Polachse (P—P) verläuft horizontal von vorne innen nach hinten außen und steht senkrecht auf der Schulterblattfläche. Als Nullmeridianebene gilt die Ebene durch die beiden Pole und den mittleren Merkpunkt des Schulterblattes. Dieselbe liegt in der Normalstellung annähernd horizontal, Abb. 303, 180° . Die Äquatorialebene ist die Ebene durch den mittleren Merkpunkt des Schulterblattes und liegt fast vertikal, so lange das Schulterblatt in der Normalstellung steht.

Am Oberarm verbinden wir den Mittelpunkt des Schultergelenkes mit jenem des Ellbogengelenkes als Längsachse des Knochens. Als zweite Linie wählen wir die Querachse des Ellbogengelenkes (siehe nächsten Abschnitt, Seite 216, Abb. 347).

Der Arm kann im Schultergelenk aus der Äquatorialebene nach vorne innen oder nach hinten außen bewegt werden und diese Bewegung können wir *Zuführung* und *Abführung* (Adduktion und Abduktion) nennen. Sie erfolgt in den betreffenden Meridionalebenen. Bewegt sich der Arm *in* der Äquatorialebene, so kann man ausgehen von der Lage im ruhigen Hang bei aufrechter Haltung und von einer *Streckung* und *Beugung* sprechen, wenn wir unter Beugung jene Bewegung verstehen, welche die Achselhöhle schließt und den Winkel zwischen Arm und äußeren Rand des Schulterblattes verkleinert. Ebenso wollen wir die Bewegung des Armes in den Parallelkreisen bezeichnen. Streckung ist also die Bewegung, die der Oberarm im Meridian seiner Einstellung durch die Aufwärtsdrehung dieses Meridians um die Polachse erfährt. Das Maß dieser Bewegungen wird durch die in die Bewegung fallenden Schnittpunkte der Parallelkreise mit den betreffenden Meridianebenen ermittelt.

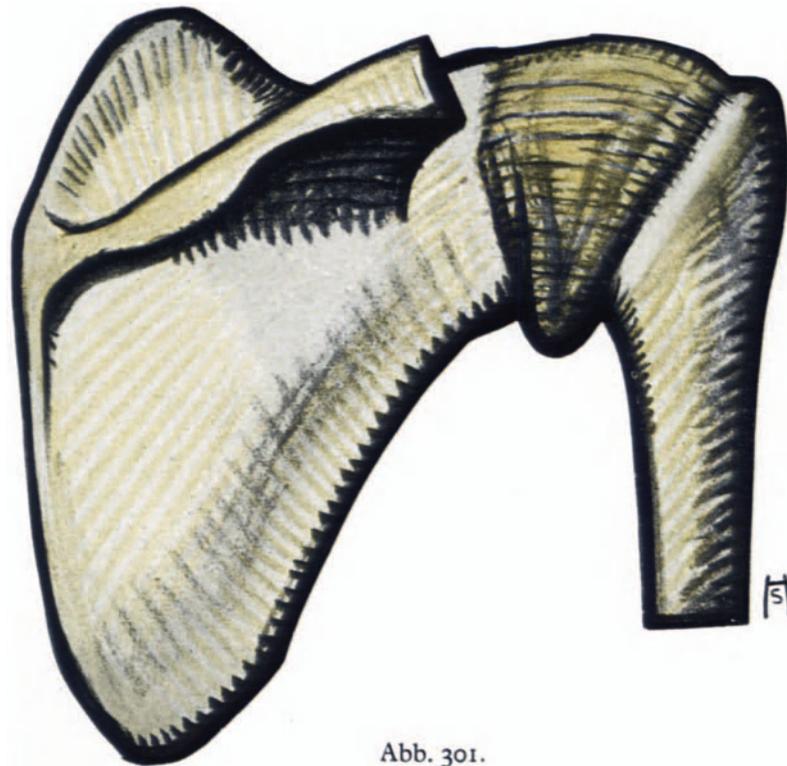


Abb. 301.

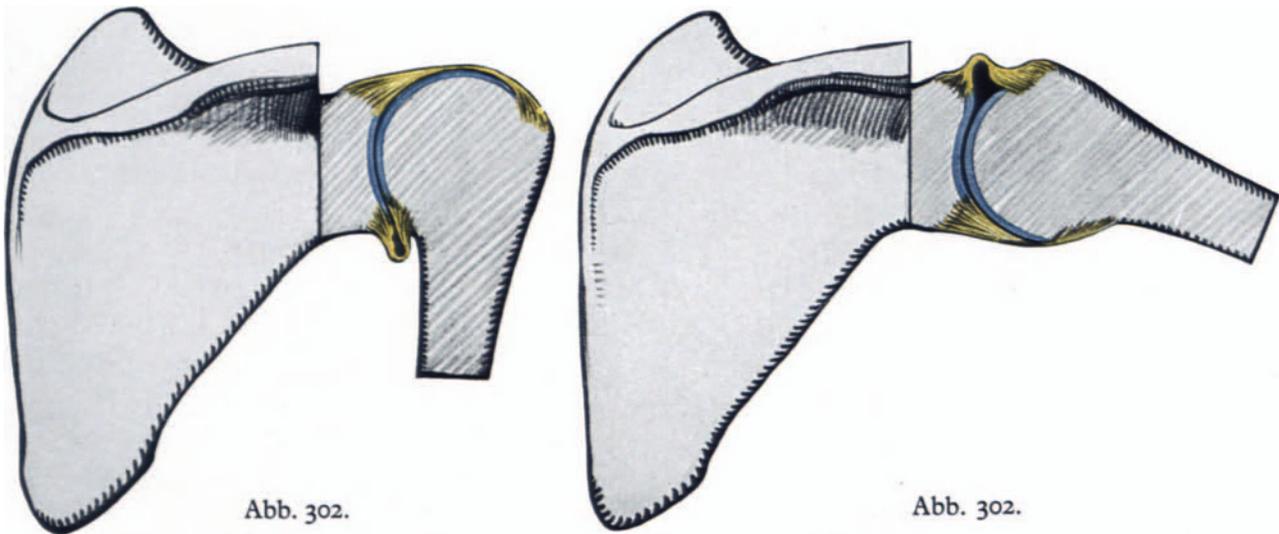


Abb. 302.

Abb. 302.

Die dritte Bewegung ist die Längsdrehung des Knochens im Meridian seiner Einstellung. Sie wird *Einwärts-* oder *Auswärtsdrehung* genannt und am Lebenden am besten an der Einstellung des rechtwinklig abgebogenen Vorderarmes bestimmt:

Nützen wir das Gelenk völlig aus, so umschreibt das Ellenbogengelenkende des Oberarmbeines, das auf der Abb. 303 mit unterbrochener Linie ausgezogene Bewegungsfeld auf der Kugeloberfläche und dreht sich dabei zwangsläufig um seine Längsachse.

Besprechen wir nach dem Bilde die Bewegungsmöglichkeiten im Gelenk, so haben wir zu sagen, daß der Arm aus der ruhigen Hangstellung in der Äquatorialebene und in ihrer Nähe, also nach

vorne außen am höchsten gehoben (gestreckt) werden kann. Das Maß ist etwa $100-115^{\circ}$ und am Lebenden wohl in der Regel ein wenig kleiner. Die Beugung aus dem ruhigen Hang beträgt $10-20^{\circ}$. Die *Ab-* und *Zuführung* wechselt in ihrer Größe bei einzelnen Personen am meisten, etwa zwischen 85 und 115° . Darnach besitzt das Bewegungsfeld einmal mehr Kreisform, Abb. 304, das andere Mal ovalere Form, Abb. 303.

Die Längsdrehung des Oberarmbeines ist innerhalb des Bewegungsfeldes, bis nahe an seine Grenze, überall mehr als 90° .

Die Mittellage des Armes, in welcher alle Kapselringringe gleichmäßig entspannt und nicht verdreht sind, ist in der Abb. 303 durch die kleine Kreismarke kenntlich gemacht. Der nach vorn außen um 45° gehobene Arm bekommt dabei eine Längsdrehung nach innen, die den rechtwinkelig gebeugten Vorderarm nach vorne innen vor den Bauch einstellt.

Auch beim Schultergelenk ist die Längsdrehung des Oberarmbeines bei der Randbewegung desselben im Schultergelenk eine zwangsläufige und auf der Abb. 304, einer Ansicht von vorne, aus der wechselnden Einstellung der Ellenbogengelenkrolle am unteren Ende des Knochens abzulesen.

Unter Verzicht auf genauere Angaben für die Größe dieser Drehung in den einzelnen Stellungen können wir doch dem Bilde entnehmen, daß mit der Vor- und Zuführung des Armes eine Einwärtsdrehung

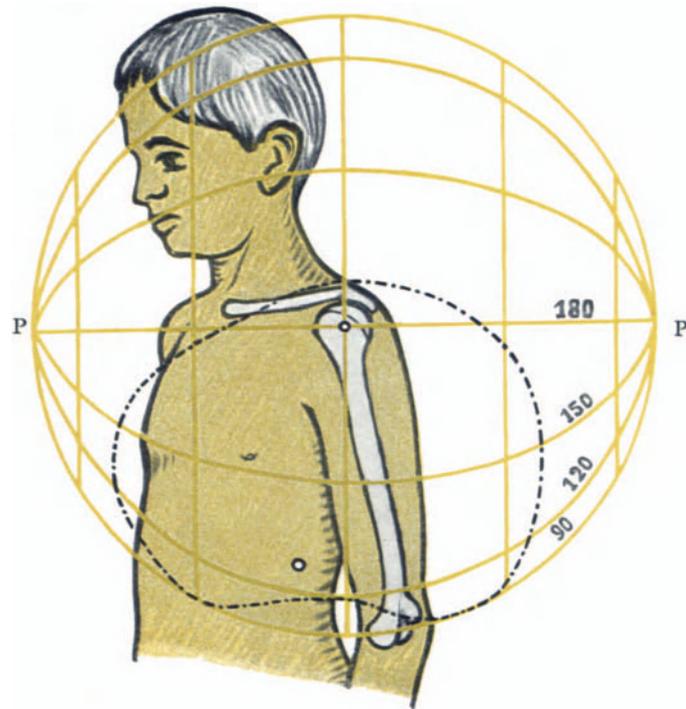


Abb. 303.

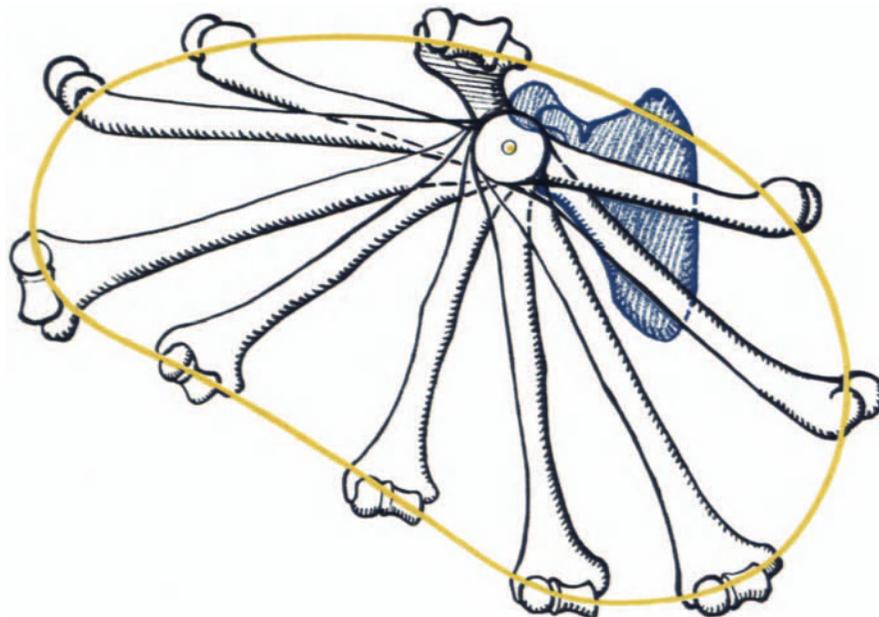


Abb. 304.

zusammenfällt, während in stark gehobenen und auswärts geführten Stellungen fast plötzlich eine stärkere Auswärtsdrehung sich einstellt.

Bei unbewegtem Rumpf und festgestelltem Schulterblatt kann der gestreckte Arm nur das Schultergelenk für seine Bewegung ausnützen und er kann über die angegebenen Maße nicht hinauskommen. Der in Wirklichkeit sehr viel größere Bewegungsumfang des gestreckten Armes, Abb. 324, kann folglich bei unbewegtem Rumpf nur durch eine Mitbewegung des Schulterblattes erreicht werden, durch welche der Bewegungskegel des Schultergelenkes gegen den Rumpf und im Raum verstellt wird.

Wir können das auch so ausdrücken, daß die Schultergelenkspfanne des Schulterblattes durch die Bewegung des Schulterblattes eine wechselnde Lage zum Rumpf bekommt und damit auch der Spielraum des Schultergelenkes am Rumpf vertragen und gegen ihn verstellt wird und so der Gesamtbewegung des Armes zugute kommt.

Von diesem Gesichtspunkt aus können wir die früher erwähnten unendlich vielen Schulterblattbewegungen beurteilen.

Wir beginnen mit der Betrachtung der drei nebenstehenden Aktbilder und der drei sie ergänzenden anatomischen Skizzen auf Abb. 305. 1 gibt die ruhige aufrechte Haltung mit schlaff herabhängenden Armen wieder, 2 und 3 zeigen die stärkste Auswärts- und Einwärtsdrehung des Armes in gleicher Stellung.

Um die Bewegung des Schulterblattes im Sinne der Drehung des Armes auszunützen, muß die Pfanne des Schulterblattes einmal möglichst nach vorne, das andere mal möglichst nach außen gewendet werden.

Die Schulter wird bei der Auswärtsdrehung des Armes zurückgenommen, bei der Einwärtsdrehung vorgeschoben. Ein sorgfältiger Vergleich der anatomischen Skizzen und der am Akt aufgetragenen drei Merkpunkten wird diese Mitbewegung des Schulterblattes beobachten lassen. Das äußere Schlüsselbeinende bewegt sich auf einem Kreisbogen um eine Strecke, die etwa 8—10 cm Bogenlänge mißt und das ergibt bei etwa 16 cm Schlüsselbeinlänge einen Winkelwert von etwa 28—35°. Sowohl beim stärksten Zurücknehmen wie beim Vorschieben des Schlüsselbeines steigt das äußere Ende desselben etwas an und zwar nach hinten um 1—3 cm, nach vorne um 1—2 cm. Man vergleiche dazu die Abb. 277.

Das Schulterblatt, das diese Bewegung des Schlüsselbeines veranlaßt, gleitet dabei an der Brustwand entlang nach innen und hinten und von hieraus nach außen und vorn und muß, angenommen, sein Gelenk mit dem Schlüsselbein bleibt in Ruhe, die gleiche Bewegung des Schlüsselbeines mit ausführen.

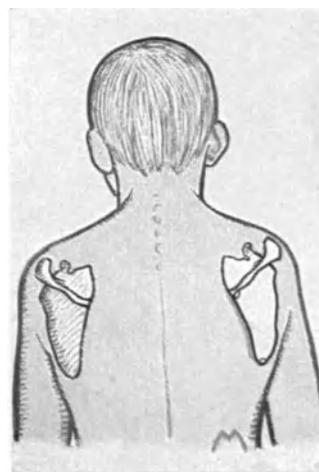
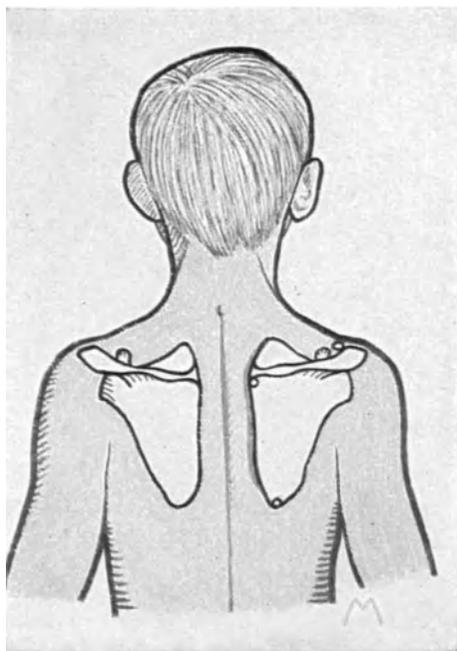
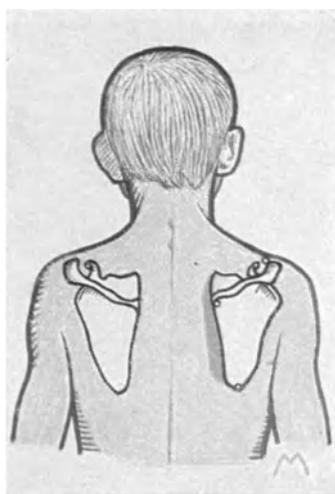
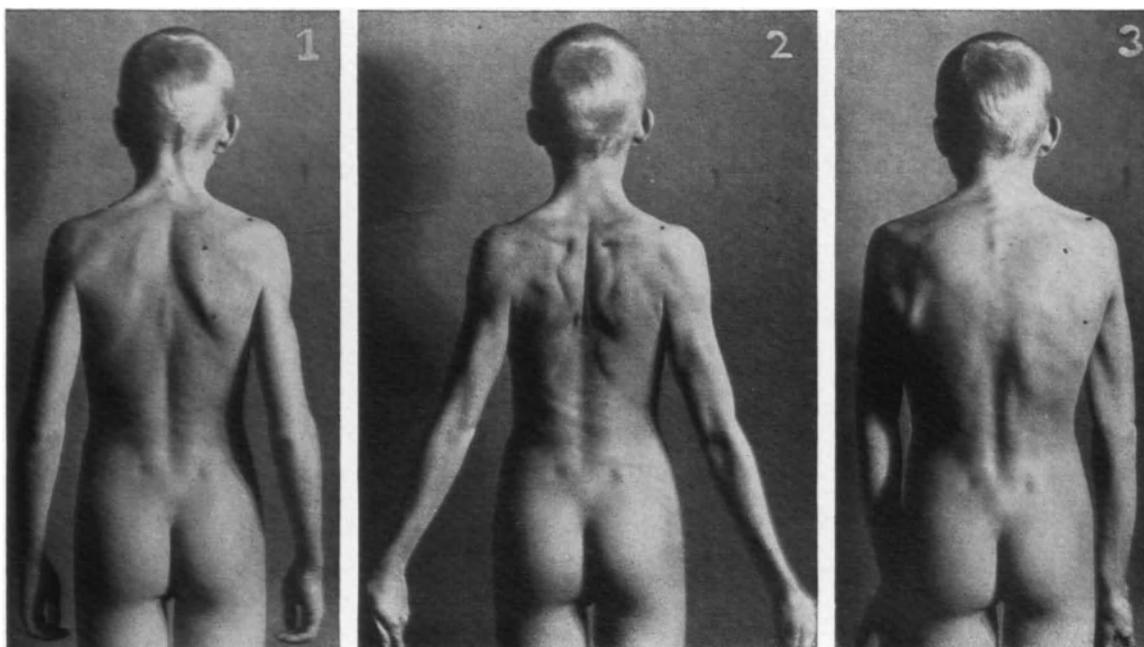
Durch diese Verschiebung des Schulterblattes wird die Schultergelenkspfanne um den gemessenen Winkelbetrag mehr nach vorne, Abb. 306A, oder mehr nach außen, Abb. 306B, gerichtet und dieser Betrag vom Arm ausgenützt.

Das Gelenk zwischen Schulterblatt und Schlüsselbein bleibt aber nicht in Ruhe.

Es wird zunächst beim Vornehmen der Schulter der Winkel zwischen Schultergräte und Schlüsselbein je nach der Form des Brustkorbes als Schleiffläche für das Schulterblatt meist etwas vergrößert, seltener ein klein wenig verkleinert und damit der Erfolg für die Schultergelenkspfanne ein wenig erhöht oder gemindert.

Doch ist der Anteil dieses Gelenkes an der Bewegung so gering, daß wir ihn wohl vernachlässigen können und wir dürfen folglich sagen, daß die Bewegungen des Schultergürtels die Drehung des Armes um etwa 30° erweitern.

Wir finden auf Abb. 305, 2 das Schulterblatt auf den Rücken gezogen und in voller Aufsicht vor uns, während es auf der Abb. 305, 3 seitlich verlagert und mehr auf die Kante gestellt, stark verkürzt erscheint. Die Verstellung des unteren Winkels läßt sich aus der veränderten Lage des oberen Merkpunktes zum unteren auf Abb. 305, Fig. 2 gegen Fig. 3 ablesen. Auf der Fig. 2 liegt der untere Merkpunkt nach innen von dem oberen. Bei einwärts gedrehten Armen und vorgenommenem Gürtel liegen beide fast übereinander, Fig. 3.



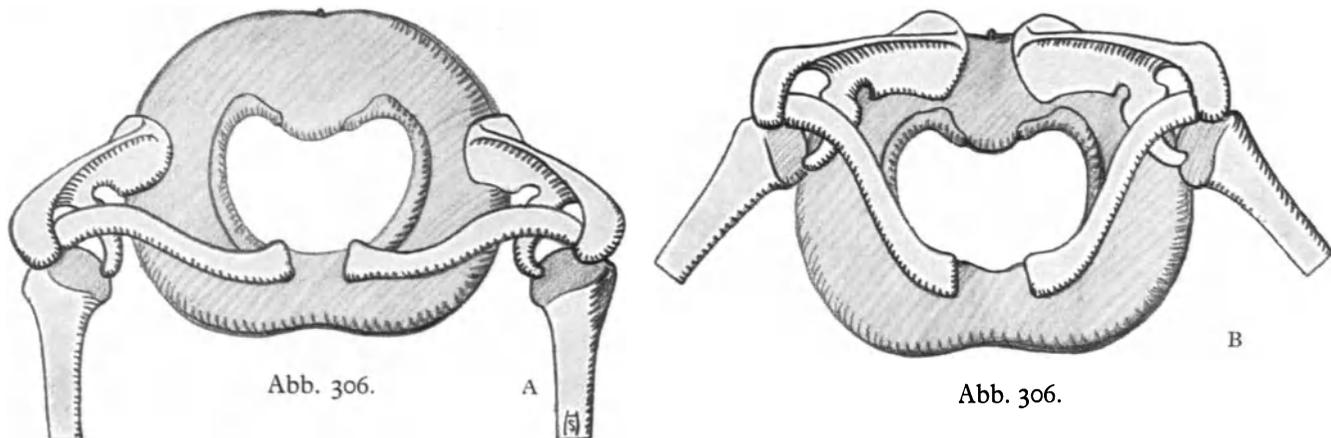
Die Abb. 306 gibt uns die beste Einsicht, wie durch diese Bewegung des Schulterblattes die Schultergelenkspfanne und mit ihr der Bewegungskegel des Armes im Schultergelenk im dargestellt ist und sehen dieselbe durch eine Bewegung des Schulterblattes ergänzt und erweitert, die wir die *Schwingung* des Schulterblattes nennen. Dieselbe hat hier die Aufgabe, die Pfanne des Schultergelenkes nach *oben* oder nach *unten* zu drehen.

Abb. 305.

Raum und gegen den Rumpf verstellt wird.

Jetzt wenden wir uns der Beobachtung einer Hebungs- und Senkungsbewegung des Armes zu, wie sie auf Abb. 307 und 308

Beobachten wir zunächst das lebende Modell, so finden wir auf Abb. 307 und 308 zwei Stellungen des Armes durch photographische Momentaufnahmen festgehalten, zwischen denen der gestreckte Arm



hin und her bewegt wurde. Das Auf- und Abschwingen des Armes erfolgte in der durch das Schulterblatt selbst gelegten vertikalen Ebene (Nullmeridianebene).

Wir sehen das Schulterblatt die schwingende Bewegung des Armes in kleinerem Maßstabe wiederholen. Vergleichen wir die Lage der drei Maßpunkte, so finden wir den oberen nur wenig, den unteren aber ausgiebig von hinten, innen und oben nach vorne, außen und unten bewegt.

Das Schlüsselbein beteiligt sich nur in geringem Maße an dieser Bewegung, die vor allem im äußeren Gelenk desselben sich abspielt.

Der untere Winkel des Schulterblattes rückt von der Normalstellung um etwa 5—6 cm weiter von der Wirbelsäule ab und nähert sich andererseits derselben um etwa 2—3 cm. Für die Schultergelenkspfanne bedeutet diese Bewegung eine Aufwärtsdrehung aus der Normalstellung um etwa 20° und eine Abwärtsdrehung von etwa 10° . Die schematische Abb. 309 und 310 stellt die Schwingungsbewegung des Schulterblattes bei feststehendem Schlüsselbein dar und zeigt die Verstellung der Schulterblattfläche durch die wechselnde Ansicht derselben. Beachten wir die Schultergelenkspfanne, so finden wir sie durch die Vorschwingung des Schulterblattes gleichzeitig mehr nach vorne, durch die Rückschwingung mehr nach außen gerichtet. Am Lebenden bleibt das Schlüsselbein nicht völlig ruhig in seiner Lage, sondern bewegt sich ein wenig, vor allem nach hinten und vorne mit.

Haben wir mit dieser Darstellung eine erste Vorstellung über den Zusammenhang der Bewegungen des Armes und des Schultergürtels gewonnen, so dürfen wir an verwickeltere Fälle gehen.

Die Abb. 311 zeigt das Modell mit gestreckten Armen in horizontaler Seithalte. Auf Fig. 1 sind dabei die Arme in der für diese Haltung natürlichen Einstellung, während sie auf Fig. 2 so stark als möglich nach außen — auf Fig. 3 ebenso stark nach innen gedreht sind. Jedesmal zeigt auch das Schulterblatt eine andere Lage und Einstellung und wir erfahren, daß es nötig war, um aus der Einstellung bei 1, jene von 2 und 3 zu erzeugen, neue Umstellungen des Schulterblattes gegenüber Fig. 1 vorzunehmen.

Daraus ergibt sich, daß schon der Übergang des ruhig herabhängenden Armes in die normale Seithalte eine bestimmte Mitbewegung des Schulterblattes verlangt. Versuchen wir sie zu verstehen. Der Arm kann im Schultergelenk nur nach vorn außen bis zur Horizontalen gehoben werden, während die Hebung rein nach außen schon früher zu Ende ist. Also muß sich das Schulterblatt mit einer Bewegung beteiligen, welche die Gelenkspfanne aufwärts richtet und damit die Erhebung des Armes um das gewünschte Maß steigert.

Während dieser Bewegung muß das Schulterblatt aber auch so eingestellt werden, daß die Gelenkspfanne möglichst nach außen sieht, also in die Ebene des erhobenen Armes sich ausrichtet. Diese Drehung

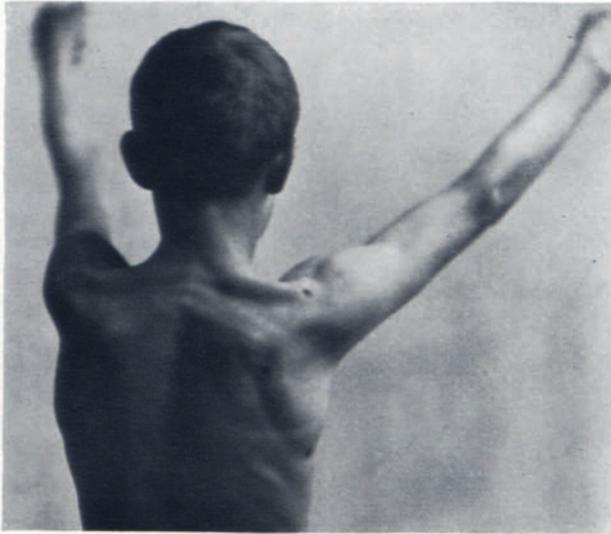


Abb. 307.

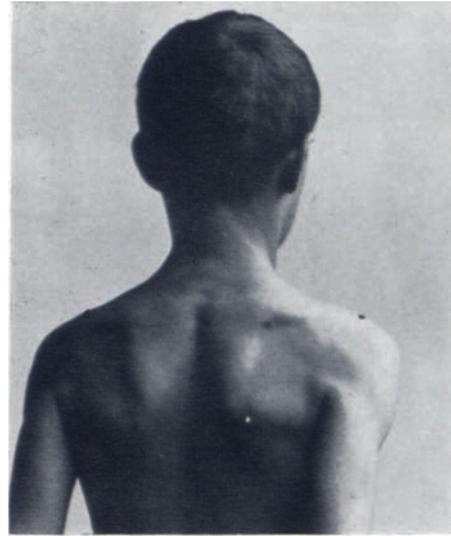


Abb. 308.

nach außen geschieht wie wir wissen vor allem durch eine Rückführung des Schulterblattes mit dem Schlüsselbein, während die Aufwärtsdrehung der Gelenkpfanne durch eine steilere Stellung des Schulterblattes erreicht wird, so daß der obere und untere Merkpunkt übereinander zu liegen kommen. Am besten unterrichtet hierüber ein Vergleich der anatomischen Skizze 1 auf Abb. 311 mit der anatomischen Skizze 1 auf Abb. 305, welche die normale Einstellung des Schulterblattes wiedergibt.

Führen wir den Arm in Seithalte noch weiter zurück, Abb. 312, so wird die notwendig gesteigerte Außenwendung der Schultergelenkspfanne durch eine energische Zurücknahme der Schulterblätter gegen die Wirbelsäule erreicht, doch kann in dieser Lage eine stärkere Aufwärtswendung der Pfanne durch das Vorschwingen des Schulterblattes nicht mehr hinzugefügt werden, denn eine solche würde wieder eine Ablenkung der Pfanne nach vorne mit sich bringen. Weil aber der Arm in dieser Richtung im Schultergelenk noch weniger weit gehoben werden kann, sehen wir ihn die horizontale Ebene nicht mehr erreichen.

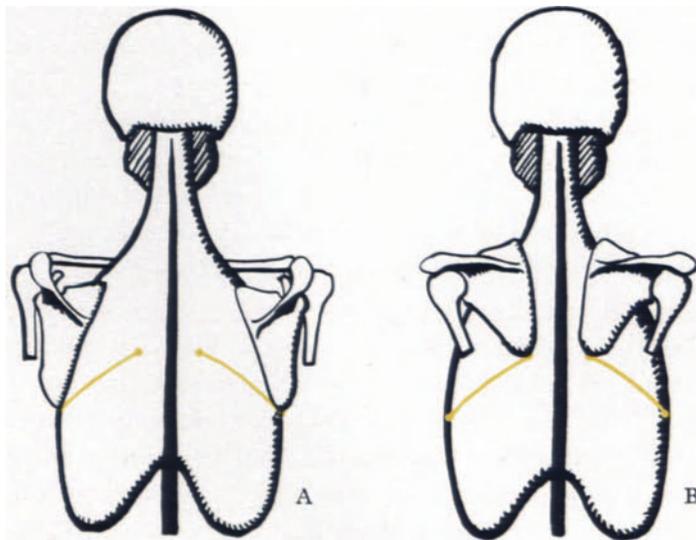


Abb. 309.

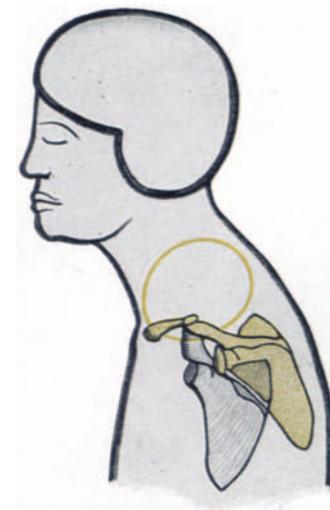


Abb. 310.

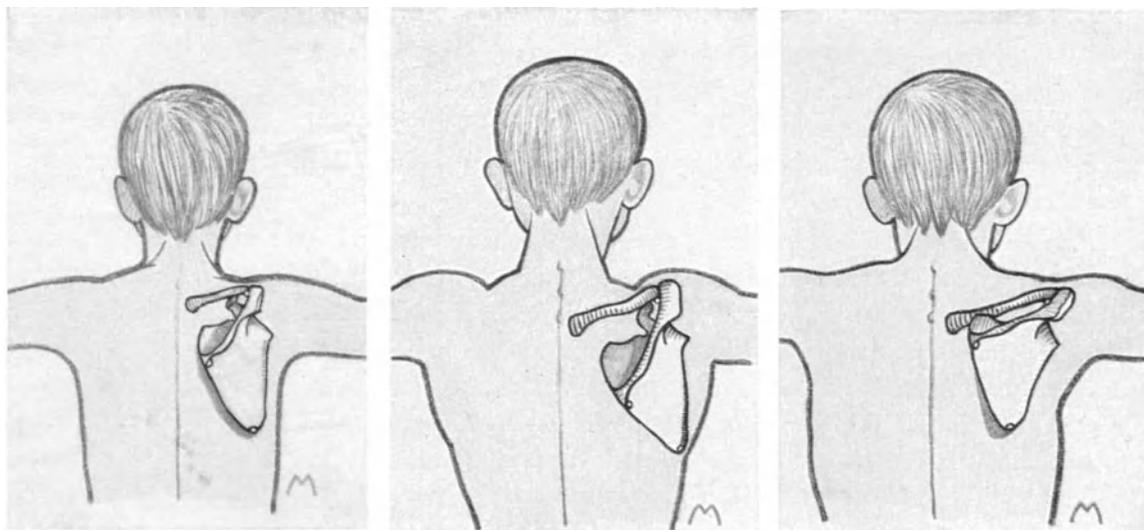
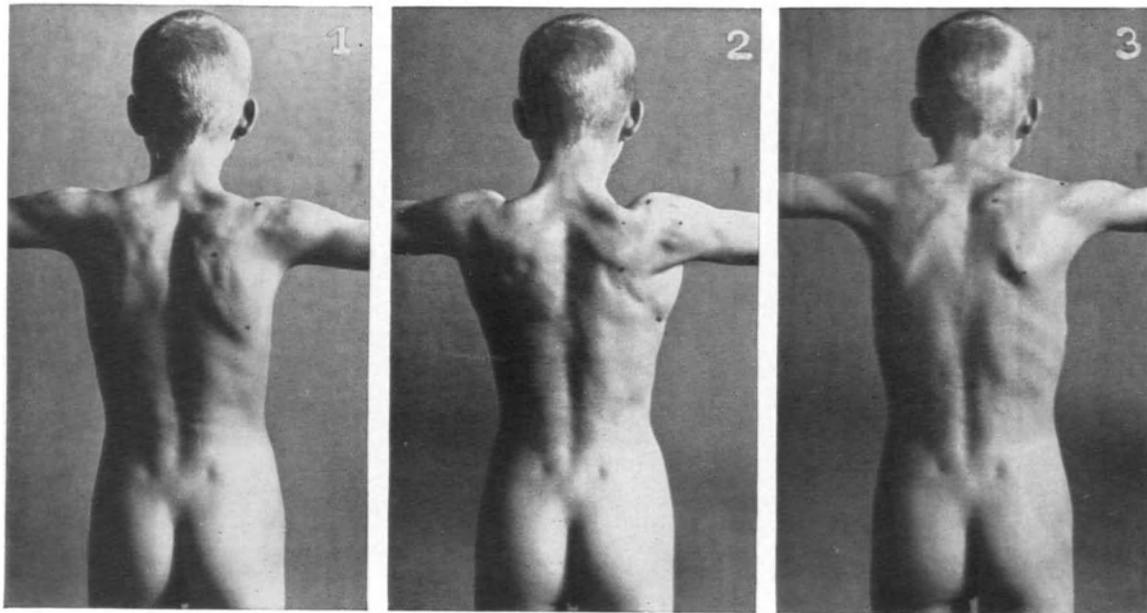


Abb. 311.

Fügt sich dann an die Seithalte der Arme auf Abb. 311, Fig. 1 eine stärkste Einwärts- oder Auswärtsdrehung an, so erfolgt dieselbe um die Längsachse des Armes, die durch den Schultergelenksmittelpunkt geht. Um diese Achse muß auch das Schulterblatt gedreht werden, wenn es der Drehung des Armes zu Hilfe kommen will. Deshalb hebt sich der untere Schulterblattwinkel (unterer Merkpunkt) bei der Einwärtsdrehung des Armes vom Brustkorb nach hinten ab, während der obere Rand des Schulterblattes mit dem oberen Winkel nach vorn und abwärts gedrängt wird. Das ist um so ausgiebiger möglich, je mehr sich der Brustkorb als Kegel nach oben hin verjüngt. Das Schulterblatt steigt deshalb, um diese Möglichkeit auszunützen, unter Führung durch das Schlüsselbein an, Fig. 3.

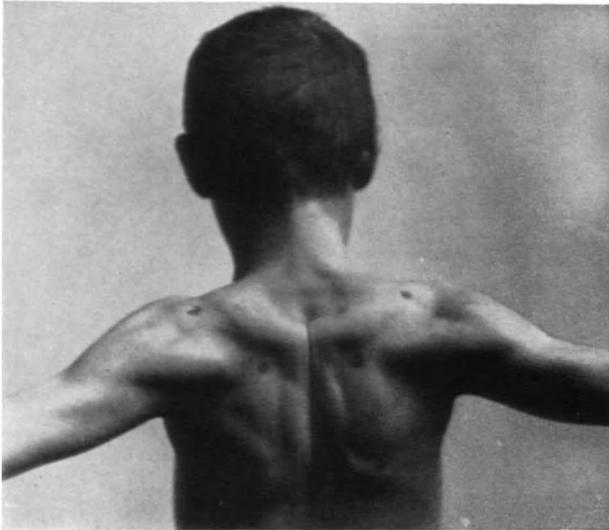


Abb. 312.



Abb. 313.

Die jetzt geneigte Lage der Schulterblattfläche von vorne und oben nach hinten und unten gegenüber der mehr vertikalen Einstellung auf Fig. 1 ist in der Verkürzung des Schulterblattes und durch die Vorverlagerung des oberen Merkpunktes ausgesprochen.

Umgekehrt ist die Hilfsbewegung des Schulterblattes für die Auswärtsdrehung. Der obere Merkpunkt geht so weit als möglich zurück, der untere vor. Das kann er jedoch nur mit seitlicher Umgehung des Brustkorbes und so kommt er in die Lage auf Fig. 2. Der untere Rand des Schulterblattes wird fest an den Brustkorb angepreßt.

Benützen wir die gegebene Anleitung auch zur Beobachtung und Erklärung der nächsten Abbildung 314, Fig. 1, welche das Modell mit gestreckten Armen in der Vorhalte darstellt, so sehen wir wieder, wie das Schulterblatt die Bewegung des Armes gleichsinnig begleitet. Durch eine Vornahme des Schultergürtels wird die Gelenkspfanne nach vorn gedreht und durch eine steilere Einstellung (Vorschwingung), die den unteren Merkpunkt stärker nach vorne außen bringt, wird die Pfanne nach oben gedreht. Nützlich ist der Vergleich von Abb. 314, Fig. 1 mit Fig. 1 der Abb. 311 und 312. Überkreuzen wir bei stärkster Innenführung die Arme vor dem Rumpf, so müssen die Schultergelenkspfannen noch stärker vorgewendet und dazu der Schultergürtel so weit als möglich vorgenommen werden, Abb. 313.

Wird der vorgestreckte Arm wieder um seine Längsachse durch den Schultergelenksmittelpunkt auswärts gedreht, Abb. 314, Fig. 2, so müßte die Schulterhöhe nach außen, der untere Winkel des Schulterblattes nach innen gehen. Diese Bewegung ist aber nur mit sehr kleinen Maßen ausführbar und auf Fig. 2 ist die Lage des oberen und unteren Merkpunktes kaum verändert, wohl aber sehen wir, wie sich der mittlere Merkpunkt und der obere Winkel des Schulterblattes vom Brustkorb abheben, so daß auf dem Aktbild ein tiefer Schlagschatten entsteht. Diese Bewegung des Schulterblattes wendet die Gelenkspfanne noch mehr nach vorne und gibt der Kapsel des Schultergelenkes gleichmäßigen Spielraum für die volle Auswärtsdrehung des Armes.

Umgekehrt muß für die Einwärtsdrehung des Armes, Abb. 314, Fig. 3, der obere Merkpunkt nach innen, der untere nach außen gebracht werden und wir ersehen aus der Figur 3, daß diese Bewegung ausgiebig möglich und durchgeführt ist. Es liegt diesmal der untere Merkpunkt, U.P., am weitesten außen, dann folgt der obere Merkpunkt, O.P., der sich fast über den mittleren Merkpunkt, M.P., einstellt.

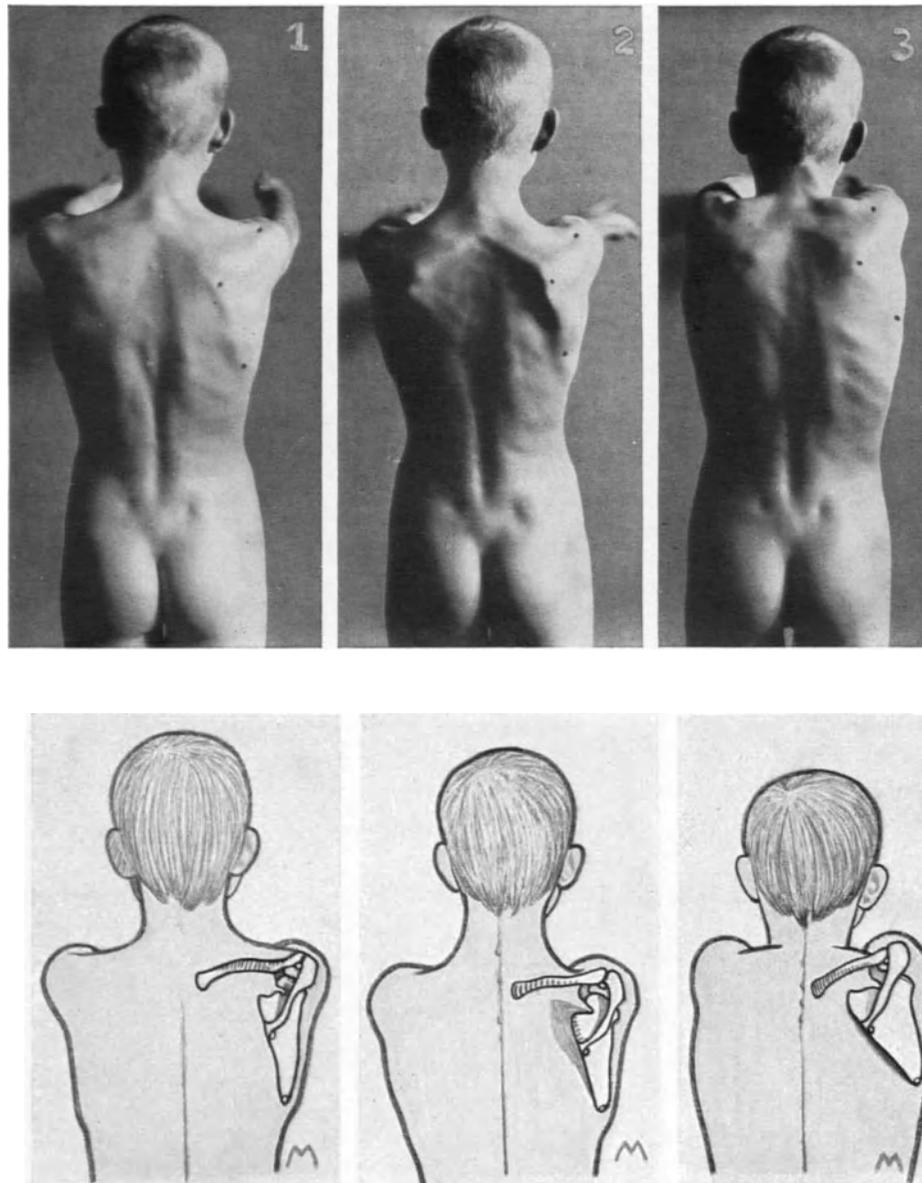


Abb. 314.

Die Hebung des Armes kann, wie wir aus täglicher Erfahrung wissen, über das Maß, das in Abb. 307 dargestellt ist, erweitert werden bis zur Stellung, die wir die hohe Armhebung nennen.

Dazu ist die völlige Ausnützung der Schultergelenkbewegung und eine Steigerung der Schulterblattschwingung über das bisher gewonnene Maß hinaus nötig und auf folgende Weise erreichbar. Entsprechend der schematischen Skizze, Abb. 315, wird der untere Winkel des Schulterblattes (grau getönt) mit Vorführung und Hebung des Schlüsselbeines in die stärkste Vorlagerung gebracht. Er nimmt dann den vordersten Punkt des Bewegungsraumes an der seitlichen Rumpfwand etwa in der Höhe der sechsten Rippe ein.

Halten wir den unteren Winkel in dieser Lage fest, so bleibt das Schulterblatt und das Schlüsselbein aber noch weiter und zwar um eine Achse beweglich, welche als gerade Linie die beiden Drehpunkte,



Abb. 316.

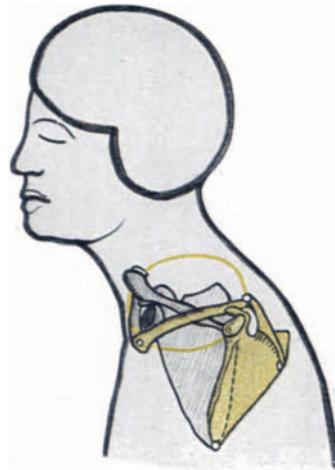


Abb. 315.



Abb. 317.

das innere Ende des Schlüsselbeines und den unteren Winkel des Schulterblattes verbindet. Um diese Achse können die beiden verbundenen Knochen bewegt und in die neue durch rötlichen Ton gekennzeichnete Lage gebracht werden.

Diese Bewegung setzt beide Schlüsselbeingelenke in Tätigkeit und ergibt eine Einstellung des Schulterblattes, welche sich durch stärkste Aufwärtswendung der Schultergelenkspfanne auszeichnet und zur hohen Armhebung gewählt werden muß. Sie fördert den Ausschlag des Schultergelenks für die Hebung des Armes um etwa $35-40^{\circ}$. Am Lebenden wird dieses Maß wohl nur selten erreicht und überschritten. Mit dieser starken Umlegung des Schulterblattes wird die Pfanne des Schulterblattes gegenüber der Ruhestellung etwas weiter nach innen gewendet.

Der untere Winkel des Schulterblattes rückt am lebenden Menschen um etwa 9—11 cm von seiner Normalstellung und bis zu 19 cm von der Wirbelsäule ab.

Diese stärkste Aufwärtsdrehung der Schultergelenkspfanne kann nur bei der gekennzeichneten Einstellung des Schlüsselbeines zum Brustkorb erreicht werden, weil dadurch die Vorschwingung des Schulterblattes in die Ebene der Hauptbewegung des äußeren Schlüsselbeingelenkes einlenkt und der untere Winkel auf der langen Achse des Bewegungsfeldes, Abb. 288, seine größte Wegstrecke außen am Brustkorb zurückzulegen vermag.

Prüfen wir nun das am Gelenkpräparat gewonnene Ergebnis am lebenden Modell nach, so wird uns die Betrachtung der drei photographischen Aufnahmen Abb. 316, 317 und 318 von der Drehung des unteren Schulterblattwinkels nach vorn und von der Drehung des Schlüsselbeines nach hinten sofort überzeugen. Die Abb. 317 läßt auch die Stellung des ganzen Schulterblattes und die Hebung des unteren Winkels erkennen. Der obere Merkpunkt geht am Lebenden von der Normalstellung um etwa 5—7 cm nach hinten und steigt um 2—4 cm an.

Weil die hohe Armhebung nur mit äußerster Ausnützung aller drei Gelenke erreicht werden kann, so ergibt sie stets dieselbe Endstellung. Es ist völlig gleichgültig, ob wir dieselbe mit zunächst vorgeschobenen oder nach außen gehobenen Armen ausführen, ob wir das Schulterblatt vorher so hoch als möglich heben oder so tief als möglich senken, ob wir es vornehmen oder zurückschieben. Immer wird die gleiche Endstellung erreicht, nur der Weg, der zu dem Endergebnis führt, ist mannigfaltig.

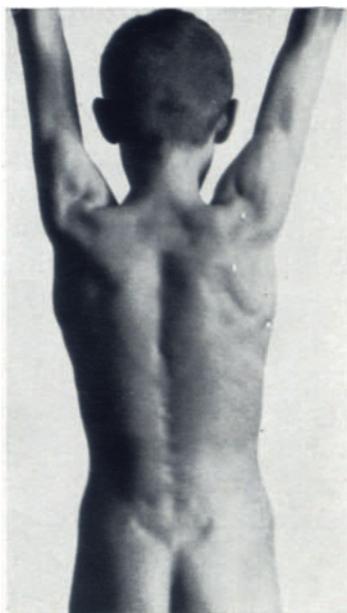


Abb. 318.

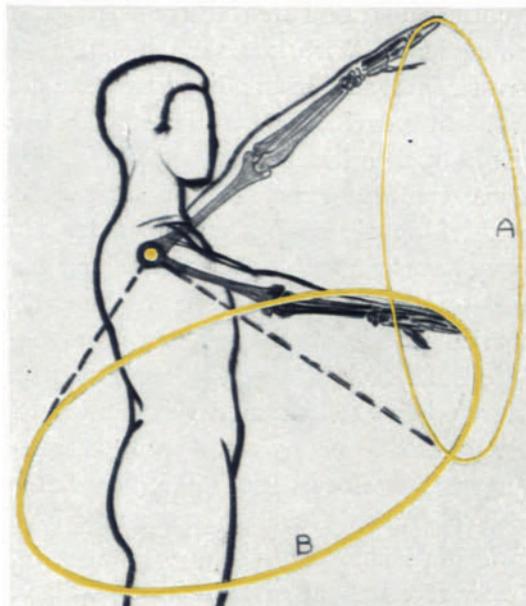


Abb. 319.

Daraus können wir wieder folgern, daß es dem Lebenden frei steht, zur Erreichung der hohen Armhebung jede beliebige Anordnung und zeitliche Aufeinanderfolge der einzelnen Gelenkbewegungen zu wählen. Es braucht nicht etwa zunächst der untere Winkel des Schulterblattes mit Erhebung des Schlüsselbeins soweit als möglich vorgebracht und dann die Rücklagerung des Schlüsselbeins angeschlossen zu werden, sondern beide Bewegungen können auch ebensogut zeitlich umgekehrt oder wie das meistens geschieht, gleichzeitig und wieder in den verschiedensten Abstufungen ausgeführt werden.

Die beiden Abb. 316 und 317 zeigen aber, daß die Hebung des Armes im Schultergelenk und die Mithilfe des Schulterblattes nicht ausreicht, um den Arm vertikal nach oben zu bringen.

Der Lebende wird dadurch etwa eine Gesamterhebung von $110-120^{\circ}$ plus $40 = 150-160^{\circ}$ erreichen, aber oft unter diesem Maß bleiben. Selbst in dem Fall großer Beweglichkeit, Abb. 316, ist immer noch lange nicht die vertikale Einstellung erreicht.

Dazu verhilft erst eine Bewegung, welche die Achse des Brustkorbes weniger steil einstellt. Das kann entweder durch eine Streckung der Wirbelsäule oder durch eine entsprechende Hilfsbewegung in den Hüft-, Knie- oder Sprunggelenken erreicht werden.

Um sich oberflächlich von dem Wert der Wirbelsäulenstreckung für die hohe Armhebung zu überzeugen, lasse man ein Modell in sitzender Haltung mit gleichmäßig gebeugter Wirbelsäule, Abb. 320, A, die gestreckten Arme erheben, solange das ohne eine merkbare Streckung der Wirbelsäule möglich ist (B). Dann läßt man, immer mit dem Auftrage, die Wirbelsäule solange als möglich in der erst angenommenen Beugstellung zu erhalten, die Arme weiter heben, bis sie vertikal eingestellt sind. Das Modell muß dann mit der Wirbelsäule nachgeben und sie stärker strecken, um die Brustkorbachse horizontal einzustellen (C).

In dem abgebildeten Fall betrug der Anteil der Wirbelsäule an der Gesamtbewegung etwa 25° , doch wird dieses Maß wohl individuell sehr wechseln.

Noch besser gelingt diese Beobachtung auf folgende Weise: Man stellt ein Modell rücklings an die Vorderkante einer geöffneten Zimmertüre in einer Haltung, daß die Wirbelsäule vom Kreuzbein bis etwa zum letzten Halswirbel bündig der Türkante anliegt. Erhebt das Modell beide Arme mit dem Auftrag,

die volle Berührung mit der Türe so lange als möglich beizubehalten, so wird man erkennen, von welchem Maß der Hebung an die Wirbelsäule durch stärkere Streckung der Erhebung der Arme zu Hilfe kommen muß und von der Türkante in der Lendengegend abrückt.

Der Beobachter darf sich über die tatsächliche ohne Beteiligung der Wirbelsäule erreichte Haltung der Arme nicht täuschen lassen. Der weniger Erfahrene meint oftmals eine volle Erhebung um 180° zu sehen und doch ergibt die genaue Bestimmung der Stellung des Armes weit geringere Maße.

Im Anschluß an die Darstellung des Mechanismus der hohen Armhebung müssen wir auch noch die Rückhebung desselben aus der Normalstellung genauer beobachten. Die beiden schematischen Skizzen der Abb. 309B und 310 zeigen, daß die Stellung des Schulterblattes noch nicht das äußerste Maß der Rückhebung erlaubt. Dieselbe beträgt hier etwa $10-15^{\circ}$.

Wird das Schlüsselbein aber ein wenig gehoben und vorgebracht, bis es jene Stellung einnimmt, die auf Abb. 275, Seite 168 dadurch gekennzeichnet ist, daß die gelbe Strichmarke am steilsten abwärts läuft und die stärkste Drehung nach vorne anzeigt, so können wir das Schulterblatt in die Lage der Abb. 321 bringen. Dasselbe ist jetzt mit seinem Innenrand und besonders weit mit seinem unteren Winkel vom Brustkorb abgerückt. Dabei steigt der untere Winkel durch die starke Drehung in beiden Schlüsselbeingelenken in die Höhe.

Die Gesamtrückdrehung erreicht jetzt etwa 20° .

Wird diese äußerste Rückhebung des Armes vom Lebenden ausgeführt, so sehen wir fast immer eine fördernde Beugebewegung des Rumpfes und zwar vor allem in der oberen Brustwirbelsäule sich anschließen, welche die Brustkorbachse im gewünschten Sinne günstiger stellt. Es ist gar nicht leicht, diese Bewegung ganz zu vermeiden und die Schulterblattbewegung allein auf das äußerste Maß zu treiben. Übrigens sind ebensolche, schwer auszuschaltende Mitbewegungen des Rumpfes auch bei den Drehungen des Armes in der Seit- und Vorhalte deutlich ausgesprochen. Es sei auch gleich darauf hingewiesen, daß der Lebende bei einer erstmaligen Ausführung einer solchen Bewegung häufig unnötige oder sogar störende und hemmende Mitbewegungen macht, die erst durch längere und aufmerksame Übung auszuschließen sind.

Durch die gegebene Beobachtung der Rückschwingung des Schulterblattes wird auch der Zwiespalt erklärt, der darin liegt, daß auf Seite 175 die Hauptbewegung des Schulterblattes im äußeren Schlüsselbeingelenk mit etwa $50-60^{\circ}$, die äußerste Winkelgröße für die Schwingung des Schulterblattes bei der hohen Armhebung aber nur auf $35-40^{\circ}$ angegeben wurde. Ein Blick auf Seite 177, Abb. 289 beseitigt jeden Zweifel, denn wir sehen, daß der untere Schulterblattwinkel in der Ruhelage des Gürtels nicht den rückwärtigen Rand des eiförmigen Bewegungsfeldes einnimmt, sondern auf der langen Achse des Bewegungsfeldes nach hinten noch eine Strecke zurücklegen kann, die dem Winkelmaß von etwa $15-20^{\circ}$ entspricht. Um dieses Maß vermag das Schulterblatt aus der Ruhelage nach hinten auszuspringen und die Rückhebung des Armes zu fördern. Auch dieses Rückschwingen kann durch Verstellung des äußeren Schlüsselbeingelenkes in verschiedenen Richtungsebenen erfolgen.

Die Hebung des Schlüsselbeins hat bei den bisher betrachteten Bewegungen wiederholt eine Rolle gespielt, aber nicht durch die erreichte Mithebung des Schultergelenkes, sondern durch die gewonnene stärkere Ausnützung der Schlüsselbeingelenke.

Es wird aber auch die reine Hebung der Schultergelenkspfanne selbst für den Gebrauch der Arme in Betracht kommen können, da sie mit dem immerhin großen Betrag von 10 cm (seltener bis zu 14 cm) Wegstrecke arbeitet.

Wir können also ein am herabhängenden Arm getragenes Gewicht um dieses Maß heben.

Die Hebung der Schultergelenkspfanne kann zunächst ohne wesentliche Änderung ihrer sonstigen Einstellung durch eine Parallelschiebung des Schulterblattes nach oben bis zu dem auf Abb. 323 abgebildeten Erfolg gebracht werden.

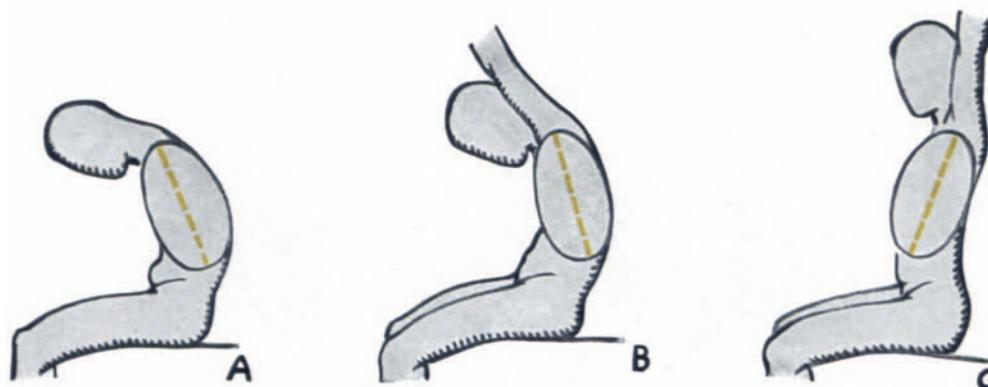


Abb. 320.

Die weitere Hebung aber ist nur durch eine Drehung des Schulterblattes erreichbar, durch welche der untere Winkel stark nach außen abweicht, Abb. 322. Die Erklärung für dieses Verhalten ist leicht zu geben. Wäre das Schulterblatt mit dem äußeren Ende des Schlüsselbeins fest verbunden, so müßte es die Kreisbewegung des Schlüsselbeins nach oben mitmachen und sein unterer Winkel müßte seitlich über die Brustkorboberfläche heraustreten. Die Parallelschiebung ist also nur dadurch möglich, daß sich das Schulterblatt fast um den gleichen Betrag im äußeren Gelenk abwärts, wie das Schlüsselbein im inneren Gelenk aufwärts dreht. Diese Abwärtsdrehung des Schulterblattes gegen das Schlüsselbein findet aber mit dem Anstoßen des Rabenschnabelfortsatzes an die Unterfläche des Schlüsselbeines früher ihr Ende als die Aufwärtsdrehung des Schlüsselbeines im Brustbeingelenk und es muß jede weitere Hebung des Schlüsselbeines die in Abb. 322 sichtbare Auswärtsdrehung des Schulterblattes zur Folge haben.

Zum Schlusse unserer Betrachtung der Schulterblattbewegungen müssen wir nochmals hervorheben, daß fast alle aktiv, also durch Muskelkräfte hervorgebrachten Bewegungen verhältnismäßig früh ein Ende haben, während der Bau der Gelenke größeren Ausschlag vorsieht. Es kommt also auch hier ein muskeltoter Raum zur Beobachtung, wie wir ihn ja schon für fast alle Gelenke kennen und als wertvolle Sicherung für den Gelenkapparat schätzen gelernt haben.

Passiv, durch äußere Kräfte kann dieser Raum nach entsprechender Übung fast völlig ausgenützt werden.

Das bisher Gesagte lehrt uns, daß der Arm seine Beweglichkeit gegen den Rumpf zum größeren Teil der Spielweite des Schultergelenkes (s. Fig. 303) verdankt. Der Rest wird durch die Beweglichkeit des Schulterblattes gewonnen, durch welche der Spielraum des gestreckten Armes im Raum und gegen den Rumpf verstellt wird.

Die schematische Abb. 324 zeigt den Gesamtspielraum beider gestreckter Arme, die Mitbewegung der Wirbelsäule inbegriffen. Wir finden ihn fast ganz vor der stirngeraden Ebene durch beide Schultergelenke gelegen und so der Kontrolle durch die Augen unterstellt.



Abb. 321.

Wir haben unsere Aufgabe erledigt, gewisse ausgewählte Bewegungen des Schulterblattes mit Rücksicht auf die Bewegungen des Armes im Schultergelenk herauszugreifen und der Erfolg war ein ganz befriedigender.

Wir sind jetzt in dem Zustande, die Beobachtung der unendlich vielen und verwickelten Bewegungen des Schulterblattes am lebenden Menschen über ein Zufallsergebnis hinaus zu steigern und zunächst zu prüfen, ob ein solcher Zusammenhang mit bestimmten Bewegungen des Armes vorliegt. Wir haben für eine solche Untersuchung auch die nötige Anleitung gewonnen, denn wir wissen, in welchem Sinne und innerhalb welcher Örtlichkeit diese Bewegung einzuführen brauchen und es genügt, auf die früheren Ausführungen zurückzuverweisen.

Wir wollen uns jetzt weiter überlegen, ob wir uns mit der vorgenommenen Ordnung der Schulterbewegungen zufrieden geben wollen oder ob nicht noch andere Beziehungen derselben aufzudecken sind. Es ist ja klar, daß es auch noch unendlich viele Bewegungen des Schulterblattes geben muß, die ohne Beziehungen zu den Bewegungen des Armes sind, also für sich selbst ausgeführt werden. Wir können uns Angriffs- und Abwehrbewegungen des Schulterblattes denken. Schlagen wir einem Menschen hart auf seine Schulterblattgräte, so wird er dem wiederholten Angriff durch eine Verlagerung des Schulterblattes zu entgehen suchen. Wir könnten



Abb. 322.

diese Beobachtung durchgeführt werden muß.

Freilich dürfen wir nicht vergessen, daß wir eine willkürliche Annahme in unserer Betrachtung eingeführt haben, indem wir den Rumpf als unbewegten Teil annahmen, gegen den wir die Bewegung des Schulterblattes untersuchten. Es ist aber auch die entgegengesetzte Annahme möglich, daß der Arm und das Schulterblatt festgestellt sind und der Rumpf sich bewegt. Denken wir aber z. B. an einen Turner, der mit den Armen am Reck hängend seinen Rumpf beim Bauchaufzug bewegt so wird kein Glied der Kette in Ruhe sein, sondern Rumpf, Schulterblatt und Arm in Bewegung geraten. Wir werden aber deshalb keine neue Betrachtungs-

weiter versuchen, durch eine Vorwärtsbewegung des Schlüsselbeines einen Druck gegen einen Außenkörper auszuführen.

Sind wir mit zurückgenommenen Schultern zwischen zwei Widerständen eingeklemmt, so können wir versuchen durch Vorbringen der Schultern diesen Widerstand zu überwinden u. s. f. Derartige Einzelfälle sind in großer Zahl denkbar, aber sie führen zu keiner neuen systematischen Betrachtungsweise, wie die von uns erstmals ausgewählte. Diese wird uns vielmehr in den Stand setzen, auch diesen vielen neuen Einzel-

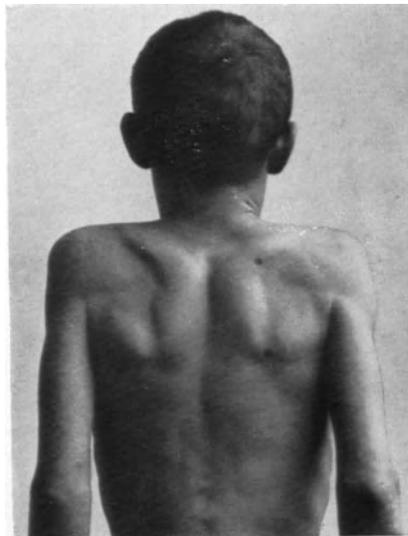


Abb. 323.

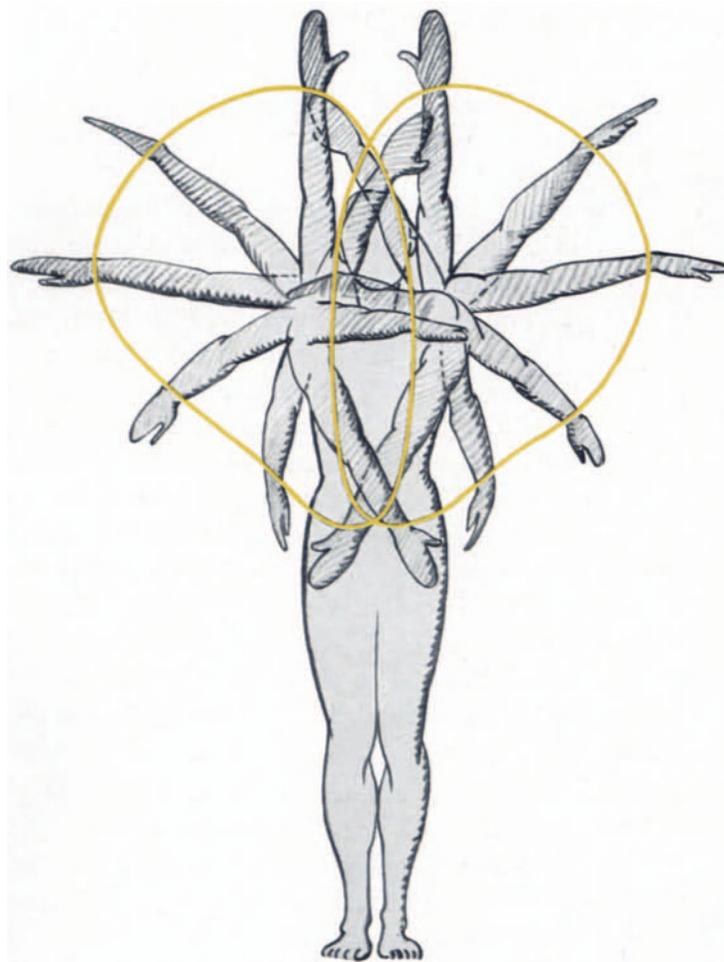


Abb. 324.

fällen nicht urteilslos gegenüber zu stehen, weil wir versuchen werden, sie auf bekannte Bewegungen zurückzuführen. Freilich wird hier die geduldige und ausdauernde Beobachtung des lebenden Modells erst dazu führen, die Kenntnisse jener durch Gewöhnung ausgewählten Bewegungen zu vermitteln, die unbeschadet der Ausführbarkeit aller übrigen durch Übung zu charakteristischen individuellen Bewegungen geworden sind.

Zuletzt haben wir noch die Muskeln zur Bewegung und Haltung des Schultergelenkes und des Schultergürtels kennen zu lernen.

Wir beginnen mit den eigenen Muskeln des Schultergelenkes, die sich zwischen dem Schultergürtel und dem Oberarm oder dem Vorderarm ausspannen. Sie umfassen ringsum das Schultergelenk, so daß es eine völlig gedeckte Lage wie das Hüftgelenk erhält. Es kommt in dieser allseitigen Umschließung des Gelenkes mit Muskelfasern die allseitige Beweglichkeit des Kugelgelenkes zum Ausdruck.

Der oberflächlichste und größte Muskel ist der Deltamuskel, Abb. 325 und 326. Er deckt schalenförmig von oben her das Gelenk und verbindet das äußere Drittel des Schlüsselbeines, die Schulterhöhe und die Schultergräte mit der kleinen rauhen Fläche des Oberarmbeines, die auf der Abb. 346 zu sehen ist.

Er gehört zu den ausgesprochen fächerförmig gebauten Muskeln, wie der mittlere Gesäßmuskel und aus Gründen, die wir dort und auf Seite 15 auseinandergesetzt haben, werden wir deshalb auch von diesem

Muskel, ein vorderes, ein mittleres und ein hinteres Faserbündel (auf den Abb. mit 1—3 bezeichnet) auf seine Wirkung untersuchen.

Nach Abtrennung des Muskels wird der Oberarmkopf deutlich sichtbar, gedeckt von den dünnen flachen, sehnigen Ansätzen der auf Abb. 327 und 328 abgebildeten Muskeln.

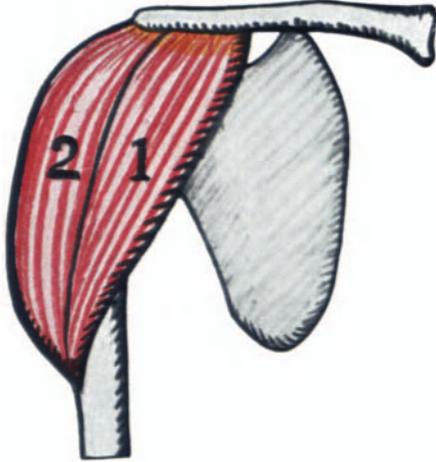


Abb. 325.

1. Der *Obergrätenmuskel* (*M. supraspinatus*) zieht aus der Obergrätengrube über den Gelenkkopf zum großen Höcker des Oberarmes.

2. Der *Untergrätenmuskel* (*M. infraspinatus*) kommt aus der Untergrätengrube und erreicht gleichfalls den großen Armhöcker.

3. Seine untere Fortsetzung bildet der *kleine runde Armmuskel* (*M. teres minor*), der gleichfalls am großen Höcker sich festheftet.

4. Der *große runde Armmuskel* (*M. teres major*) nimmt seinen Weg vom unteren Schulterblattwinkel, nicht wie die beiden vorher genannten, außen um den Gelenkkopf herum, sondern mit dem breitesten Rückenmuskel, dem er sich anschließt, innen um den Oberarmknochen herum und erreicht die Leiste des kleinen Höckers.

5. Der *Unterschulterblattmuskel* (*M. subscapularis*) heftet sich einerseits an die Innenfläche, also die Rippenfläche des Schulterblattes und andererseits an den kleinen Höcker des Armbeines.

6. Der *Rabenschnabel-Armmuskel* (*M. coracobrachialis*) verbindet den im Namen des Muskels genannten Fortsatz mit der Mitte des Oberarmbeines.

7. Der *zweiköpfige Muskel* (*M. biceps*) entsteht aus der Vereinigung zweier spindelförmiger Muskelbäuche. Einer kommt vom Rabenschnabel, der andere mit dünner runder Sehne vom Scheitel des Pfannenrandes des Schultergelenkes. Die Sehne verläuft durch das Schultergelenk in die Rinne zwischen beiden Armhöckern. Jenseits derselben beginnt der Fleischbauch, der sich mit dem des ersten Kopfes vereinigt. Der einheitliche Muskelbauch erreicht mit einer kurzen runden Sehne den Unterarm am Höcker der Speiche.

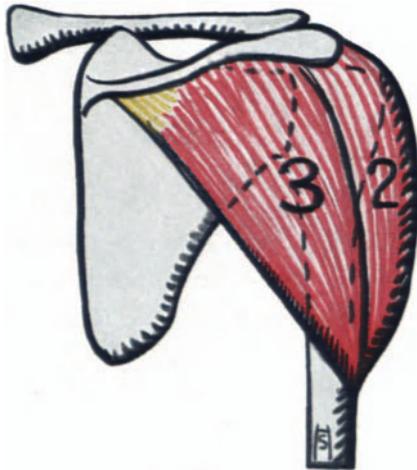


Abb. 326.

8. Der *dreiköpfige Muskel* (*M. triceps*). Von diesem gehört sein langer Kopf in diese Gruppe, weil er am Schulterblatt, und zwar unter dem tiefsten Punkt des Gelenkpfannenrandes am Außenrand des Knochens sich ansetzt.

Dieser lange Tricepskopf benützt die dreieckige Lücke, die zwischen dem kleinen und großen runden Armmuskel ausgespart bleibt, um längs des Oberarmknochens zum Olecranon der Elle zu ziehen.

Von den hier aufgezählten Muskeln sind der Deltamuskel, der Untergrätenmuskel und der Unterschulterblattmuskel flache und fächerförmige Muskeln, die übrigen haben Spindelform.

Über die Wirkung dieser 8 Muskeln soll uns zunächst die Tabelle auf Seite 200 unterrichten. Er wird möglich sein, aus dieser Zusammenstellung die nötige Anleitung zu gewinnen, die zur erfolgreichen Beobachtung am lebenden Körper unentbehrlich ist.

Wie schon beim Hüftgelenk ausgeführt wurde, ist diese Tabelle zunächst nur für Bewegungen des Schultergelenkes gültig, die von der gewählten ruhigen Hangstellung des Armes ihren Ausgang nehmen; denn es wird, wie wir ja wissen, durch eine Bewegung im Gelenk die Anfangswirkung eines Muskels fast

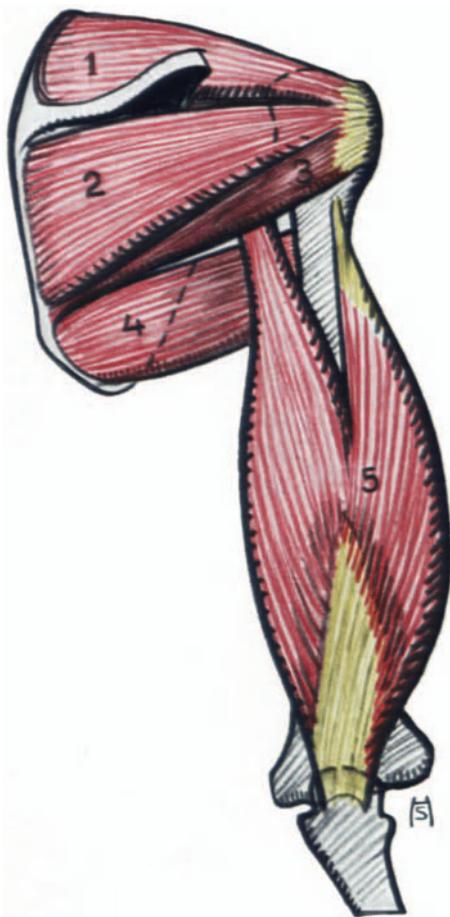


Abb. 327.

Zu Abb. 327.

- 1 Obergrätenmuskel
- 2 Untergrätenmuskel
- 3 Kleiner runder Muskel
- 4 Großer runder Muskel
- 5 Dreiköpfiger Muskel

Zu Abb. 328.

- 1 Obergrätenmuskel
- 2 Unterschulterblattmuskel
- 3 Rabenschnabel-Armmuskel
- 4 Großer runder Muskel
- 5 Zweiköpfiger Muskel



Abb. 328.

immer verändert. Die den einzelnen Muskeln beigesetzten Bemerkungen beziehen sich auf derartige Veränderungen ihrer Wirkung.

So führen die hintersten Fasern des Deltoideus (Delta 3) den Arm aus dem ruhigen Hang nach außen und beugen ihn. Heben wir aber den Arm stärker in die Höhe (Streckung), so wird diese Wirkung immer geringer, endlich gleich Null und bei weiterer Erhebung gewinnt dann auch dieser Muskelteil streckende Kraft. Die Erklärung ist durch einen Blick auf Abb. 326 sofort gefunden. In der Ruhelage des Armes ziehen die Fasern dieses Muskelteiles unter und hinter dem Gelenkmittelpunkt vorbei. Heben wir den Arm z. B. in der Nullmeridianebene, also nach vorn außen höher hinauf, dann geht die Ansatzstelle des Muskels am Oberarm allmählich so hoch mit, daß die Muskelfasern über dem Gelenkmittelpunkt verlaufen und damit entgegengesetzten Einfluß auf das Gelenk gewinnen.

Gerade für den Deltamuskel als ausgesprochen fächerförmigen Muskel soll auf eine Betrachtungsweise aufmerksam gemacht werden, die bei allen Muskeln dieser Form mit Erfolg am Lebenden angewendet werden kann.

Wir suchen zunächst nach einer Stellung der durch den Muskel verknüpften Skeletteile zueinander, bei welcher das unter der Haut sichtbare Muskelfeld die kleinsten Ausmaße besitzt.

Dann muß bei aktiver Anteilnahme der größtmögliche Teil der Muskelfasern in stärkster Verkürzung sein und jede Bewegung von dieser Stellung aus muß alle oder einen Teil dieser verkürzten Fasern dehnen, also verlängern.

Das kleinste Muskelfeld der Deltamuskeln finden wir bei maximal gehobener Stellung (Streckung) des Armes im Schultergelenk.

Heben wir aber den Arm nur etwa bis zur horizontalen Ebene, damit das Schultergelenk noch nach jeder Richtung Spielraum behält, so können wir durch Zuführen des Armes das Muskelfeld in die Form bringen, die auf Abb. 329A zu sehen ist, während durch ein Abführen des Armes das Muskelfeld der Abb. 329B erreicht wird. Vergleichen wir die beiden Felder miteinander, so werden wir sofort darauf

Streckung	Beugung	Zuführung	Abführung	Drehung innen	Drehung außen
<i>Unterschulterblatt-muskel</i> nur bei stärkster Streckung	<i>Unterschulterblatt-muskel</i> mit steigender Streckung <	<i>Unterschulterblatt-muskel</i> bei stärkster Streckung	<i>Unterschulterblatt-muskel</i> mit steigender Streckung <	<i>Unterschulterblatt-muskel</i>	
<i>Obergrätenmuskel</i>			<i>Obergrätenmuskel</i>		<i>Obergrätenmuskel</i>
<i>Untergrätenmuskel</i> oberer Anteil	<i>Untergrätenmuskel</i> mit steigender Streckung <		<i>Untergrätenmuskel</i> mit steigender Streckung >		<i>Untergrätenmuskel</i>
<i>Deltamuskel 1</i> mit steigender Streckung >	Unterer Faseranteil bei mittlerer Streckung = 0	<i>Deltamuskel 1</i> mit steigender Streckung >		<i>Deltamuskel 1</i>	
<i>Deltamuskel 2</i>		<i>Deltamuskel 2</i>			
<i>Deltamuskel 3</i> nur bei stärkster Streckung	<i>Deltamuskel 3</i> mit steigender Streckung <		<i>Deltamuskel 3</i>		<i>Deltamuskel 3</i>
<i>Biceps langer Kopf</i>		<i>Biceps langer Kopf</i> mit steigender Streckung >		<i>Biceps langer Kopf</i>	
	<i>Biceps kurzer Kopf</i>	<i>Biceps kurzer Kopf</i>		<i>Biceps kurzer Kopf</i>	
	<i>Rabenschnabel-Armmuskel</i> mit steigender Streckung <	<i>Rabenschnabel-Armmuskel</i> mit steigender Streckung >		<i>Rabenschnabel-Armmuskel</i>	
	<i>Großer runder Muskel</i>		<i>Großer runder Muskel</i> mit steigender Beugung >	<i>Großer runder Muskel</i>	
	<i>Triceps langer Kopf</i>		<i>Kleiner runder Muskel</i> mit steigender Streckung >		<i>Kleiner runder Muskel</i>

Das Zeichen > bedeutet „nimmt zu“, das Zeichen < bedeutet „nimmt ab“.

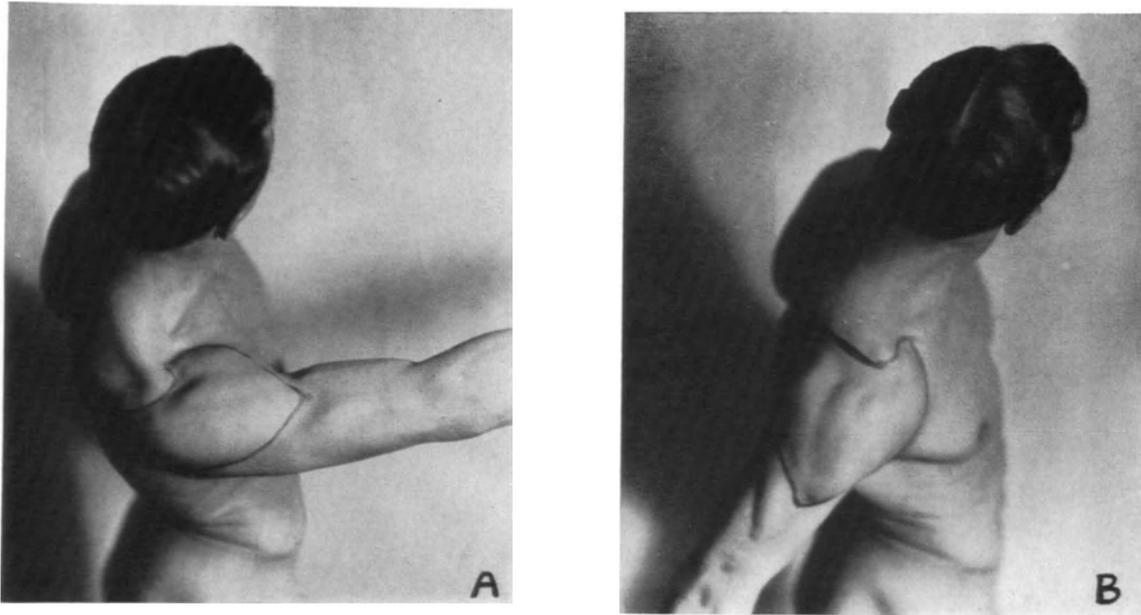


Abb. 329.

aufmerksam, daß im ersten Fall die vorderen, im zweiten Fall die hinteren Fasern verkürzt, die entgegengesetzten aber gedehnt wurden.

Außerdem sehen wir auch den verkürzten Muskelrand verdickt und er fühlt sich härter an als der verflachte, der freilich auch in starker Dehnungsspannung stehen kann.

So läßt eine Betrachtung des Formenwechsels auch die Wirkungsweise eines Muskels beurteilen.

Für die gegebene Tabelle gilt die Annahme, daß das Schulterblatt unbeweglich festgestellt ist. Am Lebenden ist das aber keineswegs der Fall und die Muskeln des Schultergelenkes sind folglich zwischen zwei beweglichen Teilen ausgespannt und sie können entweder nur den Arm, oder nur das Schulterblatt oder beide gleichzeitig bewegen. Es kommt darauf an, wie groß der Widerstand ist, den beide Teile einer Bewegung entgegensetzen.

Ein Beispiel: Das Schulterblatt setzt der Bewegung durch die Muskeln größeren Widerstand entgegen als der Arm. Der Deltamuskel (Delta 2) führt den Arm nach vorn außen, der große runde Muskel ist gedehnt, Abb. 330, 1.

Die Verkürzung des großen runden Muskels senkt nunmehr den erhobenen Arm gegen einen angenommenen Widerstand, der überwunden wird. Es nähert sich der Arm dem unteren Winkel des feststehenden Schulterblattes, Abb. 330, 2. Er wird gebeugt.

Wird aber der Arm durch einen größeren Widerstand festgehalten als das Schulterblatt und vermag der große runde Muskel noch eine Bewegung im Schultergelenk auszulösen, so dreht sich jetzt das Schulterblatt gegen den Arm derart, daß der untere Winkel dem Arm sich nähert, Abb. 330, 3.

Nehmen wir endlich an, daß ebenso die Verkürzung des Deltamuskels bei dem Versuch, das Schulterblatt zu bewegen, größeren Widerstand im Arme findet als im Schulterblatt, so wird das letztere im Sinne der Abb. 330, 4 verstellt.

Vergleichen wir die beiden letzten schematischen Skizzen der Abb. 330, 3 und 4, so wird uns klar, daß die beiden Muskel vom feststehenden Arm aus am beweglichen Schulterblatt arbeiten können und dasselbe mit seiner Pfanne auf dem Gelenkkopf bewegen. Eine solche Bewegung des Schulterblattes gegen den unbewegten Arm kann auch vom Lebenden erlernt werden.

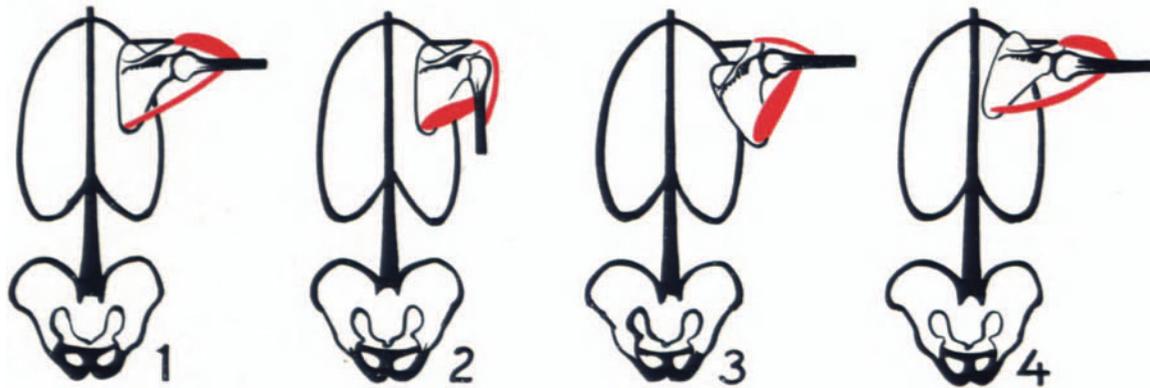


Abb. 330.

Verankern wir den Arm, etwa durch die Hand außerhalb des Körpers, so können wir uns vorstellen, daß jetzt alle Muskeln des Schultergelenkes vom festgehaltenen Arm aus am Schultergürtel ziehen und denselben gegen den Arm verstellen oder wenn der Rumpf mit dem Gürtel durch andere Muskeln fest verbunden ist, auch den Rumpf noch mitbewegen, wie z. B. beim Handstand, beim Schwingen aus der Stütze am Barren, aus der Hangstellung am Reck usw. Es muß also jede Bewegung des Armes im Schultergelenk Bewegungen des Schultergürtels hervorrufen, die durch die eigenen Muskel des Gürtels verhindert oder gefördert werden können.

Wie wir wissen, wird andererseits gerade das Schulterblatt für die Bewegungen des Armes zweckvoll mitbewegt. Das geschieht durch die fünf Eigenmuskeln des Schultergürtels, welche ihn mit dem Rumpf verknüpfen und deshalb die *Rumpfgürtelmuskeln* genannt werden.

Der oberflächlichste und größte ist der *Kapuzenmuskel* (*Cucullaris* oder *Trapezius*), Abb. 331.

Er schiebt das innere Ende seiner Fasern zum Hinterkopf und zur Mittelebene des Rumpfes und gewinnt hier eine ausgedehnte Ansatzlinie, die vom Hinterhaupt über das Nackenband und die Dornfortsätze der Hals- und Brustwirbel bis zum letzten derselben herabreicht. Die äußeren Enden der Fasern erreichen die etwas kürzere Ansatzlinie am Schultergürtel. Dieselbe läuft über das äußere Drittel des Schlüsselbeines, über die Schulterhöhe und die Schulterblattgräte bis fast zu ihrem Übergang in den inneren Schulterblattrand, Abb. 331, rote Linie links.

Weil diese äußere Ansatzlinie nicht wie die innere von oben nach unten verläuft, sondern fast horizontal gelegt ist, müssen die Muskelfasern von einem Ansatz zum andern stark konvergieren, so daß die oberen Fasern von der Mittellinie steil abwärts, die unteren Fasern steil aufwärts verlaufen. Doch kann dieses Zusammenlaufen verringert werden, wenn das Schulterblatt sich so einstellt, daß die Schultergräte aus ihrer mehr horizontalen Lage in eine mehr vertikale gebracht wird, Abb. 332.

Die äußere Ansatzlinie krümmt sich nach vorne zu um. Dadurch wird erreicht, daß die beiden unteren Drittel des Muskels flächenhaft am Rücken ausgebreitet sind, während das obere Drittel, das an dem Krümmungsbogen Ansatz findet, aus der Rückenfläche seitwärts und nach vorn abgelenkt wird und damit die Schulterrundung erzeugt und an der Bildung der seitlichen Halskontur wesentlichen Anteil nimmt (siehe Abschnitt Hals).

Wir wissen schon, daß ein Muskel mit so sehr verschieden gerichtetem Faserverlauf durch Verkürzung dieser Fasern auch dementsprechend in sehr verschiedener Richtung tätig ist und daß wir deshalb den Muskel zur leichteren Beobachtung in verschiedene wirkende Teilstücke trennen müssen, die wir nach der Abb. 331 als *oberen* (1), *mittleren* (2) und *unteren* (3) Trapezius unterscheiden.

Nach Ablösung des Trapezius erscheinen zwei weitere Muskel, der *Schulterblattheber* (*Levator scapulae*) und der *rautenförmige Muskel* (*M. rhomboideus*), Abbildung 331, links.

Der erstere, ein schmaler, langer, parallel faseriger Muskel verbindet die Querfortsätze der oberen vier Halswirbel mit dem oberen Winkel des Schulterblattes. Er verläuft je nach der Haltung der Halswirbelsäule und der Stellung des Schulterblattes entweder mehr rein abwärts oder stark von vorne oben nach hinten unten und weicht dabei stärker oder weniger von der Körpermittlebene ab (Abschnitt Hals).

Der raute förmige Muskel ist ein viel breiteres, aber gleichfalls parallelfaseriges dünnes Muskelband, das von den Dornfortsätzen der beiden letzten oder des letzten Halswirbels und der folgenden vier ersten Brustwirbel nach abwärts und außen zum inneren Rand des Schulterblattes verläuft.

Die Annäherung des Schulterblattes an die Wirbelsäule läßt die Fasern steiler verlaufen, die Entfernung von der Wirbelsäule und die Hebung des Schulterblattes bedingen einen mehr quergerichteten Verlauf der Fasern.

Auf der vorderen Brustseite des Rumpfes finden wir unter dem oberflächlichen großen Brustmuskel den *kleinen Brustmuskel* (*M. pectoralis minor*). Er spannt sich, von der zweiten bis fünften Rippe mit dünnen Haftstreifen entspringend als zunächst flacher, dann rundlicher Strang zum Rabenschnabelfortsatz des Schulterblattes, Abb. 334 und 336.

Auf der seitlichen Rumpfwand, zum Teil unter dem Schulterblatt versteckt, liegt der *große, sägeförmige Muskel* (*M. serratus anterior*) Abb. 334. Wir teilen diesen flachen, ausgedehnten Muskel in drei Teile. Der größere untere Abschnitt vereinigt die von der fünften bis neunten Rippe kommenden kräftigen Muskelstreifen (Zacken) am inneren Rand des Schulterblattes in der Nähe des unteren Winkels und an diesem selbst.

Der kleinere obere Abschnitt wird von den beiden Streifen gebildet, die von der ersten und zweiten Rippe fast quer zum oberen Winkel verlaufen, Abb. 334, 1.

Zwischen diesen beiden Teilen liegen noch zwei sehr dünne Muskelstreifen, die vielfach beim Menschen recht schlechte Entwicklung zeigen, Abb. 334, 2.

Betrachten wir die fünf Rumpfgürtelmuskeln auf der Abb. 334, so sehen wir sie in der verschiedensten Richtung vom Rumpfskelett aus das Schulterblatt, den *Trapezius* auch das Schlüsselbein erreichen.

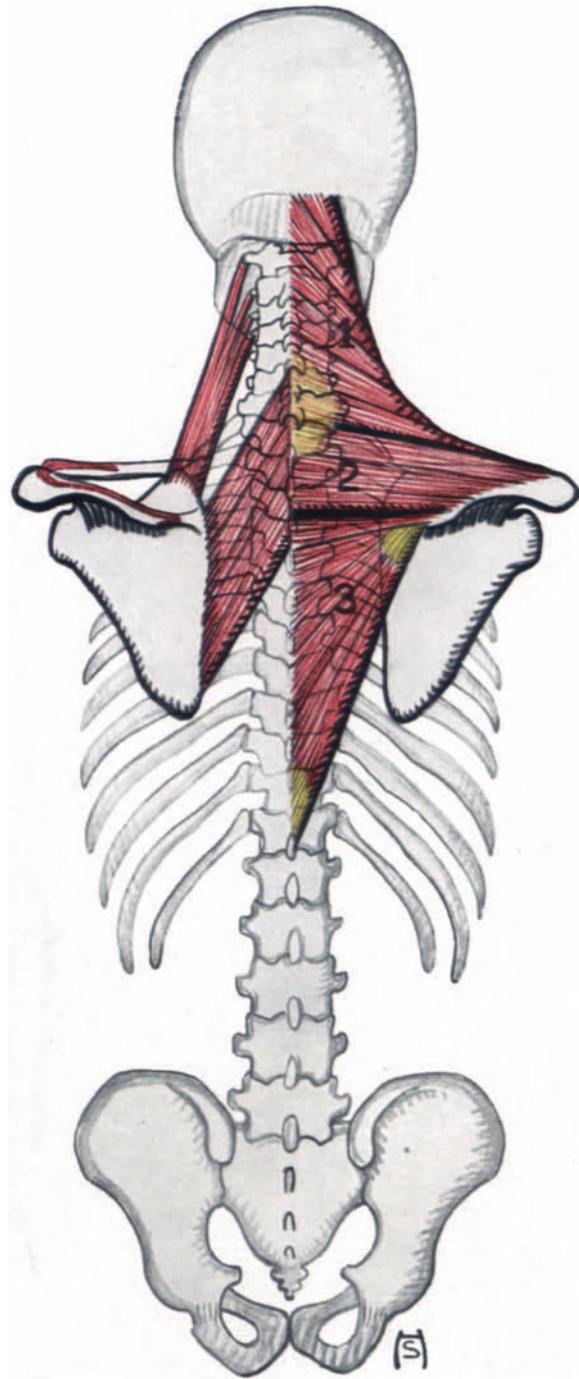


Abb. 331.

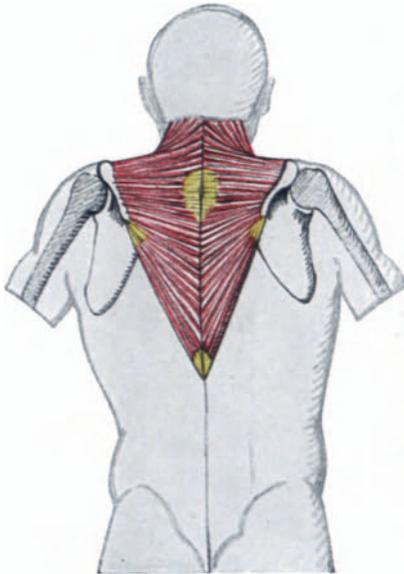


Abb. 332.

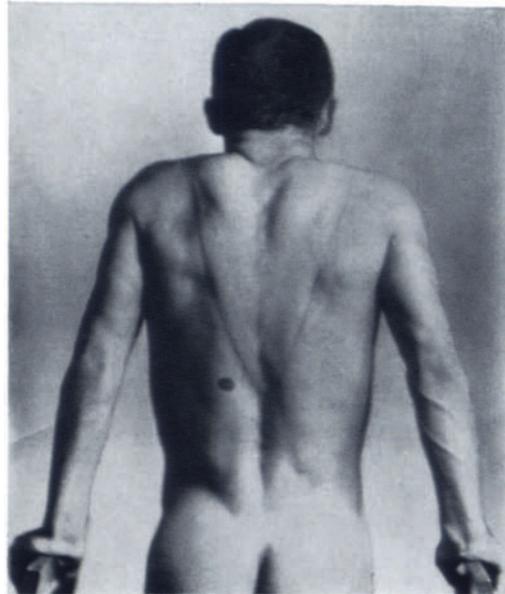


Abb. 333.

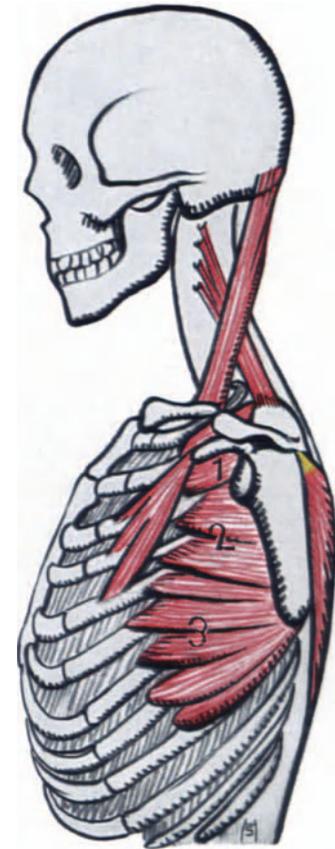


Abb. 334.

Die Wirkung dieser Muskeln hängt von so vielen und wechselnden Bedingungen ab, die in ihrem Einfluß auch meistens so wenig bestimmbar sind, daß exakte Angaben hierüber zur Zeit gar nicht möglich sind. Wir wollen ihre Wirkung nur ganz im allgemeinen zu den früher besprochenen ausgewählten Bewegungen des Schulterblattes in Beziehung bringen, dann alle Abbildungen dieses Buches daraufhin prüfen und damit darauf aufmerksam werden, wie unentbehrlich ein sorgfältiges Modellstudium erscheint.

Einzelne Muskeln setzen sich *über* dem Gürtel am Rumpfskelett an und laufen zum Gürtel herab, Trapezius, Schulterblattheber und rautenförmiger Muskel. Diese Muskeln werden im allgemeinen die Schulter heben, oder das Herunterdrücken der Schulter durch eine Last verhindern. Der Trapezius 3 und der kleine Brustmuskel, ebenso die untersten Zacken des großen sägeförmigen Muskels, namentlich bei starker Hebung des Schulterblattes, verlaufen dagegen von unten nach oben und senken die gehobene Schulter gegen einen Widerstand oder heben den Rumpf gegen die Schulter, wenn letztere festgestellt ist.

Das geschieht z. B. beim Stützhang am Barren, wenn wir denselben zunächst mit gehobenen Schultern, also „eingebrochen“, ausführen, Abb. 333, und uns dann durch die Wirkung dieser Muskeln frei aus den Schultern heben, d. h. den Gürtel senken.

Trapezius 2 zieht horizontal, ebenso der obere Sägemuskel. Sie nehmen das Schulterblatt zwischen sich. Der hintere Muskel zieht die Schulter auf den Rücken, der vordere bewegt sie vor und nach außen, auf die Seitenfläche des Brustkorbes. Trapezius 1 und 3 beteiligen sich gleichfalls an einer Rückbewegung der Schulter, ebenso der rautenförmige Muskel, während der Schulterblattheber, der kleine Brustmuskel und der untere Teil des sägeförmigen Muskels im Sinne einer Vorbewegung tätig sind.

Es ist auch klar, daß die wechsellvollste Zusammenstellung dieser Muskeln denkbar ist. Lösen sich diese Muskeln nach vorübergehender Zusammenarbeit in ihrer Tätigkeit rings um die Schulter ab, so führt die Schulter die in der Turnlehre als Schulterkreisen bekannte Kreisbewegung aus und das Schlüsselbein umschreibt den auf Seite 168 abgebildeten Bewegungsraum.



Abb. 335.

- 1 der rautenförmige Muskel
 - 2 der große Sägemuskel
 - 3 der breiteste Rückenmuskel
- Dieser so weit er das Schulterblatt und den Sägemuskel deckt ausgeschnitten.

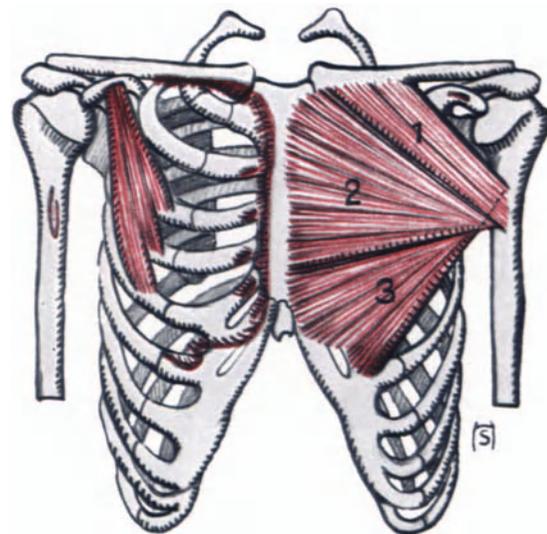


Abb. 336.

- Rechts: Die Ansatzstellen des großen Brustmuskels am Skelett und der kleine Brustmuskel.
- Links: Die drei Teilstücke des großen Brustmuskels.

Abb. 336.

In der folgenden Tabelle ist die Wirkungsweise der Rumpfgürtelmuskeln zur wechsellvollen Einstellung der Schultergelenkpfanne gegen den festgedachten Rumpf angegeben.

Abb. 335.

	Die Schultergelenkspfanne richtet aus der Ruhestellung mehr			
	nach oben	nach unten	nach vorn	nach außen
<i>unterer Sägemuskel</i>		<i>Rautenmuskel</i>	<i>Sägemuskel</i>	<i>Trapezius</i>
<i>oberer Trapezius</i>		<i>Schulterblattheber</i>	<i>Schulterblattheber</i>	<i>Rautenmuskel</i>
<i>unterer Trapezius</i>		<i>kleiner Brustmuskel</i>	<i>kleiner Brustmuskel</i>	

Die Muskeln bewegen aber nur selten einzeln für sich das Schulterblatt, sondern meistens treten mehrere zur Ausführung bestimmter Bewegungen vereint in Tätigkeit und so kann die Tabelle über erfolgte Bewegungen nicht unmittelbar Aufschluß geben, um so weniger, als jede Bewegung des Schulterblattes auch die Wirkungsweise der einzelnen Muskeln und ihre vereinte Tätigkeit wieder beeinflusst.

Es wird nur ein sorgfältiges Studium der Schulterblattbewegungen am lebenden Menschen erkennen lassen, welche Muskelauswahl zur Ausführung der beabsichtigten Bewegung getroffen und durch die Übung festgelegt wird.

Wertvoll für die Beobachtung am Lebenden wird noch der Hinweis sein, daß zwei Muskeln des Schulterblattes so angebracht sind, daß sie auf das Schulterblatt besonders stark in dem Sinne wirken, daß der untere Schulterblattwinkel nach außen vorn und nach hinten innen gezogen wird (Schwingung des Schulterblattes). Die beiden Muskeln sind der untere Sägemuskel und der rautenförmige Muskel, Abb. 335. Dazu vergleiche man Abb. 310.

Die Förderung der Hebung und Senkung des Armes durch die zugehörige Schulterblattbewegung wird folglich von der normalen Arbeitsleistung dieser beiden Muskeln abhängen. Aber es muß auch sofort daran gedacht werden, daß der Ausfall dieser Muskelarbeit (z. B. durch Lähmung) durch die Tätigkeit anderer Muskeln bis zu einem gewissen Grad ersetzt werden kann.

Durch diese sehr allgemein gehaltenen Angaben werden wir gedrängt, bei der Beobachtung am Lebenden das Hauptgewicht auf die Beobachtung des Schlüsselbeins und des Schulterblattes zu legen.

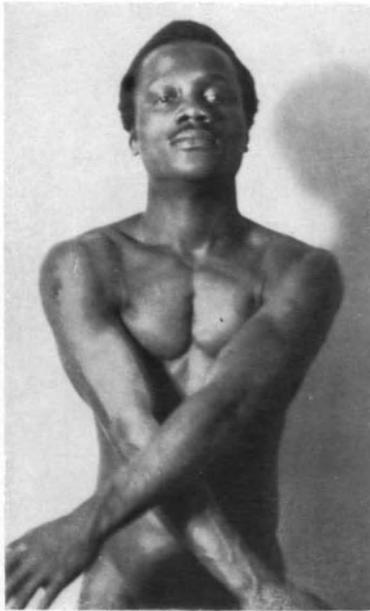


Abb. 337.



Abb. 338.

Erst wenn die jedesmalige Lage dieser beiden Knochen am Rumpfe klar erfaßt ist, soll mit der zweiten Aufgabe begonnen werden, die Muskeln festzustellen, welche die Lage dieser Teile ermöglichen und sichern, oder welche Muskeln die neue Einstellung des Gürtels von einer vorhergehenden Ausgangsstellung aus durchgeführt haben.

Noch schwerer als die Arbeit der Rumpfgürtelmuskeln ist die wechselvolle Tätigkeit der beiden großen fächerförmigen Rumpfarmmuskeln zu beurteilen, da sie auch noch das Schultergelenk zwischen ihre Ansätze nehmen und dasselbe beeinflussen können.

Die beiden Rumpfarmmuskeln sind der *große Brustmuskel* (Pectoralis major) und der *breiteste Rückenmuskel* (Latissimus dorsi).

Der große Brustmuskel, Abb. 336, zieht seine Ansatzlinie über das innere Drittel des Schlüsselbeines, dann dem Brustbeinrand entlang und über die oberen sechs Rippenknorpel bis herab in die obere äußere Ecke des starken Sehnenblattes, das den geraden Bauchmuskel deckt (Bauchzacke). Seine zusammenlaufenden Fasern erreichen den Oberarmknochen längs einer kurzen Ansatzlinie, die vom großen Höcker nach abwärts läuft. Der mehr parallelfaserige Schlüsselbeinteil ist meist durch eine Rinne gut abgegrenzt und hebt sich dann auch am Lebenden vom übrigen fächerförmigen Teil ab, Abb. 337. Die Fasern verlaufen zunächst bei ruhiger aufrechter Haltung alle von innen nach außen und ein wenig von vorn nach hinten, die oberen sind dabei absteigend, die unteren ansteigend gerichtet. Darnach wollen wir, wie auf Abb. 336 geschehen, den Muskel in drei Teile gliedern. Suchen wir für den Muskel am Modell das kleinste Muskelfeld, das er durch die Verkürzung aller Fasern zu liefern vermag, so finden wir es in der auf Abb. 337 dargestellten Haltung des Armes und der Schultern. Der Arm steht nach innen und vorn. Das ein wenig gehobene Schlüsselbein ist vorgezogen und das Schulterblatt hat sich von der Wirbelsäule entfernt. Der untere Merkpunkt mehr als der mittlere. Das Schulterblatt drängt dabei seinen inneren Rand von der Brustkorbfäche ab. Wir sehen, daß alle Fasern des Brustmuskels den Arm im Schultergelenk zuführen und den Schultergürtel vorziehen.

Eine entgegengesetzt gerichtete Bewegung des Armes und der Schulter dehnt selbstverständlich den Muskel, Abb. 338, in allen seinen Fasern.

Beobachten wir nochmals das Verhalten des Muskels bei dieser Bewegung, die sich aus einer Zuführung und aus einer Vorhebung (Streckung) des Armes im Schultergelenk zusammensetzt, so ist noch die Anteilnahme des Muskels an dieser Vorhebung zu prüfen. Die äußerste Rückhebung (Beugung) dehnt alle Fasern und sie sind alle bei einer darauf folgenden Vorhebung gegen einen Widerstand mitbeteiligt. Aber kurz nachdem der Arm die Seitenlinie des Rumpfes nach vorne zu überschritten hat, sehen wir zunächst die untersten Fasern und bei weiterer reiner Hebung immer höher gelegene ausscheiden. Bei horizontaler Erhebung des Armes nach vorn ist nur mehr der Schlüsselbeinanteil des Muskels tätig und dieser bei vielen Menschen auch nur dann, wenn der Arm durch ein weiteres Gewicht belastet wird. Erreicht die Hebung des Armes mit der Drehung des Schulterblattes einen Winkel von etwa 40° über die Horizontalebene durch den Schultergelenkmittelpunkt, so erschlafft endlich auch noch der letzte oberste Teil des Muskels. Die äußerste Hochhebung des Armes dehnt alle Fasern des Muskels, Abb. 339, und macht sie sich zu Gegnern, die eine Rückführung des Armes und eine Senkung sowie eine Vornahme des Gürtels anstreben. Auffallend ist es, wie leicht bei unbelasteter Vorhebung des gestreckten Armes die mit hebende Schlüsselbeinportion des Brustmuskels durch die leiseste Abführungsbewegung des Armes im Schultergelenk von der Vorhebung ausgeschaltet wird.

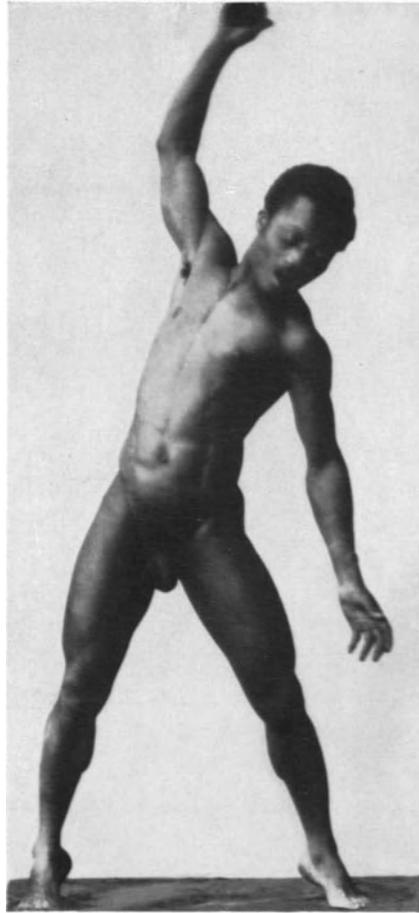


Abb. 339.

Jetzt werden die beiden Figuren auf Abb. 340 verständlich vom vorderen Ende der 12. Rippe aus, Abb. 335. Die zusammenlaufenden Fasern schichten sich vor dem Übergang in die kurze flache Sehne und erreichen gemeinsam mit jener des großen runden Muskels den Oberarmknochen an der Leiste des kleinen Höckers. Die Abbildung läßt auch sehen, wie die Fasern den unteren Winkel des Schulterblattes decken, am Oberarm sich überschneiden und eine gegen den unteren Schulterblattwinkel gerichtete Rinne bilden, in welche der große runde Muskel sich einpaßt.

Der Faserverlauf des Muskels erlaubt uns anzunehmen, daß das kleinste Muskelfeld dann erreicht wird, wenn wir den Schultergürtel senken und nach innen und hinten bringen. Ferner, wenn wir den Arm im Schultergelenk beugen, zuführen und einwärtsdrehen. Für die stärkste Dehnung aller Fasern ist die Stellung leicht auszudenken.

sein, die uns zeigen, wie in einer Mittellage durch einen Druck des Armes nach aufwärts der obere Teil des Muskels bei einem Druck nach abwärts, der untere Teil beteiligt ist. Teil I und III des Muskels auf Abb. 336 sind sich hier Gegner.

Den Faserverlauf des breitesten Rückenmuskels sehen wir auf Abb. 341 und 335 abgebildet. Er heftet seine dünne Faserlage an das kräftige Sehnenblatt an, das die Muskelmasse des langen Rückenstreckers in der Rückenrinne festhält. Dadurch wird der Zug des Muskels auf die Dornfortsätze der sechs untersten Brust- und aller Lendenwirbel und auf das Kreuzbein übertragen. Nach abwärts findet der Muskel mit kurzer Sehne unmittelbare Anheftung an den hinteren Abschnitt des Darmbeinkammes.

Dazu kommen noch drei flache, schmale Faserbündel, die treppenförmig steil übereinander gesetzt an den drei letzten Rippen befestigt sind. Das letzte geht

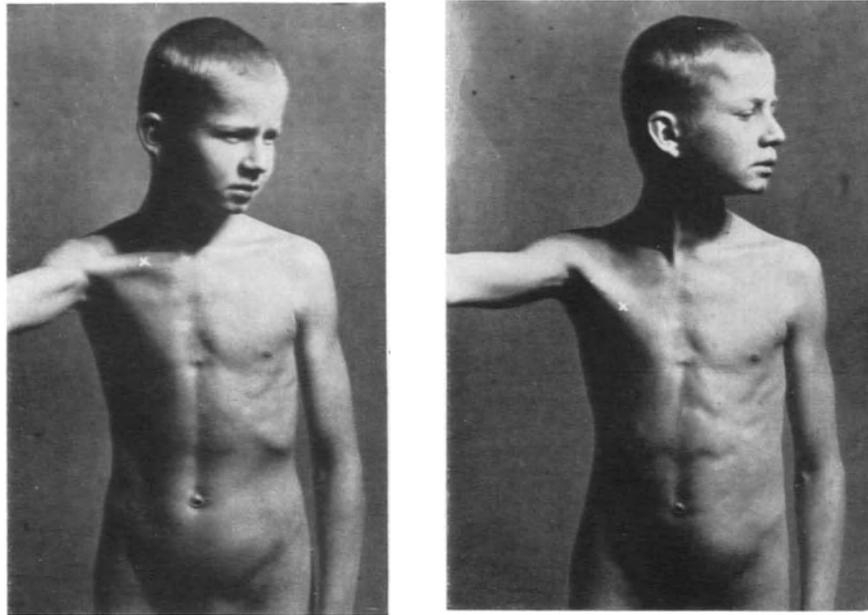


Abb. 340.

Die obersten Fasern des Muskels ziehen horizontal vom Rumpf zum ruhig hängenden Arm hinüber, die vordersten Rippenbündel dagegen vertikal herauf. Die ersteren haben mehr zuführende, die letzteren mehr beugende (senkende) Kraft. Der Muskel verhält sich ähnlich wie der mittlere und untere Teil des großen Brustmuskels, mit dem er auch sehr oft zusammenarbeitet, wenn es gilt, den Gürtel und den Arm zu senken und den Arm zuzuführen.

Ziehen wir an einem Seil, das über eine Rolle läuft, unter stärkster Hebung der Schultern und der Arme eine Last in die Höhe, so werden beide Muskeln vom Rumpf aus tätig sein. Vermehren wir dann die Last, so werden wir uns endlich mit dem ganzen Körpergewicht an das Seil hängen müssen.

Wir können uns das Seil und die Arme als ein festes Stück denken. Dann kann der Rumpf, am Gürtel vorbeigleitend, durch die Muskeln zum festgestellten Arm hinaufgezogen werden. Die beiden Schlüsselbeingelenke sowie das Schulterblatt sind weitgehend entlastet und das Körpergewicht unmittelbar an die Arme angehängt. Das gleiche gilt für die in Abb. 342 abgebildete Hangstellung am Reck. In der Vorderansicht des Modells sehen wir die Achselhöhlen von den Wülsten des verkürzten Brustmuskels und des breiten Rückenmuskels eingerahmt.

Der starke Wulst des letzteren wird durch den verkürzten großen runden Muskel bedingt, an den er sich anschmiegt. Nach abwärts führt die Achselrinne auf den gegliederten, mächtigen Wulst des weichen und erschlafften unteren Sägemuskels, von welchem nur seine beiden untersten ansteigenden Zacken deutlich verkürzt und hart sind. Die weiche Fleischmasse wird von dem einschneidenden breitesten Rückenmuskel nach vorne vorgequetscht. Die Rückenansicht zeigt uns den breitesten Rückenmuskel in seinem Verlauf bis fast an den Oberarm in kräftiger Zusammenziehung. Es wird von Vorteil sein, diese Abbildung mit der Abb. 341 zu vergleichen.

Die beiden Muskeln vermögen aber eine Senkung (Beugung) der erhobenen Arme auch in der Hangstellung durchzuführen, so daß die Arme schließlich wieder dem Körper anliegen. Freilich spielt sich diese Bewegung in umgekehrter Richtung ab. Nicht die Arme werden im Schultergelenk gesenkt, sondern der übrige Körper wird zu den Armen im Schultergelenk heraufgedreht. Diese Bewegung ist ein Teil jener Turnübung am Reck, die wir den Bauchaufzug nennen.

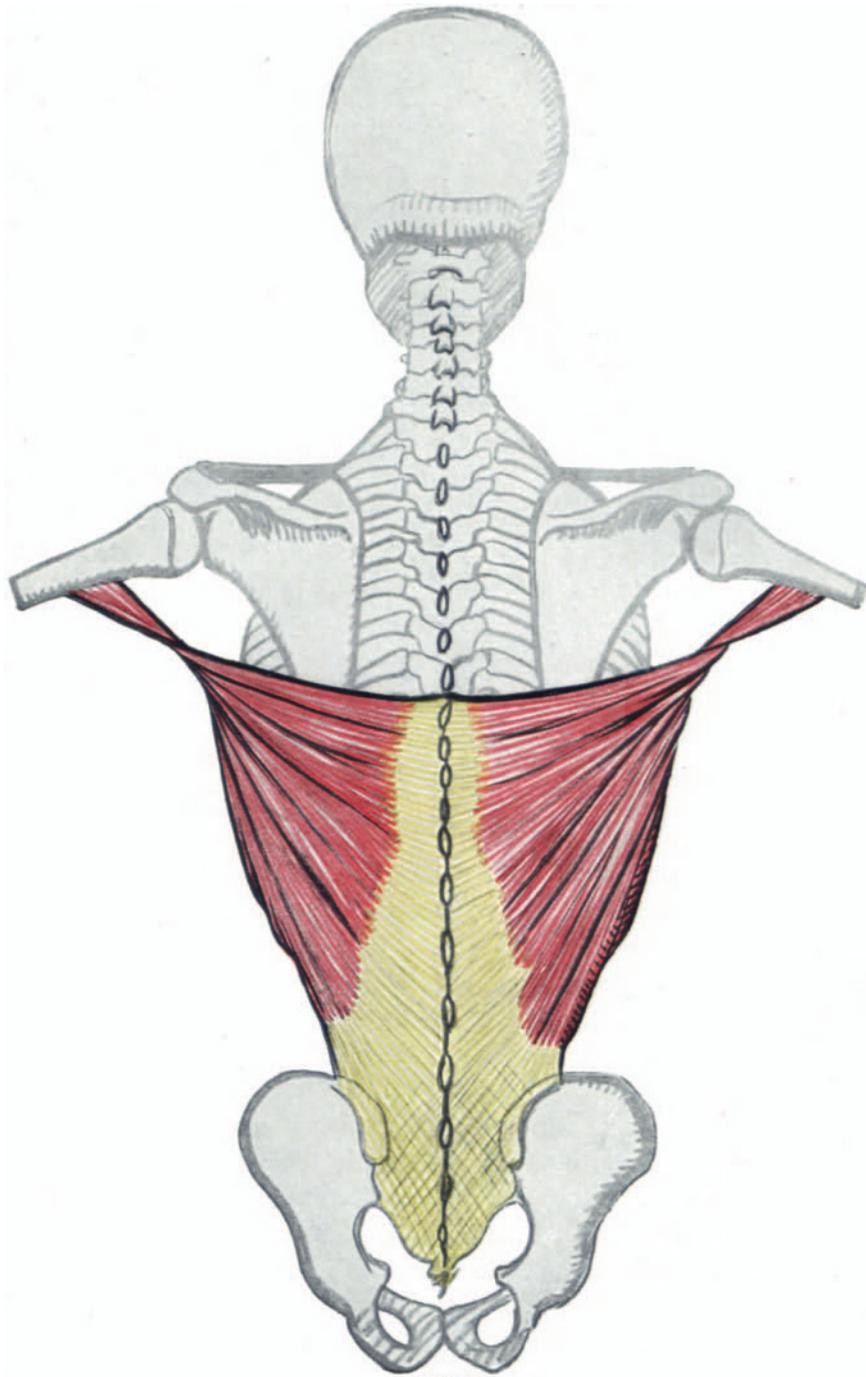
Jeder, der Sinn für die Beobachtung der menschlichen Körperoberfläche hat, wird aber wissen, daß beim Bauchaufzug der große Brustmuskel und der breiteste Rückenmuskel nicht allein in Tätigkeit sind. Bei so schweren Kraftleistungen werden alle Muskeln zu Hilfe genommen, welche die Bewegung fördern oder sichern können.

Daß die Verlagerung der Ansatzstelle der beiden Muskeln am Oberarm durch eine Bewegung des Schultergürtels auf die Wirkungsweise der Muskeln Einfluß nehmen kann, soll folgendes Beispiel lehren. Beginnen wir eine Last mit im Ellbogen gebeugten Armen zu schieben, so wird zunächst der Schultergürtel durch die Arme nach hinten gedrückt. Gibt er nach und schieben wir also mit zurückgenommenen Schultern, so wird der große Brustmuskel gedehnt und vermag durch seine Verkürzung im Verein mit dem großen Sägemuskel sehr kraftvoll den Schultergürtel vorzuziehen und wir können uns mit unserem Körpergewicht gegen die Last stemmen.

Schieben wir aber mit gestreckten Armen bei stark vorgeschobenem Gürtel, so wird dadurch der Ansatz des Muskels so weit nach vorn verlegt, daß er nicht mehr den Arm und Gürtel vorziehen kann, sondern in dieser Stellung sogar zum Rückzieher des Gürtels wird. Er kann also nicht beim Schieben helfen und ist vollkommen erschlaft, vorausgesetzt, daß er für den Arm keine zuführende Bewegung auszuführen hat.

Die Feststellung des Schulterblattes besorgt jetzt der große Sägemuskel, unterstützt vom Schulterblattheber.

Dieser Wechsel der Muskelarbeit bei verschiedener Haltung gibt auch noch den Hinweis auf eine Ablösung ermüdeten Muskeln und Muskelgruppen durch andere und gerade die damit zusammenhängende wechselnde Gliederlage ist meist das äußerlich maßgebende Anzeichen dafür.



HSACHS
Abb. 341.

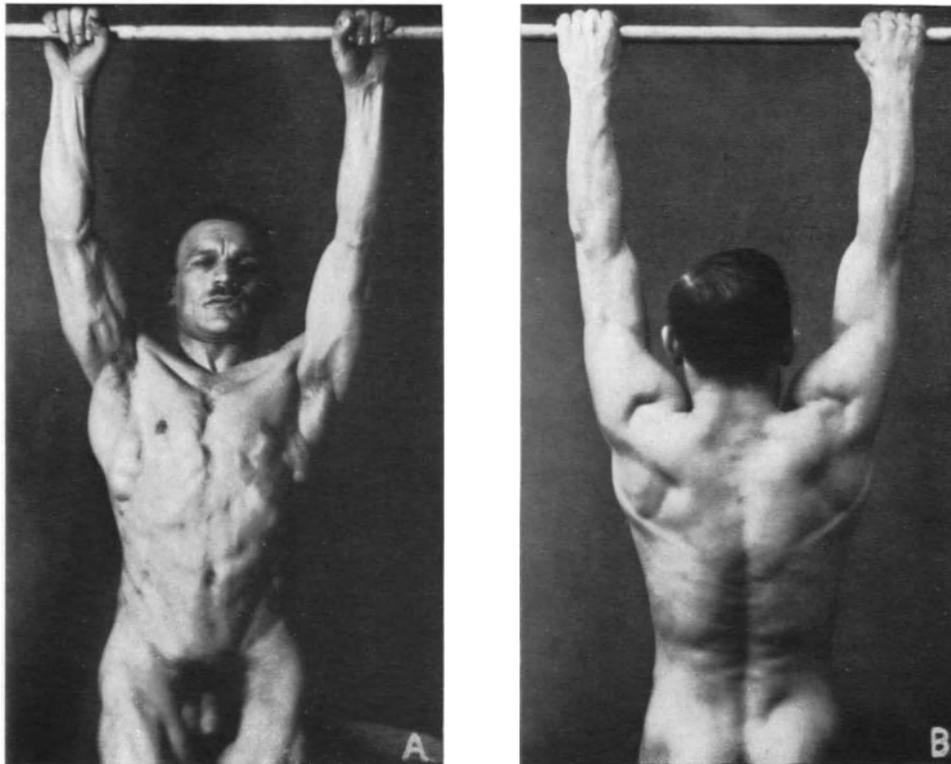


Abb. 342.

Bisher haben wir die Bewegungen des Schultergürtels und die Bewegungen des Armes im Schultergelenk ohne Berücksichtigung der Schwere der bewegten Massen geschildert. Jetzt ist es Zeit, diese Betrachtung nachzuholen.

Wir haben schon kurz die Gleichgewichtslage des Gürtels und Armes bei aufrechter Haltung des Körpers kennen gelernt (Seite 179).

Machen wir nun aus der ruhigen Hangstellung des Armes eine Bewegung im Schultergelenk, z. B. nach vorn-außen um 90° , so können wir in dieser, durch den Deltamuskel gehaltenen neuen Lage des Armes zum Schulterblatt beide Teile als ein ungeteiltes Ganzes auffassen.

Während nun das feste System in Abb. 343A im Gleichgewicht, also in Ruhe ist, muß sich in Abb. 343B das System wie ein einseitig überlasteter Wagbalken bewegen, also der schwere Arm heruntersinken und das Schulterblatt nach oben gehen, bis die Spannung der Gelenkbänder der Bewegung im äußeren und inneren Schlüsselbeingelenk ein Ende setzt.

Wollen wir dieses Heruntersinken des Armes vermeiden, so müssen wir diese Bewegung durch Muskelzug verhindern.

Das kann nur durch einen entsprechenden Zug am kurzen Ende des Wagbalkens geschehen (roter Pfeil auf Abb. 343B).

Es kommt hier in erster Linie der untere Sägemuskel und der Trapezius in Frage.

Soll also die Verkürzung des Deltamuskels unmittelbar in einer Erhebung des Armes zum Ausdruck kommen, so wird diese Rückdrehung des Schulterblattes durch die Tätigkeit des großen Sägemuskels verhindert. Daher kommt es auch, daß dieser Muskel schon fast im Beginn jeder Armhebung in Tätigkeit tritt. Fordern wir einen Menschen auf, seinen Sägemuskel bei ruhig herabhängendem Arm zu verkürzen

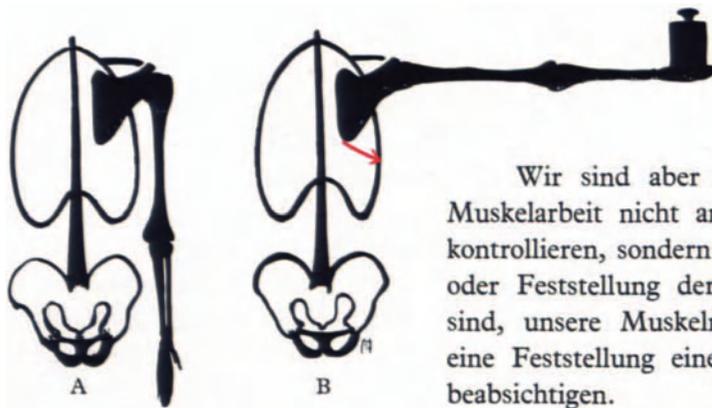


Abb. 343.

und dadurch allein das Schulterblatt zu drehen, so wird wohl kaum einer diese Aufgabe lösen können, obwohl auch dieser Muskel unserem freien Willen unterworfen ist.

Wir sind aber so sehr daran gewöhnt, den Erfolg unserer Muskelarbeit nicht an den Muskeln selbst zu beobachten und zu kontrollieren, sondern an der durch die Muskeln erfolgten Bewegung oder Feststellung der Gelenke, daß wir häufig gar nicht imstande sind, unsere Muskeln zu kontrahieren ohne eine Bewegung oder eine Feststellung eines Gelenkes für einen bestimmten Zweck zu beabsichtigen.

Ich erinnere nur daran, daß es gar nicht so leicht gelingt, das Beispiel nachzumachen, das Athleten in Schaustellungen so gerne bieten, indem sie bei ruhiger Haltung ohne Bewegungen von Gelenken auszulösen, ihre Muskeln spielen lassen.

Dazu kommt noch, daß die Bewegung, die durch bestimmte Muskeln ausgeführt wird, manchmal nur das Glied einer Kette von Bewegungen darstellt, die zur Ausführung einer bestimmten beabsichtigten Handlung nötig ist. Werden dann solche Muskeln fast ausschließlich nur in dieser Zusammenstellung mit anderen benützt, dann gewöhnen wir uns daran, solche Muskeln nur unter der Vorstellung der durch die ganze Bewegungskette erreichbaren Bewegung zur Arbeit durch die Nerven zu veranlassen. Ein Beispiel dafür liegt hier vor. Die Pendelbewegung des Schulterblattes am Brustkorb entlang ist meist nur ein Glied in der Kette jener Bewegungen, die als Endergebnis eine Bewegung des Armes, meist jedoch sogar eine bestimmte Bewegung des Endgliedes, also der Hand, zur Absicht haben.

Unter der Vorstellung, eine Lage der Hand zu erreichen, die nur unter gleichzeitiger Bewegung des Schulterblattes erreicht werden kann, wird dann sofort auch diese Bewegung des Schulterblattes, z. B. durch den erwähnten Muskel herbeigeführt, während uns in der Regel die nötige Vorstellung fehlt, um diese Muskeln, herausgegriffen aus der Kette für sich allein in Tätigkeit zu versetzen.

Über den Schultergürtel, seine Gelenke und seine Bewegungen scheint schon zu viel gesagt worden zu sein und doch muß der Leser sich völlig darüber klar sein, daß das Gesagte in keiner Weise ein wirkliches Verständnis der Muskelwirkung vermitteln kann.

Das viergliedrige System: Rumpf, Schlüsselbein, Schulterblatt und Arm mit seinen drei zwischengeschalteten Kugelgelenken vermag durch die unendlich vielen Stellungskombinationen die Wirkung der Muskeln und der Schwere derart zu beeinflussen und zu verändern, daß eine exakte theoretische Behandlung dieser äußerst verwickelten Aufgabe zur Zeit unmöglich ist.

Jeder, der daran geht, die statischen und mechanischen Verhältnisse am lebenden Modell zu studieren, wird merken, daß das Gesagte nur eine sehr oberflächliche, kaum genügende Anleitung dazu sein wird. Denn es spielt sich die Bewegung, die zur Ausführung einer bestimmten, ganz gleichartigen Aufgabe dienen soll, bei verschiedenen Personen sehr verschieden ab.

Es kommen dabei nicht nur individuelle Formunterschiede des Skelettes und der Muskulatur in Betracht, sondern auch wechselnde Zusammenstellungen der arbeitenden Muskeln und wechselnde Ausnützung einzelner Gelenke.

Es kommen Gewohnheiten zur Beobachtung. Die gleiche Einstellung des Endgliedes des bewegten Systems kann mit sehr verschiedener Einstellung der einzelnen Glieder des ganzen Systems erreicht werden.

Es ist eine allbekannte Erscheinung, daß ein Modell nach längerem Aushalten in einer gegebenen Stellung, ohne seine Gliederstellung merklich zu ändern, allmählich ganz anderen Ausdruck gewinnt.

Das erfolgt durch einen Wechsel in der Auswahl der Muskeln, durch welche die Stellung erhalten wird und es geschieht, um dem unangenehmen, schließlich schmerzhaften Müdigkeitsgefühl zu entgehen.

Wer aber Gelegenheit hatte, ein und dasselbe Modell sehr häufig und lange Zeit zu beobachten, der wird Tage erleben, an welchen die gleiche gewohnte Bewegung plötzlich in ganz anderer Form sichtbar wird. Das Modell ist für einen oder den anderen Muskel indisponiert und meidet seine Benützung oder normale Belastung. Dieser vorübergehende Schwächezustand des Muskels kann mehr oder weniger auffallend werden, je nachdem die Arbeit desselben leicht und vollkommen oder schwerer und unvollkommen ersetzt werden kann.

Gerade solche Beobachtungen führen uns dann darauf mit immer größerer Aufmerksamkeit diese Ersatzmöglichkeit, d. h. die wechselnde Zusammenstellung einzelner Muskeln zur Ausführung einer Bewegung zu verfolgen.

So wird dieses Studium niemals langweilen. Bei jedem Menschen erfolgt zwar der Aufbau der Form und der Wechsel derselben nach den gleichen Gesetzen und doch findet jeder Mensch für die jeweils gestellte statische oder mechanische Aufgabe seine eigene scharf charakterisierte Lösung. Auch die schärfste militärische Erziehung vermag dieses Individuelle aus der Bewegung nicht zu entfernen.

Jeder, der sich eingehender mit all diesen Fragen beschäftigen will, mag sich bestimmte Aufgaben stellen und versuchen, sie theoretisch wie praktisch zu lösen.

Es sei ein solches Beispiel ausgearbeitet. Ein Mensch übt, wie auf Abb. 345 dargestellt, mit rechtwinkelig abgebeugten Armen auf zwei Stangen einen gegen die Bodenfläche gerichteten Druck aus, der bei der nötigen Stärke seinen Körper vom Boden abheben würde.

Zur Vereinfachung nehmen wir an, daß Oberarm, Vorderarm und Hand beiderseits ein einziges unbewegliches Stück (durch Muskeln versteift) bilden, wie das die erklärende anatomische Skizze der Abb. 345 wiedergibt. Es muß folglich die Last des Rumpfes, des Kopfes und der Beine an die Arme angehängt werden. Dazu dient zunächst der breiteste Rückenmuskel (1) in voller Ausdehnung, denn alle seine Fasern verlaufen, wenn auch nach oben zu abnehmend steil, vom Arm herab an den Rumpf. Wir sehen, wie dabei einzelne Streifen aus der breiten Sehnenplatte dadurch besonders an die Oberfläche



Abb. 344.

Wir wollen jetzt die Abbildungen, die uns zur Beobachtung der Schulterblattbewegungen gedient haben, auf die dafür notwendige Muskelarbeit prüfen.

Nehmen wir als Beispiel die Abb. 317 vor, welche die hohe Armhebung darstellt.

Der untere Schulterblattwinkel wird durch den unteren Sägemuskel nach vorn gebracht. Die Zacken desselben sind an ihrem Rippenansatz auch auf Abb. 164 gut zu sehen. Vergleichen wir die Abb. 344, so finden wir hier ein anderes Bild des Muskels. Wir sehen den seltenen Fall, daß die zwei untersten Zacken, die an der 8. und 9. Rippe ansetzen, fehlen. Wir haben damit einen teilweisen und angeborenen Muskeldefekt entdeckt und es darf ein solches Abirren vom normalen Bild einem Beobachter selbst bei flüchtiger Betrachtung nicht entgehen. Verkürzt sind ferner Trapezium III und der untere Teil des mittleren Trapezium II, die das Schlüsselbein nach hinten drehen. Alle übrigen Rumpfgürtelmuskeln und Rumpfarmmuskeln sind vom Nerven ausgeschaltet und mehr oder weniger gedehnt, gespannt oder erschlafft.

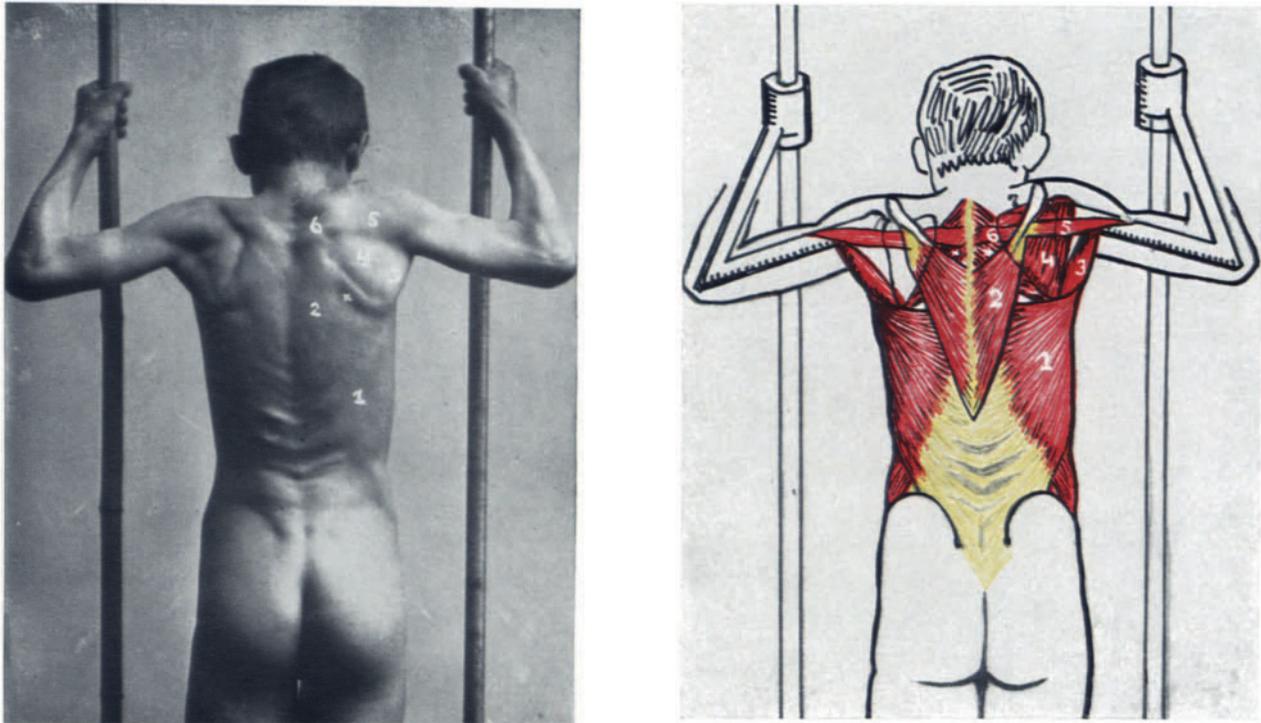


Abb. 345.

herausgedrängt werden, daß sie an den Dornen der Lendenwirbel in regelmäßigen Abständen ansetzen. Im gleichen Sinne arbeitet vorne der große Brustmuskel vor allem mit seinem Brustbein-Rippen- und seinem Bauchteil.

Alle übrigen Muskeln, welche diese Stellung ermöglichen, greifen am Schulterblatt an, nehmen folglich diesen gegen den Oberarm und gegen den Rumpf beweglichen Knochen noch mit in die Verbindung von Arm und Rumpf herein. Deshalb müssen diese weiteren tragenden Muskelzüge auch aus zwei Zügen bestehen, von denen einer den Arm mit dem Schulterblatt, der zweite das Schulterblatt mit dem Rumpf verbindet. Am besten erkennen wir das in dem Doppelstreifen 5 und 6. Mit 5 ist der hinterste und zwar tiefst abwärtsgreifende Teil des Deltamuskels bezeichnet. Seine Verlaufsrichtung setzt der mittlere quer angeordnete Teil des Kapuzenmuskels zur Wirbelsäule fort. Das ganze Muskelband schneidet noch unter dem Mittelpunkt des Schultergelenkes durch und vermag, wenn auch im Vergleich zum breitesten Rückenmuskel mit geringer Kraft, doch den Rumpf von den Armen aus zu tragen.

Vom Arm gehen weiter der Untergrätenmuskel mit dem kleinen runden Muskel (4), der große runde Muskel (3) und vorne der Unterschulterblattmuskel zum Schulterblatt herab und werden mit dem Schulterblatt den Rumpf tragen helfen, wenn dieser durch andere Muskeln an das Schulterblatt angehängt wird. Das besorgt wie wir sehen das untere Teilstück des Kapuzenmuskels (2). Vorne sekundiert ihm der kleine Brustmuskel. Auch die untersten beiden Zacken des großen Sägemuskels (von der 8. und 9. Rippe) können noch einen nach aufwärts gerichteten Zug am Rumpf (Brustkorb) zustande bringen.

Eigentümlich ist an dem Aktbild nur, daß der rautenförmige Muskel, auf der anatomischen Skizze mit einem 4 bezeichnet, verkürzt und in aktiver Spannung ist, obwohl seine Fasern vom Schulterblatte aus nach oben an die Wirbelsäule laufen und den Rumpf gegen das festgehaltene Schulterblatt senken müßten. Dieser Muskel kann deshalb auch keine eigentlich hebende Kraft auf den Rumpf entfalten.

Mit dem unteren Teil des Kapuzenmuskels arbeitend, wird er aber das Schulterblatt näher an die Wirbelsäule heranziehen oder einer vorwärtstreibenden Kraft das Gleichgewicht halten. Die Ausrichtung der Schulterblattfläche in die Richtung des nach außen gebrachten Oberarmes ist aber für die gewählte Haltung nötig und muß gegen die Vorwärtsbewegung des Schulterblattes durch die beiden Brustmuskeln erhalten bleiben. Daher ihre aktive Spannung.

Gut sieht man auf der rechten Seite des Aktes die hintersten Rippenzacken des äußeren schiefen Bauchmuskels straff zusammengezogen an die Oberfläche kommen.

Sie verhindern die Hebung der letzten Rippen durch die Rippenzacken des breitesten Rückenmuskel, indem sie den Zug dieses Muskelsanteils (vergl. Abb. 335) auf das Becken übertragen. Vorne ist der ganze übrige Teil des äußeren schiefen Bauchmuskels und der gerade Bauchmuskel in Tätigkeit, um den rippenhebenden Zug der beiden Brustmuskeln auf das Becken zu übermitteln. Auch die vom Beckenkamm aufsteigenden Fasern des inneren schiefen Bauchmuskels nehmen Anteil.

Wir sehen auch die kontrahierten flachen Zacken des unteren hinteren Sägemuskels (Seite 196) durch den breitesten Rückenmuskel auf der rechten Seite des Aktes die Oberfläche modellieren. Auch sie halten die Rippen fest.



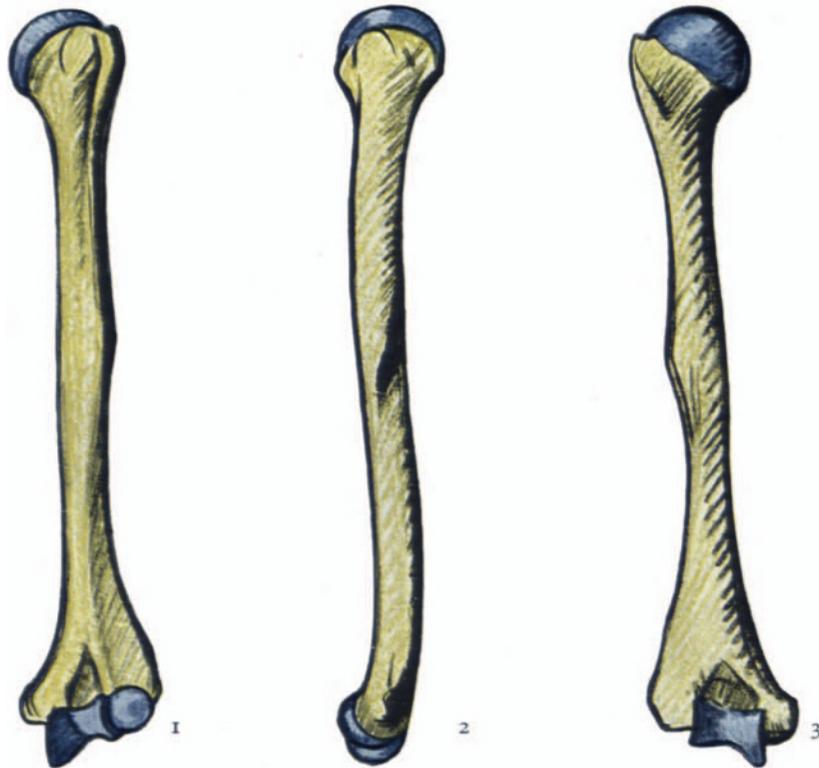


Abb. 346.

Oberarm — Vorderarm und Ellbogengelenk.

Den Arm teilen wir in die drei Stücke Oberarm, Vorderarm und Hand. Diese Gliederung ist auch hier wie am Bein durch das Skelett und die zwischengeschalteten Gelenke veranlaßt.

Die Länge des Oberarmes wird durch die Länge des *Oberarmknochens* (Humerus) bestimmt. Dieser röhrenförmige Knochen, der in Vorder-, Seiten- und Rückansicht in Abb. 346 zu sehen ist, trägt an den beiden Enden seines Mittelstückes oder Schaftes die Gelenkkörper zur Bildung des Schulter- und Ellbogengelenkes.

Den Schultergelenkkopf haben wir auf Seite 182 schon besprochen. Er wird durch eine rinnenförmige Einschnürung (Hals) vom Schaft abgesetzt, der einen niedrigeren *Höcker* (Tuberculum minus) gerade nach vorn und einen stärker ausladenden (Tuberculum majus) nach vorn außen richtet, Abb. 346, 1—2.

Zwischen beiden zieht eine entsprechend tiefe Längsrinne auf die Fläche des Schaftes herab. Sie wird durch zwei Knochenleisten vertieft und verlängert, welche von den beiden Knochenhöckern abwärtslaufen. Diese Rinne nimmt die Sehne des langen Bizepskopfes auf. Die äußere Leiste greift am Ende der ersten Viertellänge des Knochens stärker heraus und verbreitert sich zu einem rauhen Höcker, welcher der Sehne des großen Brustmuskels zum Ansatz dient; dann verliert sich die Leiste in eine Kantenkante, die sich gabelt und die vordere Fläche des Schaftes von der Hinterfläche seitlich abgrenzt.

Der erwähnte rauhe Höcker geht nach abwärts und außen in eine rauhe, etwas überhängende Fläche über, an welcher der Deltamuskel Ansatz findet.

Das untere Ende des Oberarmschaftes trägt den Gelenkkörper zur Verbindung mit den beiden Knochen des Vorderarmes, der *Elle* und *Speiche*, Abb. 347.

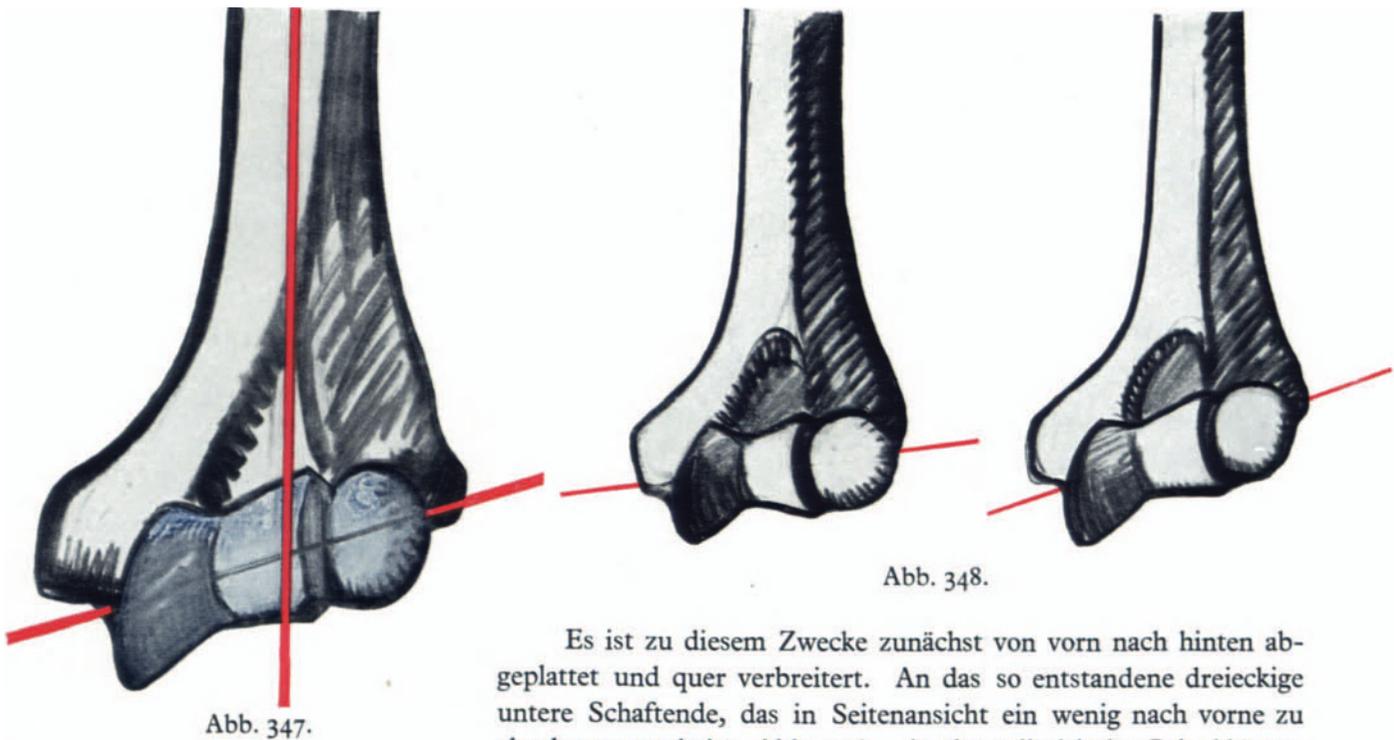


Abb. 347.

Abb. 348.

Es ist zu diesem Zwecke zunächst von vorn nach hinten abgeplattet und quer verbreitert. An das so entstandene dreieckige untere Schaftende, das in Seitenansicht ein wenig nach vorne zu abgebogen erscheint, Abb. 346, 2, ist der zylindrische Gelenkkörper

angesetzt, der aber etwas kürzer als die untere Kante des Schaftes ist. Die letztere überragt ihn nach innen zu mit einem stärker ausladenden und schärfer geformten Vorsprung, nach außen mit einem niedrigeren und flacher gerundeten Vorsprung. Diese Vorsprünge heißen der *innere* und *äußere Oberarmknorren* (Epicondylus medialis und lateralis) und dienen Muskeln zum Ansatz. Mit ihnen finden die beiden seitlichen Kanten des Schaftes ihr Ende.

Von dem Gelenkkörper ist der äußere Teil zu einem kleinen kugligen *Köpfchen* (Capitulum) ausmodelliert, Abb. 346, 1, das aber nur nach vorne und nach unten sich aus der unteren Knochenkante heraushebt. Von hinten her ist es nicht zu sehen, Abb. 346, 3.

Das Köpfchen sitzt nach innen zu scharf gekröpft auf einem niederen Kegelstumpf, der es mit dem Rest des Zylinders verbindet, Abb. 347. Dieser ist durch eine tiefe Hohlkehle ringförmig eingeschnürt und heißt die *Rolle* (Trochlea). Man kann auch sagen, daß die Rolle aus zwei Kegeln besteht, die mit abgestutzten Spitzen aneinander gefügt sind. Der innere Kegel ist höher als der äußere. Die Achse der zylindrischen Rolle geht auch durch den Mittelpunkt des kugligen Köpfchens, Abb. 347, quere rote Linie.

Der ganze Gelenkkörper ist mit dieser Achse nicht senkrecht zur Längsachse des Humerusschaftes angebracht, sondern bildet mit derselben einen stumpfen Winkel von ungefähr $83-85^{\circ}$ den Oberarm-Ellbogenwinkel, Abb. 347, rote Linien. Dieser Winkel ist bei einzelnen Menschen verschieden groß, Abb. 348.

Die beiden Vorderarmknochen, Abb. 349, 1-3, sind im Schaftstück lange gehöhlte Röhrenknochen von prismatischer Form und dreieckigem Querschnitt.

Sie kehren einander eine scharfe Kante zu und von ihr spannt sich das kräftige Zwischenknochenband zum Nachbarknochen hinüber, Abb. 368, Seite 226.

Der Länge nach parallel aneinander gefügt, ergänzen sich die beiden Knochen in ihrer Form.

Der innere Knochen, die *Elle* (Ulna) ist an seinem oberen Ende, der äußere Knochen, die *Speiche* (Radius) an seinem unteren Ende massiger gebaut. Die Elle formt und bestimmt damit wesentlich den Bau und den Gang des Ellbogengelenkes, die Speiche jenen des Handgelenkes.

Die Elle besitzt zur Verbindung mit der Rolle des Oberarmbeines das entsprechend gehöhlte in Seitenansicht halbmondförmige Lager (Incisura semilunaris), Abb. 349—352. Dasselbe ist von vorne und oben her in die verstärkte Knochenmasse eingelassen und wird von dem hakenförmig vorgebogenen obersten Ende des Schaftes, dem *Olekranon*, und von dem von der vorderen Fläche des Schaftes wie ein Gesims vorgreifenden kräftigen *Kronenfortsatz* (Processus coronoideus) begrenzt.

Das Lager umfaßt die Gelenkwalze fast um 180° und beide Teile passen durch die Knorpelüberzüge der Gelenkkörper gut aufeinander. Der Führungsrinne der Rolle entspricht in dem Lager der Elle eine Führungsleiste von der Form eines Kieles, Abb. 352.

Über der Rolle des Oberarmbeines besitzt die vordere Fläche des Schaftes eine seichte Vertiefung, in welche der Kronenfortsatz bei stärkster Beugung eintritt, während die Hinterfläche des Knochens eine tiefe Grube ausspart, in welche das Olekranon bei Streckung des Gelenkes Platz nimmt. Beide Gruben sind nur durch eine dünne Knochenlamelle getrennt.

An das obere Ende des Speichenschaftes ist ein niederes zylindrisches Stück angesetzt und an seinem oberen Ende quer abgeschnitten. Diese Schnittfläche ist leicht gehöhlt und der Rand derselben zum Teil

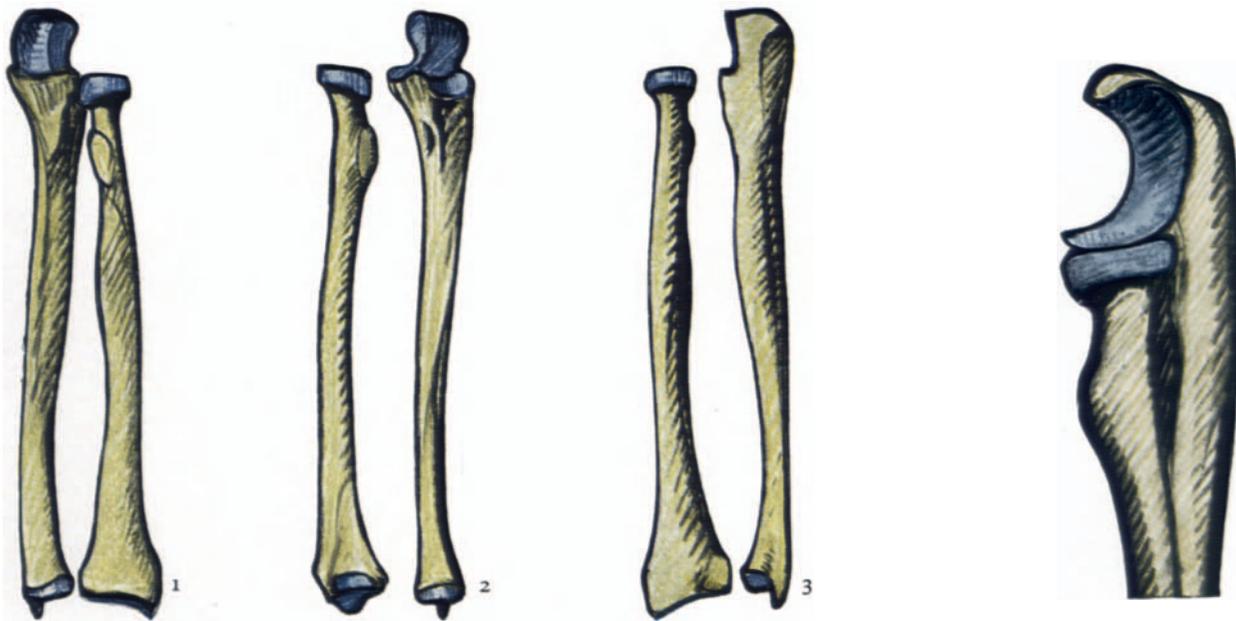


Abb. 349.

Abb. 350.

abgeschrägt, zum Teil gerundet. Er geht in die geglättete, ringsumgreifende Seitenwand des Zylinders über, die nach abwärts mit scharfer Kante sich gegen den eingeschnürten Hals des Knochens abhebt.

Überziehen wir die obere seichte Delle, den abgeschrägten Rand und die ringförmige Seitenfläche des Speichenköpfchens (Capitulum radii) mit Knorpel, so haben wir drei Gelenkflächen geschaffen. Die erste, Abb. 351, 1, dient zur Aufnahme des Köpfchens des Oberarmbeines. Mit der zweiten (2) stemmt sich die Speiche an das niedrige kegelförmige Zwischenstück zwischen Walze und Köpfchen. Die dritte (3) nimmt in einer knorpelgedeckten Rinne Platz, die sich an der Außenseite des Kronenfortsatzes der Elle

findet und etwa $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{4}$ eines Kreisumfanges mißt. Alle diese Einzelheiten werden durch die Betrachtung der Bilder 351 und 352 leicht verständlich werden.

Da alle beschriebenen gelenkigen Verbindungen durch eine einzige Kapsel, Abb. 353, umschlossen werden, so kann man das Ellbogengelenk ein zusammengesetztes Gelenk nennen.

Seine drei Teilstücke sind: das *Oberarmellengelenk*, das *Oberarm-Speichengelenk* und das *Speichen-Ellegelenk*.

Die Oberarm-Elle-Verbindung bestimmt allein die Bewegungen des Vorderarmes gegen den Oberarm.

Sie ist, entsprechend dem walzenförmigen Gelenkkörper mit ausgeprägter Führung ein typisches Scharniergelenk, das nur Beugung und Streckung gestattet. Also Bewegung um die eine in Abb. 347 eingetragene Achse.

Das Gelenk besitzt aber zwei Eigenheiten. Wir haben erfahren, daß die Achse der Oberarmgelenkwalze zur Schaftachse im Winkel von etwa 84° (Oberarm-Elle-Winkel) steht und das gleiche ist auch

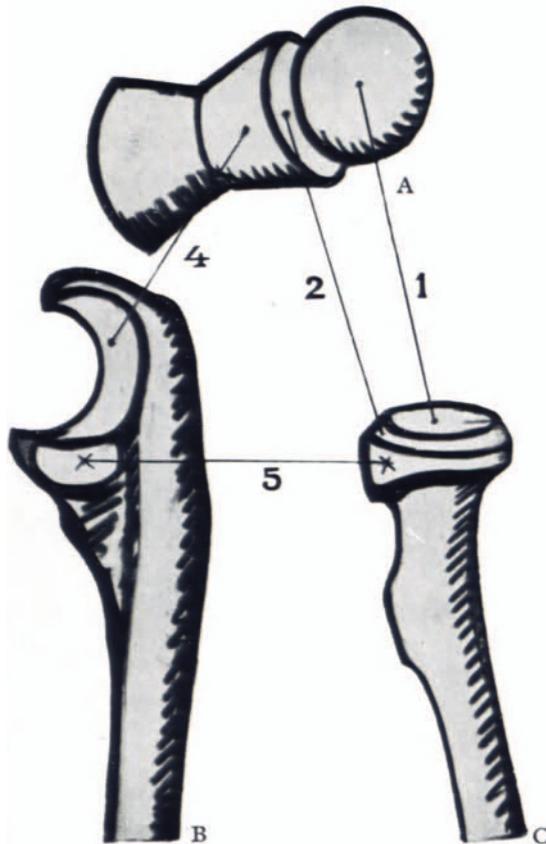


Abb. 351.

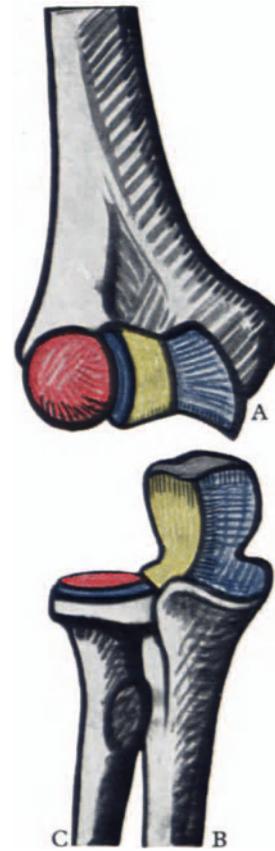


Abb. 352.

für die Stellung der Achse des zylindrischen Gelenklagers der Elle zur Schaftachse der Elle der Fall. Dieser Vorderarm-Elle-Winkel mißt durchschnittlich 86° . In gestreckter Stellung des Ellbogengelenkes kommen dadurch die Schaftachse des Oberarmes und jene der Elle in einen Winkel von $86 + 84^\circ = 170^\circ$. Dieser *Armwinkel* schwankt aber ziemlich ausgiebig um diese Mittelgröße, weil sowohl der Ellbogenwinkel, Abb. 348, wie auch der Vorderarmwinkel von wechselnder Größe ist. Ein ganz gestreckter Arm mit einem Winkel von 180° wird fast nie erreicht und als äußerste Winkelstellung kann ein solcher von 155° angenommen werden, der dann schon als „schiefer Armansatz“ am Lebenden sehr auffällig in Erscheinung tritt, Abb. 354.



Abb. 353.

Ein kleinerer Armwinkel ist bei Frauen häufiger als bei Männern.

Da der Armwinkel sich aus dem Oberarm-Ellbogenwinkel und dem Vorderarm-Ellbogenwinkel zusammensetzt, so ergeben sich hieraus folgende Möglichkeiten der Zusammenstellung: entweder der erstere ist *größer*, oder er ist *kleiner* als dieser, oder beide sind gleich groß.

Für die gestreckte Haltung des Armes im Ellbogengelenk erscheint ja diese Unterscheidung belanglos, denn jeder Fall kann ja die gleiche Knickungsgröße des Armes, also den gleichen Armwinkel ergeben. Für die Beugstellung des Armes im Ellbogengelenk aber hat diese Unterscheidung Wert, denn im ersten Falle kommt bei der Beugung das obere Ende der Elle nach innen, Abb. 355A, im zweiten Falle nach außen, Abbildung 355B, vom Oberarmbein zu liegen, während im dritten Fall sich Vorderarm und Oberarm decken, Abb. 355C.



Abb. 354.

Der Armwinkel bedingt für die Bewegung der im Gelenk vereinigten Knochen, daß die Längsachsen beider Knochen (Oberarmbein und Elle) sich nicht auf einer Ebene bewegen. Die beiden Gelenkkörper des Oberarmbeines besitzen aber auch gegeneinander wechselnde Lage. Betrachten wir einen Oberarmknochen in der Richtung seiner Längsachse vom Schultergelenkskopf aus zur Rolle der Elle hin, Abb. 356, nach *Straßer*, so sehen wir die Achse des Ellbogengelenkes für die Beugung BB mit der Mittelebene einen Winkel von etwa 80° bilden. Die Ebene für die Beugung steht darauf senkrecht und ist durch die Linie EE senkrecht auf die Papierfläche zu errichten. Denken wir uns einen Schnitt durch den Oberarmknochen der Länge nach in einer Ebene geführt, die auf der Linie HH senkrecht zur Papierfläche steht, so haben wir den Knochen in seiner *Hauptebene* gespalten und diese bildet mit der Beugungsebene EE einen Winkel von etwa 70° .

Lassen wir den Oberarmkopf und damit die Ebene HH unverändert in ihrer Lage, drehen wir aber

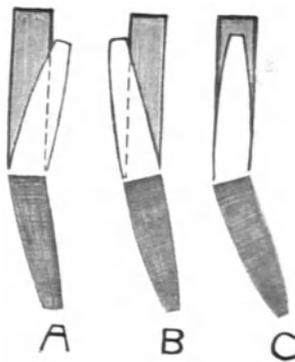


Abb. 355.

die Beugungsebene des Ellbogengelenkes mehr nach innen gegen die Mittelebene zu oder nach außen von ihr weg, dann wird dieser Winkel größer oder kleiner. Aus der Beobachtung am lebenden Menschen erfahren wir, daß dieser Winkel im großen Ausmaß von 23° bis 92° wechseln kann. Deshalb wird sich bei herabhängendem Arm die Handfläche bald stärker einwärts gedreht, bald stärker auswärts gewendet zur Mittelebene einstellen. Viel häufiger und stärker ausgesprochen ist die stärkere Einwärtswendung.

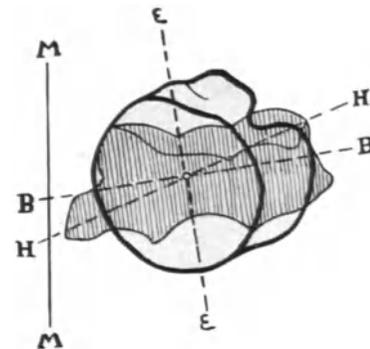


Abb. 356.

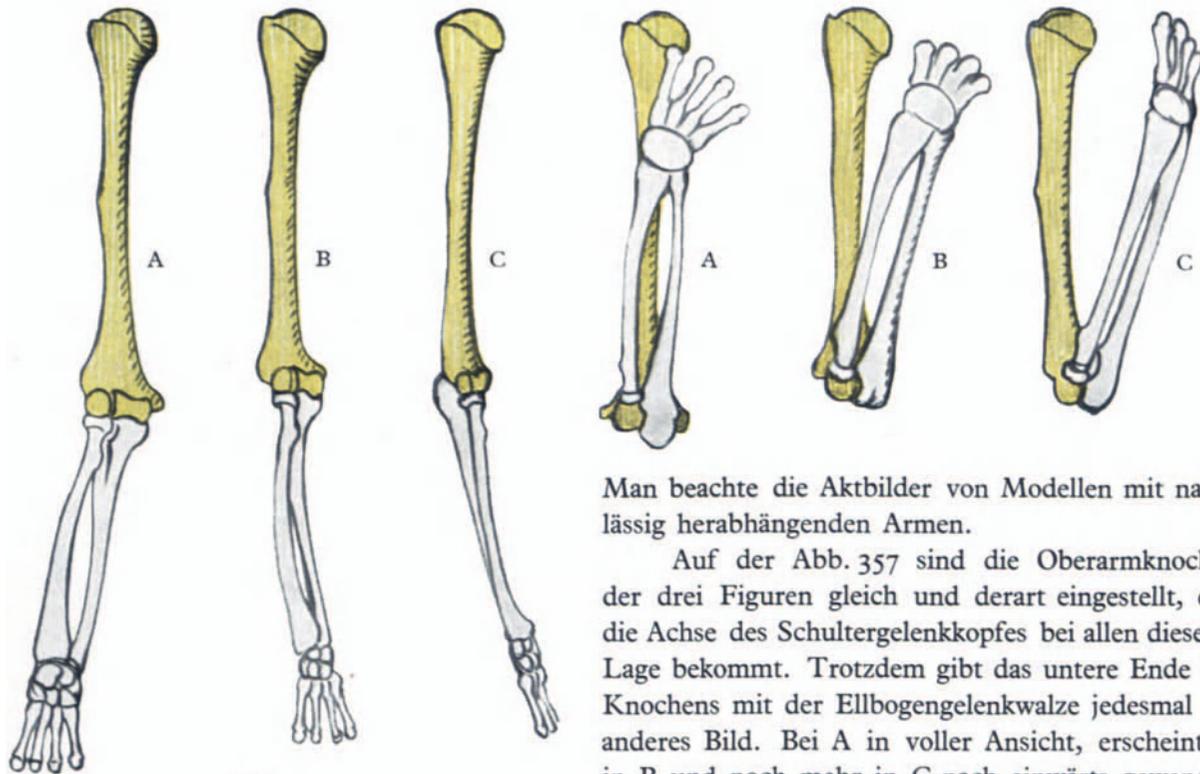


Abb. 357.

Man beachte die Aktbilder von Modellen mit nachlässig herabhängenden Armen.

Auf der Abb. 357 sind die Oberarmknochen der drei Figuren gleich und derart eingestellt, daß die Achse des Schultergelenkkopfes bei allen dieselbe Lage bekommt. Trotzdem gibt das untere Ende des Knochens mit der Ellbogengelenkwalze jedesmal ein anderes Bild. Bei A in voller Ansicht, erscheint es in B und noch mehr in C nach einwärts gewendet. Der Unterarm und die Hand werden im gleichen

Sinne mit verstellt und die Folge davon ist, daß bei der Beugung im Ellbogengelenk die Hand einmal bei A auf die Vorderfläche der Schulter, also auf den Schultergelenkkopf, bei B und noch mehr bei C nach innen auf die Brustfläche zu liegen kommt. Um die Hand aus der Stellung bei C in jene von A zu bringen, müßte der Oberarm um das Maß des Verdrehungswinkels im Schultergelenk nach außen gedreht werden.

Wir verstehen, daß durch diese wechselnde Form des Oberarmbeines der Verkehrsraum der Vorderarmknochen und der Hand gegen den Rumpf verstellt wird.

Eine weitere Besonderheit des Gelenkes ist die, daß seine beiden Gelenkkörper nicht so vollkommen aufeinander gepaßt sind wie in einem Scharniergelenk der Technik und deshalb die Führung des Gelenkes in einer Ebene nicht streng durchgeführt ist. Es sind kleine Abweichungen in verschiedenster Richtung möglich (namentlich seitliche Abweichungen und Längsdrehungen).

Der Zusammenhalt dieses großen Scharniergelenkes wird durch zwei kräftige, hier fächerförmige *Seitenbänder* besorgt, die von den beiden Gelenkknorren (Epicondylen) des Oberarms ausgehen, Abb. 358 A. Das *innere Seitenband* heftet sich an die Elle, Abb. 358 B, das *äußere*, Abb. 358 C verwebt seine Fasern mit jenen des sogenannten *Ringbandes* der Speiche (Ligamentum annulare radii), welches vom vorderen und hinteren Rand des Speichenlagers der Elle ausgeht, die ringförmige Gelenkfläche der Speiche umfaßt und dadurch das Köpfchen der Speiche drehbar läßt, aber an die Elle festbindet, Abb. 359.

Die Speiche muß also die Beuge- und Streckbewegungen der Elle mitmachen und sein Köpfchen gleitet dabei auf dem Köpfchen des Oberarmbeines, ohne daß dieses Oberarm-Speichengelenk auf die Bewegungsform des Oberarm-Ellengelenkes Einfluß nimmt. Andererseits ist es aber begreiflich, daß wegen der festen Aneinanderkettung der beiden Vorderarmknochen ein Muskel, der Biceps, trotzdem er an der Speiche sich ansetzt, das Ellbogengelenk im Sinne einer Beugung bewegt.

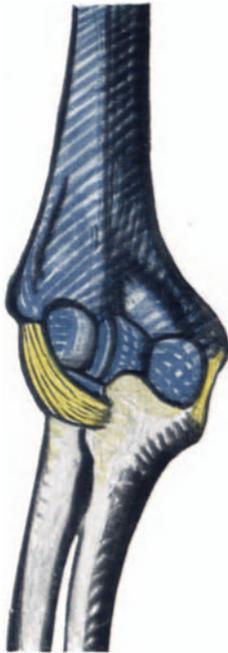


Abb. 358 A.

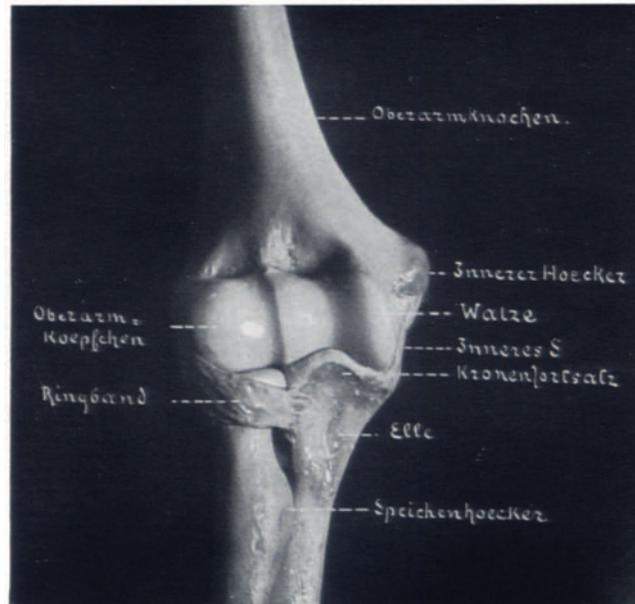


Abb. 359.



Abb. 358 C.

Die Gelenkkapsel nimmt auch die beiden Gruben des Oberarmbeines oberhalb der Gelenkrolle mit in das Gelenk herein.

Die Größe der Beugung—Streckung beträgt ungefähr 140° — 155° , Abb. 360 und 361. Die letztere ist nach einer Röntgenaufnahme gezeichnet.

Bei voller Streckung des Gelenkes ist der Arm wirklich gerade gestreckt. Die Längsachsen von Oberarmbein und Elle liegen in einer Geraden und schließen einen Winkel von 180° ein.

Es kommen jedoch auch hier starke Schwankungen (150° — 200°) zur Beobachtung und es ist von besonderem Interesse zu erfahren, daß ein größeres Winkelmaß, also eine Überstreckung bei Frauen, Abb. 362, häufiger vorkommt als bei Männern und bei Kindern fast als Regel angenommen werden kann.

In äußerster Streckstellung wird die Stellung des Oberarmbeines zur Elle auch durch die schon erwähnte Vorbiegung des unteren Endes des Oberarmbeines und des oberen Ellenlagers nach vorne zu beeinflusst.

Die Hemmung der Bewegung erfolgt durch Muskel, durch die Gelenkbänder oder endlich durch das Einrücken und Anstemmen des Kronenfortsatzes oder des Olekranon in die vordere oder hintere Gelenkgrube des Oberarmbeines, Abb. 361.

Meistens wird die äußerste Grenze der Beugung nicht durch Muskelzug, sondern erst durch passive Bewegung des Gelenkes, so auch durch Schleuderbewegungen erreicht.

Von den Eigenmuskeln des Oberarm-Ellengelenkes ist *der innere Armmuskel* (*M. brachialis internus*), Abb. 363, 4, der Beuger, die beiden kurzen Köpfe des *dreiköpfigen Armmuskels* (*M. triceps brachii*), Abb. 363, 2 und 3, die Strecker des Gelenkes.

Vor und hinter dem Oberarmbein gelegen und von ihm ausgehend, beginnt der innere Armmuskel in der Höhe des Ansatzes des Deltamuskels, dessen Spitze er gabelförmig umgreift. Er besetzt nach abwärts die Vorderfläche des Knochens und zwei sehnige Blätter (Ligamenta

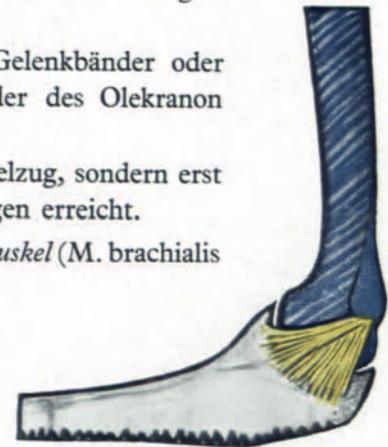


Abb. 358 B.

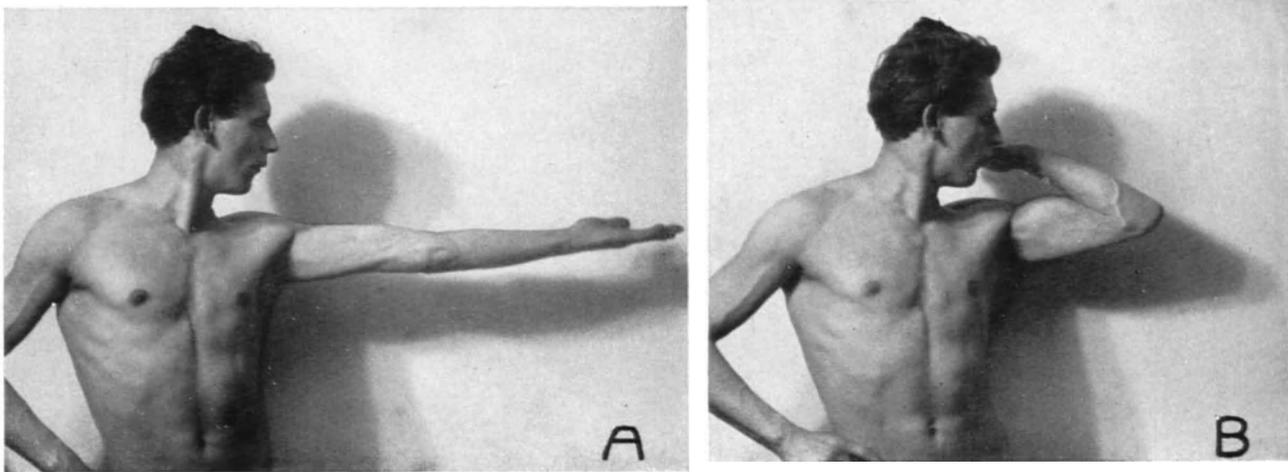


Abb. 360.

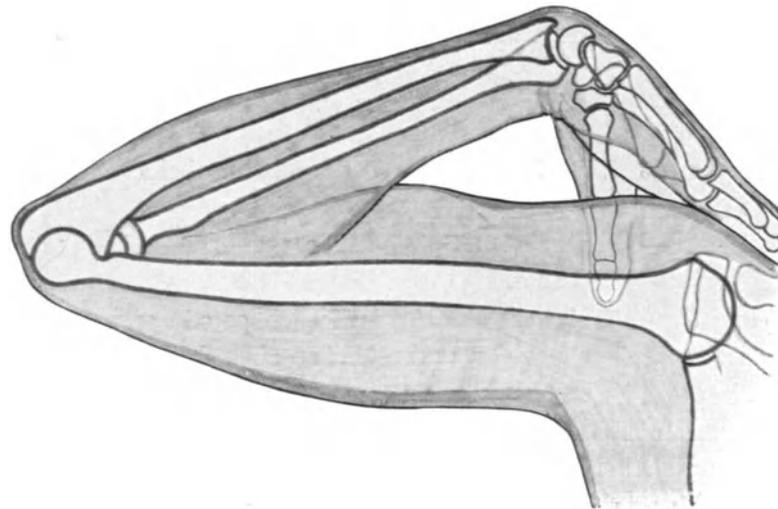


Abb. 361.

intermuscularia), die von den Seitenkanten des Oberarmbeines zu dem inneren und äußeren Knorren laufen und die Muskelansatzfläche des Knochens vergrößern. Seine Fasern laufen über dem Ellbogengelenk stärker zusammen und enden mit breitem Ansatz auf der Kante und an der abfallenden Innenfläche der Rauigkeit der Elle (Tuberositas ulnae), in welche der Kronenfortsatz nach abwärts übergeht.

Der dreiköpfige Strecker hat zwei kurze, eingelenkige Köpfe und einen langen zweigelenkigen Kopf. Der innere von den beiden kurzen Köpfen liegt tief und besetzt fast die ganze Hinterfläche des Oberarmbeines und das innere Zwischenmuskelband und drängt sich abwärts soweit nach außen vor, daß er dicht über dem Ellbogengelenk auch noch das äußere Zwischenmuskelband erreicht. Seine Fasern nehmen von innen nach außen an Länge ab und richten sich über den beiden Oberarmknorren, die sie frei lassen, mehr der Quere nach aus.

Der äußere oberflächlichere Kopf des Muskels ist schmaler und entspringt von einer langen schmalen Linie, die unterhalb des Gelenkkopfes des Oberarmbeines beginnt, am Ansatz des Deltamuskels vorbeizieht und bis zum äußeren Zwischenmuskelband herabreicht.

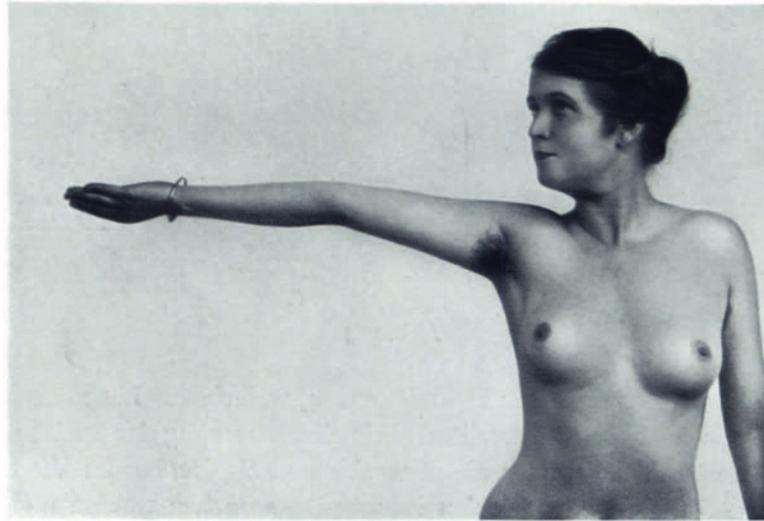


Abb. 362.

Die Muskelfasern beider Köpfe gehen in die gemeinsame oberflächliche, starke und streifenförmige Sehnenplatte über, die am Olekranon der Elle endet. Sie ist an ihrem oberen Ende schief nach außen und unten abgeschnitten und diesen oberen sowie den anschließenden Außenrand besetzen die Fasern des äußeren Kopfes, während der lange und innere Kopf am Innenrand der Sehne enden. Die aufwärts gerichtete Spitze der Sehnenplatte zeigt die Grenze des langen und äußeren Kopfes an.

Als Ergänzung des äußeren Streckerkopfes kann ein kleiner Muskel, der *Ellbogenmuskel* (*M. anconaeus*) gelten, der vom äußeren Knorren des Oberarmbeines an die hintere Kante der Elle zieht, Abb. 385, 6.

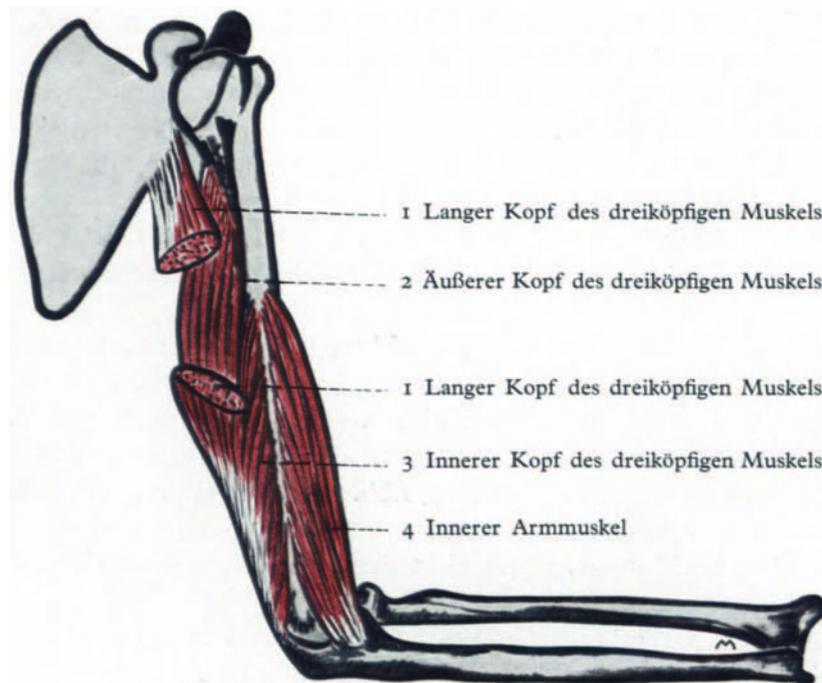


Abb. 363.

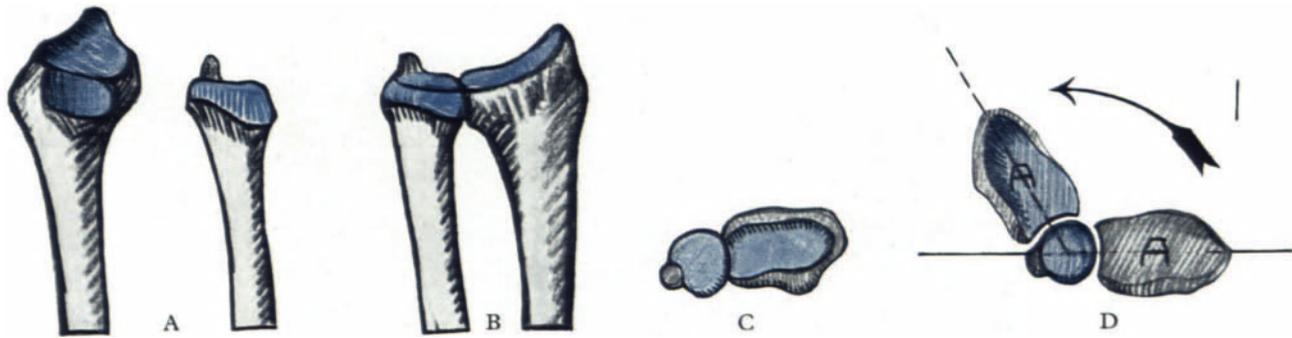


Abb. 364.

Die Speiche muß die Bewegungen der Elle mitmachen, weil sie der Länge nach an sie fest angehängt ist. Diese Verbindung ist aber derart hergestellt, daß sie eine Bewegung der Speiche gegen die Elle zuläßt, die wir die *Einwärts-Auswärtsdrehung*, oder die *Pronation* und *Supination* des Vorderarmes nennen. Die Konstruktion des oberen Speichen-Ellengelenkes ist schon besprochen worden und aus der Abb. 359 ist ersichtlich, wie das Speichenköpfchen innerhalb des Ringbandes sich drehen kann.

Betrachten wir jetzt den Schaft und das untere Ende der beiden Vorderarmknochen. Auf Abb. 349 finden wir die kantige Form der Elle in den oberen zwei Dritteln des Schaftes besonders gut ausgesprochen und die hintere Kante, die aus der Hinterfläche des Olekranons abwärts zieht, bleibt von jeder Muskeldecke frei und ist nur von der Haut bedeckt an mageren Armen sichtbar und immer deutlich fühlbar. Im unteren Drittel wird die Elle rund, wir sehen sie mit einem zylindrisch geformten Köpfchen enden, wie wir ein ähnliches am oberen Speichenende ausgebildet fanden, nur wird hier die äußere ringförmige Gelenkfläche an der Rückseite durch einen kurzen rundlichen und stumpf abgeschnittenen stiftförmigen Knochenvorsprung, den *Griffelfortsatz* (*Processus styloideus ulnae*) unterbrochen, Abb. 364 A und B.

Der Schaft der Speiche, Abb. 349, drängt unter dem Hals eine raue Erhabenheit nach vorne und ellenwärts heraus (*Tuberositas radii*), an welcher die Sehne des Bizeps Ansatz nimmt. Von hier aus nimmt der Schaft bis zu seinem unteren Ende stetig in allen Dimensionen zu und bekommt unter starker Abflachung seine zur Elle gerichtete scharfe Kante, von der das Zwischenknochenband ausgeht.

Verfolgen wir die scharfe Innenkante des Knochens abwärts, so verbreitert sie sich und bildet eine dreieckige Knochenfläche, die mit einem zylindrisch gehöhlten, knorpelüberzogenen Ausschnitt zur Anlagerung an das Ellenköpfchen endet, Abb. 349, 2 und 364 A.

Eine weite, schlaffe aber widerstandsfähige Kapsel umschließt dieses *untere Speichenellengelenk*, zu dem also im Gegensatz zum oberen Gelenk die Elle das Gelenkköpfchen und die Speiche die Gelenkpfanne liefert.

Das obere Ende der Speiche, das Speichenköpfchen, kann mit geringer Veränderung seiner Lage zur Elle um sich selbst gedreht werden, während das untere Ende der Speiche um das festliegende Köpfchen der Elle herumwandert und damit seine Lage zur Elle verändert, Abb. 364 C und D.

Das Resultat muß eine Überkreuzungsbewegung der Speiche über die Elle sein, indem sich die Speiche aus der Grundstellung oder Parallelstellung, Abb. 365 A, mit ihrem unteren Ende von der Außenseite der Elle zur Innenseite bewegt, Abb. 365 B.

Die Achse für diese Drehbewegung geht oben durch die Mitte des Speichenköpfchens und unten durch die Mitte des Ellenköpfchens.

Die Längsachse der Speiche beschreibt einen Kegelmantel, dessen Grundfläche ein Kreis ist mit jener Entfernung als Halbmesser, die als Abstand der Speichenlängsachse vom Mittelpunkt des Ellenköpfchens gemessen werden kann.

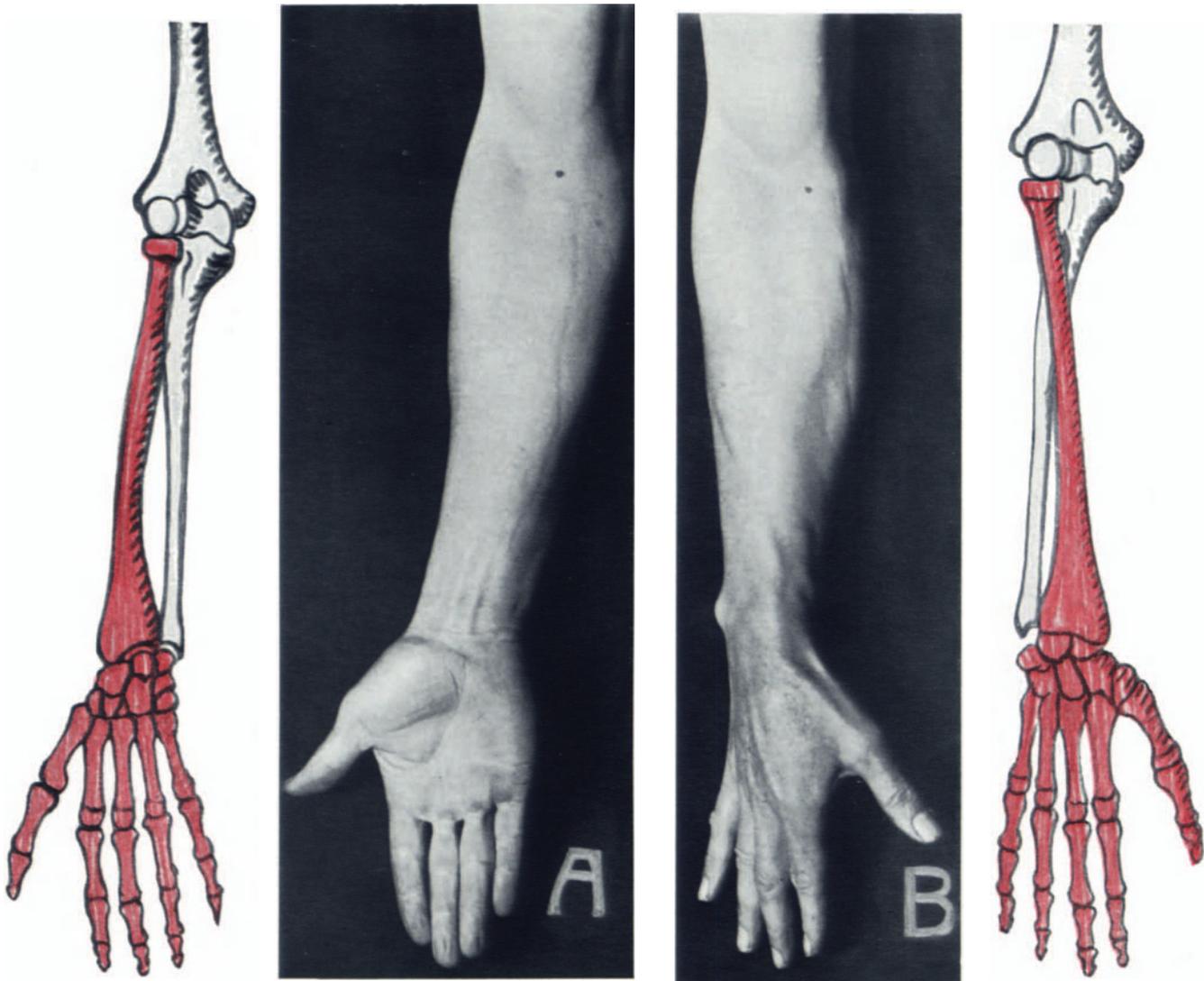


Abb. 365 A.

Abb. 366.

Abb. 365 B.

Die Drehbewegung des Vorderarmes kann in jeder beliebigen Beugstellung des Ellbogengelenkes ausgeführt werden. Eine gleichzeitige Beugebewegung behindert die Drehbewegung des Speichenköpfchens im Ellbogengelenk nicht.

Die Ausführung der Drehung des Vorderarmes um die angegebene Achse läßt die Elle dabei völlig unbeteiligt. Doch ist die Anpassungsfähigkeit der Vorderarmdrehungen für die verschiedenen Verrichtungen unserer Hand eine größere dadurch, daß diese Drehung auch noch durch Beuge- und Streckbewegungen der Elle im Ellbogengelenk und durch Drehungen des Oberarmes im Schultergelenk beeinflusst werden kann. Dadurch kann eine Mitbewegung der Elle bei den Drehbewegungen der Speiche um die Elle ausgelöst werden und tatsächlich macht der Körper in den meisten Fällen gewohnter Vorderarmdrehungen von dieser Einrichtung Gebrauch.

Legt man den gestreckten Arm so auf eine Tischplatte, daß bei paralleler Einstellung der beiden Vorderarmknochen die Rückfläche der Hand aufliegt und führt man dann ohne jede Mitbeteiligung des Schultergelenkes eine Innenwendung (Pronation) des Vorderarmes aus, so kann man leicht feststellen,



Abb. 367.

daß das Handende der Elle mit ihrem Köpfchen an derselben Stelle der Tischplatte bleibt, die Umwendung also um die ruhig liegende Elle erfolgt.

Die Hand dreht sich um den Kleinfingerrand herum in die neue Berührungsfläche mit der Tischplatte, Abbildung 366.

Heben wir aber den gestreckten Arm ein wenig von der Tischplatte ab und wiederholen wir in dieser Lage die Bewegung des Vorderarmes mit der Hand, so sehen wir, daß diese sich nicht mehr um den Kleinfingerrand sondern derart dreht, daß ungefähr der Mittelfinger an derselben Stelle bleibt. Es muß folglich auch das Handende der Elle eine Bewegung und zwar im umgekehrten Sinne der Speiche ausgeführt haben.

Beobachtet man nun Umwendungen des Vorderarmes in beliebigen Stellungen des *frei gehaltenen Armes*, so finden wir stets die Bewegung der Hand auf eine solche mittlere Drehung und nicht auf die Randdrehung eingestellt. Die Hand bleibt also bei der Umwendung im gleichen Raumgebiet, während sie bei der Wendung um die Kleinfingerseite dieses Raumgebiet wechselt.

Wir haben uns daran gewöhnt, mit der Umwendung des Vorderarmes in diesem Sinne korrigierende kleine Bewegungen im Ellbogen — und vor allem auch im Schul-

tergelenk — zu verbinden. Auch entsprechende Bewegungen des Schulterblattes können dabei in Frage kommen.

Die Hand als zufassender Griff für die verschiedensten Werkzeuge, die zu ihrer Verwendung zentrierte Drehbewegungen erfordern, hat durch Übung diesen Mechanismus herausgebildet.

Die reine Drehbewegung ist am Lebenden etwa mit einem Ausschlag von 120 bis 140° ausführbar, Abb. 366A und B.

Der dargestellte Arm läßt in der Überkreuzungsstellung der Vorderarmknochen deutlich das Köpfchen der Elle auf der *Außenseite* des Armes erkennen.

Paust man die beiden Randstellungen des Vorderarmes aufeinander, wie das in Abb. 367 geschehen ist, so übersieht man die räumliche Verschiebung der Maßen. Weil bei der Überkreuzungsstellung der beiden Vorderarmknochen, der Pronation, die Längsachse der Speiche mehr in die Richtung der Längsachse des Oberarmbeines gebracht wird, wird der schiefe Armansatz verdeckt und tritt nicht mehr, oder nicht mehr so auffallend in Erscheinung. Das ist auch bei ruhig herabhängendem Arm der Fall, weil in dieser Haltung die Schwere die Vorderarmknochen in mäßige Pronationsstellung bringt.

Für die Drehbewegung sind zwei eigene Muskeln vorhanden und in der Abb. 368 dargestellt. Am unteren Ende der *quadratische Einwärtsdreher* (M. Pronator quadratus) und oben der *Auswärtsdreher* (M. Supinator).

Von den langen Muskeln des Oberarmes ist der Biceps ein energischer Beuger des Ellbogengelenkes und ein kräftiger Auswärtsdreher des Vorderarmes infolge seines Ansatzes am Speichenhöcker (Tuberositas radii), dem Knochenvorsprung unterhalb des Speichenköpfchens, Abb. 359.



Abb. 368.

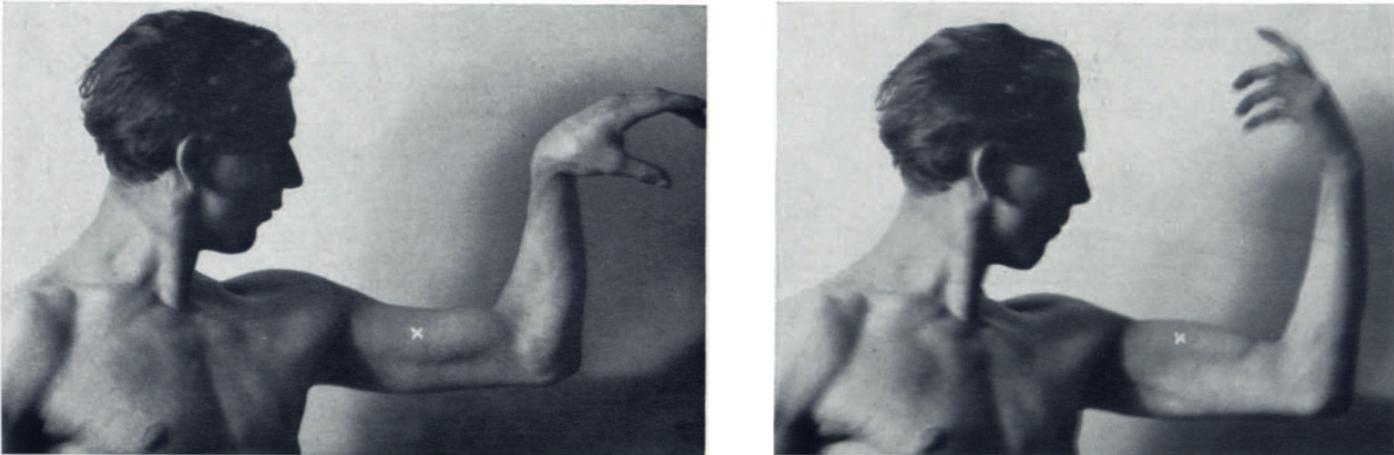


Abb. 370.

Durch eine volle Einwärtsdrehung des Vorderarmes wird der Speichenhöcker, der in der Grundstellung (Vorderarmknochen in paralleler Lage zueinander, die Handfläche nach vorne gerichtet) nach vorne sieht, nach hinten gewendet und die Sehne des Biceps wickelt sich um den Hals der Speiche auf, Abb. 369 A und B. Durch den Zug des verkürzten Muskels wird sie durch Auswärtsdrehung der Speiche wieder abgewickelt.

Die Wirkung des Bicepszuges auf die Auswärtsdrehung des Vorderarmes läßt sich am lebenden Menschen leicht dartun. Führt ein Modell bei rechtwinklig gebeugtem Ellbogengelenk eine kräftige Auswärtsdrehung des Vorderarmes aus, so springt der Wulst des verkürzten, tätigen Biceps deutlich vor und verschwindet bei der folgenden Einwärtsdrehung, Abb. 370 A und B. Bei diesem Versuch muß aber bei einem ungeübten Modell die Anteilnahme des Biceps an einer Beugung im Ellbogengelenk durch eine Streckbewegung in demselben ausgeschlossen werden.

Da sich aber bei der Streckung des Ellbogengelenkes die Sehne des Biceps der queren Achse des Oberarmellengelenkes nähert und durch eine folgende Einwärtsdrehung des Vorderarmes noch weiter nähert, so muß die Arbeitsgröße dieses Muskels für die Beugung damit abnehmen. Diese wird in rechtwinkliger Beugestellung des Ellbogengelenkes am größten sein. Im gleichen Sinne wirkt auch der *kurze Auswärtsdreher* (*M. supinator*).

Er entspringt, dicht auf den Knochen und der Gelenkkapsel gelegen, vom äußeren Höcker des Oberarmbeines, vom äußeren Seitenband und vom Ringband und endlich von der Außenfläche der Elle im Anschluß an den unteren Rand des Ellbogenmuskels. Der dünne, flache Muskel wickelt sich um das obere Drittel der Speiche nach innen zu herum und endet an ihr längs einer schiefen Knochenkante, die unterhalb des Speichenhöckers beginnt und bis zum Ansatz des runden Einwärtsdrehers (*M. pronator teres*) reicht, Abb. 368 und 373.

Im Gegensatz zum Biceps kann er die Auswärtsdrehung der Speiche in allen Stellungen des Ellbogengelenkes mit gleichem Nutzwert ausführen.

Ein weiterer Muskel ist Beuger des Ellbogengelenkes und dabei Einwärts- und Auswärtsdreher des Vorderarmes. Es ist der *Oberarmspeichenmuskel* (*M. brachioradialis*), Abb. 371. Er setzt am Außenrand des Oberarms und am Griffelfortsatz der Speiche an. Seine Beugekraft nimmt mit erfolgter Beugung zu, wie beim Biceps.

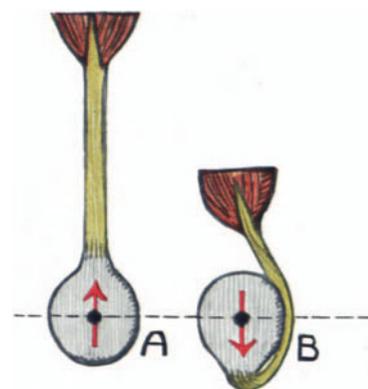
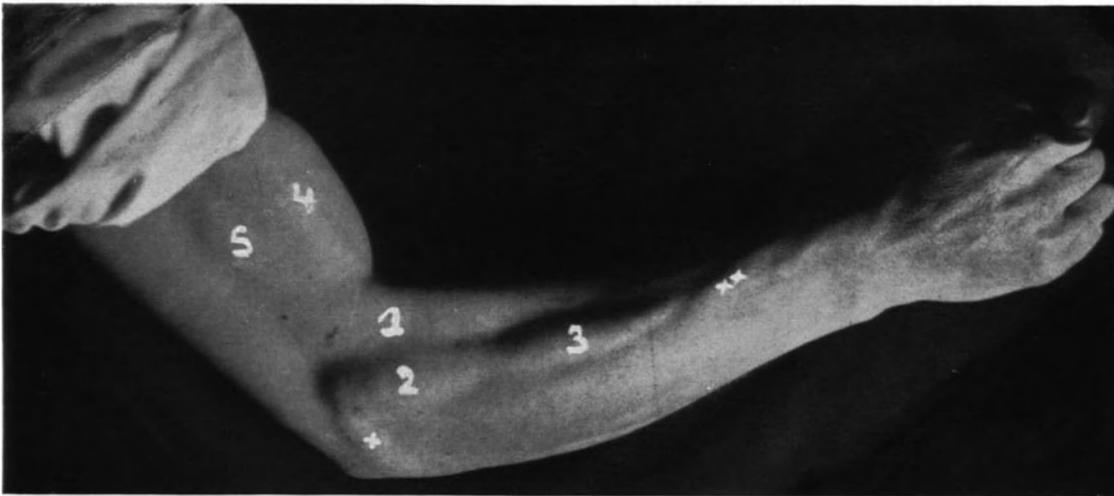


Abb. 369.



1 Oberarmspeichenmuskel, 2 und 3 Langer und kurzer Speichenstrecker, 4 Biceps, 5 Innerer Armmuskel,
 × × Langer Abzieher des Daumens.

Abb. 372.

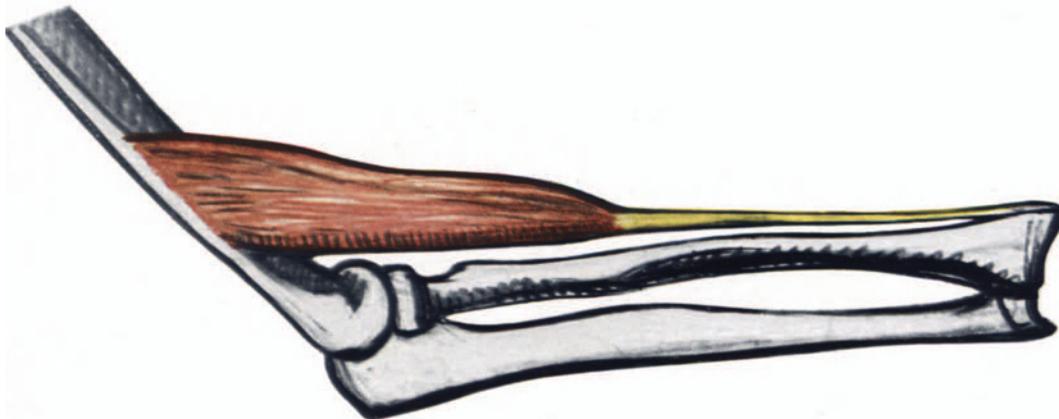


Abb. 371.

Aus völlig auswärtsgedrehter Stellung des Vorderarmes vermag er ausgiebig einwärts zu drehen, aus völlig einwärtsgedrehter Stellung ein wenig auswärts zu drehen.

In halb gebeugter und dreiviertel einwärtsgedrehter Stellung des Vorderarmes ist er bei kräftiger Verkürzung am Lebenden gut zu sehen, Abb. 372.

Ein Beuger des Ellbogengelenkes und sehr kräftiger Einwärtsdreher des Vorderarmes ist der *runde Einwärtsdreher* (M. pronator teres), der vom inneren Armhöcker schief nach abwärts und außen zur Speiche zieht, Abb. 373. Er tritt auch am Arm des lebenden Modells bei seiner Tätigkeit deutlich an die Oberfläche, wie wir das aus einem Vergleich der beiden Abb. 374 und 375 erkennen. Die eine gibt den Arm in nachlässiger Ruhe wieder, die andere denselben bei Ausführung einer kräftigen Einwärtsdrehung.

Hier müssen auch die beiden langen Muskeln der Biceps und Triceps in ihrem Einfluß auf beide Gelenke, das Schulter- und Ellbogengelenk, die sie überlaufen, besprochen werden. Sie kuppeln beide Gelenke im ähnlichen Sinne wie die langen Muskeln am Oberschenkel das Hüft- und Kniegelenk.

Sie können dabei vom festgehaltenen Schulterblatt aus das Schulter- und Ellbogengelenk beugen und strecken oder bei festgehaltenem Oberarmbein das Gleiche tun, d. h. das Schulterblatt und die Vorder-

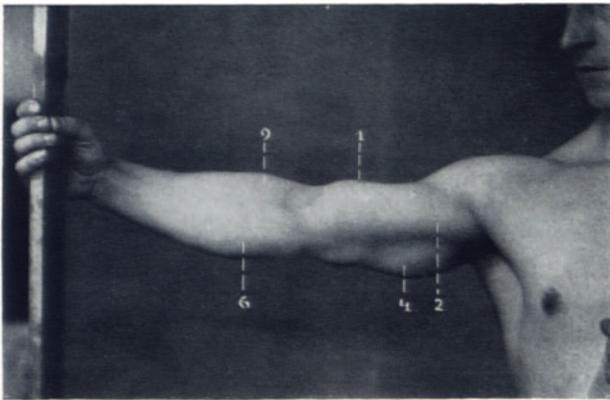


Abb. 374.

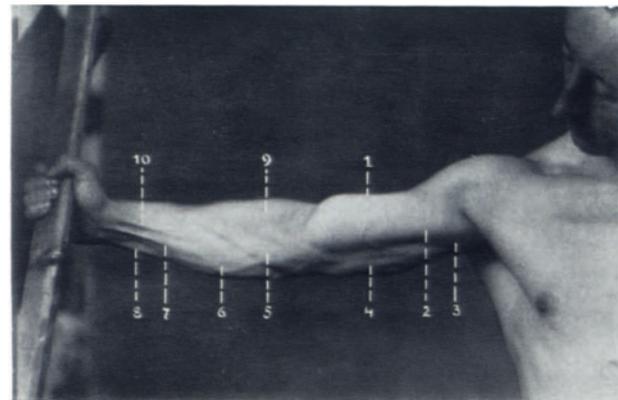


Abb. 375.

1 Biceps, 2 Kurzer Kopf des Biceps zum Rabenschnabel, 3 Rabenschnabelarmmuskel, 4 Langer Kopf des Triceps, 5 Runder Einwärtsdreher, 6 Gemeinsamer Bauch der Hand- und langen Fingerbeuger, 7 Sehne des Spanners des Hohlhandsehnenblattes, 8 Sehne des Ellenbeugers, 9 Oberarmspeichenmuskel, 10 Sehne des Speichenbeugers.

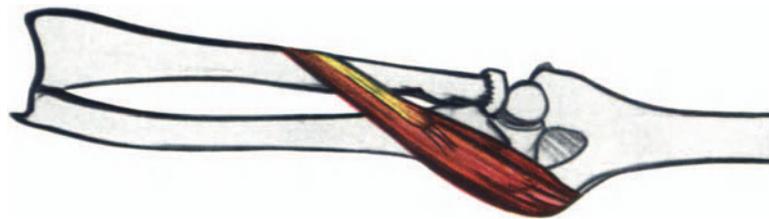


Abb. 373.

armknochen bewegen, oder vom festgehaltenen Vorderarm aus den Oberarm und das Schulterblatt bewegen oder alle drei Knochen in den beiden sie vereinigenden Gelenken gleichzeitig zu einander bewegen. Sie brauchen aber nicht immer an beiden Gelenken gleichzeitig eine Bewegung in ihrem Sinne hervorzurufen.

Es kann an dem einen Gelenk ihre Arbeit wirkliche Bewegung erzeugen, am anderen Gelenk aber bloß abbremsend auf eine gegenteilige Bewegung durch einen Gegenmuskel oder eine andere äußere Kraft wirken.

Die beiden Muskeln werden aber auch eine gleichzeitige maximale Bewegung in beiden Gelenken, welche die Muskeln dehnt, verhindern, andererseits werden die Muskeln nicht imstande sein, beide Gelenke gleichzeitig durch ihre äußerste Verkürzung auch vollkommen auszunützen. Ein im Ellbogengelenk voll gebeugter Arm kann im Schultergelenk nicht mehr maximal gehoben werden. Ein im Ellbogen völlig gestreckter Arm kann im Schultergelenk nicht mehr so weit nach hinten geführt werden als ein gebeugter Arm. Im ersten Fall ist der lange Kopf des Triceps, im zweiten der lange Kopf des Biceps die Ursache der Erscheinung, die freilich wegen des beweglichen Schulterblattes nicht so auffallend wird wie am Hüftgelenk, weil hier das Becken mit dem Rumpf fest verbunden ist.

Das sind noch nicht alle Muskeln, die auf das Beuge- und Drehgelenk des Ellbogens einwirken.

Auch die langen Muskeln, die vom Oberarm ausgehen und abwärts über den Vorderarm hinaus die Hand erreichen, kommen dafür in Betracht. Sie werden später genannt werden.

Wir wenden uns jetzt der Beschreibung der Hand und ihrer Verbindung mit dem Vorderarm zu.

Hand und Handgelenk.

Die Hand ist wie der Fuß ein vielgliederiges und vielgelenkiges System, dessen größere Verwendbarkeit vor allem auf der Länge der Finger und der besonderen Beweglichkeit des Daumens beruht.

Die 27 Knochen des Handskelettes sind unter Ausbildung einer seichten Höhlung flächenhaft nebeneinander ausgebreitet und miteinander verbunden. Sie werden in die *Knochen der Handwurzel*, in die *Knochen der Mittelhand* und in die *Knochen der Finger* eingeteilt, Abb. 376. Die Knochen der Handwurzel, die Mittelhandknochen und die Hälfte der Grundglieder der Finger werden, von der Handfläche her betrachtet, durch den einheitlichen Hautüberzug zum Handteller zusammengefaßt. Das ist am besten auf der Abb. 381 nach einer Röntgenaufnahme zu ersehen.

Von den 8 Knochen der Handwurzel, Abb. 376, 1—8, muß das Erbsenbein (8) zunächst aus der Betrachtung bleiben. Die übrigen 7 sind der Quere nach in zwei Reihen geordnet. Drei davon, das *Kahnbein* (Naviculare) (1), das *Mondbein* (Lunatum) (2) und das *Dreieckbein* (Triquetrum) (3) bilden die erste Reihe, vier die zweite, das *große vieleckige Bein* (Multangulum majus) (4), das *kleine vieleckige Bein* (Multangulum minus) (5), das *Kopfbein* (Capitatum) (6) und das *Hackenbein* (Hamatum) (7). Zur ersten Übersicht betrachten wir diese Anordnung auf Abb. 377. Die beiden Knochenreihen sind auseinander

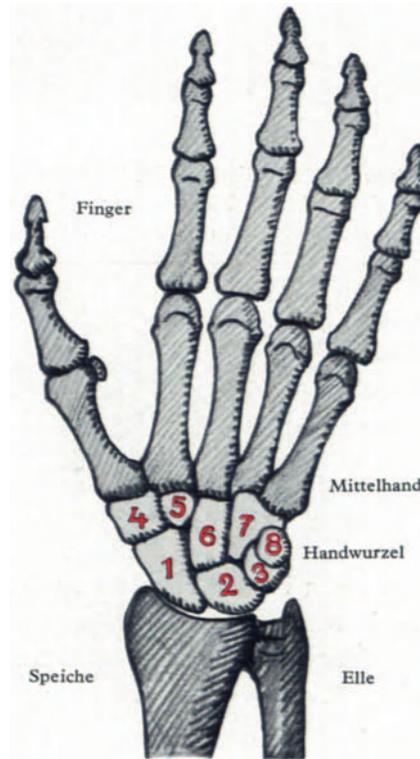


Abb. 376.

Am Zustandekommen des oberen Handgelenkes nimmt die Elle nicht unmittelbar Anteil. Sie ist zu kurz, um die Handwurzel zu erreichen, Abb. 376. Es schiebt sich zwischen ihr Köpfchen und die Oberfläche des Handwurzelgelenkkopfes eine ziemlich dicke, faserige und überknorpelte dreieckige Platte ein, die an der Elle wie an der Speiche festgeheftet ist, Abb. 377Z.

Diese *Zwischenscheibe* (Discus articularis) ergänzt die eiförmige, längliche und gehöhlte Pfanne der Speiche, welche nach außen von dem zu tiefst heruntergreifenden *Griffelfortsatz der Speiche* (Processus stiloideus radii) begrenzt wird.

Der in die Pfanne passende, von den drei Knochen der ersten Handwurzelreihe gebildete Gelenkkopf ist ein schmal elliptischer Körper von ähnlicher Form wie die Pfanne, aber von etwas größeren Ausmaßen der überknorpelten Oberfläche.

Aus der Form der beiden Gelenkkörper läßt sich erwarten, daß die Hand dadurch zwei Bewegungsmöglichkeiten gegen den Vorderarm gewinnt. Einmal eine Bewegung senkrecht zur Handfläche als *Beugung* und *Streckung*, Abb. 378 und 383 um eine quer gerichtete Achse, die auf Abb. 380 mit einer schwarzen

gezogen und die erste von den Vorderarmknochen abgehoben. Wir übersehen die an den einzelnen Knochen vorhandenen, knorpelgedeckten und auf der Zeichnung blau getönten Gelenkflächen, die sehr verschieden gestaltet, sich dennoch der Quere nach zu je einem bestimmt geformten Gelenkkörper zusammenschließen.

Wir kommen zur Einsicht, daß die erste Reihe als gekrümmte Spange einerseits den Gelenkkopf zur Einlagerung in die Pfanne am unteren Ende der Speiche liefert und daß sie andererseits in ihre Höhlung als Pfanne den von der zweiten Reihe gebildeten Gelenkkopf aufnimmt.

So werden zwei große Gelenke gebildet, das *obere* und das *untere Handgelenk* (Articulatio radiocarpalis ed intracarpalis).

Linie eingetragen ist. Sie geht durch den Mittelpunkt des annähernd kugligen Köpfchens des Kopfbeines. Auf der Abb. 383 ist die Achse durch die angegebene Kreismarke senkrecht auf die Papierfläche zu errichten.

Die zweite Bewegung geht mit der Handfläche nach der Speichen- oder Ellenseite hin. Diese Randbewegung, Abb. 379, erfolgt um eine vom Handrücken zur Hohlhand gerichteten Achse, die man freilich nur zur allgemeinsten Vorstellung dieser Bewegung wieder durch den Mittelpunkt des Kopfes des Kopfbeins legen kann (Kreismarke auf Abb. 377 und 380).

Denkt man sich die Hand auf Abb. 376 ausgeschnitten und um eine Nadel durch den Ring der Nummer 6 drehbar, so gleitet der Gelenkkopf auf der Speichenpfanne hin und her. Noch besser ist diese Bewegung auf Abb. 380 und 381 aus dem Vergleich der dargestellten äußersten Randstellungen ersichtlich.

Auf diese Weise ließe sich die Gesamtbewegung im ersten Handgelenk auf die einfache Formel bringen, daß hier Bewegungen um zwei aufeinander senkrechte Achsen möglich sind.

Das Gelenk läßt sich als Ellipsoidgelenk bezeichnen und wir müßten daran denken, daß starre Gelenkkörper von dieser Form nur um eine einzige Achse Drehung zuließen und daß die hier mögliche ausgiebigere Bewegung um zwei Achsen nur unter Umformung der Gelenkkörper durch Pressung des Knorpelbelages zustande kommen kann.

Für das untere oder zweite Zahnräder. Davon überzeugt am besten ein Schnitt durch die Knochenreihen, der ihre größten Berührungsprofile abnimmt und die beiden Knochenspangen als starre ungliederte Körper darstellt, Abb. 380.

Diese Verzahnung der beiden Reihen scheint zunächst eine Randbewegung, wie sie im ersten Handgelenk möglich ist, auszuschließen, dagegen eine Beuge- und Streckbewegung um eine quere Achse durch den Zahn zuzulassen. Diese Achse ist dieselbe wie für die gleiche Bewegung des ersten Handgelenkes und geht durch die Mitte des Köpfchens des Kopfbeines, Abb. 380, schwarze Querlinie. Darnach könnte das Gelenk nur als Scharniergelenk aufgefaßt werden und der Ausschlag im zweiten Handgelenk würde sich mit dem gleichsinnigen des ersten Handgelenkes um die quere Achse zur vollen Beugung und Streckung der Hand paaren.

Die Verzahnung der ersten Knochenreihe mit der zweiten wird aber bedingen, daß ein Muskelzug an der zweiten Reihe im Sinne der Ausführung einer Randbewegung nach der Speichen- oder Ellenseite hin sich auf die erste Reihe übertragen und diese in Bewegung setzen wird, wie das die Abb. 380A und C veranschaulichen.

Nach dieser Darstellung des Zwischenhandgelenkes, welche eine straffe Verbindung der einzelnen Knochen der beiden Handwurzelreihen voraussetzt, gehen wir zur Betrachtung einer Randbewegung der

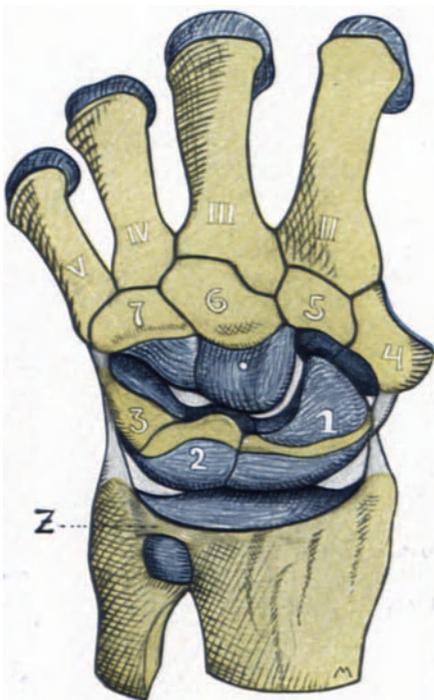


Abb. 377.

Handgelenk, vielleicht besser das *Zwischenhandgelenk* genannt, ist aus der Betrachtung der Form der ineinandergesetzten Gelenkkörper, Abb. 377, nicht so leicht eine einfache Formel für die Bewegung zu finden. Hier ist der Gelenkkörper der zweiten Reihe der Handwurzelknochen (4—7) nicht im ganzen sphärisch gekrümmt wie beim ersten, sondern diese Form ist vielmehr auf den vom Kopf des Kopfbeins (6) und vom Hackenbein (7) gebildeten Gelenkkopf beschränkt, während die Ränder der Knochenspange, namentlich gegen die Speichen- seite hin, nochmals um die Enden der ersten Knochenreihe herumfassen. Die Berührung beider Teile ist ähnlich wie die ineinander greifenden Zähne zweier

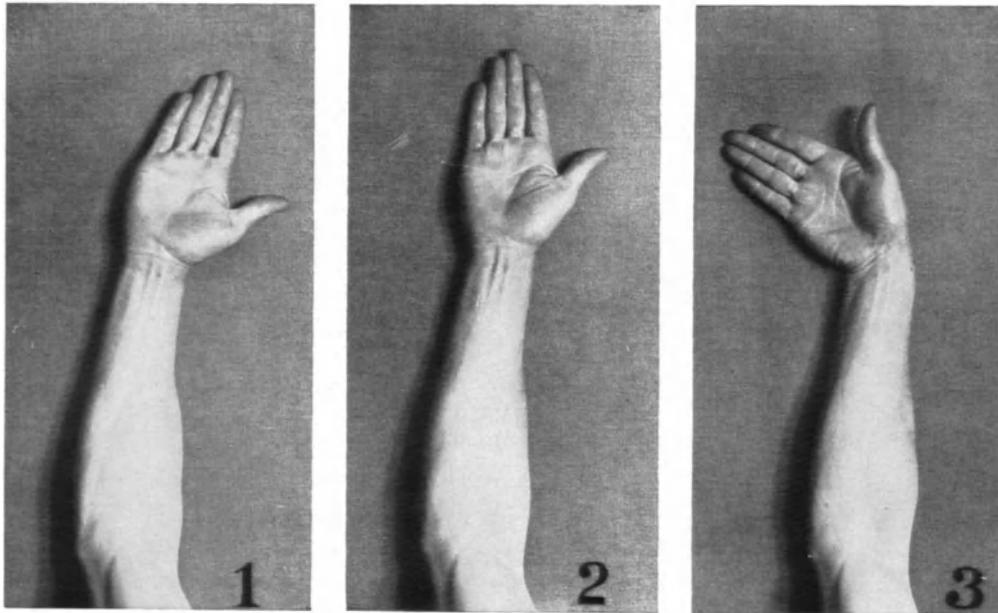
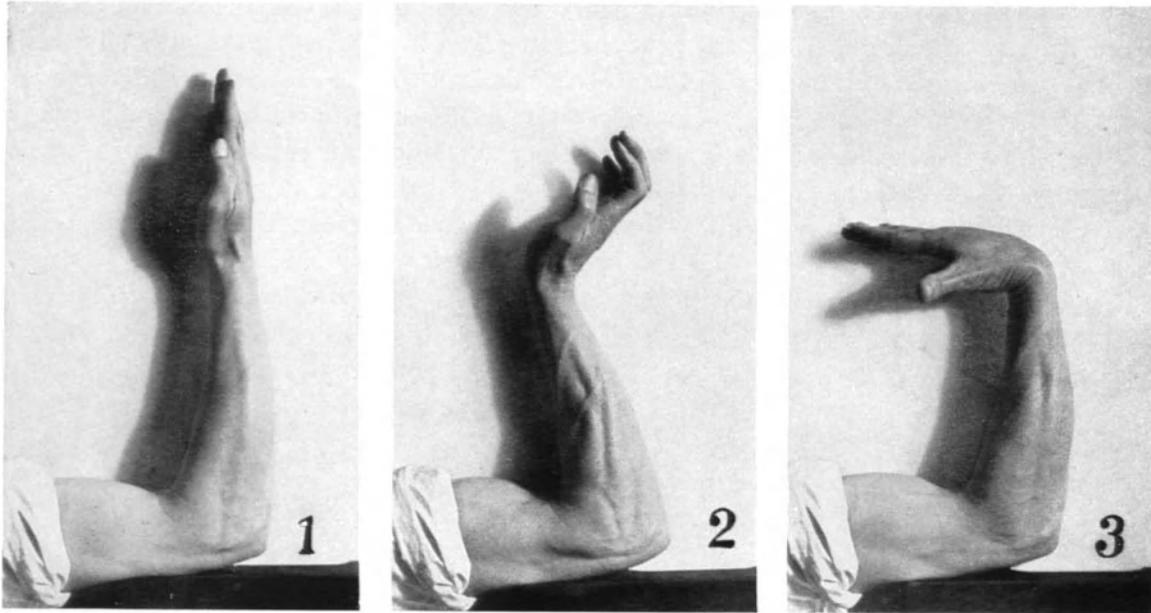


Abb. 379.

Abb. 378.
 1 Hand in Normalstellung,
 2 in stärkster Streck-,
 3 in stärkster Beugstellung.

Abb. 379.
 1 in Randstellung zur Speiche,
 2 in zwangloser Streck-
 stellung,
 3 in Randstellung ellenwärts.

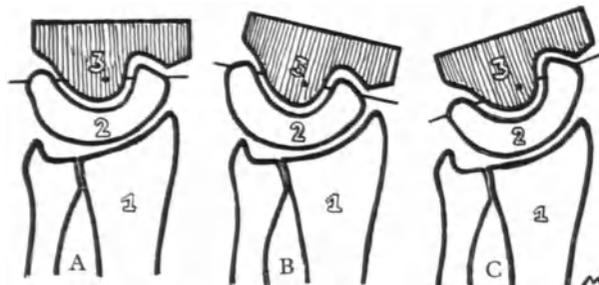


Abb. 380.

Abb. 380.
 Die drei Teilstücke des
 Handgelenkes, 1, 2 und 3.
 Auf A die Beugungsachse
 für beide Handgelenke =
 schwarze Querlinie. B und
 C die Randbewegungen im
 ersten Handgelenk zwi-
 schen 2 und 1.

Hand nach der Speichen- und Ellenseite über, wie sie sich am Lebenden abspielt und durch Röntgenaufnahmen ermittelt werden kann. Die Abb. 381, 1, 2 und 3 sind nach solchen Aufnahmen unter Benützung eines Gelenkpräparates entworfen und zeigen aus der wechselnden Einstellung der weißen Strichmarke, die zum Kopfbein der zweiten Reihe festliegt, daß sich an dieser Randbewegung nicht nur die erste, sondern auch die zweite Knochenreihe beteiligt, denn die Marke schneidet auf Abb. 381, 2 mitten durch das Mondbein, während sie auf Abb. 381, 3 zwischen Mondbein und Kahnbein hindurchgeht. Es hat sich also die zweite Knochenreihe gegen die erste, trotz ihrer Verzahnung ineinander, im Sinne der Randbewegung verstellt und wir haben festzustellen, daß sich die Randbewegung der Hand aus einer gleichsinnigen, wenn auch verschieden ausgiebigen Bewegung in *beiden* Handgelenken zusammensetzt. Daraus folgt, daß die Annahme einer straffen Verbindung der quer aneinander gefügten Knochen der beiden Handwurzelreihen nicht zutreffend sein kann.

Eine genauere Prüfung stellt fest, daß die Knochen der zweiten Reihe unter Einbeziehung der langen Mittelhandknochen allerdings zu einem fast unveränderlichen einheitlichen und festen Stück durch Bänder verklammert sind, während den drei Knochen der ersten Reihe durch eine lockerere Verbindung noch Spielraum genug für eine Bewegung gegeneinander und damit auch gegen die Knochen der zweiten Reihe verbleibt.

Wird die erste Reihe der Handwurzelknochen durch einen seitlichen Druck von der zweiten Reihe her gegen die Handgelenkpfanne des Vorderarmes gepreßt und derart selbst unter Druck gesetzt, so weichen die einzelnen Knochen derselben aus und kommen in eine neue Lage zueinander und zu den beiden Lagerschalen. Das bestätigen die drei Abbildungen 381, 1, 2 und 3. Die ausgiebigste Bewegung zeigt das Kahnbein, eine geringere das Mondbein, die kleinste das dreieckige Bein.

Vergleichen wir die Form des Kahnbeins auf den drei Figuren der Abbildung 381, so ist sie jedesmal auffallend verschieden und in dieser Ansicht von wechselnder Größe.

Der Unterschied ist dadurch bedingt, daß sich das Kahnbein bei der Randbewegung der Hand zur *Speichenseite* hin mit seinem knorpelgedeckten, schnabelartigen Vorderteil, auf dem das große und kleine vieleckige Bein aufrucht, gegen die Hohlhand zu dreht oder vielmehr durch den Druck der vieleckigen Beine in dieser Richtung verdrängt wird und umklappt. Der Druck der vieleckigen Beine erzeugt folglich am Kahnbein außer einer Gleitbewegung nach der Ellenseite hin noch eine zweite Bewegung, die zur Hohlhand gerichtet ist.

Das Kahnbein nimmt wieder in steigend abnehmendem Maß auch die beiden anderen Knochen der ersten Handwurzelreihe mit.

Die ellenwärts gerichtete Randbewegung der Hand führt zu der entsprechenden entgegengesetzten Bewegung der drei Knochen der ersten Handwurzelreihe.

Die für dieses Wechselspiel nötige Kraftablenkung oder besser Kraftübertragung von der festen zweiten Knochenreihe auf die bewegliche erste wird durch entsprechende Keil- oder Schraubenflächen erreicht, die als Berührungsflächen zwischen den vieleckigen Beinen und dem Kahnbein, ferner zwischen dem Hackenbein und dem dreieckigen Bein gegeben sind.

Man kann vielleicht die beweglichen Knochen der ersten Handwurzelreihe mit den Kugeln eines Kugelgelenkes vergleichen, die sich zwischen den bewegten Lagerschalen drehen. Nur daß hier die Bewegung der „rollenden“ Teile auf ein durch ihre Form und Verbindung bestimmtes geringes Maß herabgesetzt erscheint. Es werden aber wie im Kugelgelenk die Kugeln auch hier die Knochen der ersten Reihe fast ausschließlich nur durch die Bewegung der Lagerschalen, also Vorderarm und zweite Handwurzelreihe bewegt, denn an den drei Knochen der ersten Reihe setzt sich keiner der Muskeln an, die als Zuführer und Abführer der Hand für die Ausführung der Randbewegung vor allem in Frage kommen.

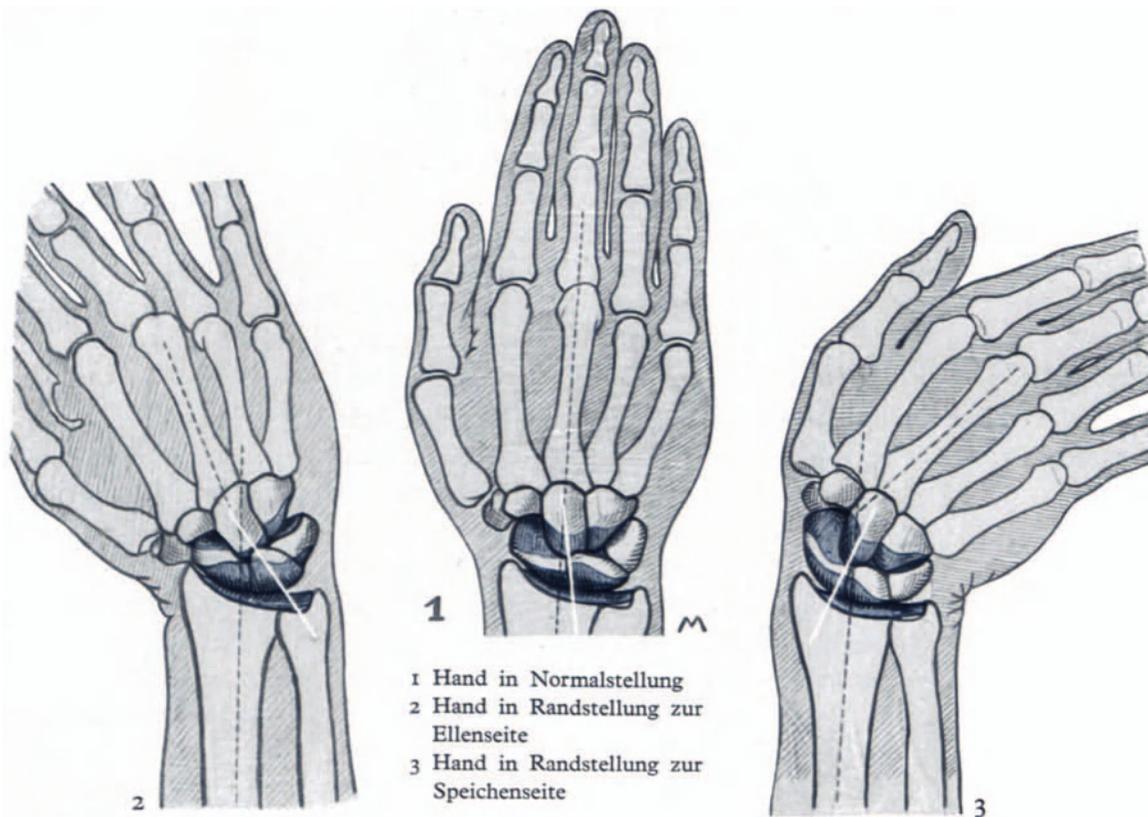


Abb. 381.

Nimmt man von einem Gelenkpräparat, an dem die Muskeln entfernt, aber die Gelenke mit Kapseln und Bändern erhalten sind, die Vorderarmknochen in eine Hand, die Mittelhandknochen II—V in die andere und bewegt man die Hand, unter Druck gegen die Vorderarmpfanne, nach der Speichenseite und dann nach der Ellenseite hin, so wird eine in die Rückfläche des Kahnbeins eingetriebene Nadel die Bewegung des Kahnbeins zur Hohlhand oder zum Handrücken anzeigen.

Die beiden großen Handgelenke haben meistens ihre eigene Kapsel und ihr Zusammenhalt wird durch Bänder auf der Vorderseite und Rückseite, sowie auf der Außen- und Innenseite gesichert. Diese Bänder gehen zum größten Teil von der Speiche aus, weil dieselbe die Hand trägt und grenzen die äußersten Ausschläge in beiden Gelenken ab. Die beiden Handgelenke werden meist zusammen in Bewegung versetzt und gemeinsam ausgenützt. Das Resultat dieser Bewegung der Hand in der Handwurzel ist in der Abb. 382 dargestellt.

Wir sehen, daß wir mit der Hand ein länglich ovales Feld einer Kugeloberfläche abgrenzen und dieses Feld in jeder Richtung durchqueren können.

Es sind also nicht nur die bisher beschriebenen Beuge-Streckbewegungen und die Randbewegungen der Hand in den Handwurzelgelenken möglich, sondern weitere Bewegungen um eine ganze Schar von Achsen, die das gemeinsame Handgelenk dem Wert eines Kugelgelenkes nähern.

Die Beugung — Streckung — ist ausgiebiger als die seitliche Randbewegung. Im Vergleich mit einem Kugelgelenk fehlt dem gemeinsamen Handgelenk die *willkürlich* ausführbare Drehung der Hand um ihre Längsachse. Dieselbe ist aber möglich und wird automatisch ausgenützt, sobald wir die Hand in äußerster Grenzführung im Gelenk bewegen.

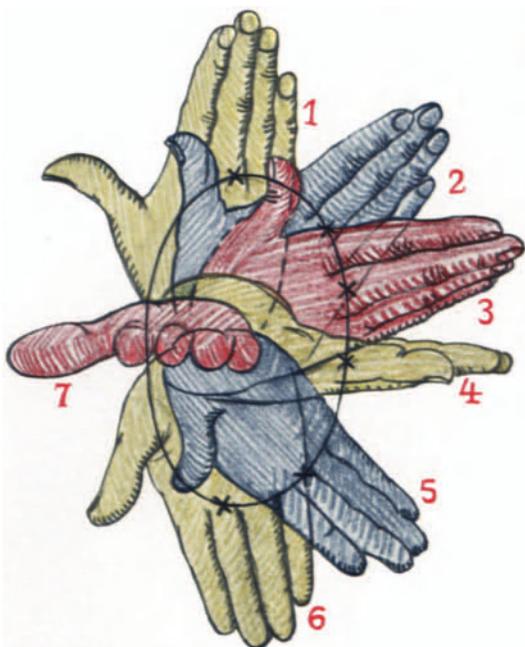


Abb. 382.

Es liegt die Ursache der fehlenden willkürlichen Ausführung an dem Mangel einer diesbezüglichen Innervierung der Muskeln. Wir gewöhnen uns, die Wendebewegungen der Hand *mit* der Speiche in deren beiden Gelenken mit der Elle auszuführen (Pronation — Supination) oder wir verwenden hiezu das Schultergelenk.

Um uns auch über die Größe der in den beiden Handgelenken möglichen Bewegung klar zu werden, betrachten wir zunächst die Abb. 383, die nach zwei Röntgenaufnahmen gezeichnet wurde und die äußerste Beugungs- und Streckstellung der Hand wiedergibt.

Speiche, Mondbein (1) und Kopfbein (2) zeigen durch ihre wechselnde gegenseitige Lage auf den beiden Skizzen die Beteiligung des oberen und unteren Handgelenkes an. Der Gesamtausschlag beträgt etwa 150° oder mehr und verteilt sich annähernd zur Hälfte auf die beiden Handgelenke.

Momentaufnahmen desselben Armes, in Abb. 378 dargestellt, zeigen, daß der Gesamtausschlag sich in eine Beugung (3) und Streckung (2) von einer Normalstellung (1) zerlegen läßt, in welcher die Längsachse des Vorderarmes durch das Kopfbein hindurch den Mittelhandknochen des Mittelfingers seiner Länge nach durchzieht.

Das Maß der Beugung (80°) übertrifft hier oft um ein geringes jenes der Streckung (70°) — doch sind diese Maße bei einzelnen Menschen sehr verschieden groß. Die Beugung aus der Normalstellung geschieht zum größeren Teil im oberen, die Streckung im unteren Handgelenk.

Schon hier sei auf die eigentümliche und andere Haltung der Finger in der Beugestellung der Hand gegenüber der Streckstellung aufmerksam gemacht. Ihre Erklärung finden wir auf Seite 246.

Das Maß der Randbewegungen ersehen wir am besten auf der Abb. 381.

Der Gesamtausschlag ist etwa $50-70^{\circ}$ groß und verteilt sich mit etwa 30° auf das erste und 20° auf das zweite Handgelenk.

Daß die Randbewegung der Hand aus der Normalstellung nach der Ellenseite hin viel ausgiebiger ist als nach der Speichenseite hin, ist aus den Abb. 379 und 381 ersichtlich.

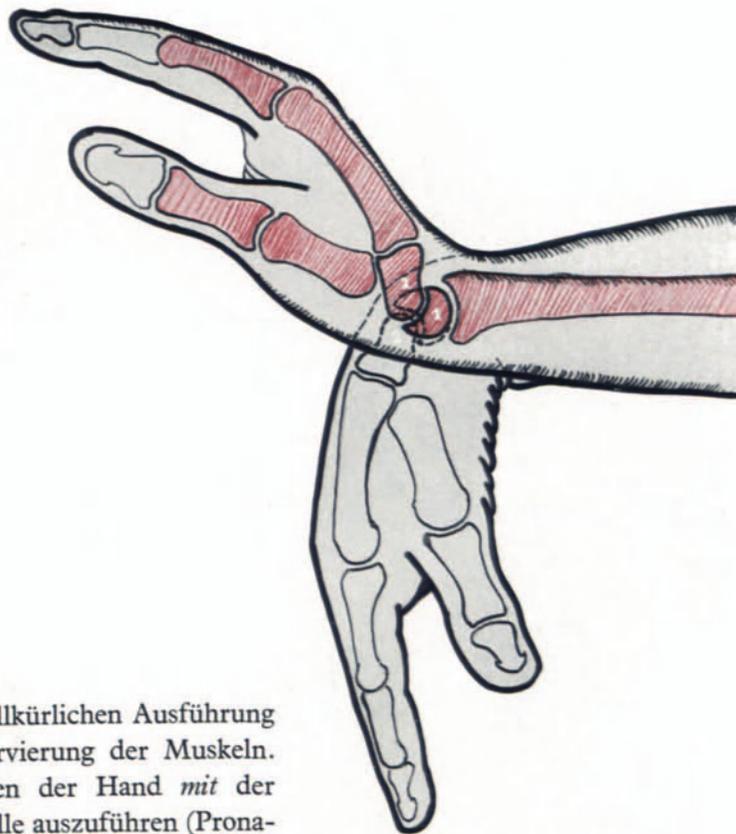


Abb. 383.

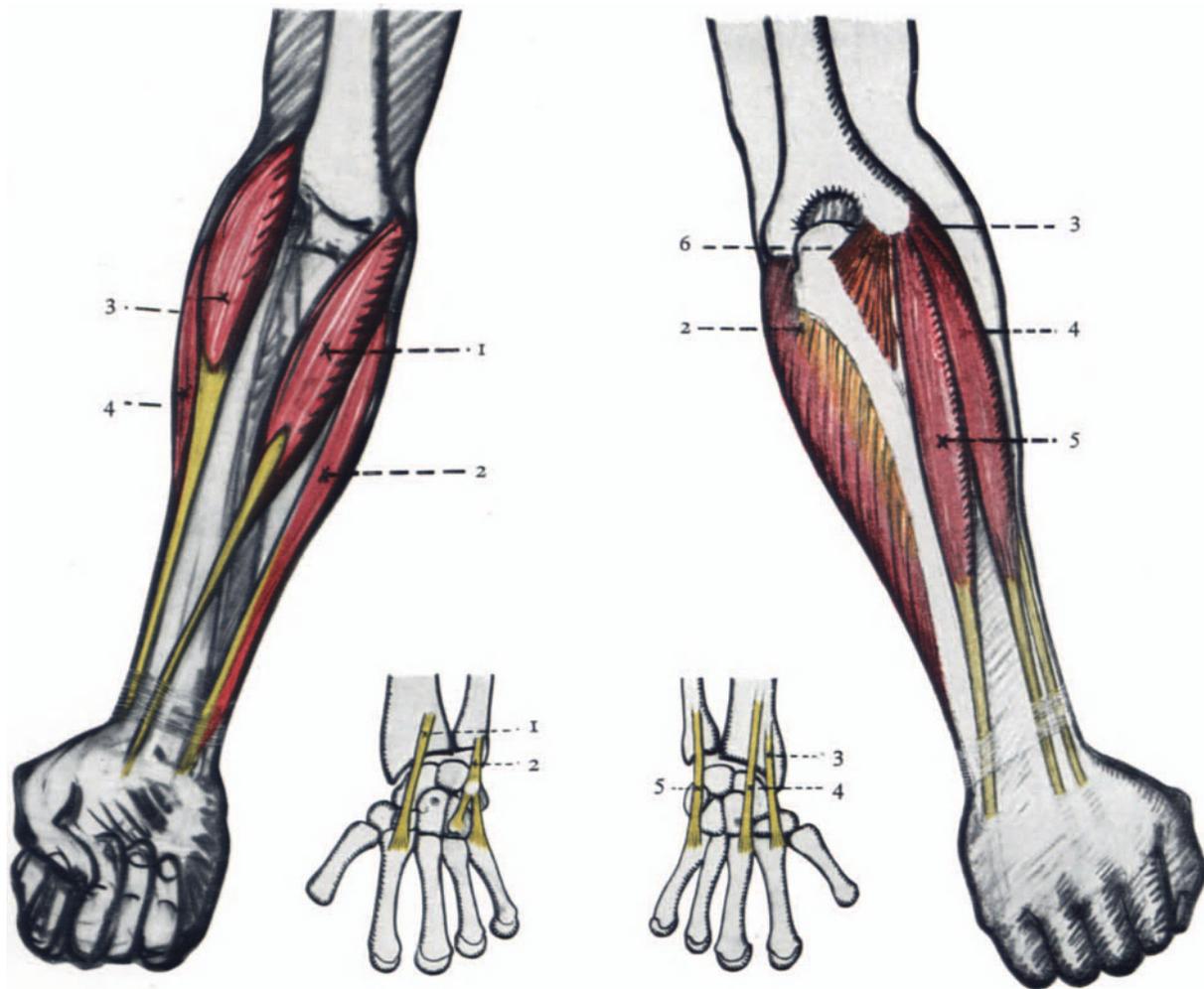


Abb. 384.

Abb. 385.

Auf der Fig. 1 dieser Abbildung geht die gestrichelt eingetragene Längsachse der Speiche mitten durch den Mittelhandknochen des dritten Fingers. Aus dem Winkel, welchen die gestrichelten Linien auf den Figuren 2 und 3 miteinander bilden, ergibt sich die Größe der Gesamtablenkung durch Zusammenzählung der Einzelausschläge, in diesem Fall $42 + 23 = 65^{\circ}$. Über die Beteiligung der beiden Handgelenke an der Ausführung der Randbewegungen ist zu sagen, daß die Bewegung speichenwärts den größeren Ausschlag im unteren oder Zwischenhandgelenk, die Bewegung ellenwärts im oberen Handgelenk verlangt, was aus dem aufmerksamen Vergleich der drei Figuren auf Abb. 381 abgelesen werden kann.

Wir haben eigene Muskeln für die Bewegung der beiden Handgelenke. Fünf an Zahl. Doch gehören zwei davon zusammen, so daß wir bloß vier Muskeln unterscheiden wollen. Sie heißen 1. der *Speichenbeuger* (*M. flexor carpi radialis*), 2. der *Ellenbeuger* (*M. flexor carpi ulnaris*), 3. der *Ellenstrecker* (*M. extensor carpi ulnaris*) und 4. der *lange und kurze Speichenstrecker* (*M. extensor carpi radialis longus et brevis*).

Ihr Verlauf und ihre Ansätze am Skelett sind aus den Abb. 384 und 385 ersichtlich.

Die beiden Beuger, Abb. 384, 1 und 2, setzen gemeinsam und verschmolzen mit dem runden Einwärtsdreher und dem *Spannmuskel des Hohlhand-Sehnenblattes* (*M. palmaris longus*) Abb. 375, 7, am *inneren*

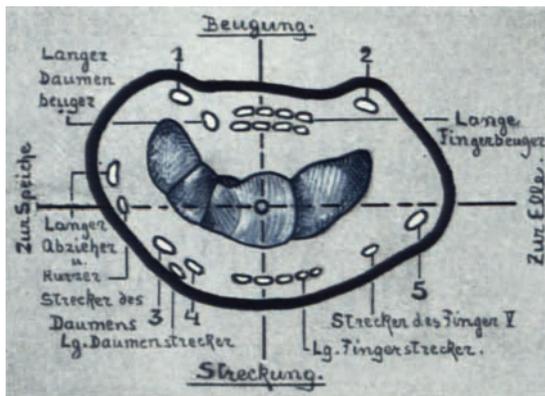


Abb. 386.

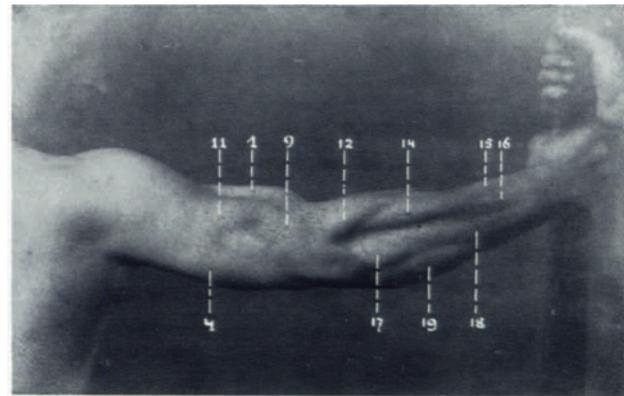


Abb. 387.

Knorren des Oberarmbeines (Epicondylus medialis) und in dessen Nachbarschaft an. Die beiden (drei) Strecker, Abb. 385, 3, 4 und 5, finden ihren oberen Ansatz gemeinsam mit dem gemeinsamen Fingerstrecker am *äußeren* Knorren.

Ihre Ansätze an dem Handskelett sind auf den beigegebenen Abbildungen eingezeichnet. Hier ist besonders darauf zu achten, daß die Sehne des Ellenbeugers am Erbsenbein endet, aber durch zwei Bänder von diesem Knochen zum Hacken des Hackenbeines und zum fünften und vierten Mittelhandknochen fortgesetzt wird. Weil das Erbsenbein auf dem dreieckigen Bein ziemlich ausgiebig gleitet, kann bei veränderter Stellung der Hand zum Vorderarm das eine oder andere Band als unmittelbare Fortsetzung der Sehne angenommen werden.

Die Lage der vier Sehnen zum Handgelenk gibt die schematische Darstellung auf Abb. 386. Der Kreis bedeutet den Querschnitt des Köpfchens des Kopfbeines. Von dieser Lage ist ihre Wirkung auf das gemeinsame Handgelenk abhängig.

Wir begreifen, daß diese Muskeln stets paarweise zusammen arbeiten, um eine Beugung Abb. 384, 1 und 2, eine Streckung Abb. 385, 3, 4 und 5, eine Knickung nach der Speichenseite Abb. 384, 3 und Abb. 385, 3 und 4 und eine solche nach der Ellenseite Abb. 384, 2 und Abb. 385, 2 und 5, zu erzeugen. Das gegenüberliegende Muskelpaar wird gedehnt und ist der Gegner (Antagonist) für die ausgeführte Bewegung.

Einzeln und nacheinander verkürzt werden sie die Hand in der äußersten Grenzbewegung des Gesamtgelenkes herumführen, nach der Abb. 382.

Hier ist aber zu berücksichtigen, daß das Arbeitsvermögen dieser vier Muskeln auf die Handgelenke recht verschieden ist und daß namentlich der Speichenbeuger nur einen kleinen Anteil an der Randbewegung der Hand hat.

Außer diesen Eigenmuskeln nehmen selbstverständlich auch alle jene Fingerbeuger und Fingerstrecker Anteil an den Bewegungen des Handgelenkes, welche oberhalb desselben entspringen und über dasselbe hinweglaufen. Wir werden sie später kennen lernen.

Die besprochenen Eigenmuskeln des Handgelenkes entspringen aber alle noch am Oberarm und zwar die Beuger am inneren, die Strecker am äußeren Gelenkknorren desselben. Deshalb müssen sie auch bei der Beugung und Streckung des Ellbogengelenkes beteiligt sein und der Speichenbeuger (Flexor carpi radialis) überkreuzt in seinem schiefen Verlauf am Vorderarm auch die Achse für die Speichendrehung und wird dadurch zu einem kräftigen Einwärtsdreher. Die übrigen kommen als Drehmuskel des Vorder-

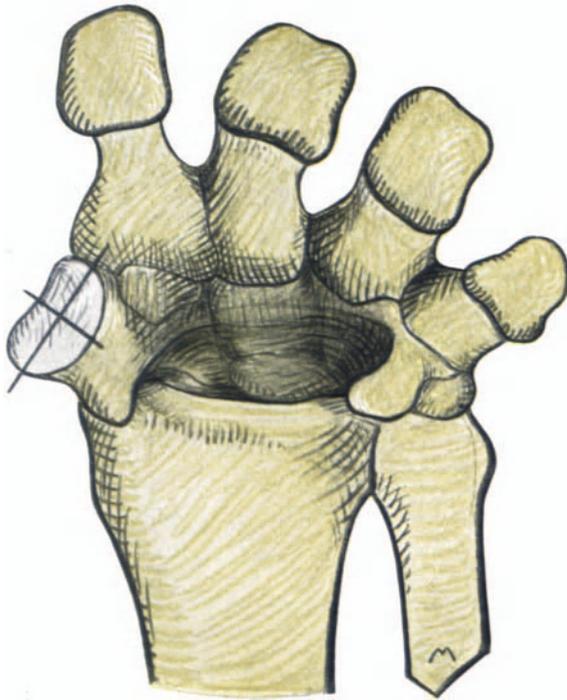


Abb. 389.

Abb. 388. Skelett der Handwurzel und Mittelhand von der Speichenseite aus gesehen.

I und II Mittelhandknochen des Daumens und des Zeigefingers.

4 großes vieleckiges Bein mit der Sattelfläche für I.

5 kleines vieleckiges Bein.

1 Kahnbein mit seinem erkerartigen zur Hohlhand gerichteten Fortsatz, auf dem 4 gelenkig aufliegt.

S Speiche.

Abb. 389. Handwurzel- und Mittelhandskelett in stärkster Beugung gegen den Vorderarm. Links das große vieleckige Bein mit der Sattelfläche für den Daumen. Darüber eingezeichnet die beiden Achsen für die Bewegung.

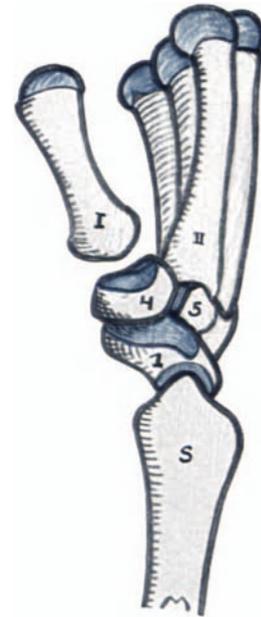


Abb. 388.

armes weniger in Betracht. Am Arm des Aktmodells sind diese Muskeln auf Abb. 374, 375 und 387 zu sehen.

Die fünf *Mittelhandknochen* sind lange, hohle und gegen die Hohlhand zu leicht abgebogene Röhrenknochen mit verdicktem und zur gelenkigen Verbindung mit den Nachbarknochen ausgestalteten Enden. Ihre Form ist aus den vielen Bildern der Hand ersichtlich.

Bei Betrachtung der knorpelüberzogenen Gelenkflächen tritt das endständige seitlich abgeplattete Köpfchen jedes Knochens in scharfen Gegensatz zu den vielgestaltigen und ebenen Gelenkflächen am Handwurzelende derselben. Nur der Daumen macht hier eine Ausnahme. Sein Mittelhandknochen besitzt auch gegen die Handwurzel zu eine große, gut ausgebildete Gelenkfläche. Wir haben daraus zu schließen, daß die vier inneren Mittelhandknochen nur wenig gegeneinander und gegen die zweite Handwurzelreihe verstellt werden können und durch ihre feste Verbindung das quere Gewölbe der Hohlhand sichern helfen. Völlig starr ist diese Konstruktion natürlich nicht, schon infolge des eingelegten federnden Knorpelbelages. Der Mittelhandknochen des kleinen Fingers kann sogar merklich bewegt werden. Man braucht bloß die Finger zu spreizen und dann den gestreckten Daumen und den kleinen Finger vor den übrigen Fingern in der Hohlhand bis zur Berührung einander zuzuführen, dann sieht und fühlt man eine Abflachung und eine stärkere Höhlung des Handtellers durch eine Vor- und Rückbewegung (Beugung und Streckung) des Köpfchens des Mittelhandknochens des kleinen Fingers eintreten.

Das *Handwurzel-Mittelhandgelenk* des Daumens erlaubt sehr viel freiere Bewegung und dasselbe muß eingehendere Darstellung finden.

Wir sehen auf der Abbildung 388 von der Handwurzel, die eine Ansicht von der Speichenseite her darstellt, wie das Kahnbein (1) zur Hohlhand hin und etwas speichenwärts zu einem Erker ausladet und mit einer knorpelgedeckten Oberfläche Platz schafft zur Auflagerung des *großen vieleckigen Beines* oder des

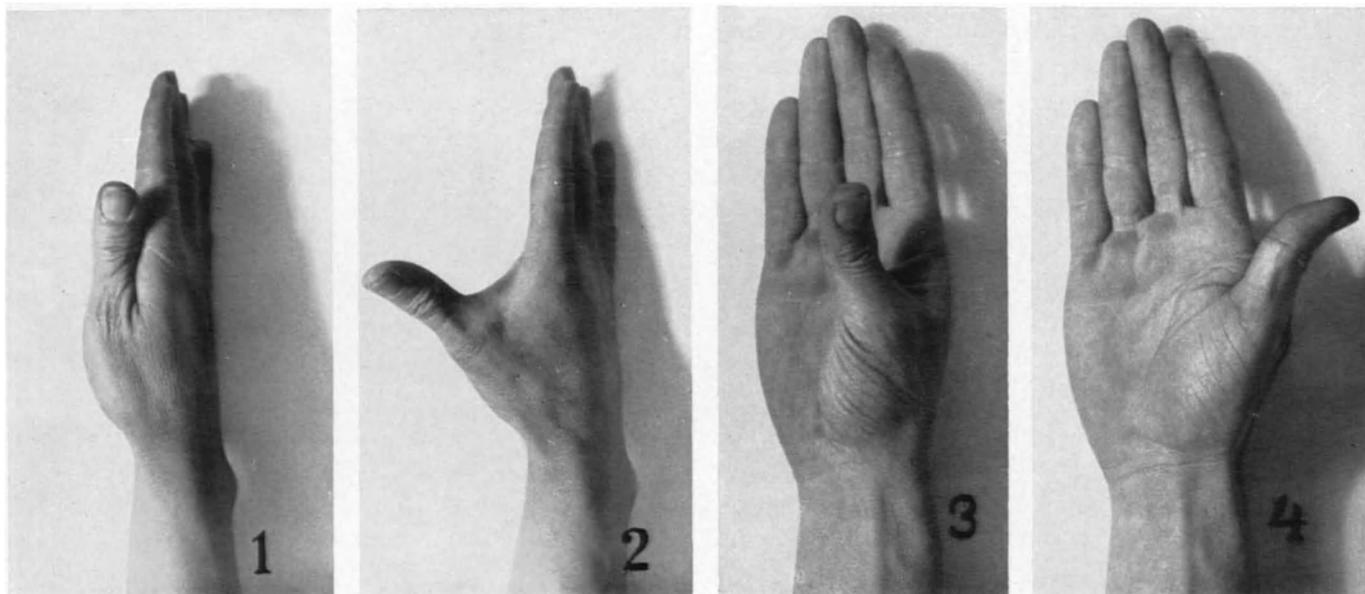


Abb. 390 A.

Trapezbeines (Multangulum majus oder Os trapezium) (4). Dieses wieder dient als Sockelstück für den Mittelhandknochen des Daumens (I).

Das Trapezbein wird zur zweiten Reihe der Handwurzelknochen gerechnet, mit der es durch Bänder verbunden ist. Es bleibt aber meist doch etwas beweglich in seinem Lager, so daß es sich gegen die Hohlhand und von ihr weg um ein geringes Maß verschieben kann.

Dieses starke Vorbauen des Trapezbeines am äußeren Rand der Hohlhand gibt dem Daumen seine freie Stellung und die Möglichkeit, das Gelenk auf dem Sockelstück für große Ausschläge einzurichten.

Wir lernen in diesem Gelenk das erste ausgesprochene Sattelgelenk kennen.

Wie der Reiter auf dem Sattel bei steif getragem Oberkörper nach vorne und nach hinten fallen kann und wie er nach rechts und links vom Pferde stürzen kann, ebenso dreht sich der Daumen um zwei aufeinander senkrechte Achsen auf dem Gelenkkörper des großen vieleckigen Beines.

Die beiden aufeinander senkrecht eingestellten Achsen für diese Bewegungen sind auf der Abb. 389 mit schwarzen Linien eingetragen und ihre Orientierung zur Handwurzelplatte und zu den Mittelhandknochen II—V ist damit kenntlich gemacht.

Die Abbildung gibt eine Ansicht der Skeletteile bei stärkster Beugung der Hand in den beiden Handgelenken gegen den in der Zeichenebene längs ausgerichteten Vorderarm wieder.

Die eine Bewegung nennt man die *Zu-* und *Abführung* (Adduktion und Abduktion) des Daumens. Sie führt den Daumen mit seinem Mittelhandknochen dem zweiten Mittelhandknochen zu oder von ihm ab, Abb. 390A, 1 und 2. Die zweite Bewegung stellt den Daumen den anderen Fingern gegenüber und führt ihn mit seiner Handflächenseite über die Hohlhand ellenwärts vor und zurück, Abb. 390A, 3 und 4. Sie wird *Vorstellung* und *Rückstellung* (Opposition und Reposition) genannt. Durch die erwähnte Bewegung des Trapezbeines kann sie noch etwas erhöht werden.

Das Gelenk besitzt eine sehr schlaife Gelenkkapsel.

Wären zwei starre Körper durch ein Sattelgelenk mit starren Berührungsflächen zwangsläufig verbunden, so wären sie gegeneinander ausschließlich in zwei aufeinander senkrechten Ebenen drehbar.

Aus der Abb. 390B, welche den Bewegungskegel des Daumens in seinem Sattelgelenk darstellt, sehen wir aber, daß derselbe sehr viel freier beweglich ist und außer um die beiden bisher besprochenen Achsen noch um eine ganze Schar von Achsen bewegt werden kann, die um die beiden eigentlichen Achsen des Sattelgelenkes angeordnet sind. Ja noch mehr. Aus der wechselnden Einstellung des Nagels auf den einzelnen Einstellungen des Daumens der Abb. 391 müssen wir auch eine Längsdrehung des Daumens annehmen, die aber nicht in der Form des Gelenkes begründet sein kann, sondern vielmehr durch Muskelzug und Bänderspannung aus dem Gelenk gewaltsam herausgeholt werden muß. Wir lernen an diesem Beispiel am besten verstehen, daß viele menschliche Gelenke keine zwangsläufigen Gelenke sind, wie sie die Technik verwendet, sondern daß die Muskeln durch ihre Kraft das Gelenk, an dem sie arbeiten, durch Umformung des Knorpelbelages jeweils in jene Form bringen, die für die Ausführung der von den Muskeln gewollten und bestimmt gerichteten Bewegung nötig erscheint. Ein solches Gelenk ist also gar kein der Form nach eindeutiges Gelenk, sondern wird für jede Bewegung in eine neue entsprechende Form gebracht. Die Sicherung eines solchen elastischen Gelenkes während der

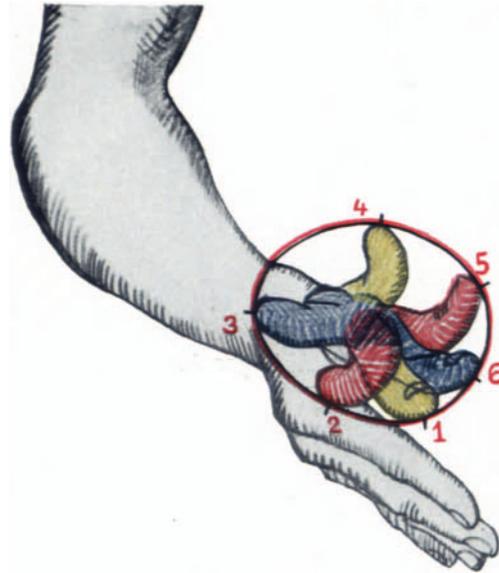


Abb. 390 B.

Bewegung muß auch demgemäß der Hauptsache nach von den aktiv tätigen Kräften, den Muskeln selbst besorgt werden. Welch sorgfältiger nervöser Kontrollapparat für diese Vorgänge nötig und eingerichtet ist, darauf mag hier nur im allgemeinen hingewiesen sein.

Die Abführung und Zuführung des Daumens (Ab- und Adduktion) ist um etwa $45-60^{\circ}$, die Gegenüberstellung und Rückführung um etwa $35-40^{\circ}$ ausführbar. Die Drehung erreicht ungefähr den Wert von 30° .

Die Muskeln für die Bewegung des Daumens in seinem Sattelgelenk werden wir erst nach der Beschreibung der Finger kennen lernen.

Die vier inneren schmalen langen Finger bestehen aus je drei Gliedern (Phalangen), dem *Grundglied* (Phalanx 1), dem *Mittelglied* (Phalanx 2) und dem *End- oder Nagelglied* (Phalanx 3). Der Daumen hat nur zwei Glieder, das Grund- und Nagelglied.

Die Grundglieder besitzen gegen die Mittelhand zu endständige flach gehöhlte Pfannen zur Verbindung mit dem Gelenkköpfchen der Mittelhandknochen.

Die Köpfchen haben sowohl der Quere nach, aber vor allem vom Handteller zum Handrücken gemessen ein wesentlich größeres Maß als die Pfannen. Daraus läßt sich schon auf eine größere Beuge-Streckbewegung und auf eine geringere Spreizungsbewegung schließen, welche durch die schlaffe Kapsel erlaubt wird.

Der Form nach sind die Grundgelenke aber entschieden als Kugelgelenke aufzufassen und deshalb auch eine geringe Drehung um die Längsachse der Fingerglieder möglich, die freilich auch hier nicht durch die Muskeln auslösbar ist.

Diese Gelenke erhalten aber durch ein eigenartiges Verhalten der Seitenbänder, Abb. 391, besondere Eigenheiten. Wie beim Kniegelenk die Seitenbänder durch die Streckung, so werden hier dieselben bei der Beugung gespannt und hemmen dadurch jede andere Bewegung. Die stark gebeugten Finger können nicht mehr gespreizt und nicht mehr längs gedreht werden.

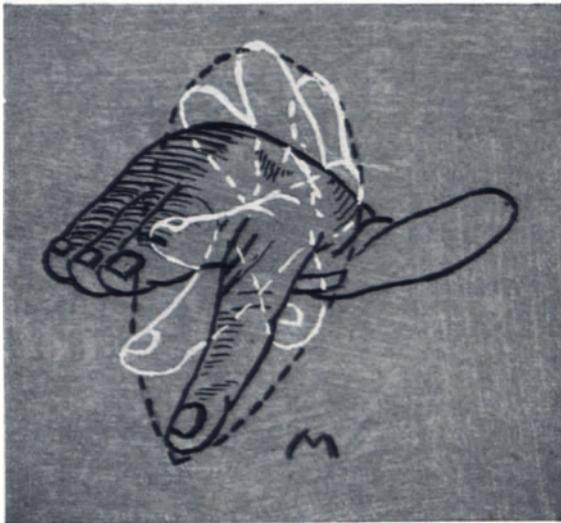


Abb. 392.

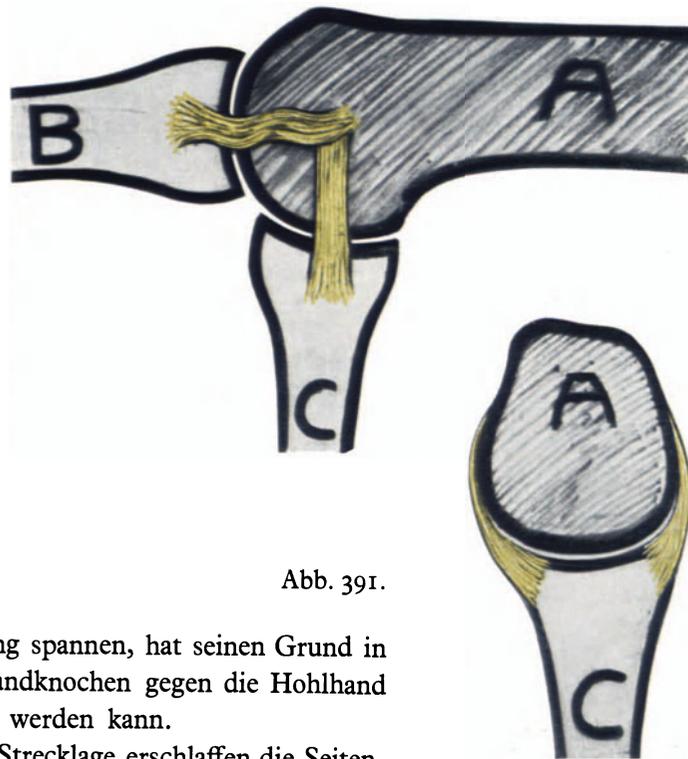


Abb. 391.

Daß sich die Seitenbänder bei der Beugung spannen, hat seinen Grund in der größeren Breite der Köpfchen der Mittelhandknochen gegen die Hohlhand zu, was aus der Abb. 391, B und C ersehen werden kann.

Beim Übergang aus der Beugelage in die Strecklage erschlaffen die Seitenbänder immer mehr und geben das Gelenk als Kugelgelenk frei. Umschreiben wir z. B. mit dem Zeigefinger, Abb. 392, den größten möglichen Bewegungskegel, so erhält er eine eigenartige Form, die besonders auffällt im Vergleich mit dem Bewegungskegel des Daumensattelgelenkes. Hier besitzt der Kegel eine fast kreisförmige Grundfläche, während in diesem Falle die Grundfläche gegen die Hohlhand zu eiförmig in eine Spitze ausgezogen erscheint. Es wird also gegen die Hohlhand zu die Bewegung immer mehr eingeengt, bis nur mehr die Beugung allein übrig ist. Diese eigenartige Form der Bewegung ist die Folge der Spannung der Seitenbänder.

Sehr beachtenswert ist auch die Tatsache, daß die Finger nicht in parallelen Ebenen zueinander bewegt werden, sondern in Ebenen, die sich vom Rücken gegen die Hohlhand zu nähern, so daß mit voller Beugung die Finger enge aneinander gepreßt werden und man den einzelnen Finger dementsprechend um ein geringes mehr beugen kann, als alle zusammen.

Das kann man gleichfalls an seiner eigenen Hand nachprüfen. Beugt man Zeigefinger und kleinen Finger so stark als möglich, so nähern sie sich einander so sehr, daß die beiden mittleren Finger dazwischen nicht mehr Platz haben. Preßt man sie mit kräftiger Beugung dazwischen herein, so müssen die beiden randständigen Finger, um seitlich ausweichend Platz zu machen, ein wenig gestreckt werden, denn nur dann können sie die dazu nötige Spreizbewegung ausführen.

Die *Beuge-Streckbewegung* der Finger in den Grundgelenken erreicht etwa den Wert von $90-100^{\circ}$. Die *Spreizbewegung* ist für den Zeige- und kleinen Finger größer als für die beiden mittleren Finger. Es beträgt der Ausschlag im Gelenk beim Zeigefinger etwa $40-45^{\circ}$, beim kleinen Finger $45-50^{\circ}$ und bei den beiden mittleren Fingern etwas weniger.

Von der Normalstellung der Finger aus läßt sich die Verteilung der Bewegung aus den Röntgenaufnahmen, Abb. 393, 394 und 395, beurteilen.

Als Normalstellung gilt dabei jene Stellung der Finger, in welcher die Längsachsen der Fingerglieder mit jener der Mittelhandknochen auf einer geraden Linie eingestellt sind.

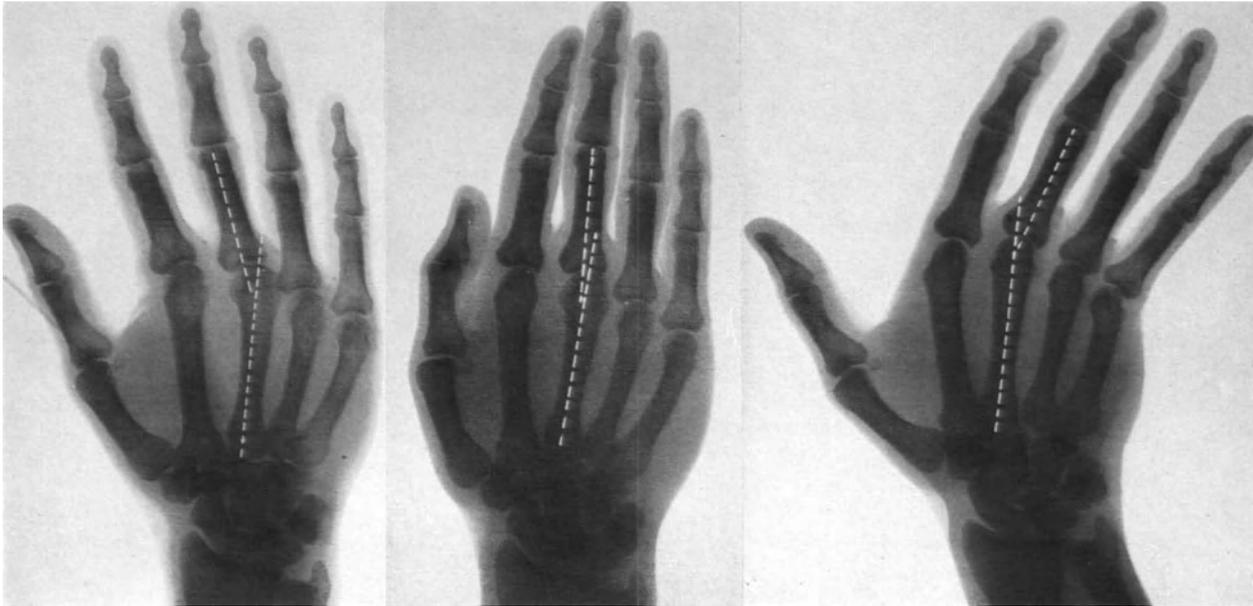


Abb. 394.

Abb. 393.

Abb. 395.

Diese Normalstellung ist aber keineswegs die Ruhestellung. Als solche erkennen wir aus der Betrachtung der Abb. 232, 233, 238 eine mittlere Beugestellung in den Grundgelenken mit geringer Abduktion der Finger voneinander.

Das Grundgelenk des Daumens ist meist sehr viel weniger beweglich. Oft geht die Beugung-Streckung nicht über 30° hinaus und auch die seitliche Neigung als Abduktion und Adduktion erreicht meistens nur Werte von $10-20^{\circ}$.

Über die Zwischengelenke der Finger (Interphalangealgelenke) ist nur wenig zu sagen. Es sind reine Scharniergelenke mit querer Achse durch die zylindrische Rolle, die wie bei den Grundgelenken nach dem Handteller zu breiter werden und wie diese eine halbgebeugte Ruhestellung besitzen.

Die einzig mögliche Beuge-Streckbewegung kann im mittleren Gelenk um $110-120^{\circ}$, im Endgelenk um $60-70^{\circ}$ ausgeführt werden.

Am Daumen ist die Beugung des gestreckten Nagelgliedes im Zwischengelenk um etwa $80-90^{\circ}$ möglich.

Damit haben wir die zahlreichen, vielgestaltigen und zum Teil recht kompliziert gebauten Gelenke der Hand kennen gelernt. Es muß hier aber noch besonders darauf aufmerksam gemacht werden, daß alle unsere Angaben über den Bewegungsausschlag nur für die aktiv, durch Muskelzug durchgeführte Bewegung Geltung haben.

Passiv, durch Druck oder Zug kann man fast alle diese Gelenke noch wesentlich stärker ausnützen. Aber noch wichtiger ist der Hinweis auf die ganz außerordentlich große Verschiedenheit der Beweglichkeit bei einzelnen Menschen.

Für die volle Ausnützung der Gelenke ist eine schlanke Hand mit dünner elastischer Haut günstiger als eine schwielige muskulöse Hand.

Betrachten wir die Hand als Ganzes, dann werden wir darauf aufmerksam, daß ein zentrales, festgefügtes aber elastisches Gewölbe die beweglicheren Teile trägt und selbst beweglich mit dem Vorderarm verbunden ist.

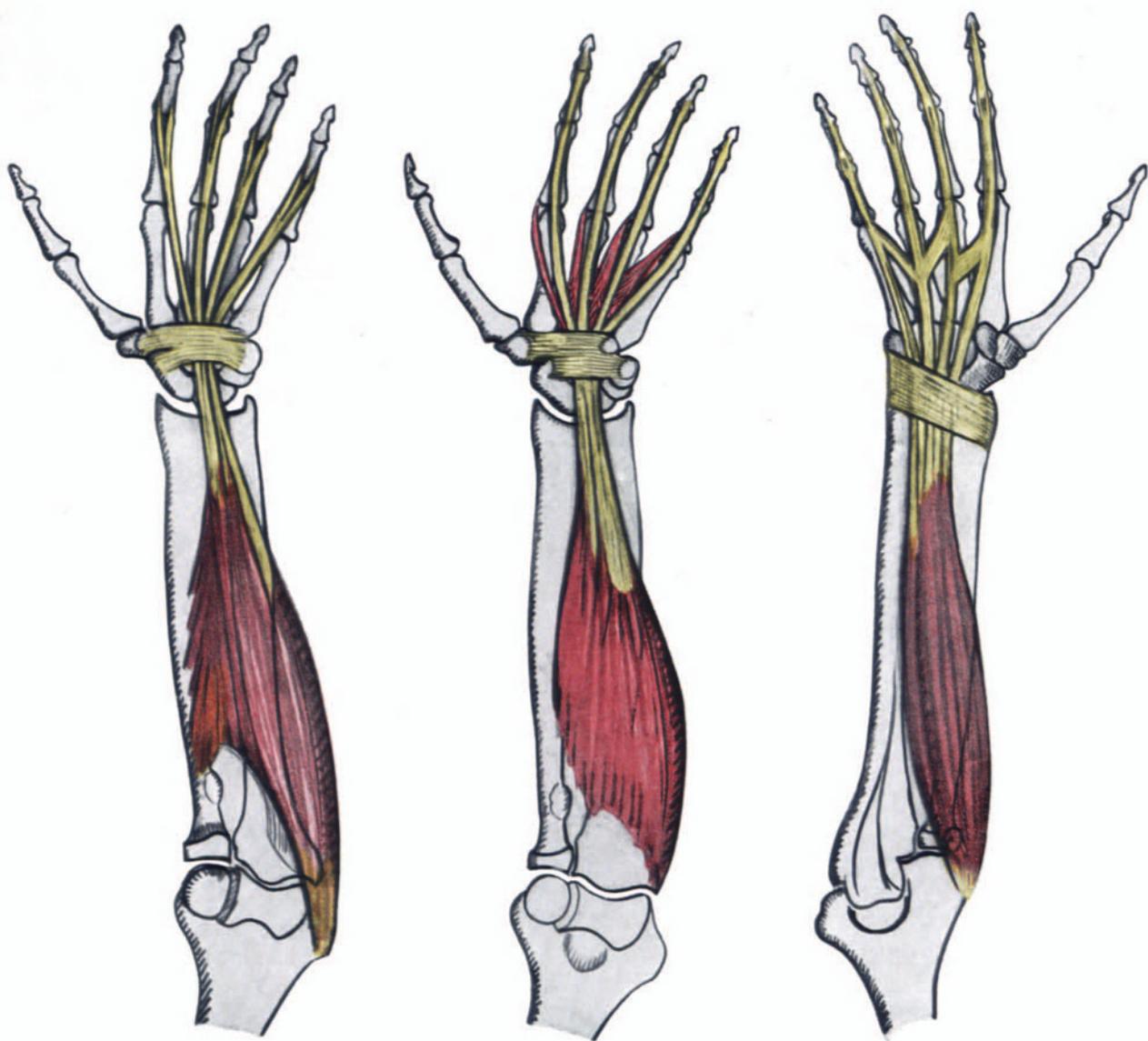


Abb. 396.

Abb. 397.

Abb. 398.

Die Krümmung dieses Gewölbes ist in der Handwurzel am stärksten und nimmt mit der Mittelhand ab, Abb. 388. Es ist überall durch die Bandverbindungen der einzelnen Knochen und im Bereich der Hohlhand durch das sehr starke quere Handwurzelband, Abb. 396, gesichert, welches sich vom Hacken des Hackenbeins und vom Erbsenbein zur vorspringenden Leiste des Kahnbeins und des Trapezbeines frei herüberspannt und damit den Handwurzelkanal schafft, durch den ein Bündel von Sehnen vom Vorderarm in den Handteller verlaufend seinen Weg nimmt.

Die ausgedehnte Verwendbarkeit der Hand für die verschiedensten Aufgaben verdankt sie vor allem den langen, beweglichen Fingern und noch mehr dem Daumen, der durch seine Gegenüberstellung die Hand zum feinsten Greiforgan macht.

Zum Schlusse sind die Muskeln für die Bewegung der zahlreichen geschilderten Gelenke zu beschreiben.



Abb. 399 A.

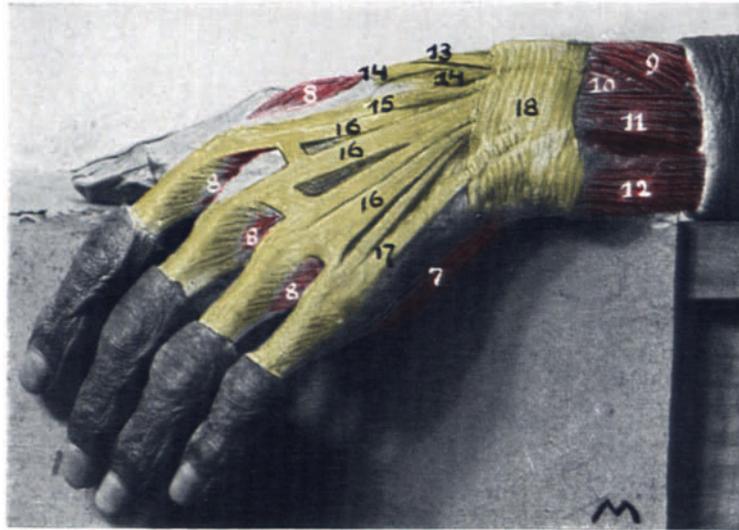


Abb. 399 B.

1 Gegensteller. 2 Kurzer Abzieher. 3 Kurzer Beuger. 4 Kurzer Anzieher. 5 und 6 die Zwischenknochenmuskeln. 7 Kurzer Beuger und kurzer Abzieher. 8 Langer Abzieher. 9 Speichenbeuger. 10 Langer Daumenbeuger. 11 Oberflächlicher langer Fingerbeuger. 12 Ellenbeuger. 13 Langer Daumenstrecker. 14 Langer und kurzer Speichenstrecker. 15 Eigener Strecker des Zeigefingers. 16 Langer Fingerstrecker. 17 Eigener Strecker des kleinen Fingers. 18 Queres Handwurzelband. Außerdem auf dem Bild des Handrückens: 9 Kurzer Daumenstrecker. 10 Langer Daumenstrecker. 11 Langer Fingerstrecker. 12 Langer Speichenstrecker.

Wir beginnen mit den drei langen Muskeln für die Finger. Davon sind zwei Beuger, einer ist Strecker. Alle drei haben den Ansatz ihres kräftigen Fleischbauches am oberen Drittel des Vorderarmes gelegen.

Der *oberflächliche Fingerbeuger* (*M. flexor digitorum sublimis*), Abb. 396, haftet an der Unterfläche des inneren Armbeinhöckers, an der Innenfläche des Kronenfortsatzes der Elle, an einem Sehnenstreifen, der vom Oberarm schief abwärts zur Speiche sich spannt und endlich längs einer schmalen Linie von der Vorderfläche der Speiche selbst.

Aus dem gemeinsamen Fleischbauch sondern sich von der Mitte des Vorderarmes abwärts zur Handwurzel in verschiedener Höhe zunächst vier selbständige Fleischbäuche, die in kräftige Sehnen übergehen und durch den Handwurzelkanal zu den vier Fingern verlaufen. Die vier Muskelbäuche sind in zwei Lagen übereinander geschichtet und zwar bilden die beiden für die zwei mittleren Finger die oberflächliche Schichte und gehen schon in halber Höhe des Vorderarms in ihre Sehnen über, während die Muskelbäuche für den zweiten und fünften Finger die tiefe Lage bilden und erst kurz über der Handwurzel sehnig werden. An einem mageren, muskelkräftigen Arm kann man durch Einzelbeugen der Finger und Beobachtung der Muskelanschwellungen diese Angaben leicht bestätigt finden.

Jede Sehne ist im Bereich des Fingergrundgliedes der Länge nach gespalten und die beiden Endzipfel erreichen den Seitenrand des Mittelgliedes.

Der zweite *lange Fingerbeuger* heißt der *tiefe* (*M. flexor digitorum profundus*), Abb. 397. Unter dem oberflächlichen gelegen ist sein Muskelbauch mehr vor die Elle gelagert, die er auch nach innen zur Rückfläche hin umfaßt und dementsprechend an ihr haftet. Nach oben zu umgreift sein Ansatz mit einem Zwickel den Ansatz des inneren Armmuskels am Kronenfortsatz der Elle und greift abwärts noch etwas

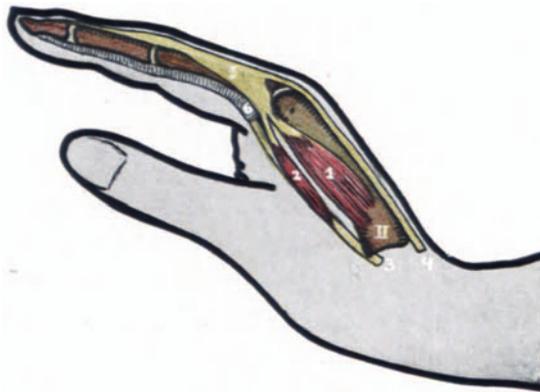


Abb. 400.

auf das Zwischenknochenband über. Der schlanke Muskelbauch entläßt seine vier nebeneinander gelegenen Sehnen in der halben Höhe des Vorderarmes. Sie durchlaufen gleichfalls den Handwurzelkanal und weichen hierauf zu den einzelnen Fingern auseinander. Auf diesen angekommen benützen sie die Schlitze der Sehnen des oberflächlichen Beugers, um ungespalten das Endglied zu erreichen.

Im Bereiche der Finger sind die zunächst übereinander gelegenen Sehnen beider Muskel in derbe, bindegewebige Röhren, Abb. 399A, 13, eingelegt, die fest mit der Vorderseite der Fingerknochen und der Vorderwand der Gelenkkapseln verwachsen sind. Dadurch müssen die Sehnen auch in der Beugstellung der Finger immer in ihrer Lage bleiben. Ohne diese Einrichtung würden hingegen die Sehnen bei der Beugung von den Fingern abschnellen.

Der *lange Fingerstrecker* (*M. extensor digitorum communis*), Abb. 398, ist ein schlanker spindelförmiger Muskel, der vom äußeren Höcker des Oberarmes und von der Gelenkkapsel ausgeht. Unter der Mitte des Vorderarmes entläßt er seine vier Sehnen, die nebeneinander gelegen zunächst als ein Strang abwärts ziehen, einen Leitkanal unter dem queren Handrückenband durchlaufen und dann auseinanderweichend die Endglieder der Finger erreichen.

Vom Ellenrand dieses Muskels zweigt noch am Vorderarm ein kleiner Muskelbauch ab, schickt seine Sehne durch einen eigenen Leitkanal auf den Handrücken und vereinigt sich am Kleinfingerrücken angekommen mit der vierten Sehne des langen Streckers, Abb. 399B.

Dieser Muskel wird der *eigene Strecker des fünften Fingers* (*Extensor digiti quinti proprius*) genannt.

Dem langen Fingerstrecker schließt sich ein weiterer Muskel an, der als schlanker länglicher Bauch tiefer gelegen von der unteren Hälfte der Ellen-Außenseite ausgeht, seine Sehne schief in der Richtung zum Zeigefinger hin unter dem eigenen Strecker des kleinen Fingers durch den Leitkanal des gemeinsamen Fingerstreckers zum Handrücken schickt. Hier schließt sich die Sehne jener des gemeinsamen Streckers für den Zeigefinger an. Der Muskel wird als *Eigenstrecker des Zeigefingers* bezeichnet, Abb. 406, 7 und 399B, 15.

Die beiden erwähnten Leitkanäle sind zwei von den fünf, die zur geordneten Einlagerung der Sehnen der Streckmuskeln auf der Rückfläche des Speichen- und Ellenendes sich finden.

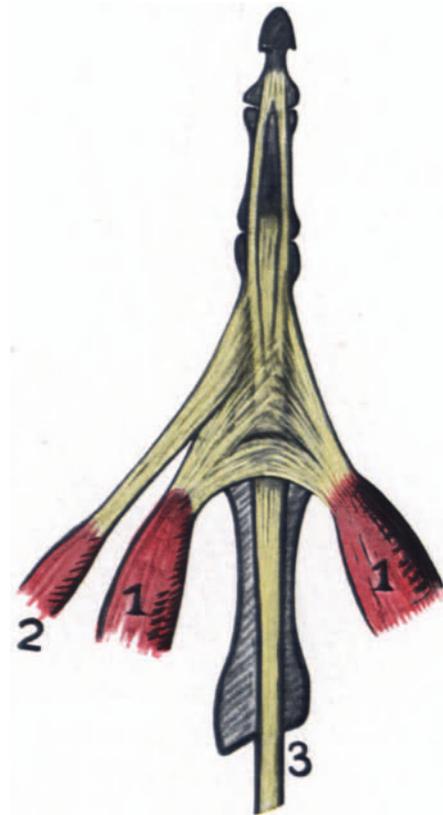


Abb. 401.



Abb. 402.

Die schon am Knochen deutlich ausgeprägten, durch Leisten abgegrenzten Rinnen, werden durch das Handrückenband (Ligamentum carpi dorsale), das sich von Leiste zu Leiste spannt, zu Kanälen geschlossen, Abb. 399B, 18 und 406, 6.

Nach dem Verlassen des Leitkanales platten sich die Sehnen des langen Streckers stark ab, werden breiter und laufen auseinander auf die Grundgelenke der Finger zu. Bevor sie dieselben erreichen, werden sie durch drei schiefgelegte kurze Sehnenbrücken untereinander verknüpft und dadurch in ihrer Bewegung voneinander abhängig, Abb. 398 und 399B.

Auf dem Rücken der Finger gewinnen die bandartigen Sehnen eigentümliche Form und Anordnung, welche man am besten versteht, wenn man die ganze Sehne ablöst und ausbreitet, Abb. 401. Man sieht dann, daß die Sehne über dem Köpfchen des Mittelhandknochens in ein schlankes dreieckiges Endstück ausläuft, das Ähnlichkeit mit einer flachen Pfeilspitze hat. Die Zipfel an der Basis sind um das Köpfchen des Mittel-

handknochens seitlich heruntergeschlagen, Abb. 400 und werden durch die später zu schildernden Spulwurmmuskeln und Zwischenknochenmuskeln gespannt. Dadurch wird das Sehnenband fest auf den Fingerrücken gepreßt.

Der Mittelstreif der Sehne spaltet sich über dem Grundglied in drei Längsbündel, von denen der mittlere an der Basis des Mittelgliedes, die beiden Randstreifen nach ihrer Vereinigung an der Basis des Nagelgliedes enden. Vor seiner Aufspaltung heftet sich aber der Mittelstreif auch noch an die Basis des Grundgliedes an.

So gewinnt diese Sehne, oder besser dieses *Strecksehnenblatt* (Dorsalaponeurose) Einfluß auf die Streckbewegung aller Fingergelenke.

Der gemeinsame Fingerstrecker wirkt aber besonders stark auf die Streckung des Grundgelenkes, die gemeinsamen Fingerbeuger beugen dagegen die beiden Zwischengelenke stärker.

Die Tätigkeit dieser drei Muskeln ist aus ihrer Anordnung leicht verständlich. Sie beugen und strecken als Gegner die Finger, aber natürlich auch die Hand. Außerdem müssen sie auch zur Achse für die Randbewegungen der Hand eine jeweils bestimmte, wenn auch mit den Bewegungen im Handgelenk wechselnde Einstellung haben. Sie wirken alle aus der Grundstellung der Hand heraus als Randbeuger ellenwärts, doch nimmt die Kraft dieser Bewegung mit einer Randbewegung speichenwärts ab, mit steigender Ablenkung nach der Ellenseite zu.

Sie zeigen ferner, wenn auch in geringerem Grade die Eigenheit, die wir bei den langen Beuge- und Streckmuskeln des Knie- und Hüftgelenkes kennen lernten, daß sie zu kurz sind, um eine volle Ausnutzung aller von ihnen beeinflussten Gelenke im gleichen Sinne zu erlauben. Wir können also das Handgelenk und die Finger nicht gleichzeitig maximal strecken und ebensowenig beugen. Der zweite Grund für diese Erscheinung liegt darin, daß die Verkürzung der Muskeln nicht ausreicht, um die Bewegung in allen Gelenken gleichzeitig voll zu erzwingen.

Will man das Handgelenk aufs höchste strecken, muß man die Finger ein wenig beugen und beugt man das Handgelenk so stark als möglich, so kann man die Finger nicht mehr völlig zur Faust ballen, Abb. 378, 2 u. 3.

Die Beugung der Mittel- und Endglieder ist von ungeübten Händen nur selten mit jedem Finger einzeln ausführbar.

Längere Übung macht sie möglich und meistens kann sogar die Einzelbeugung des Endgliedes jedes Fingers erlernt werden.

Die von den Fingern in den Handteller und auf den Handrücken zusammenlaufenden Sehnen der Beuger und des Streckers werden durch ihren Zug die Finger bei der Beugung auch einander nähern oder sie bei der Streckung spreizen.

Dieses Spreizen der Finger wird aber als Hauptarbeit von den Zwischenknochenmuskeln ausgeführt.

Sie sind auf der Abb. 402 dargestellt.

Wie zu erwarten, müssen sie seitlich an den Mittelhandknochen angesetzt sein und deshalb die Zwischenknochenräume erfüllen.

Sie haben hier aber nicht nebeneinander Platz, sondern legen sich übereinander, so daß wir *vordere* und *rückseitige* Muskeln unterscheiden können (*M. interossei volares* und *dorsales*).

Die rückseitigen Muskeln sind doppelköpfig und nehmen an beiden den Zwischenknochenraum begrenzenden Mittelhandknochen Ansatz. Sie füllen diesen Zwischenraum zum Handrücken hin völlig aus und quellen bei guter Entwicklung und starker Verkürzung vor.

Die vorderen Muskel sind einköpfig, gehen daher nur von einem Mittelhandknochen aus und decken, von der Hohlhand aus gesehen, die rückseitigen Muskeln mehr als zur Hälfte ab.

Die kurzen Sehnen aller dieser Muskel gehen in die seitlichen Zipfel des Strecksehnenblattes der Finger über, wie das die Abb. 400, 1 u. 2 und 401, 1 u. 2 darstellt.

Zu jedem Finger gehören folglich zwei Muskeln, welche die Bewegung desselben gegen den Ellen- und Speichenrand der Hand besorgen.

Der am Innenrand des kleinen Fingers gelegene Muskel kann nicht mehr Zwischenknochenmuskel genannt werden, weil er seinen Ansatz am queren Handwurzelband und am Erbsenbein nimmt. Er heißt „Abzieher“ des kleinen Fingers (*M. abductor digiti quinti*), Abb. 402, 8.

Ein weiterer Muskel des Kleinfingerballens, der *kurze Beuger* des kleinen Fingers (*M. flexor brevis digiti quinti*) kann als Teil des vorher genannten Muskels aufgefaßt werden. Er kommt vom Hacken des Hackenbeines. Die Bewegung, welche diese seitlich angeordneten Muskeln in den Fingergrundgelenken auslösen, kann man zunächst auf jeden Finger einzeln beziehen. Dann ist dieselbe als eine Randbewegung nach der Speichen- oder Ellenseite hin zu bezeichnen, wie auf der Abb. 394 und 395 zu sehen.

Vom Spreizen und vom Zusammenschließen der Finger durch diese Muskeln kann man nur im Sinne einer Bewegung zweier Finger gegeneinander oder aller Finger gegen eine fest angenommene Ebene sprechen. Diese Ebene legt man durch den Mittelfinger. Dann kann man die Zwischenknochenmuskel in Spreizmuskeln und in zuführende Muskeln einteilen. Wir bekommen drei zuführende und drei spreizende Muskel. Die beiden den Mittelfinger selbst seitlich bewegenden Muskel bleiben hier außer der Betrachtung.

An der Hand des lebenden Menschen ist der weitaus kräftigste dieser Muskeln, der doppelköpfige erste und rückseitige Zwischenknochenmuskel, Abb. 402, 1 und 407, 2 zwischen der Außenseite des Zeigefingers und der Innenseite des Daumens von der Handrückenfläche aus gut zu sehen. Er überkreuzt hier den zuführenden Muskel des Daumens, Abb. 407, 3. Wenn man bei gestreckter Hand und gestreckten Fingern den Daumen in starke Abführung und Rückstellung bringt, wird sein Fleischbauch deutlich und die



Abb. 403.

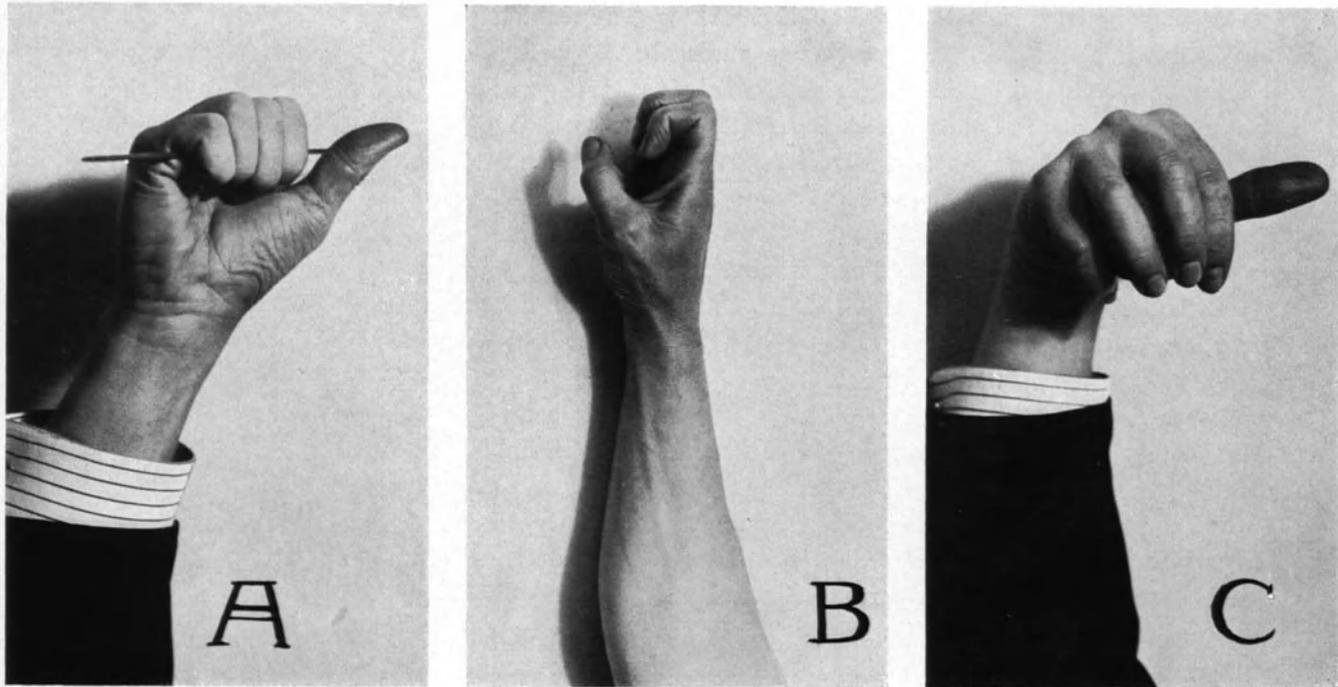


Abb. 404.

Hautfalten zeigen die Überschneidung der erwähnten beiden Muskeln an. Diese Muskeln für die seitliche Bewegung der Finger in den Grundgelenken gehen aber, wie schon erwähnt, mit einem sehnigen Endzipfel jenseits des Grundgelenkes in das Sehnenblatt des Fingerrückens über.

Dadurch werden sie geeignet, einmal das Grundglied zu beugen und dann die beiden Endglieder zu strecken, also die in Abb. 403 abgebildete Stellung der Finger auszuführen.

Unterstützt werden sie hierin durch die vier *Spulwurmmuskeln* (*M. lumbricales*), die von den Sehnen des tiefen Fingerbeugers ausgehen und gleichfalls die seitlichen Zipfel des Strecksehnenbandes der Finger erreichen, Abb. 397, 400, 2 und 401, 2.

Die von diesen Muskeln ausgeführte Bewegung bedeutet eine wertvolle Bereicherung des Gestal-

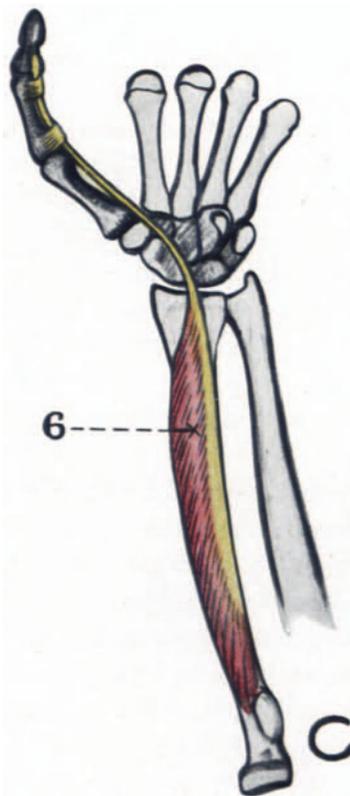


Abb. 405.

tungswechsels der Hand und sie erhöht damit die Verwendungsmöglichkeit derselben.

Jeder Finger kann dadurch in allen Stellungen zum Mittelhandknochen gestreckt oder gebeugt werden. Der gestreckte, aber im Grundgelenk gebeugte Finger spielt eine wichtige Rolle beim Schreiben und Zeichnen, beim Klavier- und Geigenspiel.

Der gebeugte, im Grundgelenk aber gestreckte Finger wird dadurch zu einem Hacken, der zum Tragen daran gehängter Lasten, auch der eigenen Körperlast, geeignet erscheint, Abb. 404 B.

Seine Höhlung kann durch Beugung des Grundgliedes sehr erweitert und durch fortgesetzte Beugung aller drei Glieder stetig verengert werden. Er gewinnt damit jene wechselnde Größe, die zum Umfassen und Halten von Gegenständen nötig erscheint.

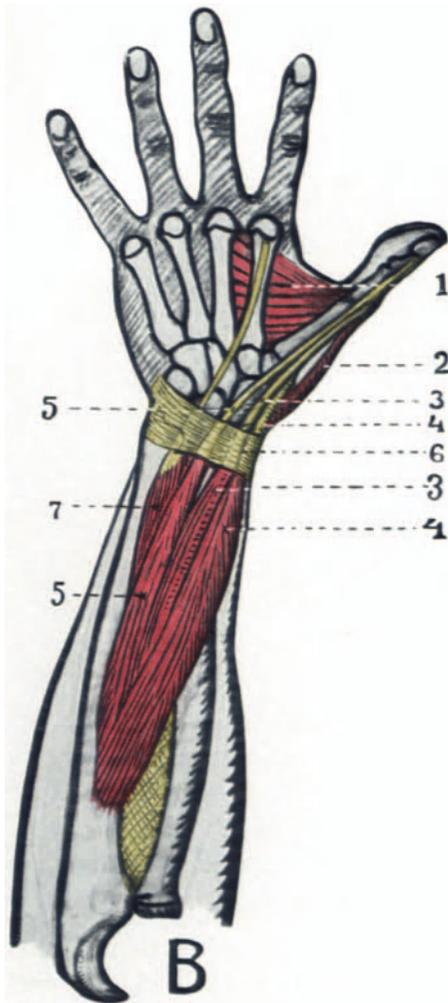


Abb. 406.

Zu Abbildung 406:

- 1 Der kurze Zuführer des Daumens.
- 2 Der Gegensteller des Daumens.
- 3 Der kurze Strecker des Daumens.
- 4 Der lange Abzieher des Daumens.
- 5 Der lange Strecker des Daumens.
- 6 Das quere Handwurzelrückenband.
- 7 Der eigene Strecker des Zeigefingers.

Zu Abbildung 407:

- 1 Der kurze Abzieher des Daumens.
- 2 Der erste Zwischenknochenmuskel mit seinen beiden Teilstücken.
- 3 Der Anzieher des Daumens.
- 4 Der lange Daumenstrecker.
- 5 Der kurze Daumenstrecker.
- 6 Der lange Abzieher des Daumens.
- 7 Der lange Speichenstrecker.
- 8 Der kurze Speichenstrecker.

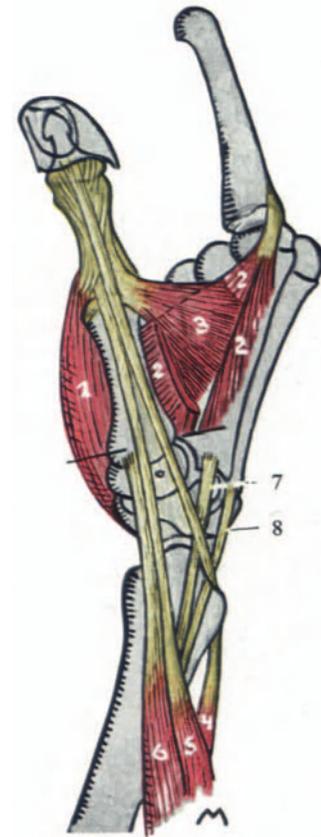


Abb. 407.

Werden die eingekrümmten Finger so weit als möglich in die Hohlhand eingeschlagen, dann werden die Hacken zu nebeneinander gereihten geschlossenen Ringen mit engen Lichtungen, die zusammen in ihrem Kanal noch einen zylindrischen Gegenstand von sehr geringem Durchmesser festzuhalten vermögen, Abb. 404A.

Die Möglichkeit, die Beugung der Finger durch seitliche Bewegungen derselben in verschiedenen Ebenen ablaufen zu lassen, ermöglicht wieder die Anpassung der Fingerkrümmung zur Umfassung einer Kugel usw., Abb. 404C.

Aber erst durch den den Fingern vorgebauten und besonders beweglichen Daumen wird die Nützlichkeit der Hand als Greiforgan und seine Spannweite bestimmt.

Der Daumen besitzt zur Ausnützung seiner Gelenke acht Muskeln, die wir zunächst aus den Abbildungen kennen lernen müssen.

Es gibt vier lange Daumenmuskeln, die noch vom Unterarm zum Daumen verlaufen und damit auch Einfluß auf das Handgelenk gewinnen.

1. *Der lange Beuger des Daumens* (*M. flexor pollicis longus*), Abb. 405. Sein schlanker langer einfach gefiederter Fleischbauch haftet am Außenrand und an der Vorderfläche der Speiche bis herauf an den Ansatz des Außendrehers der Speiche (*M. supinator*). Seine hoch abgehende Sehne zieht durch den Handwurzelkanal, speichenwärts gelegen, am vorspringenden Höcker des Kahnbeins vorbei zum Grundglied des Daumens und verläuft, in eine derbe sehnige Hülle eingelassen und durch sie an die beiden Daumenglieder angeheftet, zum Endglied, das er besonders leicht und ausgiebig beugt.

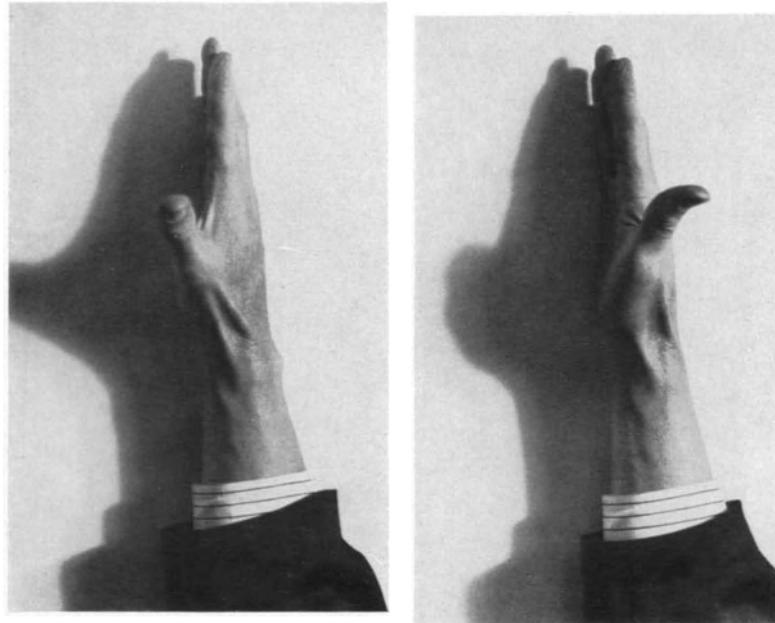


Abb. 408.

2. *Der lange Strecker des Daumens* (*M. extensor pollicis longus*), Abb. 406, 5 und 407, 4. Dieser Muskel verbindet die Elle und die Zwischenknochenhaut mit dem Daumenendglied, an welchem er endet. Sein Muskelbauch liegt tief und überdeckt vom gemeinsamen Fingerstrecker. Er schließt sich dem Eigenstrecker des Zeigefingers nach oben zu an und verläuft zunächst in der Richtung zum Zeigefinger bis zum Handwurzelband, das für die hier entwickelte Sehne einen eigenen Leitkanal ausbildet, für den auf der Speiche eine tiefe Rinne ausgehöhlt ist. Aus dem Kanal frei geworden lenkt die Sehne winklig zur Rückenfläche des Daumengrundgelenkes ab und verläuft zum Nagelglied des Daumens.

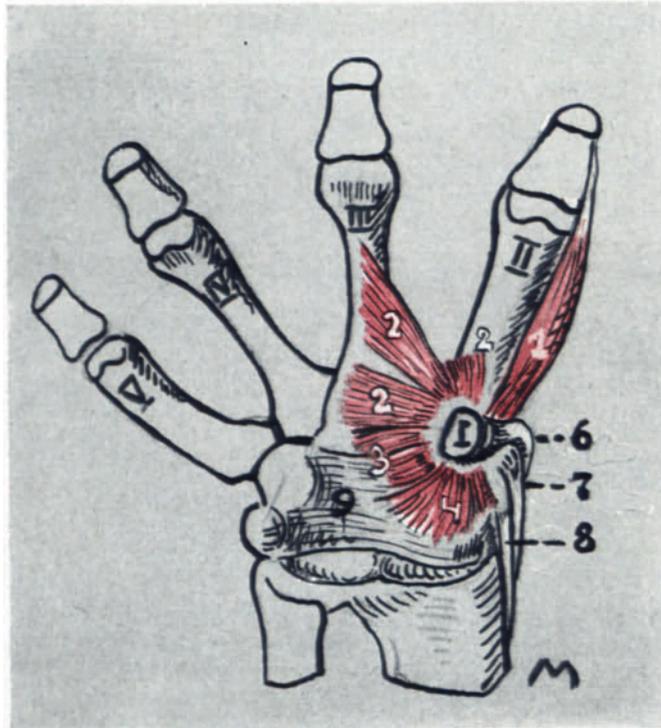
3. *Der kurze Strecker des Daumens* (*Extensor pollicis brevis*), Abb. 406, 3 und 407, 5 schließt sich dem oberen Rand des vorigen Muskels an, haftet an dem Zwischenknochenband und der Speiche. Seine Sehne schließt sich jener des folgenden Muskels an und endet am Grundglied des Daumens.

4. *Der lange Abzieher des Daumens* (*Abductor pollicis longus*), Abb. 406, 4 und 407, 6 schließt sich wieder dem kurzen Strecker speichenwärts an und schließt damit die tiefliegende in vier Muskel geteilte Fleischmasse ab. Seine Sehne, Abb. 407, läuft mit der des kurzen Streckers durch den eigenen Leitkanal unter dem Handrückenband auf der äußeren Fläche des untersten Speichenendes zum Daumen und endet hier an der Basis seines Mittelhandknochens. Die Sehnen der drei letztgenannten Muskeln sind jenseits des rückseitigen Handwurzelbandes an der Hand des lebenden Menschen, Abb. 408, in bestimmter Einstellung des Daumens zu sehen, wie sie eine Grube abgrenzen, in welche die Haut tief einsinkt.

Die Einwirkung der langen Daumenmuskeln auf das Handgelenk ist folgende: Der lange Daumenbeuger beugt dasselbe, der lange Daumenstrecker streckt dasselbe. An der Randbewegung speichenwärts nimmt Teil der lange Daumenstrecker, der kurze Daumenstrecker und der lange Abzieher.

Von den kurzen Muskeln des Daumens formen drei, der *Gegensteller* (*M. opponens pollicis*), der *kurze Abzieher* (*M. abductor pollicis brevis*) und der *kurze Beuger* (*M. flexor pollicis brevis*) den eigentlichen fleischigen Daumenballen. Der Gegensteller liegt mit seinem Hauptteil versteckt unter dem Abzieher und kommt nur am äußeren Rand des Daumenmittelhandknochens an die Oberfläche.

- 1 Der erste Zwischenknochenmuskel.
- 2 Die einzelnen Teilstücke des Anziehers des Daumens.
- 3 Der kurze Beuger des Daumens.
- 4 Der kurze Abzieher des Daumens.
- 5 Der Gegensteller des Daumens.



- 6 Die Sehne des langen Daumenstreckers.
- 7 Die Sehne des kurzen Daumenstreckers.
- 8 Die Sehne des langen Abziehers des Daumens.
- 9 Das quere Hohlhandband.
- I—V Die Mittelhandknochen.

Abb. 409.

Zwei weitere Muskeln erfüllen den ersten Zwischenknochenraum. Der *Zuzieher des Daumens* (*M. adductor pollicis*) ist ein verhältnismäßig massiger und kräftiger Muskel, dem gegen den Handrücken zu der erste Zwischenknochenmuskel aufliegt. Sie sind auf der Abb. 399, 406 und 407 dargestellt. Alle diese Muskeln setzen an den Knochen und Bändern der Handwurzel oder auch an den Mittelhandknochen an und enden entweder am Mittelhandknochen des Daumens oder wirken auch noch auf das Daumengrundglied, an dem sie Ansatz finden. Dazu gehören der Zuzieher, der kurze Beuger und der Abzieher.

Für uns wird die Abb. 409 nach Strasser besonderes Interesse haben, welche die Lage und Beziehung der Muskeln des Daumens zum Sattelgelenk und Grundgelenk erläutern soll. Die Abbildung wird verständlich, wenn man seine eigene Hand in der Stellung des Daumens auf Abb. 408 in der Richtung des Daumens selbst betrachtet und sich das Grundglied über dem Gelenk etwa in der Höhe der quer vom Zeigefinger herübergespannten Hautfalte durchschnitten denkt. Wir sehen hier den Daumen rings umgeben von Muskeln, so daß er nach jeder Richtung hin bewegt werden kann.

Nehmen wir dazu auch die Abb. 390 nochmals vor, so wird es nicht allzu schwer sein, den gesamten Ausschlag im Sattelgelenk auf die Wirkung der einzelnen Muskeln oder auf ihre zusammengesetzte Wirkung zurückzuführen und ebenso wird es möglich sein, die Wirkung der Muskeln zu den beiden Hauptachsen des Gelenkes zu ordnen. Hier darf vielleicht hervorgehoben werden, daß für das Abführen des Daumens der lange und kurze Abführer und der kurze Strecker dienen, während der lange Strecker zuführt.

Den Abschnitt über die obere Extremität schließen wir mit der Beobachtung ab, was die Hand mit Hilfe mehrerer oder aller ihr vorgeschalteten Gelenke zu leisten vermag.

Ziehen wir auf einer Tafel, deren Einstellung die Ausnutzung des Schultergelenkes erlaubt, mit einem in die Hand genommenen Stift bei völlig steif gehaltenem Arm allein aus dem Schulterkugelgelenk heraus eine Linie, so kann diese nur eine Kreislinie sein, deren Durchmesser je nach der Entfernung des Gelenkes von der Tafel größer oder kleiner genommen werden kann.

Wollen wir dabei vermeiden, daß die Linie infolge des sich abnutzenden Stiftes immer breiter wird, so können wir auch noch eine Längsdrehung des Armes im Schultergelenk zu Hilfe nehmen.

Die Aufgabe, *ohne* Stellungswechsel kleinere parallele Kreislinien auf der Tafel zu ziehen, kann nur durch eine Verringerung der Entfernung des Schultergelenkes von der Tafel durch eine Abknickung (Beugung) des Armes im Ellbogengelenk erreicht werden. Auf die gleiche Weise ist es möglich, eine gerade Linie als Durchmesser des Kreises zu ziehen, nur daß dabei Beugung *und* Streckung im Ellbogengelenk in gleichem Maße aufeinander folgen müssen.

Einen kleineren Kreis auf der Tafel zu ziehen gelingt auch auf folgende Weise. Wir nehmen einen Stift derart in die Hand, daß er in die schiefe Rinne gelegt wird, welche von den vier vom Zeige- zum kleinen Finger im stärker eingeschlagenen (gebeugten) Fingern gebildet wird, dann greift der Daumen vor und drückt den Stift dem Zeigefinger gegenüber fest. Der Stift muß dann um soviel über den Daumenrand des Zeigefingers frei herausstehen, daß seine Spitze gleichzeitig mit dem Nagel des allein gestreckten Zeigefingers ein Blatt Papier berührt, das auf einer Tischplatte gegen ihren Rand gelegt und festgemacht ist. Der Arm ist ganz gestreckt und bei aufrechter Stellung des Körpers am Tisch ist es möglich, das Hand-, Ellbogen- und Schultergelenk annähernd vertikal übereinander auszurichten. Die ganze Anordnung ist einem Zirkel ähnlich, dessen beide kurze Branchen (Zeigefinger und Stift) durch einen sehr langen Griff geführt werden. Die notwendige Drehung um 360° ist aus dem Schultergürtel (Vor- und Zurücknehmen) aus einer Längsdrehung im Schultergelenk und einer Wendebewegung der Speiche um die Elle zu gewinnen.

Schalten wir nur z. B. eine viertel Drehung dieser Art, aber regelmäßig wiederholt, in die Führung des Armes zur Erzeugung einer geraden Linie ein, so wird diese zur Zickzack-Linie; ebenso durch Einschaltung einer Beuge- und Streckbewegung im Handgelenk. Doch werden sich die beiden Zickzacklinien darin von einander unterscheiden, daß die kurzen, winkelig aneinander gefügten Linien im ersten Fall Abschnitte von Kreisen (also gekrümmt), im zweiten Fall aber gerade Linien sind.

Aus dem Handgelenk allein sind auch Kreisbewegungen bis zu einer bestimmten Größe ausführbar und wir können dieselben mit Hilfe des Schulter- und Ellbogengelenkes an jeder Stelle jenes größten Kreises ansetzen, der mit steifem Arm aus dem Schultergelenk gewonnen wird; ebenso gut an jeder Stelle innerhalb des Kreises. Verbinden wir das Handkreisen mit der Kreisbewegung des Armes oder mit der Bewegung der geraden Linie, so entsteht eine Kurve von dieser Form ; doch können wir dieselbe Linie auch aus dem Schulter- und Ellbogengelenk allein ausführen. Ein Beispiel, wie sich einzelne Gelenkzusammenstellungen bei Ausführung einer und derselben Bewegung ablösen können.

Bringt ein Jongleur einen Teller auf einem Stabe durch kreisende Bewegungen desselben allmählich in schnelle Drehung, so kann er dieselben rein aus dem Handgelenk oder bei festgestelltem Handgelenk rein aus dem Schultergelenk gewinnen; meistens ist aber auch das Drehgelenk zwischen Speiche und Elle (Pronation-Supination) mitbeteiligt.

Wir wissen, daß wir mit den Fingern unserer Hand jede Stelle der Körperoberfläche berühren können und die Hand hat durch die vorgeschalteten Gelenke innerhalb eines gewissen Raumes tatsächlich die Fähigkeit, sich dem Rumpf gegenüber so zu bewegen, als ob sie gar keine Verbindung mit demselben hätte.

Das Ergebnis zusammengefaßter Bewegungen der Gelenke muß man aber auch in umgekehrtem Sinne werten, so daß wir die Hand festgestellt und den Arm und Rumpf gegen die Hand bewegt denken. Setzen wir die Hand auf eine so hohe Lehne eines Stuhles, daß das Ellbogengelenk rechtwinklig abgebeugt und der Vorderarm vertikal eingestellt ist, dann können wir bei gleichbleibender Lage des Vorderarmes den Rumpf auf den Beinen in einem Kreisbogen um diesen herumbewegen. Es ist klar, daß es dabei zu einer Ein- und Auswärtsdrehung der beiden Vorderarmknochen kommt, die sich aber diesmal in einer Kurbelbewegung des Oberarms um die durch die festgestellte Hand gleichfalls festgehaltene Speiche äußert. Die Elle dreht sich um die Speiche.

Geben wir dazu noch das Schultergelenk und den Schultergürtel frei, so können wir den Rumpf um einen halben Kreisbogen um den Vorderarm herumführen und dabei Endstellungen vor und hinter dem Stuhl erreichen, in denen der Körper fast völlig um sich selbst, also um 4 rechte Winkel gedreht erscheint.

Nehmen wir auch noch das Handgelenk zu Hilfe, halten aber die Hand durch die Finger möglichst fest, dann können wir um den Stuhl *rings* herum gehen. Dabei muß freilich der Vorderarm, um den Bewegungskegel des Handgelenkes umschreiben zu können, seine bisherige vertikale Lage aufgeben.

Es ist ein Vergnügen und lehrreich, Turnern und Sporttreibenden bei den verschiedensten Übungen aufmerksam zuzusehen und das Zusammenarbeiten der Gelenke dabei unablässig zu beobachten. Der Anfänger muß dabei vom Muskelspiel gänzlich absehen und seine Augen nur auf die wechselnden Gliederlagen richten. Auch bei manchen alten Volkstänzen kommen sehr eigenartige Bewegungen der Arme, bald vom Rumpf aus mit freier Handbewegung, dann Bewegungen des Rumpfes zur festgehaltenen Hand, vor.





Abb. 410.

Der Hals.

Der Hals gewinnt seine Form und damit die Abgrenzung seiner Maße zunächst dadurch, daß der oberste Abschnitt des Brustkorbes als Basis und die Unterfläche des knöchernen Schädels als Decke desselben, durch die Halswirbelsäule in bestimmte aber wechselvolle Beziehung zueinander gebracht sind, Abb. 410 und 411.

Von vorne her bilden die beiden Schlüsselbeine und der obere Brustbeinrand die deutliche Grenzlinie gegen den Rumpf. Am Rücken läuft die Grenzlinie von einer Schulterhöhe zur anderen und trifft meistens den Dornfortsatz des 2. oder 3. Brustwirbels, Abb. 412.

Da wir über den Rumpf und den Schultergürtel schon unterrichtet sind, ist zunächst die Unterfläche des Schädels zu betrachten. Der Schädel, Abb. 413, besteht aus zwei Teilen. Der eine umfaßt mit einer dünnen aber festen Knochenschale das Gehirn, Abb. 414, A und wiederholt dementsprechend in etwas größerem Maßstab dessen eirunde Form, Abb. 416.

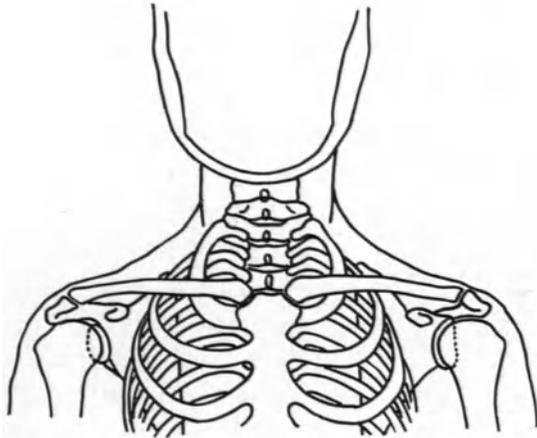


Abb. 411.



Abb. 412.

Der Gehirnkapsel ist nach vorn zu ein sehr festes Gerüstwerk aus einer größeren Zahl unbeweglich zusammengefügt Knochens vorgesezt, das wir den Gesichtsschädel nennen, Abb. 414, B.

Dieser schließt nach abwärts mit dem starken Oberkieferknochen ab, der die feste, mit der Zahnreihe versehene Unterlage bildet, gegen welche der gleichfalls noch dem Gesichtsschädel zugehörige bewegliche Unterkiefer mit seinen Zähnen aufdrückt oder aufschlägt.

Für unsere Aufgabe kommt von dem Gehirn und Gesichtsschädel nur der durch die weiße Linie abgegrenzte Teil der Schädelbasis in Betracht, Abb. 415. Die Linie läuft dem unteren Rand des Unterkiefers entlang zur Basis des Gehirnschädels und hier im halbkreisförmigen Bogen um das Hinterhauptloch von einem Warzenfortsatz zum andern. Die Linie ist in diesem Abschnitt auch am Knochen als sogenannte Nackenlinie infolge der Muskelansätze erkennbar.

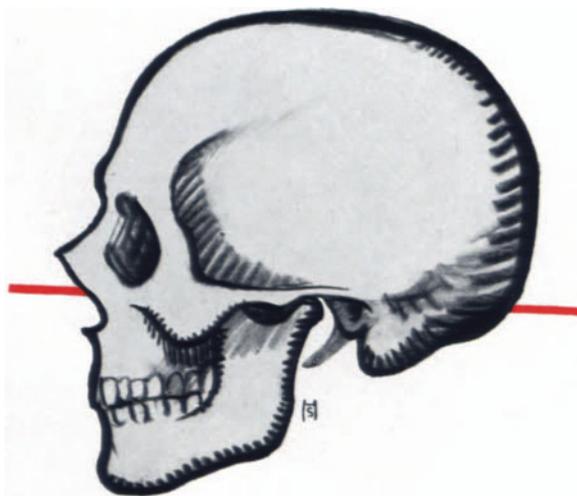


Abb. 413.

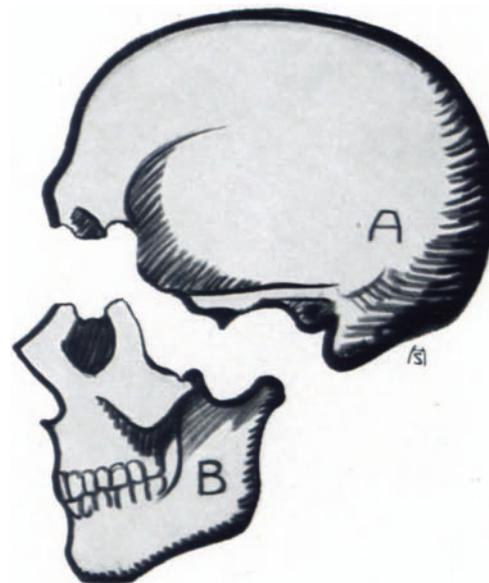


Abb. 414.

Durch das weite, ovale Loch im Hinterhauptsknochen steht die Schädelhöhle mit dem Wirbelkanal in Verbindung. Dieses Loch nimmt sowohl auf einem Mittelschnitt durch den Schädel, Abb. 417, wie auf einem Querschnitt durch denselben, Abb. 418, die tiefste Stelle ein.

Von seiner äußeren, seitlichen und etwas aufgewulsteten Umrahmung springt links und rechts eine längsovale Erhabenheit nach abwärts vor. Sie laufen nach vorne aufeinander zu, sind mit einer Knorpelschicht überzogen und daran als Gelenkfortsätze oder Gelenkkörper zu erkennen, Abb. 415.

zu dreieckigen, in der Mitte durchlochten flachen Fortsätzen ausgebildet und dienen Muskeln zum Ansatz. Sie heißen die Querfortsätze. An ihrer Wurzel erhebt sich die Knochenmasse nach oben zu denselben längsovalen Erhabenheiten wie an der Schädelbasis, nur daß hier die beiden vorspringenden Gelenkfortsätze gehöhlte, von Knorpel gedeckte Lager tragen, in welchen die gerundeten, elliptischen Gelenkkörper des Schädels Platz nehmen.

Dreht man den Atlas zur Betrachtung von unten herum, Abb. 420, so sieht man an der gleichen Stelle wieder solche knorpelüberzogene Gelenkfortsätze, aber hier haben die sehr seichten Pfannen mehr rundliche Form und dienen zur Verbindung mit den gleichgeformten oberen Gelenkfortsätzen des zweiten Halswirbels, der *Drehwirbel* (Epistrophus) genannt wird, Abb. 421. Von unten betrachtet, Abb. 423, zeigt dieser Wirbel die uns bekannte allgemeine Form eines solchen. Wir sehen den Wirbelkörper, den Bogen,

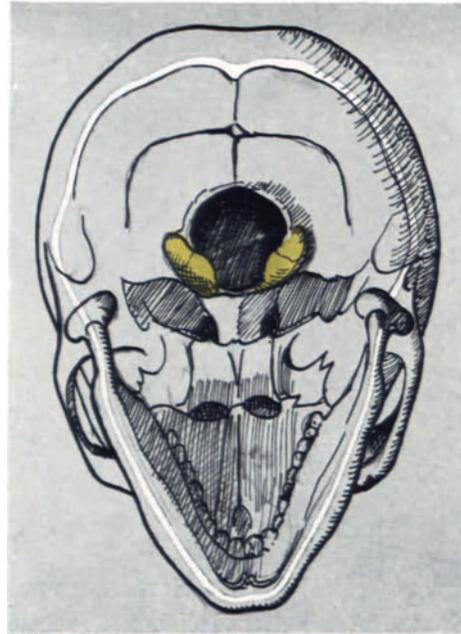


Abb. 415.

Mit diesen beiden Vorsprüngen ruht der Schädel auf dem oberen Ende der Wirbelsäule.

Die beiden ersten und obersten Halswirbel sind mit Rücksicht auf diese Verbindung mit dem Kopf zu einem eigenartigen kleinen Bewegungsmechanismus umgearbeitet und zusammengebaut. Der erste Halswirbel heißt als eigentlicher unmittelbarer Träger des Kopfes *Atlas*. Er ist ein einfacher Knochenring mit weiter Lichtung, Abb. 419, die durch ein queres Band in eine kleinere vordere und eine größere hintere Abteilung geteilt wird.

Die Seitenteile des Ringes sind



Abb. 416.

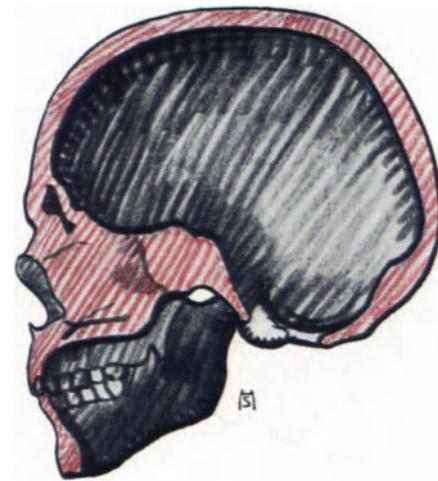


Abb. 417.

welcher in seinem Scheitel zum Dornfortsatz sich verlängert. Ferner die durchlochten Querfortsätze und die beiden nach abwärts heruntergreifenden Gelenkfortsätze mit kleinen rundlichen überknorpelten Gelenkflächen.

Von der Seite her, Abb. 422, sind die gleichen Teile wieder sichtbar, aber außerdem noch der Zahn des Wirbels, der in Aufsicht auch in Abb. 421 vorliegt. Dieser Zahn ist ein kräftiger, drehrunder gerader Zapfen, der sich aus dem Körper des Wirbels nach oben erhebt. Stülpt man den Atlasring so über den Zahn des Drehwirbels, daß die Gelenkflächen beider Wirbel sich decken, so nimmt der Zahn in dem vorderen Abteil der großen Atlasöffnung Platz und legt sich an die kleine querovale überknorpelte Gelenkfläche am vorderen Atlasbogen an, Abb. 424. In dieser Lage wird der Zahn durch das eingezeichnete Zapfen beweglich, wie eine Drehscheibe um ihren Drehzapfen. Die Gelenkflächen beider Knochen schleifen aufeinander.



Abb. 418.

quere Band festgehalten und kann aus dieser Umklammerung durch das Querband nicht so leicht heraus, weil der Zahn mit einem verdickten Kopf über das Band herausragt, und deshalb in der Aufsicht das Band unter dem Kopf verschwindet, Abb. 424.

Durch dieses Einstecken des Zahnes in die vom Atlas und seinem queren Band gebildete Öse, wird der Atlas um den Zahn als Dreh-

zapfen beweglich, wie eine Drehscheibe um ihren Drehzapfen. Die Gelenkflächen beider Knochen schleifen aufeinander.

Die Abb. 425 läßt erkennen, wie der Atlas nach jeder Seite gedreht werden kann.

Der Atlas kann aber auch eine kleine Schaukelbewegung auf dem Drehwirbel nach vorn und hinten ausführen, die leicht daran abgelesen werden kann, daß der hintere Scheitel des Atlasringes dem Dornfortsatz des Drehwirbels sich nähert und sich von ihm entfernt, Abb. 426. Der Ausschlag wurde am Röntgenbild von vier Personen mit $10-14^{\circ}$ bestimmt.

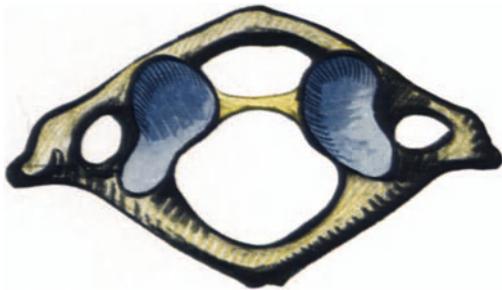


Abb. 419.



Abb. 420.

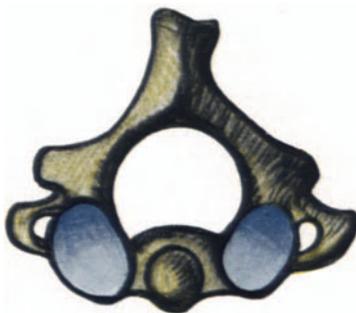


Abb. 421.



Abb. 422.



Abb. 423.

Diesem kleinen Bewegungsapparat ist der Kopf aufgesetzt und zwar lastet er auf der Drehscheibe, dem Atlas, mit welchem er gelenkig verbunden ist.

In seiner Lage wird er durch Bänder mit dem Atlas, aber auch durch ein sehr kräftiges Band mit dem Zahn des Drehwirbels fest verbunden, Abb. 427.

Damit sind alle drei Teilstücke, Schädel, Atlas und Drehwirbel zu einem zusammengehörigen Mechanismus verknüpft. Als Ausgangsstellung für die Beschreibung und Messung der Kopfbewegungen gilt die Normal- oder

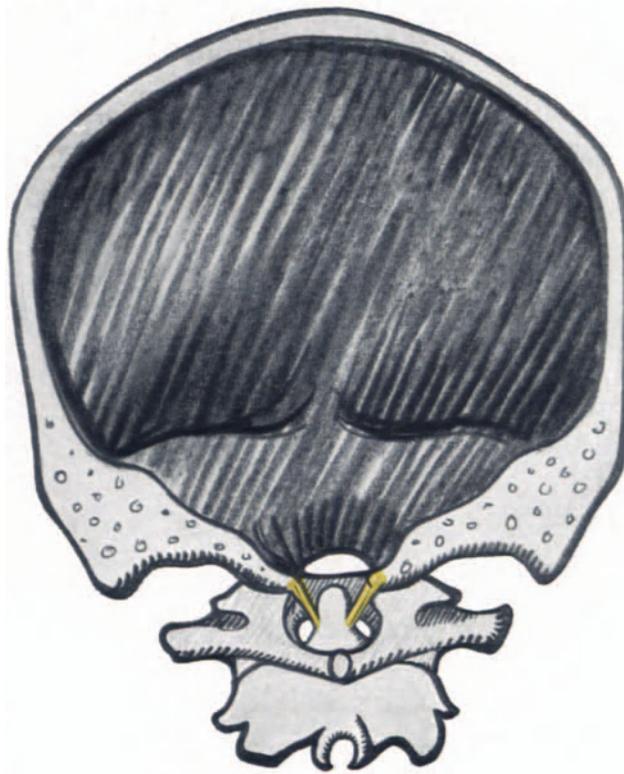


Abb. 427.

Mittelstellung desselben. Dieselbe wird durch die Frankfurter oder deutsche Horizontale bestimmt.

Darunter versteht man eine horizontale Ebene, welche durch die oberen Ränder der äußeren Ohröffnungen und die tiefsten Punkte der Augenhöhlenränder gelegt wird, Abb. 413. Der Kopf auf Abb. 428 ist in diese Normalstellung gebracht.

In dieser Ebene liegt auch die quere Achse des oberen Kopfgelenkes und zwar dicht hinter der Ohröffnung.

Es sei hier gleich hinzugefügt, daß die Masse des Kopfes über der Achse dieses Gelenkes

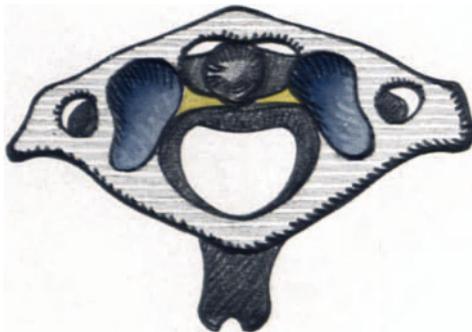


Abb. 424.

Abb. 424. Atlas auf dem Drehwirbel in stirngerader Einstellung. Der auf dem Atlas ruhende Kopf würde gerade nach vorn sehen.



Abb. 425.

Abb. 425. Atlas um den Zahn des Drehwirbels nach rechts gedreht. Der Kopf macht die Bewegung mit.

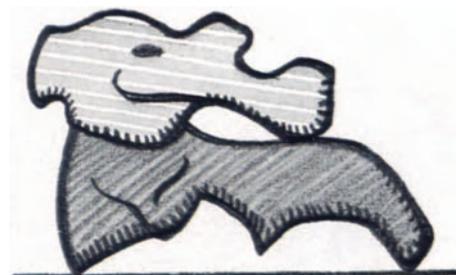
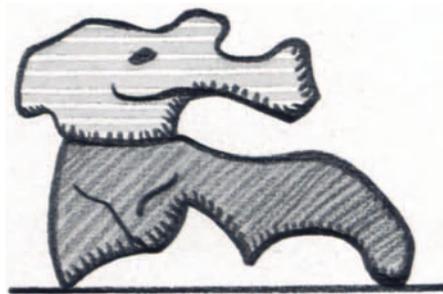


Abb. 426.

derart verteilt ist, daß ein etwas größerer Teil vor dieselbe zu liegen kommt und deshalb ein geringes Übergewicht nach vorn besteht. Der Kopf sucht bei aufrechter Haltung in Normalstellung stets nach vorne von der ihn tragenden Wirbelsäule herunterzufallen und muß durch Muskel oder Bänder im Gleichgewicht gehalten werden.



Abb. 428.

geschilderte Gelenkzusammenstellung am besten einprägen. Der Kopf ist mit dem untergebauten Bewegungsmechanismus auf eine kleine Holzsäule montiert, die als unbewegliche, also festgestellte Halswirbelsäule gelten mag.

Der Kopf kann mit dem Atlas als Drehscheibe auf dem feststehenden Drehwirbel nach links und rechts um 25° oder etwas mehr gedreht werden, Abb. 429, und vermag, während er gedreht wird, auf der Drehscheibe eine Beugung und Streckung von etwa $20-35^{\circ}$ auszuführen, die durch eine Schaukelbewegung der Drehscheibe auf dem Drehwirbel noch um $10-14^{\circ}$ erhöht werden kann, Abb. 430.

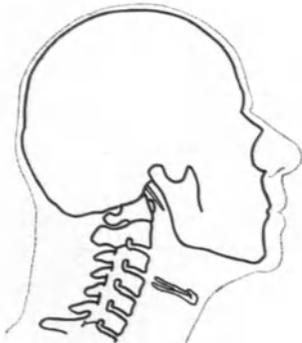


Abb. 431 A.

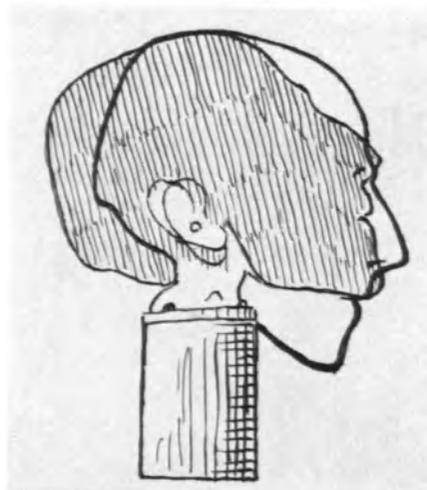


Abb. 430.

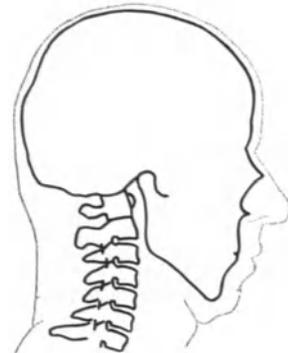


Abb. 431 B.

Entgegen der Behauptung, daß vom lebenden Menschen die Beugung und Streckung in den beiden Kopfgelenken nicht unabhängig von Bewegungen in den übrigen Gelenken der Halswirbelsäule ausgeführt

Zu Abb. 431 A.
Streckung in den beiden Kopfgelenken nach einer Röntgenaufnahme.

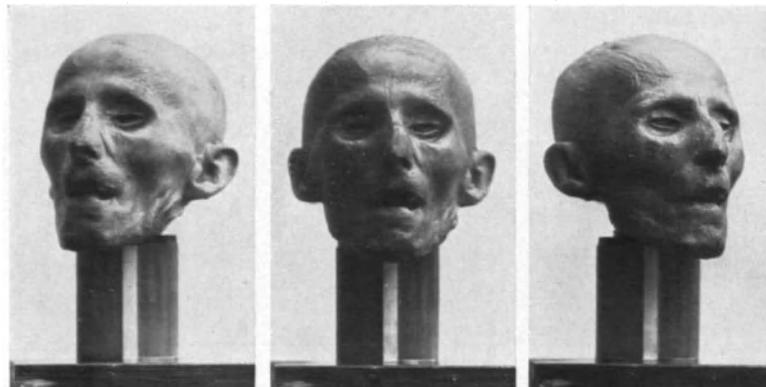


Abb. 429.

Zu Abb. 431 B.
Beugung in den beiden Kopfgelenken nach einer Röntgenaufnahme.

Abb. 429.



Abb. 432.

werden könne, war es möglich, durch ganz kurze Übung das Gefühl für die Bewegung in den Kopfgelenken so zu steigern, daß sie bei völlig unbewegter Halswirbelsäule voll ausgenützt werden konnte. Eine wiederholte Prüfung durch Röntgenaufnahmen ergab immer das gleiche gute Resultat und zeigte bei selbständiger Bewegung einen Ausschlag der Gelenke von etwa 30° , der durch die geringe Mitbewegung der Halswirbelsäule nur um 2° erhöht wurde, Abb. 431, A und B.

Die selbständige Abgliederung der Bewegung des Kopfes gegen den Atlas von der gleichsinnigen Bewegung des Atlas gegen den Drehwirbel ist viel schwerer zu erlernen und die volle Ausnutzung des oberen Kopfgelenkes bei unbewegtem unteren war nicht zu erreichen. Auf den drei Aktbildern der Abb. 432, von denen die mittlere den Kopf in ruhiger aufrechter Haltung wiedergibt, ist die Drehung des Kopfes mit dem Atlas an den beiden anderen Figuren daran kenntlich, daß die Bewegung des Kopfes ohne Beteiligung des Halses, nur am oberen Ende der Säule bemerkbar wird.

Von dem übrigen Stück der Halswirbelsäule haben wir auf Seite 105 gesagt, daß es die Einrichtung für eine ausgiebige Vor- und Rückbiegung, für eine seitliche Neigung und für eine Drehung nach links und rechts besitzt. Hier mag nochmals wiederholt sein, daß die stärkste seitliche Neigung sich mit einer geringen Drehung nach derselben Seite verbindet und daß bei einer starken Drehung eine geringe Neigung nach derselben Seite eintritt.

Der Kopf sitzt also auf einem etwa 12 cm hohen gegliederten und sehr beweglichen Stiel. Da die einzelnen Glieder selbständiger Bewegung fähig sind, so sind zahllose Zusammenstellungen dieser vielen Einzelbewegungen, nach Richtung, Größe und Schnelligkeit möglich und durch sie gewinnt der Kopf mit seinem Mienen- und Augenspiel jenen höchsten Grad pantomimischer Ausdrucksmöglichkeit, welchen er in letzter Linie wieder den in den Schädel eingebauten Sinnesorganen verdankt.

Stellen wir die Bewegungen in den beiden Kopfgelenken als,



Abb. 431 A.

in gewissem Sinne selbständige, den Bewegungen der übrigen Halswirbel gegenüber, so können wir gleichsinnige oder entgegengesetzt gerichtete Bewegungen vereinigen.

Lassen wir den Kopf aus der aufrechten Haltung, Abb. 433, auf die Brust sinken, so ist das eine durch die Schwere des Kopfes erzeugte Beugung in den Halswirbel- und in den Kopfgelenken. Das lebende Modell vermag durch Muskelzug diese Stellung noch zu



Abb. 433.



Abb. 434.



Abb. 434.

verstärken, Abb. 434, ein Zeichen, daß die Streckmuskeln durch ihre Spannung die erste Stellung abgrenzen, aber noch etwas gedehnt werden können.

Die stärkste Vorbeugung ist passiv durch äußere Kräfte erreichbar. Die verkleinerte Skizze nach einer Röntgenaufnahme zeigt uns das Bild einer solchen stärksten Beugung, Abb. 435.

Auffallend ist zunächst die Tatsache, daß entgegen den Angaben vieler Untersucher die Halswirbelsäule im Bereiche des 3. bis 6. Wirbels wirklich überstreckt, also nach vorne zu überbogen werden kann. Sehr gut zu sehen ist auch die Abscherung der Wirbelkörper, welche bewirkt, daß ein jeder derselben auf dem darunter folgenden nach vorne etwas herausgleitet. Der Gesamtausschlag für die vier unteren Halswirbel im Sinne der Beugung ist 35 bis 40°, wenn wir den siebenten festgestellt annehmen.

Der zweite Halswirbel erreicht gegen den dritten keinen Zuschuß für die Beugung.

Die Abbildungen bringen auch die Lagerung der Wirbelsäule innerhalb des Halses zur Darstellung und geben damit die nötigen Merkpunkte zur Orientierung am lebenden Modell. Denn es ist für den Laien zunächst überraschend, daß nach völligem Heruntersinken des Kopfes, also in einer Stellung, die sich durch das Zusammenschieben der vorderen Halslinie und durch volle Dehnung und Spannung der Nackenlinie auszeichnet, die Halswirbelsäule gerade gestreckt ist.

In dieser Haltung sehen wir den besonders langen Dornfortsatz des siebenten, manchmal auch des sechsten Halswirbels scharf nach außen vorspringen und von ihm aus die Linie des Halses fast gerade zum Hinterkopf verlaufen.

Die anatomische Grundlage für dieses gerade Stück der Linie bilden die über die Hohlkrümmung der Halswirbelsäule zu Seiten der Mittellinie vom Kopf zur Brustwirbelsäule hinübergespannten Muskeln, vor allem die später beschriebene Halbdornmuskel des Kopfes. Auch das Nackenband kann bei schlecht

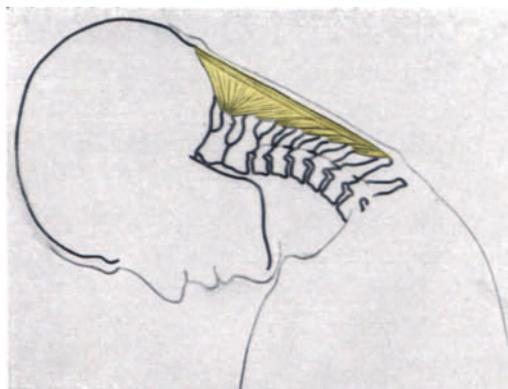


Abb. 435.

entwickelter und schlaffer Muskulatur dafür in Frage kommen.

Das Nackenband zeigt die in Abb. 435 wiedergegebene Anordnung. Es besteht aus einem stärkeren Strang, der zwischen dem Hinterkopf und dem siebenten Dornfortsatz sich ausspannt, von dem fortlaufend abzweigende Faserbündel zu den übrigen Halsdornen ziehen.

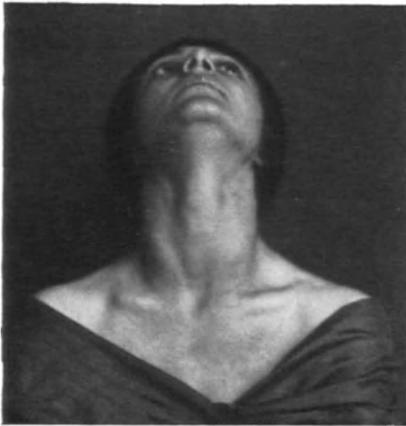


Abb. 436, 1.



Abb. 437.



Abb. 436, 2.

Die Bewegungen des Kopfes im Sinne der Beugung werden durch das Band begrenzt und andererseits wird eine kräftige Beugung des Kopfes als eine Bewegung der Halswirbel sich äußern, die auch auf die Brustwirbelsäule sich fortpflanzen kann.

Es ist aber hier, wie schon so oft, darauf aufmerksam zu machen, daß im Leben nur recht selten die Bänder allein den Ausschlag in den Gelenken abgrenzen, sondern dies in den allermeisten Fällen durch die Muskeln, hier durch die Nackenmuskeln geschieht.

Legen wir den Kopf so stark als möglich hinten über, so erreichen wir diese Stellung durch die maximale Streckung der Halswirbelsäule und der oberen Kopfgelenke, Abb. 436, 1 und 2.

An dem Winkel, den die deutsche Horizontale des Schädels in beiden Stellungen des Kopfes bildet, messen wir den Gesamtausschlag der Beugung-Streckung mit etwa 125° . Doch schwankt dieses Maß in weiten individuellen Grenzen.

Der Ausschlag verteilt sich mit etwa 30° auf das obere und untere Kopfgelenk und mit 95° auf die Halswirbelsäule.

Vergleichen wir mit dem Röntgenbild der Streckung jenes für die Beugung, Abb. 435, so wird uns die große Beweglichkeit der Halswirbelsäule in dieser Ebene klar. Die Messung ergab als Gesamtstreckung vom siebenten Halswirbel aus gemessen etwa 62° .

Der zweite Halswirbel ist nicht so unbeweglich mit dem dritten verbunden, wie das vielfach angenommen wurde. Er zeigt einen Ausschlag von $10-12^{\circ}$.

Das Gesamtergebnis der Beugung-Streckung ist für Halswirbel 2—7 = $95-100^{\circ}$.

Rechnen wir dazu noch die gleichsinnige Bewegung in den beiden Kopfgelenken mit etwa 30° , so ist für den Kopf eine Gesamtbewegung von 130° im Sinne von Beugung und Streckung möglich.

Die Röntgenbilder lehren, daß der dritte, vierte und fünfte Halswirbel am beweglichsten sind, was auch in der Überstreckung (richtiger Überbeugung) dieses Abschnittes der Säule zum Ausdruck kommt.

Meist wird von der Beugung und Streckung der Halswirbelsäule in dem Sinne gesprochen, daß die Bewegung von der normalen oder Mittelhaltung der Wirbelsäule aus gemessen wird.

Da aber der Kopf von verschiedenen Menschen so ganz verschieden getragen wird, ist dementsprechend auch die sogenannte ruhige oder normale Haltung des Halses und Kopfes stets mit einer anderen Form der Halswirbelsäule verknüpft.

Man sollte also bloß die Gesamtbewegung von äußerster Streckung zur äußersten Beugung von verschiedenen Individuen miteinander vergleichen.

Wie sehr die Form der Halswirbelsäule bei fast gleicher Kopfhaltung wechseln kann, das sehen wir auf den drei Figuren der Abb. 438 nach Röntgenaufnahmen gut zum Ausdruck kommen. Der Hals

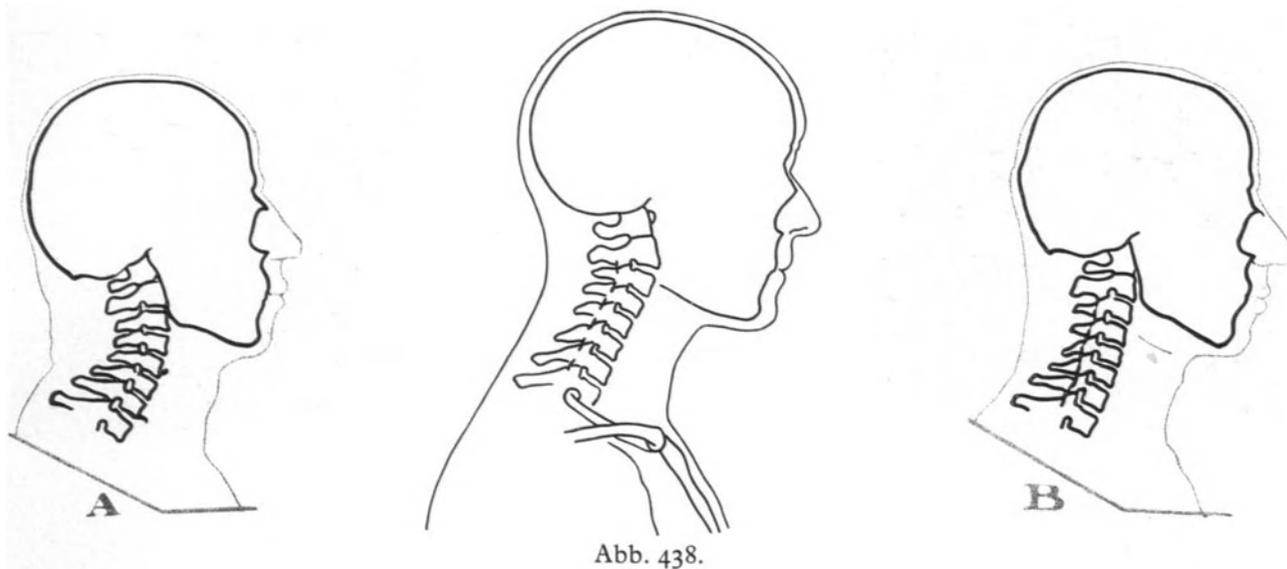


Abb. 438.

auf der Figur B mit der geraden Wirbelsäule ist um einen vollen Zentimeter länger als jener mit der gekrümmten Wirbelsäule auf der Figur A des gleichen Modelles. Eigenartig ist die scharfe Abknickung des zweiten Halswirbels gegen den dritten auf der mittleren Figur.

Die nächsten Abbildungen zeigen entgegengesetzte Bewegungen des Kopfes und Halses. Einmal Beugung des Halses mit Streckung des Kopfes, Abb. 439, 1, 2 und Abb. 440, 2 und dann Streckung des Halses mit Beugung des Kopfes, Abb. 439, 3 und Abb. 440, 1.

Die abgebildete Umrißskizze nach einer Röntgenaufnahme, Abb. 440, 2, läßt erkennen, daß hier der Umschlag der Bewegung aus der Vorbeugung in die Rückbeugung oder Streckung mit dem dritten Halswirbel erfolgt. Doch kann natürlich diese Umschlagsgrenze auch tiefer gelegt werden, so daß ein größerer Anteil der Halswirbelsäule die Streckbewegung des Kopfes unterstützt.

Die seitliche Neigung von Kopf und Hals ist in den drei Figuren der Abb. 441 dargestellt. Wir messen den Ausschlag der Bewegung, in diesem Falle mit etwa 45° . Es gelingt auch in dieser Ebene, die Bewegung in die entgegengesetzte umschlagen zu lassen und es ist dadurch sogar möglich, den horizontal getragenen Kopf ein wenig seitlich aus dem Mittellot zu verschieben.

Die gleichsinnige Drehung von Hals und Kopf geben die Abb. 442 wieder. Von oben her betrachtet können wir die Winkelgröße der Bewegung mit etwa 90° bestimmen. Davon kommen etwa $25-30^{\circ}$ auf die Drehung des Kopfes im unteren Kopfgelenk und der Rest auf die Drehung der Halswirbel.

Entgegengerichtete Bewegung von Kopf und Hals ist auch hier möglich. Ebenso kann auch die Bewegung innerhalb der Halswirbelsäule schon zur Umkehr gebracht werden.

Nützen wir diese Bewegungen der Halswirbel in den drei aufeinander senkrechten Ebenen aus, so vermögen wir eine kreisende Bewegung des Kopfes zu erzielen und in allen Stellungen des Kopfes denselben noch im unteren Kopfgelenk zu drehen und im oberen zu beugen und zu strecken.

Besonders hervorgehoben muß noch werden, daß die Nickbewegung des Kopfes, das heißt also seine Beugung und Streckung im oberen Kopfgelenk durch die ausgiebige Drehung des Atlas gegen die Halswirbelsäule in weiten Grenzen verstellbar werden kann. Sie erfolgt dann in anderen Ebenen als die Beugung der Halswirbelsäule.

Überdenkt man die fast unerschöpfliche Zahl von Kombinationen, die für die Tätigkeit der Hals- und Kopfgelenke zusammenstellbar sind, so wird auch die große Mannigfaltigkeit des plastischen Ausdrucks hierin ihre konstruktive Begründung finden. Doch können wir jede beliebige Stellung des Kopfes



Abb. 439, 3.



Abb. 439, 1.



Abb. 439 2.

darauf prüfen, wie viel von einer Beugung und Streckung, von einer seitlichen Neigung und von einer Drehung der Halswirbelsäule und des Kopfes gegenüber der ruhigen Normalhaltung in ihr steckt.

Die Erkenntnis ist freilich sehr oberflächlich, aber sie wird doch bei der Beobachtung dieser verwickelten und oft sehr rasch sich abspielenden Bewegungen sehr gute, ja unentbehrliche Dienste leisten können.

Soll die Beobachtung nicht einfach dabei stehen bleiben, die veränderte Stellung des Kopfes gegen eine vorausgegangene als geschehen hinzunehmen und die damit verbundene veränderte plastische Form und Ausdrucksweise gefühlsmäßig zu empfinden, so kann nur versucht werden, den Vorgang auf die Bewegungen der einzelnen in Betracht kommenden Gelenke zurückzuführen. Mit dieser sorgfältigeren Betrachtung wird aber auch ein zuverlässigeres Erinnerungsbild gewonnen werden können und zum Vorteil werden.

Es wird nicht überflüssig sein, zwei weitere Beispiele solcher streng gesetzmäßiger Zusammenstellungen von Bewegungen der Hals- und Kopfgelenke beizugeben. Die Abb. 443 stellt eine seitliche rechts gerichtete Neigung der Halswirbelsäule mit Drehung des Kopfes im unteren Kopfgelenk nach links und einer ganz geringen Streckung im oberen Kopfgelenk dar. Die Abb. 444 die gleiche seitliche Neigung mit stärkerer Drehung und Streckung des Kopfes und der Halswirbelsäule.

Betrachten wir zum Schluß nochmals alle gegebenen Aktbilder des Halses, so sind sie alle gute Bekannte, denn wir sind ja durch unsere fast ausschließlich dem Kopf zugewendete tägliche Beobachtung über die wechselnde Haltung des Kopfes besonders gut unterrichtet.



Abb. 440, 1.

Abb. 440, 1 zeigt nach einer Röntgenaufnahme die Beugung der beiden obersten und die Streckung der folgenden Halswirbel. Sie ist mit Abb. 439, 3 zu vergleichen.

Abb. 440, 2 gibt eine Streckung der drei oberen und eine Beugung der folgenden Halswirbel nach einer Röntgenaufnahme wieder. Sie ist mit Abb. 439, 2 zu vergleichen.

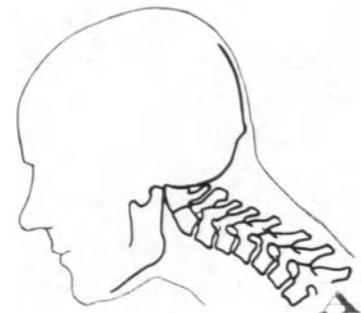


Abb. 440, 2.

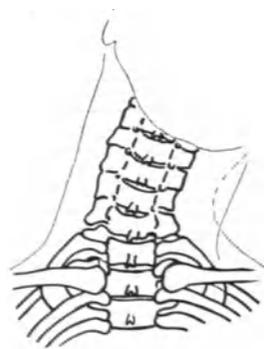


Abb. 441.

Und doch werden wir ein Bild wie z. B. das der Abb. 439, Fig. 2, welches bisher für uns nur die Darstellung einer der vielen Kopfhaltungen bedeutete und mehr nach einem ästhetischen Eindruck gewertet wurde, jetzt auf sein mechanisches Zustandekommen prüfen und werden den Gelenkapparat auf seine Leistungsfähigkeit begutachten lernen.

Dabei müssen wir mit Erstaunen bemerken, daß gewisse Gelenkkombinationen einen besonders harmonischen Eindruck vermitteln und andere wieder fast bizarr und grotesk erscheinen können.

Es ist eine notwendige Folge, daß diesem komplizierten, vielgestaltigen Gelenkapparat auch eine reichgegliederte Muskulatur zur Bewegung dient.

Es geht ferner aus dem bisher Gesagten schon hervor, daß die beiden Kopfgelenke ihre eigene Muskulatur haben müssen und ebenso die Gelenke der fünf Halswirbel.

¶ Sind aber auch noch lange Muskeln vorhanden, die über den ganzen Gelenkapparat hinweglaufen und gegebenenfalls auf alle Gelenke wirken können, so kommt damit zum Ausdruck, daß gewisse Gelenkkombinationen häufige Benützung finden und eine gewisse automatische Auswahl der Gelenke durch bestimmte Muskel erreicht wird.

Wie immer liegen die kurzen Eigenmuskeln der Gelenke am tiefsten.

Für die beiden Kopfgelenke sind sie besonders ausgebildet und zu fünf Eigenmuskeln derselben geworden, deren Anordnung aus den beiden Abb. 445 und 446 ersichtlich ist.



Abb. 442.

Drei derselben (1, 2 und 3) verbinden den Atlas mit dem Hinterkopf, zwei (4 und 5) dienen zur Bewegung des Drehwirbels. Von diesen beiden geht einer (4) vom Hinterkopf, der andere (5) vom Atlas zum Drehwirbel.

Die Wirkung dieser Muskeln ist aus ihrer Anordnung mit Rücksicht auf die in den Kopfgelenken mögliche Bewegung verständlich und es wäre hier nur darauf aufmerksam zu machen, daß der mit 4 bezeichnete Muskel auf beide Gelenke streckend einwirken kann.

Vom zweiten Halswirbel abwärts sind auf der Abb. 446 auch die kurzen Halsmuskeln eingezeichnet.

Die paarigen *Zwischendornmuskeln* (6) und *Zwischenquerfortsatzmuskeln* (7) verlaufen in der Richtung der Wirbelsäulenhängsachse und bewirken eine reine Streckung oder eine seitliche Neigung zweier Wirbel.



Abb. 443.



Abb. 444.

Die übrigen kurzen Muskeln verlaufen von Querfortsätzen tieferer Wirbel zu Dornfortsätzen höher gelegener Wirbel (Transverso-spinales System) (8).

Ihr schiefer, die Längsachse der Wirbelsäule überschneidender Verlauf fällt mit keiner der drei ausgewählten Hauptebenen für die Bewegung der Wirbelsäule zusammen. Sie können deshalb nur paarweise eine reine Streckbewegung auslösen, während sie einzeln arbeitend die verknüpften Skeletteile gleichzeitig strecken, drehen und gegebenenfalls ein wenig seitlich neigen werden.

Das gleiche gilt auch für die in Abb. 447 eingetragenen etwas längeren Muskeln gleicher Anordnung, die mehrere, bis zu 5 und 6 Wirbel überspringen und deshalb auch von der Brustwirbelsäule auf die Halswirbelsäule übergreifen.

Die Summe der parallelen Muskelbündel wird der *Halbdornmuskel des Halses* (*M. semispinalis cervicis*, 9) genannt und sein besonders starkes Bündel setzt sich an dem stark vorspringenden Dorn des zweiten Halswirbels an.

Die Tätigkeit dieser längeren Muskeln braucht nicht immer gleichsinnig mit den erstgenannten kürzeren Muskeln zu sein.

Die zunehmende Länge dieser Muskeln muß ihre Streckkraft auf die Halswirbelsäule vermehren, aber umgekehrt ihr Drehvermögen verkleinern.

Es ist auch nötig, daran zu denken, daß diese Muskeln nicht alle übersprungenen und von ihnen beherrschten Gelenke ganz gleichmäßig bewegen werden, sondern bei wechselnder Einstellung der Wirbelsäule die Bewegung an einzelnen Gelenken stärker zum Ausdruck kommt.

Es ist ferner verständlich, daß das System der Querfortsatz-Dornfortsatzmuskeln (Transverso-spinales System) vor allem die Streckung oder Rückbeugung der Halswirbelsäule bevorzugt. Die streckende Kraft

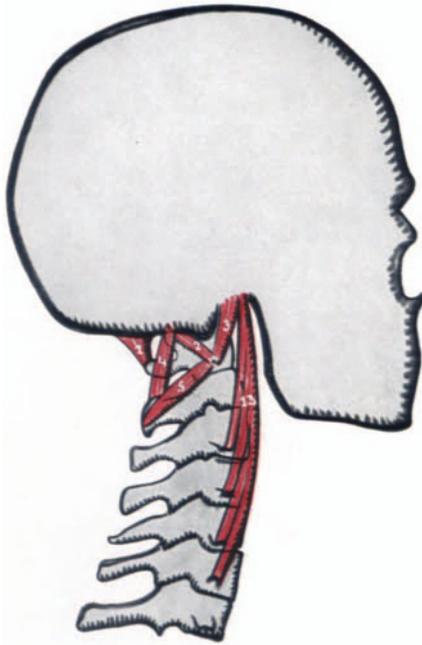


Abb. 445.

Zu Abb. 445 und 446.

- 1 Der kleine gerade Kopfmuskel.
- 2 Der obere, schiefe Kopfmuskel.
- 3 Der seitliche gerade Kopfmuskel.
- 4 Der große gerade Kopfmuskel.
- 5 Der untere schiefe Kopfmuskel.
- 6 Die Zwischendornenmuskel.
- 7 Die Zwischenquerfortsatzmuskeln.
- 8 Die kurzen und langen Drehmuskeln.
- 13 Der lange Kopfmuskel.

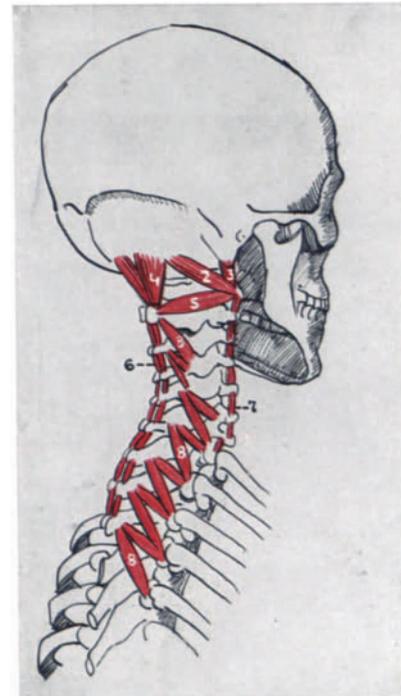


Abb. 446.

kann noch sehr gesteigert werden, wenn Muskeln am Hinterkopf weiter herausgeschobenen Ansatz finden und so zum *Halbdornmuskel* des Kopfes (*M. semispinalis capitis*) werden, Abb. 448, 11.

Bei der besonders leichten Beweglichkeit des Kopfes für die Streckung in den beiden Kopfgelenken wird der Zug dieses Muskels freilich zunächst immer eine Aufrichtung (Streckung) des Kopfes ergeben. Sind aber die Kopfgelenke durch die Tätigkeit der Beugemuskeln einer Streckbewegung unzugänglich, dann wird der Zug des Halbdornmuskels vom Kopf aus auf die Halswirbelsäule unterhalb des zweiten Wirbels übertragen und kann hier eine kräftige Streckung ausführen. An muskelkräftigen mageren, namentlich älteren Männern ist diese Beobachtung möglich.

Doch scheint der Muskel seinen Namen zu verdienen, weil er für gewöhnlich wirklich nur eine Streckung des Kopfes in den beiden Eigelenken ausführt. Es bedarf einiger Übung, um ihn nach seinem Willen auch als Halsstrecker verwenden zu lernen.

Der Halbdornmuskel des Kopfes ist gegen den Kopf zu ein kräftiger rundlicher Muskelstrang, der zu beiden Seiten des Nackenbandes gelegen auch am lebenden Menschen oft sehr deutlich sichtbar ist. Erst gegen den Dornfortsatz des 5. und 6. Halswirbels wird der ihn deckende Trapezius so massig, daß er ihn nicht mehr so deutlich an die Oberfläche kommen läßt. Zwischen den beiden gespannten Halbdornmuskeln ist oft eine tiefe enge Rinne der Haut zu sehen, die bis auf das Nackenband einschneidet.

Die starke Spannung der beiden Muskeln ist an dem Modell der Abb. 450 dadurch erreicht, daß sie eine Vorbeugung des Kopfes und Halses durch den Druck der aufgelegten Hand abwehren. Der Muskel ist auf dem Bilde mit zwei weißen Punkten kenntlich gemacht.

Es genügt aber auch schon das Eigengewicht des Kopfes, wenn es ein wenig weiter vorgenommen wird, um den Muskel in seiner Tätigkeit, den Kopf und Hals vor einer weiteren Vorbeugung zu bewahren,

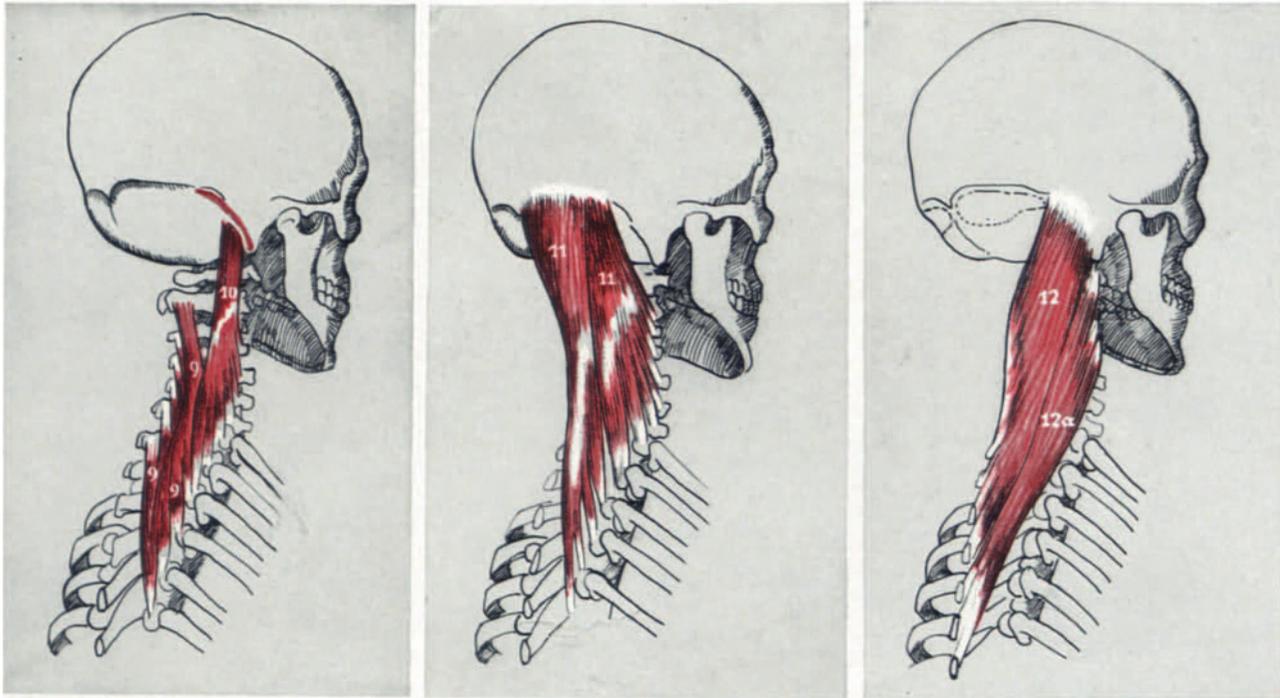


Abb. 447.

Abb. 448.

Abb. 449.

äußerlich sichtbar zu machen, Abb. 451. Er spielt bei der Gleichgewichtshaltung des Kopfes auf der Halswirbelsäule eine wichtige Rolle.

Durch stärkeres seitliches Verlagern ihrer Ansätze am Hinterkopf bis zu den starken, hinter dem Ohr fühlbaren Warzenfortsätzen, gewinnen weitere Muskeln mit abnehmender Streckwirkung eine erhöhte Wirkung für die seitliche Neigung und Drehung des Kopfes und der Halswirbelsäule.

Der eine dieser Muskel ist das oberste Teilstück des auf Seite 129 beschriebenen längsten Rückenmuskels (*Longissimus capitis*), Abb. 447, 10. Der andere ist der *Riemen- oder Bauschmuskel* des Kopfes (*M. splenius capitis*), Abb. 449, 12. Seine Fasern haben infolge des Ansatzes an Dornfortsätzen stärker überschnittene Lage zur Längsachse der Wirbelsäule und besitzen deshalb auch ein stärkeres Drehvermögen gegenüber dem vorigen.

Der tiefere Teil des Muskels endet an den Querfortsätzen der drei obersten Halswirbel und wird deshalb der *Riemenmuskel des Halses* genannt, Abb. 449, 12a.

Daß diese Muskeln den Hals und Kopf nach *ihrer Seite* neigen und drehen, ist aus der Verlaufsrichtung ihrer Fasern begreiflich.

Von diesen Muskeln ist der Riemenmuskel des Kopfes äußerlich sichtbar und zwar besonders gut sein äußerer kräftiger Rand, Abb. 450, bei älteren, fettarmen Menschen. Der Muskel ist mit einem weißen Punkt bezeichnet.

Auch er verschwindet in gleicher Höhe wie der Halbdornmuskel unter dem Trapezius. Bei gleichzeitiger Verkürzung des Halbdornmuskels des Kopfes und des Riemenmuskels des Kopfes entsteht, wie auf Abb. 450 zu sehen, am mageren Halse eine tiefe fallende Grube.

Wenn die beschriebenen Muskeln ihre Wirkung auf die Halswirbelsäule durch Abrücken ihres Ansatzes am Hinterkopf nach hinten und nach beiden Seiten steigern, so bietet dafür nach vorne zu der

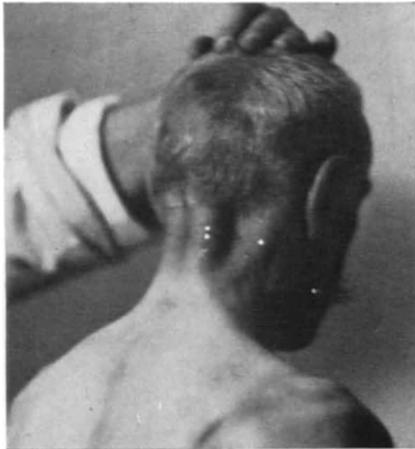


Abb. 450.



Abb. 451.

als Basis des Halses ausladende obere Brustkorbrand die gleiche Gelegenheit und ebenso auch die beiden Schultergürtel.

Die auf Seite 143 als Rippenheber besprochenen Treppenmuskeln des Halses sind dadurch kräftige seitliche Neiger der Halswirbelsäule. Ebenso der Schulterblattheber (Seite 203) namentlich wenn der Schultergürtel stark nach vorn genommen ist und das Schulterblatt dabei nach außen rückt, Abb. 452 A und B. Bei seitlicher Ansicht wird die stark streckende Wirkung dieses Muskels klar, Abb. 453. Sie nimmt mit der Rücknahme der Schultern gegen die Wirbelsäule zu.

Bei stark gebeugter, also etwa gerade gestreckter Halswirbelsäule ist eine Streckleistung am geringsten. Sie erhöht sich mit zunehmender Streckung. Bei maximal vorgebeugter Halswirbelsäule und vorgegenommenen Schultern zeigen Röntgenaufnahmen die Möglichkeit, daß dieser Muskel vielleicht sogar einzelne untere Verbindungen der Halswirbelsäule beugend beeinflussen könnte.

Der Schulterblattheber ist ein Muskel, der sicher ebenso oft an Bewegungen beteiligt ist, die als absichtsvolle, gewollte Halsbewegungen ausgeführt werden und ist nicht etwa bloß Schulterblattheber. Schon bei etwas vorgebeugter Haltung, bei der ein weiteres Heruntersinken des Kopfes mit Vorbeugung der Halswirbelsäule durch Streckmuskeln verhindert werden muß, sind fast immer auch die Schulterblattheber in Tätigkeit und springen als deutliche Längswülste in der seitlichen Halsgegend vor, Abb. 454, zwei weiße Punkte.

Erhöhen wir bei vorgeneigter Haltung des Kopfes die Spannung der Muskeln durch Vorheben der Schulter, so werden dieselben noch deutlicher und treten mit einem längeren Stück an die Oberfläche, Abb. 455.

Bei einer energischen Drehung des Halses und Kopfes, wie sie auf Abb. 456 zu sehen ist, sieht man fast immer auch den Schulterblattheber in kräftiger Zusammenziehung an die Oberfläche kommen. Welchem Zweck seine Tätigkeit dient, müßte erst noch genauer untersucht werden.

Zwei Muskeln des Halses nehmen mit ihren *beiden* Enden weit von der Wirbelsäule abgerückten Ansatz. Der eine ist der *Kopfnicker* (*M. sternocleidomastoideus*). Er verläuft als ein ziemlich breites Muskelband, das an der Schädelbasis hinter dem Warzenfortsatz ansetzt, schief nach vorne, abwärts und innen.

Den Muskel müssen wir uns seiner Länge nach in zwei übereinander gelegte Schichten gespalten denken. Die oberflächlichere Schichte geht in eine Sehne über, die kurz vor ihrem Ansatz am oberen Brustbeinrand, nach innen vom Schlüsselbeingelenk, fast rundliche Strangform gewinnt.

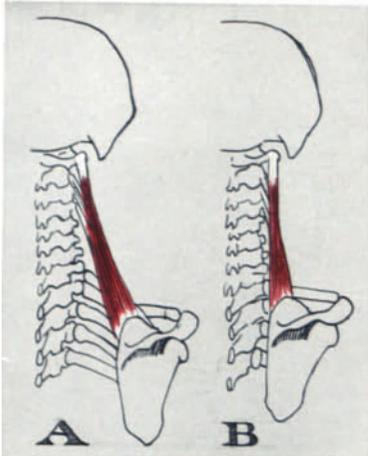


Abb. 452.

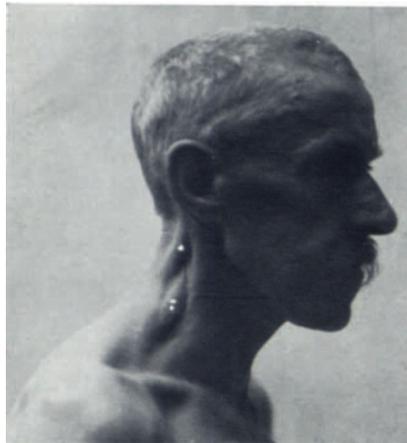


Abb. 454.

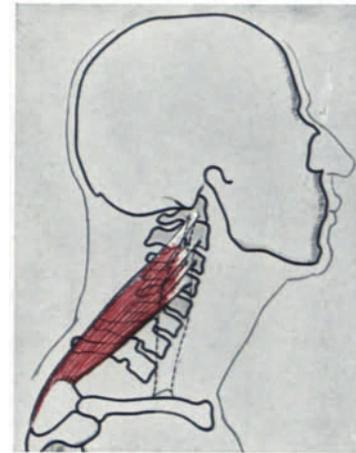


Abb. 453.

Die tiefe Schichte des Muskels wird etwa in halber Höhe des Muskels selbständig, kommt unter der oberflächlichen Schichte seitlich hervor und erreicht als gleichmäßig breites Band mit ebensolcher Form der kurzen Sehne das innere Ende des Schlüsselbeines, Abb. 457.

Der Muskel überschneidet, in der Seitenansicht des Halses betrachtet, die Halswirbelsäule bei ruhiger aufrechter Haltung etwa in der Mitte ihrer Länge.

Seine Verkürzung wird daher eine Streckung in den oberen und eine Beugung in den unteren Verbindungen der Halswirbelsäule hervorrufen können.

Jede stärkere Beugung und Streckung der Halswirbelsäule wird den Einfluß des Muskels zu Gunsten der ausgeführten Bewegung ändern, doch ist zu ersehen, daß die hintersten Fasern des Muskels die beiden Kopfgelenke auch bei stärkster Beugung noch strecken, Abb. 458 und die vordersten Fasern des Muskels auch bei stärkster Streckung die untersten zwei Halswirbel noch beugen, Abb. 459. Die Abb. 460 gibt die eigenartige Haltung des Halses und Kopfes wieder, die durch eine energische Tätigkeit beider Kopfnicker hervorgerufen wird, wenn die Beugung der Halswirbelsäule ungehemmt möglich ist. Sie setzt sich aus einer Beugung der unteren Halswirbelsäule und einer Streckung der beiden Kopfgelenke und der oberen Halswirbel zusammen. In der Ansicht von vorne oder hinten wird die Wirkung des Muskels bei einseitiger Verkürzung als Neiger des Kopfes und Halses aus seiner Anordnung zum Skelett durch die beigefügte Skizze, Abb. 461, verständlich gemacht.

Wir wissen, daß an dieser Neigung fast ausschließlich die Halswirbelsäule vom 3. bis 7. Wirbel Anteil hat und daß die Kopfgelenke nur ganz geringfügige Ausschläge in dieser Ebene besitzen.

Betrachten wir das Aktbild 441 auf Seite 265, so fällt uns auf, daß der Kopfnicker gerade auf der linken Seite, gegen welche die Neigung erfolgt, erschlafft und der rechte gespannt und verkürzt ist.

Das hat seinen Grund darin, daß hier das Modell die seitliche Abbiegung des Halses durch das nach links verlagerte Kopfgewicht erreicht und die dadurch ausgelöste Bewegung mit Hilfe der rechtsseitigen Halsmuskeln abbremst. Lassen wir die seitliche Neigung gegen einen Widerstand ausführen, der das treibende Gewicht des Kopfes übertrifft, so tritt der Kopfnicker auf der Seite der Neigung deutlich in verkürzter Form an die Oberfläche, Abb. 462 und es wird die schmale, bei vielen Menschen breitere, Spalte zwischen den beiden auseinander weichenden Muskelteilen deutlich sichtbar. Der Kopfnicker muß aber, wegen seines die Halswirbelsäule überschneidenden Verlaufes bei einseitiger Tätigkeit auch eine Drehung



Abb. 455.



Abb. 456.

in den Verbindungen der Halswirbelsäule und in den Kopf Gelenken ausführen. Die Drehung ist nach der entgegengesetzten Seite gerichtet und der Muskel kann an ihrer Ausführung bis zum äußersten Maße, das aus den Gelenken gewonnen werden kann, Anteil nehmen, wie wir das aus der Abb. 442, Fig. 1 erkennen.

Es ist aber aus derselben auch ersichtlich, daß für die Drehung, namentlich für die äußerste Drehung des Kopfes und Halses, der oberflächlichere am weitesten nach innen am Brustbein angeheftete Teil des Muskels günstigere Bedingungen findet, denn in dieser Stellung ist der Schlüsselbeinanteil des Muskels schon von der Arbeit ausgeschaltet.

Der Muskel beugt, streckt, neigt und dreht die Halswirbelsäule und kann unter Umständen alle diese Bewegungen gleichzeitig hervorbringen oder, wenn andere Kräfte eine oder die andere Bewegung hemmen, sich mit dem möglichen Rest begnügen.

Es ist aber recht schwer, über alle Arbeitsmöglichkeiten dieses Muskels ins klare zu kommen und alle Bewegungen und Stellungen kennen zu lernen, an denen er beteiligt erscheint, denn der Muskel kann auch eine Hebung des Schlüsselbeins unterstützen. Er kann bei einer Hebung des Brustbeins, also bei tiefer Atmung oder bei einer Atmung gegen große Widerstände mithelfen, wenn Kopf und Hals durch andere Muskeln festgehalten werden. Man vergleiche die Bilder von der Atmung.

Er kann aber auch eine Senkung des Brustbeins und der Rippen bekämpfen, welche durch den Zug der tätigen Bauchmuskeln hervorgerufen wird und vermieden werden soll, weil die Bauchmuskeln einen anderen Zweck verfolgen, so z. B. die Lendenwirbelsäule zu beugen durch Annäherung der Schamfuge zum Brustbein.

Lassen wir ein Modell in Rückenlage auf dem Boden die beiden gestreckten Beine in den Hüftgelenken beugen (also heben), so werden wir die Kopfnicker in Tätigkeit treten sehen.

Die gehobenen Beine wirken wie an das Becken angehängte Gewichte, welche eine Streckbewegung in der Wirbelsäule auslösen, die durch die Bauch- und Halsmuskeln, darunter auch die Kopfnicker verhindert werden muß, um das Gewicht des Kopfes für die Ausführung der Beinhebung als Gegengewicht benutzen zu können. Betrachten wir die Abb. 463, so finden wir an dem Modell mit zu höchst gehobenen Armen

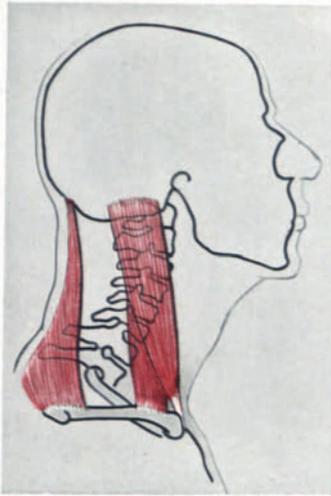


Abb. 457.

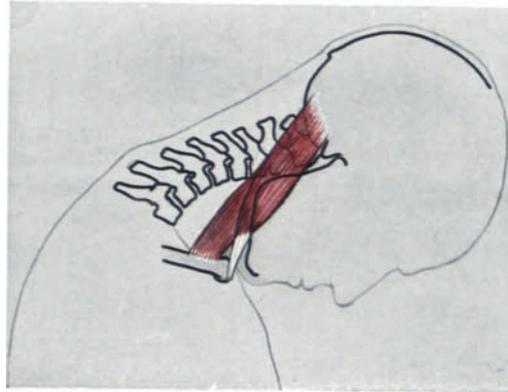


Abb. 458.

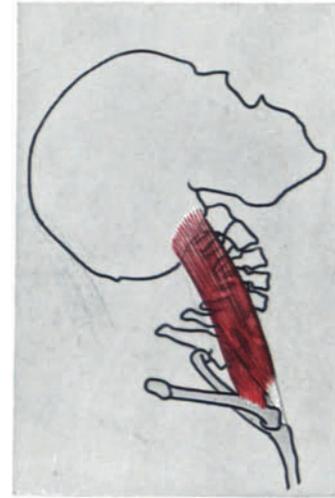


Abb. 459.

die Kopfnicker in starker Zusammenziehung und Spannung. Doch ist der Zweck ihrer Tätigkeit nicht gleich ersichtlich. Das Hochheben der Arme verlangt einen Zuschuß durch eine stärkere Rückneigung der Brustkorbachse und diese würde die vom Modell eingenommene Haltung dadurch verhindern, daß der Schwerpunkt des Körpers zu weit nach hinten und damit hinter die quere Achse des Sprunggelenkes gebracht würde. Der Körper müßte in dieser Form nach hinten umfallen. Um das zu verhindern, muß ein Körperteil, in diesem Falle der Kopf unter Beugung der Halswirbelsäule und Streckung in den Kopfgelenken mehr nach vorne genommen werden. Dazu eignet sich der Kopfnicker, dessen Tätigkeit hiermit seine Erklärung findet. Es wäre dieses Problem auch anders zu lösen. Es könnten die Arme mehr nach vorn genommen werden statt des Kopfes. In diesem Falle bleibt die Tätigkeit der beiden Kopfnicker aus.

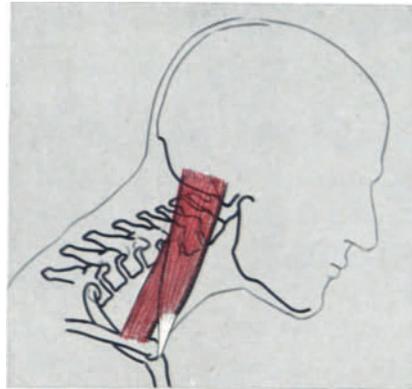


Abb. 460.

Der zweite Muskel ist der sogenannte *Kopfteil des Kapuzen- oder Trapezmuskels* (*M. trapez-*verstärkt seine streckende Kraft und verlegt sein Beugungsvermögen auf die untersten Halswirbelverbindungen. Bei ganz vorgenommenem Schultergürtel wird diese Beugung noch ausnützlich sein, bei zurückgenommenen Schultern wird sie aber sehr gering werden. Sein Drehungsvermögen des Kopfes und Halses nach der entgegengesetzten Seite muß, namentlich bei vorgenommenen Schultern, ein hohes sein. Auch für die seitliche Neigung kommt der Muskel in Betracht, besonders nach einer Drehung des Kopfes nach der anderen Seite.

Da der Kopfnicker und der Trapezius die äußerste Muskelschicht des Halses (abgesehen vom Hautmuskel) bilden und in einigem Abstand voneinander verlaufen, so bleibt zwischen beiden Muskeln ein streifenförmiges etwas vertieftes Feld übrig, in welchem die Haut bis auf die nächste Muskelschicht

zius). Derselbe ist beim Menschen meistens recht schwach entwickelt und ein flaches, dünnes Muskelband, das zu beiden Seiten der Mittellinie, an der rauhen Knochenlinie des Hinterhauptbeines ansetzt und von hier aus die gleiche Richtung des Verlaufes wie der Kopfnicker einschlägt, um das äußere Drittel des Schlüsselbeines zu erreichen, Abb. 457, 464 und 465.

Sein mittelständiger Ansatz am Hinterkopf, Abb. 464 und 466,

einsinkt (seitliche Halsrinne) und Abschnitte des Riemenmuskels und des Schlüsselbeinhebers an die Oberfläche treten läßt, Abb. 454.

Soviele Muskel wir schon kennen gelernt haben, die den Hals und Kopf bewegen, so sind es doch vor allem Muskeln, die für die Streckbewegung, für die seitliche Neigung und für die Drehung in Frage kommen. Für die Beugung sind noch weitere Muskeln zu beschreiben.

Wir müssen auch hier tiefe und oberflächliche Muskeln unterscheiden. Die tiefen liegen der Vorderfläche der Halswirbelsäule unmittelbar auf und heißen der *vordere gerade Kopfmuskel* (*M. rectus capitis anterior*), der *lange Kopfmuskel* (*M. longus capitis*) und der *lange Halsmuskel* (*M. longus colli*). Der erste beugt den Kopf im oberen Kopfgelenk, der zweite beugt Kopf und Hals, weil er von den Querfortsätzen des dritten bis sechsten Halswirbels zur Schädelbasis aufsteigt und vor dem Hinterhauptslöcher Ansatz findet, Abb. 445, 13. Der dritte Muskel beugt die Halswirbelsäule und zieht bei der Tätigkeit aller seiner Fasern auch die drei oberen Brustwirbel mit in die Bewegung.

Ein fast selbständiger oberster Teil desselben setzt sich in der Mitte des vorderen Atlasbogens an und wird so zu seinem besonders

Brustbein eingesetzte mehrteilige Muskelmasse besorgt. Die Teilung derselben ist durch ein zwischengeschaltetes Knochenstück, das *Zungenbein*, bedingt.

Die Lagebeziehung dieser hufeisenförmig gekrümmten Knochenspange zum Eingeweiderohr des Halses muß kurz besprochen werden. Die Mundhöhle und die Nasenhöhle sind übereinander gebaut und jede durch besondere Eingänge erreichbar. Nach hinten zu eröffnen sie sich in einen gemeinsamen, einheitlichen Raum, den *Schlundkopf*, der nach abwärts durch zwei hintereinander geordnete Röhren, die Luftröhre und die Speiseröhre die Verbindung mit den im Brustraum gelegenen Lungen und dem im Bauchraum gelegenen Magen herstellt. Die Abb. 467 klärt uns darüber auf, daß der Schlundkopf Trichterform besitzt und an seinem oberen Ende schief von hinten oben nach vorne unten abgeschnitten ist. Mit diesem oberen Rand setzt er sich an den Schädel derart an, daß er die hinteren Ausgangsöffnungen der Nasen- und Mundhöhle abfängt. Nach abwärts sich verengernd läßt er in der Höhe des fünften Halswirbels mit dem Eingang in den *Kehlkopf* (6 und 7) die *Luftröhre* (3) abgehen. Dieser Eingang kann durch den *Kehldeckel* (5) geschlossen werden. Hinter dem Kehlkopf, dem oberen Ansatzstück der Luftröhre, zieht der Schlundkopf noch ein wenig tiefer herab und geht in der Höhe des sechsten Halswirbels in die selbständige *Speiseröhre* (8) über. Zwischen dem Schildknorpel des Kehlkopfes (6) und dem Unterkiefer ist das spangenförmige *Zungenbein* (1) eingesetzt und durch kräftige Muskel mit dem Unterkiefer und der Schädelbasis verbunden, Abb. 468, 1—3.

Manche dieser angeführten Einzelheiten sind auf den in diesem Abschnitt enthaltenen Aktbildern des Halses sichtbar. So kommt z. B. auf Abb. 436, 1 und 444 der trichterförmige Schlundkopf und sein Übergang in den Kehlkopf und die Luftröhre klar zum Ausdruck, während auf Abb. 428 die leichte Knickung der vorderen Halskontur die Einstellung des Zungenbeins anzeigt.

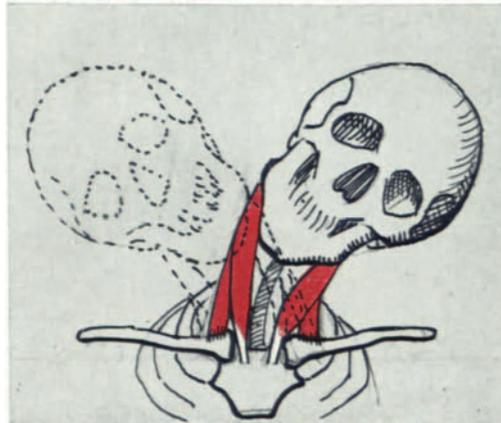


Abb. 461.

kräftigen Eigenbeuger des Atlas.

Der kleine gerade Kopfmuskel und der lange Halsmuskel werden in geringem Maße sich auch an einer seitlichen Neigung, der obere Teil des langen Halsmuskels und der lange Kopfmuskel an einer Drehung beteiligen können. Die oberflächlichen Beugemuskeln zeigen ganz eigenartige Anordnung. Die Beugung wird hier durch eine zwischen Unterkiefer und

An das Zungenbein ist wieder der Kehlkopf angehängt und kann durch einen Muskel, Abb. 468, 6, der zwischen Zungenbein und Schildknorpel ausgespannt ist, heraufgezogen werden. Zwei längere streifenförmige und platte Muskeln gehen vom Brustbein aus und verlaufen hintereinander gelegen parallel der Mittellinie und nahe derselben nach oben. Der oberflächliche (4) erreicht das Zungenbein (*M. sternohyoideus*), der tiefere (5) den Schildknorpel (*M. sternothyroideus*). Ein dritter, gleichfalls paariger und langer, dünner Muskel (7) verbindet das Zungenbein mit dem Schulterblatt und ist durch eine Mittelsehne in zwei Bäuche geteilt.

Der Zug dieser langen Muskeln senkt das Zungenbein und wenn dasselbe durch die oberen Muskeln an den Schädel unverschieblich angehängt ist, so wird der Schädel mit nach abwärts gezogen und dadurch werden die Kopfgelenke und die übrigen Gelenke der Halswirbelsäule (auch der oberen Brustwirbelsäule) gebeugt. Muskelfeinheiten bei kräftigen Schluckbewegungen sichtbar, weil dabei der Kehlkopf gehoben und gesenkt wird. Auch die vom Zungenbein an die Schädelbasis und an den Unterkiefer gespannten Muskeln sind in ihrer Form teilweise durch die Haut zu erkennen.

Beim Kauen, namentlich wenn die beiden Zahnreihen in einen zähen Bissen eingedrückt sind und dadurch das Öffnen des Mundes erschweren, werden diese Muskeln durch ihre Tätigkeit und Spannung



Abb. 463.

Wir können mit allen Beugemuskeln eine recht erhebliche Kraft entfalten, die aber meist doch nicht ausreicht, um das Gewicht des Körpers zu tragen, wenn man sich mit dem Kinn z. B. an eine Reckstange hängt.

Äußerlich ist von diesen Muskeln am Halse sehr magerer und vor allem älterer Leute vieles zu sehen. Der Brustbein - Zungenbeinmuskel kann schon in ruhiger Haltung des Kopfes mit seinem äußeren Rand sichtbar vorspringen. Der Schulterblatt-Zungenbeinmuskel tritt bei vielen Bewegungen des Halses und der Schulter in der Oberschlüsselbeingrube zwischen Trapezius und Kopfnicker deutlich zu Tage und besonders gut werden viele

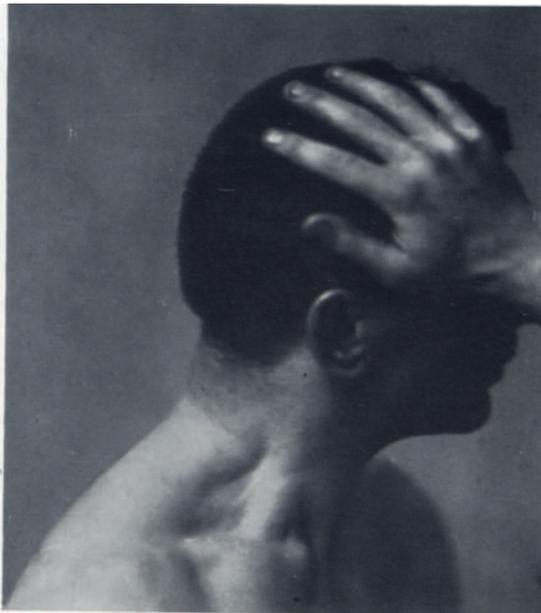


Abb. 462.

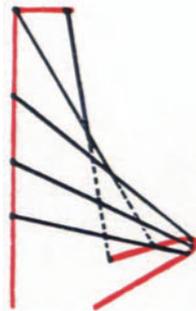


Abb. 465.

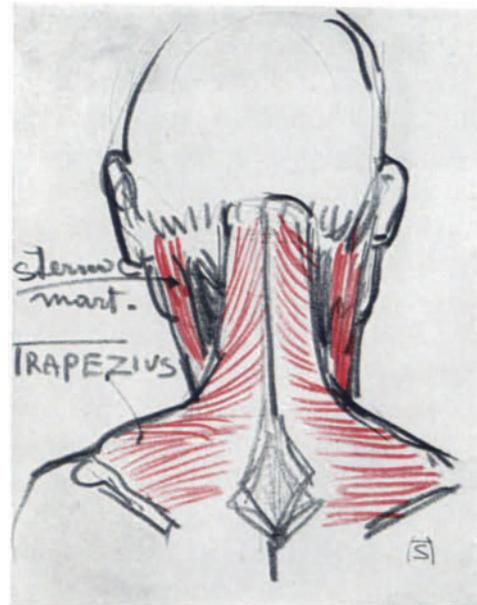


Abb. 464.

äußerlich sichtbar, ebenso bei tiefem Atemholen, da sie bei festgestelltem Kopf und Unterkiefer das Brustbein nach oben ziehen.

Beziehen wir die reich gegliederte Muskulatur auf die früher erwähnten zahllosen Gelenkkombinationen, so werden wir jetzt leichter begreifen, wie außerordentlich dieser bewegliche Stiel geeignet ist, den Kopf mit den Sinnesorganen auf dem ruhig gehaltenen oder oft auch mit maschinenmäßig regeltem Gang bewegten Rumpf selbständiger Eigenbewegung fähig zu machen.

Ebenso wird uns klar, daß für die beabsichtigten Bewegungen des Kopfes, in Störungen des Gleichgewichts auszugleichen vermag und wie die Muskeln des Halses und Kopfes die Maße des Kopfes benutzen, um von ihr aus auf den Rumpf und den Schultergürtel zu wirken. Besonders eindringlich wird diese Tatsache bei der Beobachtung eines Menschen, der eine schwere Last mit kleiner Unterstütsungsfläche auf dem Kopfe balancierend trägt. Dann muß diese Last eine ruhige stetige Bewegung erhalten und Störungen des Gleichgewichts dürfen nicht durch rasche ruckweise Bewegungen des Kopfes korrigiert werden, sondern vielmehr durch raschen Wechsel der Gliederhaltung zwischen den beiden Unterstütsungspunkten, dem Boden und der auf dem Kopf getragenen Last. Jedem Sporttreibenden ist auch die Beobachtung geläufig, daß zu einer bestimmten Arbeitsleistung mit den Armen (z. B. Speer- und Diskuswurf) auch eine bestimmte Kopfhaltung gehört, die wieder nur im Sinne einer Zusammenfassung der ganzen gegliederten Gestalt durch Muskeltätigkeit in eine bestimmte Form für einen bestimmten Zweck zu erklären ist. Dabei kann die Tätigkeit der Muskeln mehr auf die Bewegung des Kopfes oder mehr auf die Bewegung des Rumpfes und des Schultergürtels hinzielen.

Auch bei jedem verstärkten Atemzug, bei dem die Hilfsmuskeln mitarbeiten, spielt die Hals- und Kopfhaltung eine Rolle. Damit die Rippenheber, die Zungenbeinmuskeln und die Kopfnicker ihre ganze Kraft der Rippenbewegung zuwenden können, muß ihrem Bestreben die Halswirbelsäule und den Kopf zu bewegen, durch andere Muskel eine ausgleichende Kraft entgegengesetzt werden. Es ist aber selbstverständlich, daß dieser Einfluß der genannten Muskeln auf die Rippen auch zu anderen Zwecken, als bloß zur Atmung, Verwendung finden kann. Jede schwere Arbeit mit den Bauchmuskeln z. B. verlangt eine Feststellung der Rippen und wird auch am Halse durch die Verkürzung dieser rippenhebenden Muskeln ablesbar sein.

Hat der Leser die Aktaufnahme des Halses aufmerksam betrachtet, so wird er zur Erkenntnis kommen, daß die Angaben über die Muskeln zur Erklärung mancher Beobachtungen nicht genügen. So



Abb. 466.

den weitaus meisten Fällen, eine schwer erfaßbare Zusammenarbeit mehrerer Muskeln nötig sein wird und daß schon Bewegungen, die sich, am lebenden Modell beobachtet, kaum von einander unterscheiden lassen, doch durch ganz verschiedene Muskelwirkung erreicht werden. So kommt es, daß die Plastik des Halses bei einander sehr nahe liegenden Stellungen eine ganz verschiedene ist.

Wir müssen uns auch klar machen, welche wichtige Rolle der schwere Kopf, etwa wie die Kugeln am Ende der Balancierstange, bei der Gleichgewichtserhaltung des ganzen Körpers spielt. Wie seine rasche Verlagerung kleine

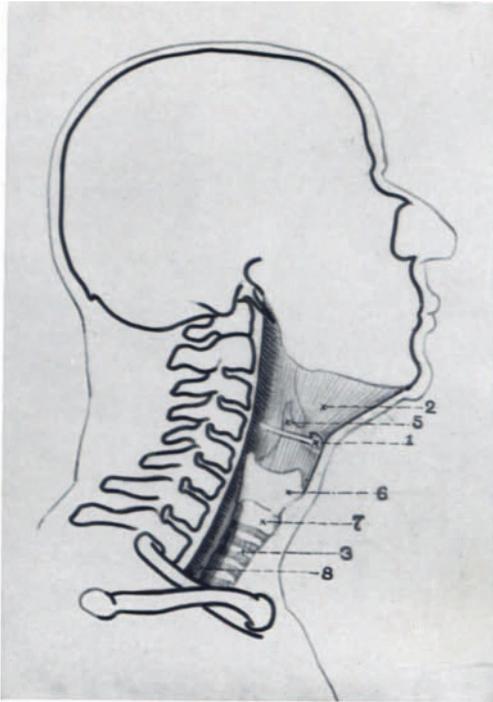


Abb. 467.

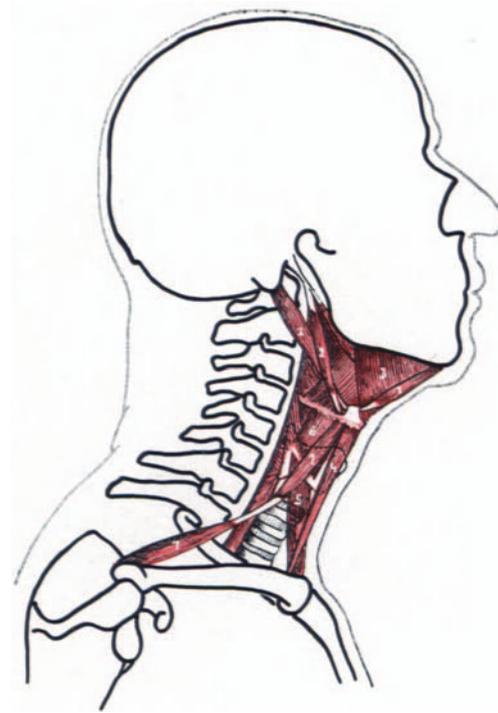


Abb. 468.

bleibt z. B. die auf Abb. 442 und 436 sichtbare Form des Kopfnickers unverstündlich, denn ein Muskel sollte auch im nicht verkürzten Zustand durch seine Ruhespannung versuchen, sich geradlinig zwischen seinen Haftstellen am Skelett auszuspannen, oder wenn diese Spannung zur Überwindung seines Gewichtes nicht genügt, müßte er durchhängen.

Es müssen in diesem Falle andere, äußere Kräfte die eigenartige Lage und Form des Muskels bedingen und sichern. Das sind auch hier am Halse wieder die um die Muskeln herum gelegten faserig gewebten Hüllen (Fascien), von denen wir auf Seite 97 schon gesprochen haben.

Auch eine andere Beobachtung muß besprochen werden. Auf der Abb. 442 sehen wir den Kopfnicker der einen Seite bei einer Drehung des Kopfes stärker spiralig um den Hals, d. h. um seine Unterlage gewunden, den der anderen Seite aber abgewickelt. Die Ursache ist schon durch die Beobachtung der ruhigen symmetrischen Kopfhaltung zu finden und liegt darin, daß die eine vordere Ansatzstelle des Muskels am Brustbein sehr nahe der Mittelebene des Körpers liegt und der Muskel auf dem Wege zu seinem oberen Ansatz am und hinter dem Warzenfortsatz des Schädels von der Unterlage, d. h. den übrigen Konstruktionsteilen des Halses nach außen abgedrängt wird. Wird dann durch eine Drehung des Kopfes, oder noch stärker durch eine Drehung von Kopf und Hals, der obere Ansatz dieser Mittelebene gleichfalls genähert, so verstärkt sich sein spiraliger Verlauf. Tritt er nun in dieser Lage in kräftige Verkürzung, so muß er auf die Unterlage einen Druck ausüben und sie, wenn möglich zu verdrängen suchen. So kann es kommen, daß er manchmal tief in die Unterlage einschneidet und in einer verschieden tiefen Rinne derselben Platz nimmt.

An diesem letzten Beispiel des Halses möchte ich auch nochmals darauf aufmerksam machen, wie sehr die Kenntnis von der inneren Konstruktion das schnelle und richtige Erfassen der oberflächlichen Form fördert. Doch muß dieses Verständnis so weit gehen, daß der Beobachter die vielen Einzelheiten völlig beherrscht und bei einer Wiedergabe der Form in der Lage ist aus dieser Vielheit das Wesentliche

auszuwählen und sprechen zu lassen. Diese Aufgabe ist aber nicht mehr Sache der Anatomie, sondern des Künstlers. Seine persönliche Bewertung, sein Taktgefühl kommt in Frage.

Im Leben haben wir nur sehr selten das Gefühl für die richtige Einschätzung des Kopfgewichtes und für die Arbeit der Muskeln, welche dieses Gewicht *auf* dem beweglichen Stiel (Hals) oder *mit* ihm im Gleichgewicht zu halten haben. Doch wird uns diese stete Arbeit der Muskeln klar, wenn wir auf der letzten Abbildung dieses Abschnittes, den Kopf mit seinem ganzen Gewicht auf der Schulter aufgelagert und den Hals völlig entlastet sehen. Dann denken wir leichter daran, daß es eines kräftigen, bewußten Muskelspieles bedarf, um Kopf und Hals wieder aufzurichten und gegen das Gewicht seiner Masse im Gleichgewicht zu halten.



Rückblick und Abschluß.

Am Ende des Buches angelangt, hat der Leser ein reiches Bildermaterial kennen gelernt, das zur Erläuterung bestimmter Einzelheiten ausgewählt und eingefügt wurde.

Von diesen Bildern können die Aktbilder noch besser ausgenützt werden, wenn der Leser versucht, an ihnen seine Kenntnisse im allgemeinen nachzuprüfen. Ist z. B. auf Seite 132 vom äußeren schiefen Bauchmuskel die Rede und auf Abb. 240 seine hintersten Rippenzacken abgebildet, so darf ihm das Sichtbarwerden derselben auf Abb. 345 nicht entgehen und diese Beobachtung muß zum Anreiz werden, nach der Ursache dieser Erscheinung zu forschen.

Ist auf Seite 20 der Fußabdruck besprochen, so betrachte man die Abb. 55. Nach Kenntnisnahme der Seiten 96 und 97 achte man auf den Fascienspanner und den langen sehnigen Streifen auf Abb. 79A. Das Kniescheibenband, auf Seite 56 und 57 besprochen, ist auf Abb. 79D und 83 am Modell zu sehen, der vierköpfige Streckmuskel des Kniegelenkes auf Abb. 132. Auf Seite 224 ist von der muskelfreien hinteren Kante der Elle die Rede, und auf Abb. 132 kann dieselbe beobachtet werden. Ebenso die auf Seite 30 geschilderte Einwärtskantung des Fußes auf Abb. 134. Die anatomische Schilderung der Beckenform suche man auch im lebenden Körper zu erkennen. Dazu dient z. B. die Abb. 135. Die Beuger des Kniegelenkes sind auf Abb. 48 zu sehen. Den oberen breiteren Teil der weißen Linie (Seite 132) beachte man auf Abb. 216 und 251. Auf Seite 135 finden wir den Druck der Eingeweide auf die vordere weiche Bauchwand besprochen und können die Abb. 205 und 208 zur Beobachtung der wechselnden Form des Bauches bei verschieden gerichtetem Druck derselben verwenden. Die Abb. 342 für den breitesten Rückenmuskel werden wir mit der Abb. 261, die Abb. 363 für den langen Kopf des dreiköpfigen Oberarmstreckers mit der Abb. 269 vergleichen. Die Erklärung der Abb. 345 benützen wir als Anleitung zum Studium der Abb. 197. Die Spannung des queren Bauchmuskels dürfen wir auf Abb. 269B nicht übersehen und auf allen Aktbildern müssen wir immer wieder das Skelett beobachten lernen.

Diese kleine Auswahl zeigt, daß die Aktbilder wiederholter Betrachtung wert sind.

Der Leser soll aber auch versuchen, darüber ins klare zu kommen, was er aus dem Buch für sich gewonnen hat und was ihm das Buch zu bieten vermag. Ich nehme zunächst an, daß der Leser wohl in den meisten Fällen eine Bereicherung seiner Kenntnisse von dem Bau und der Konstruktion des menschlichen Körpers erfahren hat, immer von dem Gesichtspunkt aus, die Beobachtung der äußeren Körperform von innen heraus sicherer und besser zu gestalten. Das Erfassen der äußeren Form ist aber stets ein geometrisches Problem im Raume, bei dem die Lage von Punkten, Linien, Ebenen und bei dem Maße und Winkel eine Rolle spielen. Die exakte Behandlung dieses Problems ist nur für das Skelett in bescheidenem Maße durchgeführt worden. Sie wird aber doch genügen, um den Leser von ihrem Wert zu überzeugen. Ist eine bestimmte Haltung des Armes von einer ebenso bestimmten Lage des Schulterblattes begleitet, die mit einer veränderten neuen Lage des Armes gleichfalls wechselt, so muß die neue Lage des Schulterblattes gegenüber der ersten klar erkannt und bestimmt werden.

Über die Kräfte, welche diese veränderte Lage herbeigeführt haben und über die Schnelligkeit, mit der das geschehen ist, sagt aber diese Betrachtung gar nichts aus. Deshalb ist auch die Zurückführung der Gelenkbewegungen auf bestimmt orientierte Drehungsachsen nur für die Gelenklehre unentbehrlich, für die Kraftlehre aber belanglos. Bei dieser handelt es sich um Massen und um Kräfte, welche an denselben angreifen, sie im Gleichgewicht erhalten (Ruhe) oder aber sie bewegen. Ist diese Bewegung keine schiebende sondern eine drehende, dann gibt es auch für sie eine Drehungsachse, wenn wir darunter jenen Punkt oder jene Linie verstehen, deren Massenteilchen keine Raumverschiebung erleiden, sondern

sich nur um sich selbst drehen. Diese Achse braucht aber keineswegs mit einer der ausgewählten Achsen für die Gelenke gleich zu sein, sondern kann außerhalb derselben liegen. Erfährt z. B. der ganze Massenkörper Schultergürtel und Arm durch die auf ihn einwirkenden Kräfte eine Bewegung, welche sich in einer Drehung des Schulterblattes äußert, so kann fast jeder Punkt des Knochens als Drehpunkt mit einer bestimmt gerichteten Achse in Frage kommen, aber meistens nur für einen Augenblick, um im nächsten schon diese Bestimmung an einen anderen abzutreten.

Da nun aber die Anordnung der Kräfte zu dieser bleibenden oder momentanen Achse für ihre Wirkung von ausschlaggebender Bedeutung ist, so müßten wir, um über die Wirkung der Muskeln etwas aussagen zu können, erst eine völlig neue, in dem Buche fehlende Betrachtungsweise einführen.

Auch damit hätten wir erst wenig gewonnen, denn es bliebe noch die Aufgabe, *alle* Kräfte zu finden, die an der Bewegung oder an der Haltung eines Gliedes beteiligt sind, ihre Größe zu bestimmen und endlich das Gesamtergebnis aller Kräfte zu ermitteln, oder das Gesamtergebnis auf die einzelnen Kräfte zu verteilen. Die Kinematik oder die Lehre von der Bewegung ist daher eines der schwersten Kapitel der Mechanik und der Physik im allgemeinen. Zur Zeit sind nur kleine, engere Aufgaben überhaupt einer exakten Untersuchung zugänglich. Selbst einen noch so gebildeten Laien in diese Aufgabe einzuführen, ist sehr schwer.

Der Leser sei sich also bewußt, daß er über die Kraftlehre, d. h. über die Wirkung der Muskelkräfte und aller anderen von außen auf die Teilmassen des Körpers einwirkenden Kräfte aus diesem Buche nichts erfährt. Wenn trotzdem so häufig über die Wirkung von Muskeln gesprochen wurde, so geschah das nur von ihrer Wirkung auf die Gelenke im allgemeinsten Sinne. So z. B. daß es Beuge- und Streckmuskeln für das Ellbogengelenk gibt usw., was diese Muskeln im einzelnen Fall zu leisten haben, ist nicht zur Darstellung gekommen.

Gerade die Wirkung der *äußeren* Kräfte mit oder gegen die Muskelkräfte spielt aber eine wichtige Rolle. Übt ein Körperglied einen Druck nach außen aus, so ist es nützlich, daran zu denken, daß es auf einen Widerstand gestoßen ist, der wieder als eine Kraft aufzufassen ist, die von außen her den Körper angreift. Diese Kraft kann aber das Ergebnis der Muskelkräfte wesentlich beeinflussen und deshalb ist es nicht möglich, über die Wirkung eines Muskels Angaben zu machen, die für alle Fälle gültig wären.

Stellen wir uns auf ein Bein, so daß das andere, ohne Berührung mit dem Boden zu finden, frei herabhängt, so werden die Beuger des Kniegelenkes, der halbhäutige — der halbsehnige und der zweiköpfige Muskel eine Beugung des Kniegelenkes versuchen und bei genügender Spannung auch leisten. In ihrer Anordnung zum Kniegelenk und zu seiner queren Achse sind diese Muskeln als Gegengruppe der Strecker mit Recht als Beuger zu bezeichnen, doch ist damit nicht gesagt, daß sie unter allen Umständen beugen müssen.

Für sich allein wirkend werden sie es tun, aber wenn sie auf andere Kräfte stoßen, ist das Gesamtergebnis nicht ein für allemal vorauszusagen.

Es ist nicht schwer, während der Fahrt auf dem Rad durch Betasten der Beugemuskeln festzustellen, daß sie regelmäßig dann einsetzen und durch Verkürzung hart werden und anschwellen, wenn das Pedal durch seine höchste Lage hindurch ist und durch den einsetzenden Druck des Fußes abwärts getrieben wird; kurz vor der tiefsten Stellung des Pedals, mit und nach derselben folgt die Zusammenziehung der Kniegelenksstrecker. Das Senken des Pedals verlangt eine Verlängerung der Triebstange (des Beines) durch eine Streckung desselben im Kniegelenk; das Aufwärtsgehen des Pedals bedarf einer Beugung des Kniegelenkes. Die Beugemuskeln werden folglich in diesem besonderen Fall zur Streckung des Kniegelenkes verwendet. Wie dieses eigenartige Kräftespiel zu erklären ist, kann hier nicht erörtert werden.

Angenommen, wir sollten in der erwähnten Stellung des Fahrers, sein auf dem niedergehenden Pedal ruhendes Bein bei völlig nachgiebigen, erschlafften Muskeln selbst strecken, so müßten wir einen

von vorne nach hinten gerichteten Druck auf das Knie ausüben oder einen Gurt um das Knie legen und von hinten her daran ziehen.

Eine kurze Überlegung macht übrigens klar, daß die hier nötige Streckung des Kniegelenkes von den eigentlichen Streckmuskeln desselben (vierköpfiger Strecker) nicht besorgt werden kann; denn seine Aktion müßte mit einer Streckung des Gelenkes den Fuß vom Pedal abheben. Beim gedankenlosen Fahren wird manchmal eine solche vom Gehen her gewohnte Streckbewegung eingeschaltet und führt sofort zum Verlust des Pedals. Benützen Rennfahrer Zehenklammern am Pedal, so werden durch dieselben neue Widerstände (Kräfte) eingeschaltet, die es ermöglichen, beim Niedertreten des Pedals auch die Streckmuskeln des Kniegelenkes und beim Ansteigen des Pedals die Beugemuskeln als aktiv tätige Senker und Heber des Pedals zu benützen.

So finden derartige aus Erfahrung gewonnene Einrichtungen ihre Erklärung.

Mit dieser Darstellung der Muskelwirkung beim Radfahren haben wir aber das eigentliche Problem der Kräftewirkung noch kaum berührt, denn jetzt müßte jede Kraft erst nach Richtung, Stärke und Zeit bestimmt werden.

Wenn der Laie meint, der Anatom oder Physiologe könnte ihm über das Kräftespiel für jede Haltung oder Bewegung des Körpers genauen Aufschluß geben, so irrt er. Die Wissenschaft ist noch lange nicht zu dieser Erkenntnis vorgedrungen.

Ich hoffe, das Gesagte ist für den Leser eine Mahnung, vorsichtig bei der Voraussage von Muskelwirkungen zu sein.

Für den Künstler kommt fast ausschließlich das Beobachten und Erfassen von einzelnen Stellungen (Formen) des Körpers in Betracht, nicht aber die Bewegung selbst und die dabei wirkenden Kräfte. Es kommt ihm vor allem auf die Geometrie des Körpers an, auf seine Raumform; die Muskeln sind ihm nur Gestalter wechselvoller Plastik. Diese Kenntnis aus der Konstruktion zu vermitteln, war die Aufgabe dieses Buches.

