

e Im Bindegewebe eingebettete längliche Leberzellenreihen. f Zusammenhang dieser Leberzellenreihen mit den am Innenrande des Alveolensaumes gelegenen. g Länglicher Alveolus; die Carcinomzellen zusammenhaftend. Vergr. 650.

Taf. XIII. Fig. 6. Hepatitis interstitialis diffusa — Spirituspräparat, mit Pd und Cm behandelt. a Leberzellenschläuche, vom Bindegewebe rings umgeben, das theilweise erweiterte Lumen (der intercellulare Gallengang) von galliger Flüssigkeit (e) erfüllt. b Interlobulärer Gallengang; c Querschnitt eines Gallenganges (vielleicht aber auch eines Leberzellenschlauches mit erweitertem Lumen). Vergr. 320.

---

## XXXIV.

### Von der Drehbewegung des Körpers.

Von Prof. A. W. Volkmann in Halle.

(Hierzu Taf. XV.)

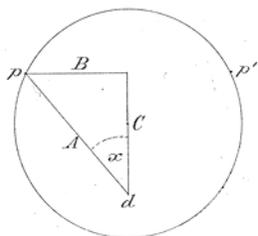
---

Ein aufrechtstehender Mensch kann, ohne die Fussstellung zu ändern, sich dermaassen drehen, dass sein Gesicht eine starke Wendung nach hinten annimmt. Diese Drehung soll einer näheren Untersuchung unterworfen werden <sup>1)</sup>.

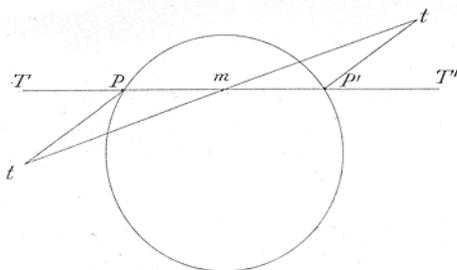
Die oberflächlichste Selbstbeobachtung lehrt, dass verschiedene Abschnitte des Körpers in sehr verschiedenem Grade zu Drehungen um eine Längsaxe geeignet sind, zu einer genaueren Beurtheilung der Rotationsfähigkeit sind Messungen der Drehungswinkel erforderlich. Um solche Messungen auszuführen, müsste die Lage der

<sup>1)</sup> Obschon mir seit langen Jahren bekannt war, dass Eduard Weber sich mit den Rotationsbewegungen des menschlichen Körpers beschäftigte und die spirale Anordnung der Muskeln am Stamme mit den Drehbewegungen der Wirbelsäule in Verbindung bringe, so habe ich doch erst, nachdem ich vorliegende Arbeit dem Drucke übergeben, in Erfahrung gebracht, dass das Lehrbuch der Physiologie von Funke (II. 628) über die Weber'schen Untersuchungen manche vorläufige Mittheilungen enthalte. Aus diesen ergibt sich, dass für einige der von mir aufgestellten Gesichtspunkte, die Priorität meinem hochverehrten, der Wissenschaft viel zu früh entrissenen Freunde zukomme. Es ist billig dies ausdrücklich hervorzuheben, während ich die gänzliche Unabhängigkeit meiner Untersuchungen von den Weber'schen eben so nachdrücklich betonen möchte.

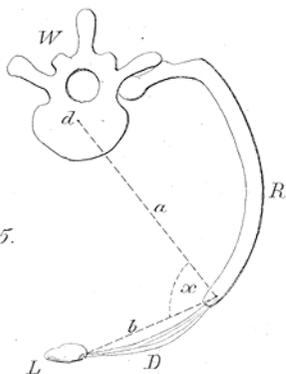
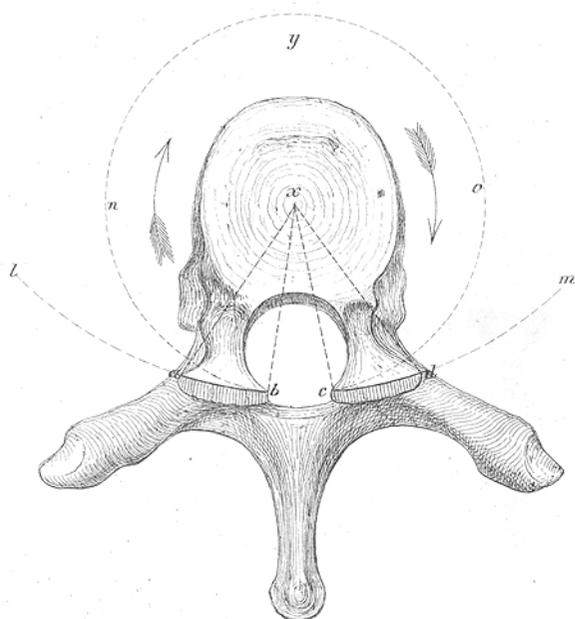
1.



2.

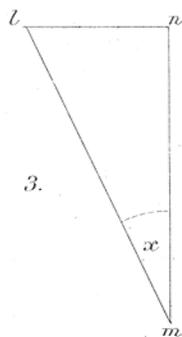


4.



5.

3.



Drehaxe gegeben sein, die indess nicht gegeben ist, und mit Genauigkeit auch kaum nachzuweisen sein möchte. — Will man nun gleichwohl Messungen vornehmen, um wenigstens angenähert richtige Vorstellungen von den Rotationsvorgängen zu gewinnen, so muss man damit beginnen, die ungefähre Lage der Drehaxe, so genau als die Umstände nun eben gestatten, festzustellen.

Der oberste und der unterste Punkt der Drehaxe ergeben sich aus der einfachen Betrachtung, dass der Kopf um den Zahnfortsatz des Epistropheus, die Knöchel um das Fussgelenk rotiren. Einen dritten Drehpunkt, für das Becken, ermittelte ich auf folgende Weise.

Der Faden eines Bleiloths theilt sich nach oben in zwei Schenkel, deren einer auf dem Bauche, der andere auf dem Rücken aufliegt. Die äussersten Enden dieser beiden Schenkel sind mit Häkchen versehen, so dass das eine über der Symphyse des Schambeins, das andere in der Gegend des Kreuzbeins befestigt werden kann. —

Habe ich nun den am Bauche befestigten Faden zu scharf angespannt und drehe mich bei aufrechter Körperstellung nach rechts, so beschreibt das Loth einen grossen Bogen nach derselben Seite, habe ich dagegen den am Kreuzbein angehefteten Faden zu stark angezogen, so beschreibt es einen grossen Bogen nach links. Man kann aber die Anheftung der beiden Fäden auch so regeln, dass das Bleiloth bei Drehung des Körpers weder nach rechts noch nach links schwankt, sondern unbewegt bleibt. Dies kann nur vorkommen, wenn der Faden des Lothes mit der Drehaxe zusammenfällt. Tritt dieser Fall ein, so berührt das obere Ende des Lothfadens das Mittelfleisch, das untere den Knöchel. Hiermit ist ausser dem oberen und unteren Ende der Drehaxe noch ein dritter Punkt derselben in der Höhe des Beckens gefunden, und liegt letzterer, wie der Versuch lehrt, senkrecht über dem untersten Punkte d. h. über dem Mittelpunkt einer die Knöchel verbindenden Geraden.

Nach den vortrefflichen Untersuchungen von Horner und Meyer schneidet eine Verticale, welche durch den Schwerpunkt des aufrecht stehenden Menschen gelegt wird, das Tuberculum anterius atlantis und den Vordertheil des Fussknöchels und fällt demnach nicht nur mit dem obersten und untersten Punkte unserer

Drehaxe, sondern auch mit deren mittlerem, der ja senkrecht über dem untersten liegt, genau zusammen. Für vorläufige approximative Betrachtungen mag es also gestattet sein anzunehmen, dass der von Horner und Meyer verzeichnete Gang einer durch den Schwerpunkt des Körpers gelegten Verticalen, dem Gange der Drehaxe entspreche. Dies angenommen, schneidet dieselbe den Zahnfortsatz des Epistropheus, berührt den 6. Hals-, den 9. Rücken- und 3. Kreuzbeinwirbel an deren vorderem Rande, und theilt eine gerade Linie, welche die beiden Knöchel verbindet, in zwei gleiche Hälften.

Die Bemessung der Rotationswinkel wurde mit Hilfe eines sehr einfachen Apparates ausgeführt. Auf einen grossen Bogen Pappe hatte ich einen Kreis gezogen, durch dessen Mittelpunkt in Zwischenräumen von  $10^{\circ}$  Diameter gelegt waren. Nachdem ich diese Goniometerscheibe auf die Erde gelegt, stellte ich mich auf dieselbe in der Weise, dass das mit der Drehaxe zusammenfallende Bleiloth genau über dem Centrum des Kreises schwebte. Dabei standen meine Füsse in einer Distanz von 5—6 Zoll, weder auswärts noch einwärts, parallel neben einander. Wurde nun an irgend einem Punkte des Körpers ein Bleiloth aufgehängt, welches nahezu bis zur Erde hinabreichte, so beschrieb dasselbe bei Drehung des Körpers einen Bogen, dessen Grösse ohne weiteres am Goniometer abgelesen werden konnte. Hierbei ist nur zu beachten, dass der Faden des Bleiloths nicht durch Friction an den Kleidern seine verticale Richtung verliere. Bei der Messung der Beckenrotationen benutzte ich eine C-förmige Stahlfeder, welche das halbe Becken umspannte und durch elastischen Schluss an den Hüftbeinen festhielt. An der convexen Seite dieser Feder war ein metallener Arm, welcher als Träger des Pendels dienen sollte, so angelöthet, dass er in horizontaler Richtung um einige Zoll über die Bauchwand vorsprang. Bei Bestimmung des Drehwinkels in der Schultergegend, nahm ich ein Geräth zu Hilfe, welches in Sachsen und Thüringen häufig zum Tragen zweier Wassereimer benutzt wird. Es ist dies ein Tragholtz, welches, um auf beiden Schultern ruhen zu können, nach hinten mit einem Ausschnitt, zur Aufnahme des Halses, versehen und nach unten muldenförmig ausgearbeitet ist. Nach beiden Seiten überragt es die Schultern um 8—10 Zoll, und hängen von den Enden desselben Riemen herab, an welchen die Eimer befestigt werden. Für meine Zwecke er-

setzte ich die Riemen durch Bleiloth, die, wenn ich die rechte Stellung auf dem Goniometer eingenommen hatte, genau auf den transversalen Diameter desselben einspielten. Ich will der Kürze wegen diesen Diameter die Transversale, und den ihn rechtwinklig schneidenden, also in der Medianebene des Körpers gelegenen, die Sagittale nennen. Dass der Punkt, wo beide Linien sich schneiden, in einen Durchschnitt der Drehaxe fällt, ergibt sich aus dem Vorhergehenden. — Bei Bemessung der Kopfrotationen nahm ich ein Stäbchen zwischen die Zähne, an dessen freiem Ende das Pendel angebunden war.

Die mit steifen Knien ausgeführten Rotationsversuche haben bei mir, im 71. Lebensjahre, folgende Drehwinkel ergeben:

1. Beckendrehung . . . . .	66°
2. Drehung des Beckens und Rückens bis zum Halse . . . . .	91°
3. Becken, Rücken-, Hals- und Kopfdrehung . . . . .	147°
4. Rücken-, Hals- und Kopfdrehung ohne das Becken . . . . .	77°
5. Kopf- und Halsdrehung allein . . . . .	53°
6. Kopfdrehung allein . . . . .	32°
7. Rückendrehung allein, aus Versuch 1 und 2 abgeleitet: $91 - 66 = 25$	25°
8. Rückendrehung allein, aus Versuch 4 und 5 abgeleitet . . . . .	24°
9. Halsdrehung, aus Versuch 5 und 6 abgeleitet . . . . .	21°

Die im Vorstehenden verzeichneten Winkelgrößen sind Mittelwerthe aus zahlreichen Versuchen, und scheinen, obschon letztere merklich schwankten, doch Zutrauen zu verdienen. Dies ergibt sich aus der Uebereinstimmung zwischen den arithmetisch abgeleiteten Werthen und den direct gefundenen. So beträgt die Gesammtrotation von Becken, Lenden, Rücken, Hals und Kopf nach directen Messungen 147°, nach Summation der Einzelmessungen  $66 + 25 + 21 + 32 = 144$ °.

Bei einem jungen Manne, welcher mir in Bezug auf Grösse, Kraft und Gelenkigkeit des Körpers merklich überlegen war, fielen die Drehwinkel grösser aus, nemlich:

1. Drehung des Beckens mit steifen Knien . . . . .	88°
2. Drehung des Beckens und Rückens . . . . .	113°
3. Becken-, Rücken-, Hals- und Kopfdrehung . . . . .	175°
4. Hals- und Kopfdrehung allein . . . . .	52°
5. Kopfdrehung allein . . . . .	32°
6. Rückendrehung allein, aus 1 und 2 abgeleitet . . . . .	25°
7. Halsdrehung allein, aus 4 und 5 abgeleitet . . . . .	20°

Da jede Drehung im Stamme von einer Drehung der Wirbelsäule abhängt, so glaubte ich meine Rotationsversuche an einer frisch präparirten menschlichen Wirbelsäule wiederholen zu müssen. Mein Verfahren war dies, dass ich in die Körper zweier Wirbel deren Drehungsgrösse bestimmt werden sollte, also beispielsweise in den Körper des obersten Kreuzbein- und des obersten Lendenwirbels, Stricknadeln so einführte, dass dieselben in die Medianebene des Körpers zu liegen kamen und mit ihren Enden bis zur Drehaxe der Wirbel reichten, auf welcher sie senkrecht aufsass. Der unterste der betreffenden Wirbel wurde jedesmal fixirt, der oberste durch die Kraft der Hand gedreht, und konnte dann der Winkel unter welchem die Nadeln bei einseitiger Drehung der Wirbelsäule auseinandergingen, mit Hülfe eines Coniometers ziemlich genau gemessen werden.

Bei diesen Versuchen erwies sich die Drehung in den Lendenwirbeln zu klein um eine Messung zu gestatten. In dem Abschnitt der 12 Rückenwirbel betrug sie  $21,5^\circ$ , gleichviel ob die Drehung nach rechts oder nach links ausgeführt wurde. In den 6 unteren Halswirbeln betrug sie  $25^\circ$ , im Atlasgelenk, was oben Kopfdrehung genannt wurde,  $27^\circ$ . Alle diese Werthe stehen denen am lebenden Menschen beobachteten ziemlich nahe. — Es scheint angemessen hier ein Bedenken zu erledigen, welches gegen meine Versuche am lebenden Körper erhoben werden könnte. Die Rotationsbewegungen des Stammes hängen von der Drehbarkeit der einzelnen Wirbel untereinander ab. Offenbar muss die Längenaxe, um welche sich zwei Wirbel drehen, durch die Mitte ihrer Körper verlaufen, und da die Wirbelsäule wiederholt Ausbiegungen nach vorn und nach hinten erfährt, so muss die Drehaxe im Ganzen diesen Biegungen folgen und einen geschlängelten Verlauf haben. Ich aber habe eine gerade verticale Drehaxe angenommen und meine Messungen fussten auf dieser Annahme.

Diesem Bedenken gegenüber ist erstlich zu bemerken, dass eine gerade, welche sich zwischen den entgegen gesetzten Ausbiegungen einer geschlängelten hinzieht und sie wiederholt schneidet, wie dies bei meiner hypothetischen Drehaxe der Fall ist, in approximativen Betrachtungen der geschlängelten substituirt werden kann, zweitens aber ist zu berücksichtigen, dass meine Winkelmessungen in denjenigen Querschnitten des Körpers angestellt sind, wo die

hypothetische verticale, die reale geschlängelte Drehaxe schneidet, womit das Untriftige der Hypothese in Wegfall kommt.

Die meisten Rotationsbewegungen kommen durch das Zusammenwirken mehrerer, bisweilen vieler Knochen und Muskeln zu Stande, wodurch das Verständniss ihrer Mechanik sehr erschwert wird. Dies gilt vorzugsweise von den Drehbewegungen des Beckens, zu deren Darsellung ich jetzt übergehe.

Man fasst die Beckendrehung, welche bei normalem Stehen auf zwei Füßen zu Stande kommt, leichter, wenn man sich zuvor mit dem Vorgange der Drehung beim Stehen auf einem Beine bekannt gemacht hat, und will ich daher von dieser zuerst handeln.

Zunächst ist klar, dass diese Rotation nicht um die oben besprochene Drehaxe ausgeführt wird, sondern um das Centrum des kugelförmigen Schenkelkopfes. Nicht dieser dreht sich in der Pfanne, denn der Schenkelhals, wie der Schenkel im Ganzen, bleibt unbewegt, sondern die Pfanne dreht sich um den Kopf und nimmt das Becken mit. Daher beschreibt die zweite Pfanne, welche den in der Schwebe befindlichen Schenkel trägt, einen Kreisbogen um die erste, und nimmt dabei ihre Richtung nach vorn oder nach hinten, je nachdem die einen oder anderen Muskelgruppen in's Spiel treten.

Die Muskeln, welche bei fixirtem Schenkel das Becken drehen, sind dieselben, welche, wenn das Becken feststeht, den Schenkel rotiren. Offenbar müssen die Muskeln, welche bei fixirtem Becken den Trochanter maj. gegen das Kreuzbein ziehen, also den Schenkel nach auswärts rollen, bei fixirtem Schenkel das Kreuzbein dem Trochanter zuwärts drehen. Dieser Aufgabe entsprechen pyramidalis, gemelli, obturatores und quadratus femoris. Umgekehrt müssen die Muskeln, welche vom Becken aus den Schenkel einwärts rollen, also den Trochanter der Symphyse nähern, bei feststehendem Schenkel die vorderen Beckentheile, und namentlich die Symphyse, nach aussen und hinten, dem Trochanter zuwärts drehen. Die Muskelgruppe, welche diese Bewegungen vermittelt, ist weniger bekannt als die der Auswärtsroller des Schenkels. Nach Duchenne's Untersuchungen scheint die vordere Partie des *M. gluteus medius* die Hauptrolle zu spielen. Unterstützt wird derselbe durch den *gracilis*, *semitendinosus* und vielleicht auch durch den *Tensor fasciae latae*, wenigstens fühle ich bei Einwärtsrollung des

Schenkels ein Hartwerden desselben. Auffallend ist, dass die Auswärtsroller und Einwärtsroller, bezüglich ihrer Lage sich so wesentlich unterscheiden. Während die Fasern der ersteren in horizontaler Richtung verlaufen und sich zur Erzeugung von Drehbewegung um eine verticale Axe vorzüglich eignen, verlaufen die Fasern der Einwärtsroller fast parallel der Längsaxe und können nur insoweit sie diesen Parallelismus aufgeben und sich in etwas um die Schenkelknochen herumwinden, auf die Drehung einen Einfluss haben. Eine dritte Gruppe von Rotatoren, welche an der Drehung des Beckens um einen Schenkel Antheil hat, soll weiter unten besprochen werden.

Die Beckenrotationen, welche zu Stande kommen, wenn wir auf beiden Füßen stehen, unterscheiden sich von denen, wo der Körper nur auf einem Beine lastet, dadurch, dass beide Gelenkpfannen ihren Ort verändern. Es dreht sich nicht eine Pfanne um die andere, wie im vorigen Falle, sondern es drehen sich beide Pfannen um die verticale Drehaxe, die im Becken mit dem vorderen Rande des dritten Kreuzbeinwirbels in Berührung kommt, Die rotirende Bewegung der Pfannen bedingt eine entsprechende Bewegung, nicht nur der kugelförmigen Schenkelköpfe, die in ihnen eingebettet sind, sondern der gesammten Knochen des Ober- und Unterschenkels. Da nemlich bei aufrechter Stellung der Unterschenkel gestreckt und mithin das Kniegelenk vollkommen steif ist, so kann die für den Schenkel unvermeidliche Bewegung nur im Fussgelenke zu Stande kommen. Wenn nun die oberen Enden der Schenkelknochen, welche der Rotation der Pfannen folgen, ein Stück eines Kreisbogens beschreiben, so muss im Fussgelenke Gelegenheit zu einer ziemlich freien Bewegung gegeben sein. In der That besitzt der Fuss, ähnlich wie die Hand, nur viel unvollkommener, eine gewisse Arthrodie.

Anlangend die bewegenden Kräfte, so gehen sie zunächst wieder von den oben erwähnten Rotationsmuskeln des Beckens aus. Dabei associiren sich jedes Mal die äusseren Rotatoren der einen Seite, mit den inneren Rotatoren der anderen Seite. Soll nun beispielsweise das Becken nach rechts gedreht werden, so ziehen der linke *m. pyramidalis* und seine Gehülfen das Kreuzbein nach links und vorn, die vordere Partie des *Glutaeus medius* und die übrigen inneren Rotatoren dagegen bewegen die Symphyse des

Schambeins nach rechts und nach hinten, so dass beide Gruppen von Rotatoren, in der Drehung des Beckens nach rechts, sich gegenseitig unterstützen.

Indess sind die Bewegungen, welche von den eben genannten Muskeln ausgehen, unstreitig nicht gross genug, um die sehr ausgiebigen Rotationen des Beckens allein zu Stande zu bringen, auch lassen sich andere Muskeln, welche diese Drehbewegungen unterstützen, leicht nachweisen. Ich muss zunächst auf ein drittes System von Schenkelrotatoren aufmerksam machen, welches in den anatomischen Handbüchern nur in seinen Beziehungen zur Fussbewegung berücksichtigt zu werden pflegt, nemlich auf die Abductoren und Adductoren des Fusses. Ein Muskel, welcher bei fixirtem Unterschenkel den Fuss nach aussen dreht, muss, wenn der Fuss unbeweglich am Erdboden haftet, den Unterschenkel in entgegengesetzter Richtung nach innen drehen. Dies leistet der Peronaeus longus. Dagegen müssen Muskeln, welche wie die Tibiales den Fuss nach einwärts richten, wenn der Unterschenkel fixirt ist, bei fixirtem Fusse den Unterschenkel nach aussen rotiren. Da nun bei aufrechter Stellung das Kniegelenk keine Rotation gestattet, so muss die Axendrehung des Unterschenkels auf den Oberschenkel übergehen, und muss der Schenkelhals, der von Röhrenknochen fast rechtwinklig nach innen vorspringt, die Bewegung eines Radius vector machen. Sein nach innen gerichtetes Ende, der Schenkelkopf, beschreibt einen Bogen und nimmt die betreffende Pfanne wie das ganze Becken mit sich.

Für die Richtigkeit der hier aufgestellten Behauptungen spricht im Allgemeinen der Umstand, dass die Beckenrotation, welche bei mir  $66^\circ$  beträgt, auffallend kleiner wird, wenn man die Mitwirkung der Unterschenkelmuskeln ausschliesst. Dies wird durch Niederknien erreicht, und reducirt sich dann die Beckendrehung bei mir von  $66^\circ$  auf  $40^\circ$ .

Will man die rotatorischen Functionen, die ich den Adductoren und Abductoren zugeschrieben habe, im Speciellen kennen lernen, so muss man Versuche an sich selbst machen, die aber einige Uebung verlangen. Ich habe behauptet, dass bei fixirtem Fusse die Contraction des Peronaeus longus eine Unterschenkel-drehung nach innen veranlasse, was vom linken Muskel aus eine Beckendrehung nach rechts, und umgekehrt vom Muskel der rechten

Seite aus eine Beckendrehung nach links veranlassen würde. Es kommt also im Versuche darauf an, bei unveränderlicher Fussstellung den Peronaeus longus allein in Thätigkeit zu setzen. Dies gelingt, wenn man den äusseren Fussrand hebt, und den inneren Rand kräftig auf den Boden drückt, denn der Peronaeus longus ist bekanntlich nicht bloß Abductor, sondern auch Pronator des Fusses. Wird diese Pronationsbewegung linker Seits ausgeführt, so dreht sich das Becken in der That nach rechts, vorausgesetzt allerdings dass die Rotatoren des Beckens keine Gegendrehung machen, eine Störung, die leicht eintritt, indem man instinctiv die einmal angenommene Körperichtung festzuhalten sucht.

Um experimentell nachzuweisen, dass die Tibiales den Unterschenkel nach aussen drehen, muss man zunächst bedenken, dass diese Muskeln nicht bloß als Adductoren, sondern auch als Supinatoren wirken. Man erhebe also bei fixirtem Fusse den inneren Rand desselben, indem man den äusseren fest auf den Boden drückt, dann muss die rotatorische Wirkung zu Tage kommen. Experimentirt man mit dem rechten Fusse, so muss meinen Behauptungen zufolge, ebenso wie bei Contraction des linken Peronaeus longus, eine Beckendrehung nach rechts erfolgen, was sich denn auch bestätigt. Hiernach ist leicht begreiflich, dass die Beckendrehung auffälliger wird, wenn man die Muskeln, die in gleichem Sinne wirken, gleichzeitig anstrengt, und also den linken Fuss mit seinem inneren Rande, den rechten dagegen mit seinem äusseren gegen den Boden drückt, oder umgekehrt. Wechselt man mit den entgegengesetzten Fussbewegungen innerhalb kurzer Zwischenzeiten regelmässig ab, so entsteht ein merkliches Schwanken der Körperichtung nach links und rechts, wiederum vorausgesetzt, dass man den Rotatoren des Oberschenkels keine Gegendrehung gestattet.

Wer aus Unfähigkeit diese Gegendrehung zu vermeiden, zu keinem befriedigenden Resultate kommt, kann sich von der Wirksamkeit der Unterschenkelrotatoren noch auf andere Weise überzeugen. Wenn man bei parallel neben einander stehenden Füßen eine Beckendrehung ausführt, so wird man mit einiger Aufmerksamkeit leicht zwei Stadien unterscheiden. Im ersten Stadium erfordert die Rotation gar keine Anstrengung, wohl aber im zweiten, wo sie sich durch ein Gefühl unangenehmer Spannung im Fuss-

gelenke geltend macht. Während im ersten Stadium die Füße mit der ganzen Sohle auftreten, stellen sie sich im zweiten Stadium auf die hohe Kante, der eine Fuss auf die innere, der andere auf die äussere. Geht die Beckendrehung nach rechts, so findet sich, wenn sie ihr Maximum erreicht hat, dass der linke Fuss auf dem inneren Rande, der rechte auf dem äusseren Rande steht. Man sieht leicht, dass diese Vorkommnisse nur die Folgen der oben aufgestellten Theorie sind.

Mit Vorstehendem ist aber der Katalog der Muskeln, welche die Drehung des Beckens vermitteln, noch immer nicht geschlossen. Die Bewegungen der Schenkelknochen, welche in ihren oberen Enden den Rotationen des Beckens folgen, sind sicherlich nicht rein passiver Art. Ich habe oben darauf hingewiesen, dass das Fussgelenk einer wenn auch sehr unvollkommenen Arthrodie entspricht und kann man in Folge dessen bei fixirtem Fusse den Schenkel so bewegen, dass er annäherungsweise einen Kegelmantel umschreibt, dessen Spitze sich im Fussgelenke befindet. Solche Bewegungen kann man aber ausführen ohne das Becken zu drehen, und zwar mit beiden Schenkeln gleichzeitig und in gleicher Richtung, ein Beweis, dass es noch neben den Rotatoren Muskeln gebe, die das Becken bewegen können. Diese Muskeln, welche sich mit dem einen Ende am Fusse mit dem anderen am Unterschenkel ansetzen müssen, haben an den Bewegungen, welche die Schenkel bei der Beckendrehung machen, wahrscheinlich einen activen Antheil.

Ich will, ehe ich die Besprechung der Muskelfunctionen verlasse, noch einer Erfahrung gedenken, die in den vorhergehenden Erörterungen ihre Erklärung findet. Wenn man die Rotationsversuche statt mit parallel neben einanderstehenden Füßen mit maximaler Auswärts- oder Einwärtsstellung derselben ausführt, so verkleinert sich der Drehwinkel des Beckens um mehr als die Hälfte. Dies hängt offenbar davon ab, dass bei derartiger Fussstellung eine ganze Gruppe von Rotatoren ausser Thätigkeit gesetzt wird. So werden beispielsweise bei starker Auswärtsdrehung der Füße der *Pyramidalis* und die ihn unterstützenden Rotatoren lahm gelegt. Da nemlich durch Vermittelung derselben der *Trochanter* bereits so weit als möglich gegen das Kreuzbein gezogen, oder, was dasselbe sagt, die grösst-mögliche Annäherung zwischen Kreuzbein und

Trochanter hervorgebracht worden ist, so kann von einer Adduction des Kreuzbeins an den Trochanter, wie solche die Beckendrehung erfordert, nicht weiter die Rede sein.

Die Gelenkpfannen drehen sich als Theile des Beckens mit diesem, also bei mir um  $66^\circ$ , was einem Drehwinkel von mittlerer Grösse entsprechen dürfte. Kennt man den Ort, welchen die Pfannen vor der Drehung einnehmen, so ergibt sich ihr Ort nach beendigter Rotation aus der Grösse des Drehwinkels ohne Weiteres. Die oberflächlichste Betrachtung eines menschlichen Beckens lehrt, dass die Pfannen nicht an den äussersten Seiten desselben, sondern beträchtlich weiter nach vorn liegen. Um Genaueres zu erfahren, habe ich Messungen angestellt, deren specielle Mittheilung, wie ich glaube, von allgemeinerem Interesse ist.

Ich beginne damit das Becken in seiner natürlichen Lage aufzustellen, das heisst, in der Lage, wo seine Neigung zu Meyer's Normal-Conjugata  $30^\circ$  beträgt. Dann hänge ich am vorderen Rande des dritten Kreuzbeinwirbels, genau an der Stelle, wo er eine Einbiegung nach hinten erfährt, ein Bleiloth auf, um die Lage der Drehaxe festzustellen. Ist dies geschehen, so ziehe ich durch ein paar kleine Löcher, welche im Voraus durch die Mitte der Gelenkpfanne gebohrt worden waren, einen Faden, den ich straff anspanne, um die Verbindungslinie der Pfannen zu erhalten. Nach diessen Vorbereitungen messe ich erstens: die Entfernung der Pfannen, deren Ort durch die Bohrlöcher gegeben ist, von der Drehaxe, ein Werth, den ich mit A bezeichne; zweitens die Länge der Verbindungslinie der Pfannen. Ich halbire dieselbe und erhalte dadurch den Abstand der Pfannen von der Medianebene des Körpers, bezeichnet mit B. Drittens endlich messe ich den Abstand der Verbindungslinie der Pfannen von der Drehaxe und bezeichne ihn mit C.

In Taf. XV, Fig. I bedeutet die Kreislinie den Querschnitt des kleinen Beckens, pp' sind die Orte der Pfanne, d der Ort der Drehaxe; die Linien ABC entsprechen den oben erwähnten mit gleichen Buchstaben bezeichneten Distanzen, und bilden die Seiten eines rechtwinkligen Dreiecks. Der Winkel x ergibt den Abstand der Pfanne p von der Medianebene in Graden.

Die Messungen sind an 10 männlichen Becken ausgeführt worden, und sind die Ergebnisse derselben in nachstehender Ta-

belle zusammengestellt. Zur Berechnung des Winkels  $x$  ist die Formel  $\sin x = \frac{B}{A}$  benutzt worden.

Beobachtung	Dimensionen			Winkel
	A.	B.	C.	x.
1.	85 Mm.	50 Mm.	68 Mm.	36° 2'
2.	88 -	58 -	66 -	42° 25'
3.	90 -	61 -	65 -	42° 40'
4.	86 -	59 -	65 -	43° 19'
5.	75 -	54 -	55 -	46° 3'
6.	69 -	50 -	47 -	46° 26'
7.	73 -	52 -	52 -	45° 26'
8.	78 -	47 -	62 -	37° 3'
9.	77 -	49 -	60 -	39° 31'
10.	90 -	57 -	70 -	39° 18'
Mittelwerth:	81 Mm.	54 Mm.	61 Mm.	41° 48'

In runder Summe beträgt der Abstand der Pfanne von der Medianebene 42° und 66° beträgt ihre Drehung. Hiernach würde sie also die Sagittale noch um 24° überschreiten, was sehr befremdlich und auf den ersten Anblick unglücklich scheint. Man wird indess bedenken müssen, dass wir es mit den Ergebnissen einer mathematischen Untersuchung zu thun haben, die auf ziemlich zuverlässigen Grundlagen beruht, auf Messungen nehmlich, in welchen die Beobachtungsfehler, welche vorkommen können, das Resultat der Rechnung sehr wenig beeinflussen. Wollte man beispielsweise verlangen, dass die Pfanne die Sagittale nicht überschritte, sondern sie im äussersten Falle nur erreichte, so müsste, weil die Pfanne sich mit dem Becken um 66° dreht, der Winkel  $x$  nicht 42° sondern 66° betragen, und setzt dies so enorme Fehler in den Messungen voraus, wie sie unmöglich vorkommen können.

Wer sich mit den Dingen, die hier in Frage kommen, nicht eingehend beschäftigt hat, wird es befremdlich finden, dass durch die Drehung des Beckens die Breite des Körpers in den Hüften vermindert werde. Ich habe die Thatsache mit Hülfe eines derartigen Tastzirkels ermittelt, wie ihn die Forstbeamten zur Bemessung der Dicke von Baumstämmen gebrauchen. Die Arme des Zirkels wurden an die grossen Trochanteren angedrückt, einmal bei natürlicher Körperstellung das andere Mal nach kräftiger Beckendrehung; dabei fand sich:

## Distanz der grossen Trochanteren.

Versuchsperson	Bei natürlicher Stellung.	Bei starker Beckendrehung.
1.	325 Mm.	314 Mm.
2.	337 -	330 -
3.	341 -	333 -
4.	310 -	300 -
5.	335 -	323 -
6.	332 -	318 -
7.	347 -	340 -
8.	337 -	329 -
9.	337 -	331 -
10.	338 -	312 -
11.	320 -	304 -
12.	323 -	315 -
13.	331 -	320 -
14.	320 -	307 -
Mittelwerth 330 Mm.		320 Mm.

Ich bemerke beiläufig, dass die Messungen an Männern in ihrer Winterbekleidung angestellt wurden. Käme es darauf an, die Distanz der Trochanteren im Skelett zu bestimmen, so würde man mit Rücksicht auf Bekleidung und Hautstärke von dem gefundenen Mittelwerthe etwa 20—30 Mm. in Abzug zu bringen haben. Für das Nachfolgende ist nur wichtig, dass die Distanz der grossen Trochanteren durch die Beckendrehung im Mittel um 10 Mm. verkleinert wird.

Wenn man sich von einem Trochanter zum anderen eine gerade Linie gezogen denkt und überlegt, aus welchem Grunde die beiden Enden derselben bei Drehung des Beckens sich nähern, so findet man bald, dass dies darauf beruhe, dass die gerade sich in eine Zickzacklinie verwandele. Da zwischen den beiden Enden der gedachten Geraden drei durch Kugelgelenke verbundene Knochenstücke liegen, das Becken und die beiden Schenkelhäuse, so ist für die Herstellung einer Zickzacklage hinreichend gesorgt.

Ich will zunächst die Lage dieser 3 Knochenstücke während der Muskelruhe in Betracht nehmen, und nachweisen, dass die beiden Schenkelhäuse und die Verbindungslinie der Pfanne in einer Ebene liegen, welche die Medianebene des Körpers rechtwinklig schneidet. Der Beweis ist geführt, wenn sich zeigen lässt, dass die Verbindungslinie der Pfannen mit der Verbindungslinie der

Trochanteren zusammenfällt. Nach den S. 478 gegebenen Mittheilungen beträgt der Abstand der Verbindungslinie der Pfannen von der Drehaxe (Werth C der Tabelle) 61 Mm. Ungefähr eben so gross ist der Abstand der Verbindungslinie der Trochanteren von der Drehaxe in meinem Körper. Ich constatirte dies in einem Versuche, welcher so ausgeführt wurde, dass ich mich regelrecht auf meinen Goniometer stellte, und vom Trochanter ein Bleiloth herabhängen liess. Das Gewicht desselben spielt auf einen Punkt ein, welcher 55 Mm. vor der Transversalen meiner Kreistheilung lag. Mit diesem Ausdrucke bezeichne ich aber denjenigen Durchmesser, welcher den Fusspunkt der Drehaxe schneidend mit der Medianebene rechte Winkel bildet. Die vollkommene transversale Lage der Schenkelhalse lässt sich noch auf eine andere Art beweisen. Nothwendig muss die Lage der Schenkelhalse auf die Pendelbewegung der Beine beim Gehen berechnet sein. Während der Schenkel in einer der Medianebene parallelen Ebene pendulirt, rotirt der fast rechtwinklig nach innen vorspringende Schenkelhals um seine Längsaxe. Diese Längsaxe muss aber senkrecht auf der Ebene der Pendulation und da diese der Medianebene parallel liegt, auch senkrecht auf der Medianebene stehen.

Die Schenkelhalse und die beiden Pfannen liegen also während der Normalstellung des Körpers in ein und derselben senkrechten Ebene, welche die Mediane rechtwinklig schneidet. Würden die Schenkelhalse während der Beckenrotation in derselben Ebene verbleiben, so müssten die Trochanteren, als die äussersten Enden derselben, die Drehung der Pfanne in ihrem ganzen Umfange mitmachen, was nicht der Fall ist. Nach Versuchen, die ich an mir selbst angestellt habe, drehen sich die Trochanteren nur um etwa  $54^{\circ}$ , während die Pfannen, wie das Becken selbst, sich um  $66^{\circ}$  drehen. Sie bleiben also im Rotationsvorgange um  $12^{\circ}$  zurück. Dies beweist, dass die Schenkelhalse aus der Ebene, in der sie von vorne herein lagen, heraustreten, und mit derselben einen nach hinten offenen Winkel bilden, wenn man nemlich hinten liegend das nennt, was der Seite, wo die Bewegung hingeht gegenüber liegt. Es ist klar, dass die im Vorstehenden besprochenen Dislocationen der Schenkelhalse nichts anderes als Bewegungen sind, welche der anatomische Sprachgebrauch als Rotationen des Schenkels nach Aussen und nach Innen bezeichnet.

Die Ursachen dieser Rotationen, um nun den gebräuchlichen Namen anzuwenden, sind doppelter Art. Man bedenke zunächst, dass das Becken, wenn es sich dreht, durch Vermittelung des Schenkelhalses den Ort des Schenkels ändert. Natürlich muss der Widerstand, den dieser leistet, und welcher das trochantere Ende des Schenkelhalses zurückhält, während das Kopfende desselben von der Pfanne mit fortgeführt wird, eine Umbiegung des Halses nach hinten bedingen. Aber neben dieser, wenn ich so sagen darf, passiven Rotation im Hüftgelenke, macht sich auch eine active geltend. Ich habe oben zu erwägen gegeben, dass dieselben Muskeln, welche bei fixirtem Becken den Schenkel rotiren, bei fixirtem Schenkel das Becken drehen müssen. Nun sind aber bei der Beckendrehung auf beiden Beinen, weder die Schenkel fixirt noch das Becken, da ja beide sich bewegen, und folglich müssen beide Anheftungspunkte der Rotatoren in Bewegung gerathen und sich gegenseitig nähern. Wenn aber nicht blos das Becken dem Trochanter, sondern auch der Trochanter dem Becken genähert wird, so ist einleuchtend, dass der Schenkelhals seine ursprüngliche Lage verlässt und sich in dem oben definirten Sinne nach hinten umbiegt.

Ich habe oben bemerkt, dass die Contraction der Rotatoren zu klein sein dürfte, um die sehr ausgiebigen Drehbewegungen des Beckens allein zu Stande zu bringen. Nachdem sich nun gefunden, dass jene Contractionen nur zur Hälfte der Bewegung des Beckens zu Gute kommen, wird man die Richtigkeit meiner Behauptung um so weniger in Zweifel ziehen können.

Der Schenkelhals verändert also bei Drehung des Beckens seine ursprüngliche Stellung, und es entsteht nun die Frage, wie gross ist der von ihm beschriebene Bogen, wenn die Beckendrehung ihr Maximum erreicht? Ich hoffe diese Frage auf Grundlage meiner Messungen mit ziemlicher Genauigkeit beantworten zu können.

In Taf. XV Fig. 2 bedeutet der Kreis einen Querschnitt des kleinen Beckens.

$PP'$  die beiden Pfannen, also  $PmP'$  die Verbindungslinie derselben, indem  $m$  den Mittelpunkt der letzteren bezeichnet.

$TP$  und  $P'T'$  sind die beiden Schenkelhälse in der Normalstellung.  $tP$  und  $P't'$  die beiden in Folge der Beckendrehung nach hinten gebogenen Schenkelhälse, welche mit der Geraden

TPm P'T' die in Frage stehenden Winkel  $TPT = y$  und  $t'P'T' = y'$  bilden.

In dem Dreieck tPm sind die drei Seiten bekannt.  $tP = a$  ist die Länge des Schenkelhalses vermindert um den Radius des kugelförmigen Gelenkkopfes. Da nemlich  $tP = a$  den umgebogenen Schenkelhals bedeutet, und die Umbiegung oder Drehung im Centrum des Gelenkkopfes vor sich geht, so könnte für  $a$  nicht die ganze Länge des Schenkelhalses eingeführt werden. Im Mittel von 17 Messungen fand ich die ganze Länge = 99,5 Mm., den Radius der Kugel = 24 Mm. und ist demnach  $a = 99,5 - 24 = 75,5$  Mm. Die Seite Pm = b ist gegeben: Durch den Radius der Gelenkkugel = 24 Mm. plus Dicke der Pfannenwandung = 6 Mm. plus halbe Länge der Verbindungslinie der Pfannen = 54 Mm. in Summa = 84 Mm. Ich will hierzu bemerken, dass ich die Verbindungslinie der Pfannen im Inneren der Beckenhöhle gemessen habe, so dass die Enden derselben die Gelenkköpfe nicht erreichen. Anlangend die auffällige Dicke der Pfannenwandung = 6 Mm., so erklärt sich dieselbe aus der Tiefe der Fossa acetabuli, in welche der Gelenkkopf nicht eindringt.

Die Seite tm = c entspricht der halben Distanz der Trochanteren bei maximaler Beckendrehung. Dieselbe ist nach den oben mitgetheilten Erfahrungen 5 Mm. kleiner, als die halbe Distanz der Trochanteren in der Normalstellung, die wir im Mittel auf  $54 + 6 + 99,5 = 159,5$  Mm. veranschlagt haben, also 154,5 Mm.

$$\text{Nun ist } \cos x = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}$$

woraus sich  $y = 29^\circ$  ergibt.

Ich wiederhole, dass die Rückwärtsbiegung des Schenkelhalses zu der Klasse von Bewegungen gehört, die wir Schenkelrotationen nennen, und will nun untersuchen, wie sich die Grösse des  $\sqrt{y} = 29^\circ$  zu der Grösse der Schenkelrotationen verhalte, die wir bei fixirtem Becken willkürlich ausführen.

Bei Anstellung der erforderlichen Versuche benutzte ich ein Goniometer, wie dies schon oben beschrieben worden, nur war der Punkt, in welchem die Diameter sich kreuzten, durchbohrt. Der Fuss des zu rotirenden Schenkels war mit einem Schuh bekleidet, von dessen Sohle, unterhalb der Knöchel, ein metallener Stift ausging, welcher in senkrechter Richtung die Längsaxe des

Schenkels fortsetzte. Dieser Stift wurde in das Bohrloch des Goniometers eingeführt und diente als Drehaxe, während ein an der Schuhspitze angebrachter Weiser die Zahl der durchlaufenen Grade anzeigte.

Eine Schwierigkeit bei diesen Versuchen besteht darin, die Wirkungen der beiden Klassen von Rotatoren, nemlich derer, welche vom Becken und derer, welche vom Unterschenkel entspringen, aus einander zu halten. Man lernt dies nur durch Übung, indem man den Unterschied der Muskelgefühle beachtet, welche mit der Contraction der einen und der anderen Rotatoren verbunden sind.

Grösse der Rotationen im Hüftgelenke.

A. Linker Schenkel.

Versuch	Auswärtsdrehung	Einwärtsdrehung
1.	20°	25°
2.	24	26
3.	20	24
4.	24	22
5.	20	22
6.	21	20
7.	25	22
8.	24	26
9.	24	24
10.	19	24
Mittel		22,1°
Mittel für beide Drehungen		22,8°

B. Rechter Schenkel.

Versuch	Auswärtsdrehung	Einwärtsdrehung
1.	25°	23°
2.	27	18
3.	27	23
4.	27	24
5.	20	18
6.	26	21
7.	23	25
8.	23	24
9.	28	25
10.	29	25
Mittel:		25°
Mittel für beide Drehungen		23,8°

Aus diesen Versuchen wird man schliessen dürfen, dass Auswärts- und Einwärtsdrehung sich der Grösse nach nicht merklich

unterscheiden und annäherungsweise  $23^\circ$  betragen. Dieser Werth stimmt mit dem durch Rechnung gefundenen  $y = 29^\circ$  hinreichend überein, denn die Differenz beider wird über die Grenzen individueller Schwankungen schwerlich hinausgehen.

Während in den vorstehenden Versuchen die am Fusse beobachtete Drehung lediglich Folge einer Drehung derjenigen Rotatoren ist, die am Becken entspringen, geht sie in den nachfolgenden Versuchen von allen Rotatoren aus, also auch von denen, die sich vom Unterschenkel zum Fusse begeben.

Grösse der Gesamttrotation im Hüft- und Fussgelenke.

A. Linker Schenkel.

Versuch	Auswärtsdrehung	Einwärtsdrehung
1.	47°	55°
2.	40	45
3.	50	50
4.	45	54
5.	50	49
6.	45	47
7.	48	47
8.	47	49
9.	50	47
10.	52	47
Mittel		47,4°
		49°
Mittel für beide Drehungen 48,2°.		

B. Rechter Schenkel.

Versuch	Auswärtsdrehung	Einwärtsdrehung
1.	46°	37°
2.	47	43
3.	45	44
4.	47	40
5.	46	37
6.	44	38
7.	45	44
8.	46	40
9.	46	44
10.	40	37
Mittel		45,2°
		40,4°
Mittel beider Drehungen 42,8°		

Mittel der Drehungen für beide Extremitäten: 45,5°.

Die wenig befriedigende Uebereinstimmung der Versuche unter einander, kann bei der Unvollkommenheit des Experimentalverfahrens nicht befremden. Es ist einleuchtend, dass die Grösse der

zu messenden Winkel von dem Verhältnisse der Fussstellung zur Körperstellung abhängen müsse. Würde beispielsweise der Fuss relativ einwärts stehen, so würde Einwärtsdrehung zu kleinen, Auswärtsdrehung zu grossen Winkeln führen. Nun hat es zwar keine Schwierigkeit den Fuss auf dem Goniometer richtig zu stellen, aber es ist sehr schwierig zu beurtheilen, ob der sagittale Diameter des Winkelmessers, auf welchen wir die Längsaxe des Fusses einstellen, mit der Medianebene des Körpers parallel laufe. Mit Rücksicht hierauf muss ich zugeben, dass die wenigen von mir angestellten Versuche zur Begründung zuverlässiger Mittelwerthe nicht ausreichen. Demohngeachtet wird man vom Wahren nicht weit abirren, wenn man annimmt, dass die Gesamtrotationen des Fusses beinahe doppelt so gross sind, als die Partialrotationen, die von den Beckenrotatoren im engeren Sinne ausgehen.

Die Beckendrehung ist im Vorhergehenden als eine rein rotatorische Bewegung dargestellt worden, was nicht ganz sachgemäss ist. Genauer schon würde es sein, sie als eine Schraubebewegung aufzufassen, in sofern mit der Drehung des Beckens ein Auf- und Absteigen des Beckens verbunden ist. Verursacht wird dieses Steigen und Sinken durch die Schwankungen der zu Trägern des Beckens bestimmten Schenkel. Es ist klar, dass der Abstand des Schenkelkopfes vom Erdboden nicht bei jeder Lage des Schenkels derselbe sein kann, vielmehr muss der Abstand bei senkrechter Stellung desselben am grössten sein, und muss in demselben Maasse abnehmen, als der Winkel, welchen die Längsaxe der Knochen mit dem Lothe bildet, von dem Rechten abweicht. Gleichzeitig mit den Schenkelköpfen muss dann das Becken steigen und sinken.

H. Meyer hat nachgewiesen, dass die Schenkel, bei ungewohnterer aufrechter Körperstellung, nicht senkrecht stehen, sondern eine Richtung von vorn und oben nach hinten und unten haben, die Längsaxe des Schenkels mit dem Lothe macht knapp  $4\frac{1}{2}^{\circ}$ . In Folge dieser Neigung des Schenkels ist also das Becken in etwas nach unten gesunken. Tritt Drehung ein, so schwenkt sich der eine Schenkel nach vorn, der andere nach hinten, bei ersterem wird die schon vorhandene Neigung noch grösser, und die Senkung des Beckens auf der entsprechenden Seite noch beträchtlicher, bei letzterem wird die Neigung kleiner und geht durch

die senkrechte Richtung in die entgegengesetzte Neigung über, so dass dann der Schenkel von oben und hinten nach unten und vorn absteigt. In dem Momente, wo der nach hinten wandernde Schenkel durch die Verticale hindurchtritt, ist der Abstand seines Schenkelkopfes vom Erdboden der grösste, und steigt das Becken auf der entsprechenden Seite am höchsten. Hieraus ergiebt sich, dass das Becken in Folge der Drehung eine schiefe Lage annimmt, ein Querschnitt desselben neigt sich auf der Seite des vorgeschobenen Schenkels nach unten.

Ich bemerkte bereits, dass der nach hinten gerichtete Schenkel über die Lage der Verticalen hinausgehen und eine Neigung von umgekehrter Richtung annehmen könne. Selbstverständlich muss dann das Becken auch auf der Seite des nach hinten gerichteten Schenkels eine Senkung erfahren. Bei maximaler Rotation wird also das Becken auf beiden Seiten nach abwärts sinken, was nothwendig eine Verminderung der Körperlänge zur Folge haben muss. Meine Versuche bestätigen dies. Bei mir vermindert sich die Körperlänge in derartigen Fällen um 10 Mm <sup>1)</sup>.

Man kann die Grössen aller dieser Bewegungen trigonometrisch berechnen, wenn man das Lageverhältniss der Gelenkpfannen zur Drehaxe bei normaler Körperstellung kennt, worüber die Tabelle S. 478 Aufschluss giebt. Es mag nun gestattet sein, ein paar hierher gehörige Rechnungen beispielsweise auszuführen, und soll zunächst die Grösse des Winkels gesucht werden, welchen der Schenkel beim aufrechten Stehen mit einer Verticalen bildet.

Sei in Taf. XV Fig. 3  $lm$  der nach vorn geneigte Schenkel, vom Schenkelkopfe  $l$  bis zum Knöchel  $m$ .

Sei  $nm$  das untere Ende der verticalen Drehaxe, welche bei  $n$  den Knöchel schneidet.

Die Linie  $ln$  ist vom Schenkelkopfe bis zur Drehaxe gezogen und trifft auf diese rechtwinklig. Sie entspricht dem Abstände der Schenkelköpfe, oder was dasselbe sagt, der Pfannen von der Transversalen, ein Werth, den wir oben mit  $C$  bezeichnet haben.

Nun ist  $x$  der Winkel, welchen der Schenkel mit der Verticalen macht und den wir suchen. Es ist:

$$\sin x = \frac{ln}{lm} = \frac{61}{840} \text{ Mm.}$$

<sup>1)</sup> Weiter unten wird sich finden, dass diese Verminderung der Körperlänge nicht durch das Sinken des Beckens allein verursacht wird.

Wir fanden nehmlich oben, dass  $C = l_n = 61$  Mm. im Mittel beträgt, und misst in meinem mittelgrossen Körper (Höhe 1710 Mm.) der Schenkel  $l_m$  840 Mm.

Die Rechnung führt auf  $x = 4^\circ 10'$ , ein Werth, der mit dem oben durch directe Messung constatirten von knapp  $4\frac{1}{2}^\circ$  recht gut übereinstimmt.

In Taf. XV Fig. 3 ist  $nm$  die Projection des Schenkels  $l_m$  auf die Verticalebene der Drehaxe und entspricht also der Dimension des Schenkels in der Richtung der Verticalen. Nun ist

$$\frac{nm}{l_m} = \cosin x \text{ und also}$$

$$nm = l_m \cosin x$$

oder, mit Rücksicht auf die gegebenen Werthe  $nm = 837,8$  Mm. Die absolute Länge des Schenkels war 840 Mm. und ist also  $840 - 837,8 = 2,2$  Mm. gewissermaassen der Längenverlust des Schenkels in der Verticalebene, das will sagen, es ist durch die schiefe Stellung, welche der Schenkel angenommen, sein Gelenkknopf und folglich das Becken um 2,2 Mm. nach unten gesunken.

Fragen wir weiter, was sind die Folgen, wenn das Becken eine derartige Rotation ausführt, dass die Pfannen des nach vorn wandernden Schenkels in die Sagittale eintritt? Es hat sich gefunden, dass der Abstand der Pfanne von der Drehaxe im Mittel 81 Mm. beträgt (Werth A der Tabelle S. 478). Da die Pfannen bei der Rotation sich im Kreise um die Drehaxe bewegen, so gilt dieser Werth auch für den Fall, dass die Pfanne in die Sagittale eintritt. Es nimmt also in unserer Figur den Werth 81 Mm. an und wir erhalten:

$$\sin x' = \frac{l_n}{mn} = \frac{81}{840} \text{ dazu Winkel } 5^\circ 32'$$

so dass der Winkel, welchen der Schenkel mit der Verticalen bildet, um  $5^\circ 32' - 4^\circ 10' = 1^\circ 22'$  gewachsen ist.

Unvermeidlich muss bei dieser stärkeren Neigung des Schenkels sein oberes Ende dem Erdboden näher kommen. Um wie viel, ergibt sich aus folgender Rechnung:

$$nm = l_m \cosin x' = 836,1 \text{ Mm.}$$

Die absolute Länge des Schenkels ist 840 Millimeter und  $840 - 836,1 = 3,9$  Mm. ist die Grösse, um welche der Abstand

des Schenkelkopfes vom Erdboden vermindert worden. Das Becken ist also im Ganzen um 3,9 Mm. gesunken, oder im Vergleich zu der Stellung, die es vor der Drehung einnahm, um 3,9—2,2=1,7 Mm. herabgestiegen. — Die Ausführung weiterer Beispiele scheint überflüssig.

Um das wesentliche Ergebniss der vorstehenden Untersuchungen in wenige Worte zusammen zu drängen, so hat sich gefunden, dass bei der Beckendrehung die Bewegungen des Beckens und der Schenkel, vom Gelenkkopf bis zum Knöchel herab solidarisch verbunden sind. Und zwar handelt es sich hierbei nicht bloss um eine derartige Verbindung der Bewegung, wie sie in einem zusammenhängenden Systeme von Körpertheilen gar nicht fehlen kann. Es liegt am Tage, dass wenn das Becken sich dreht, die in den Pfannen eingekapselten Schenkelköpfe und also die Schenkel überhaupt, sich der Mitbewegung nicht entziehen können, aber es handelt sich eben nicht bloss um solche Mitbewegungen. Wenn das Becken sich dreht, so werden die Schenkel nicht bloss passiv mit fortgeschleppt, sondern sie sind activ, unterstützen durch eine, wenn auch beschränkte Rotation und arthrodische Bewegung, die von den Muskeln des Unterschenkels und Fusses ausgeht, die Rotation des Beckens, welche ohne diese Hülfe von viel geringerem Umfange sein würde.

Anlangend die Rotationsbewegungen der Wirbelsäule, so sind diese zunächst durch die Elasticität der Zwischenwirbelknorpel bedingt. Die Grösse der Rotationen muss, bei gleicher Elasticität, direct wie die Dicke und umgekehrt wie der Querschnitt der Knorpel wachsen. Dies Gesetz bestätigt sich auch so ziemlich, wenn man die Ringstücke der Wirbel entfernt und die Körper allein der Drehung unterwirft. Man sieht unter diesen Umständen, dass die Körperstücke sich um eine Axe drehen, welche der Länge nach durch ihre Centra hindurchsetzt.

Werden die Ringstücke nicht entfernt, so fallen die Rotationen sehr viel kleiner aus, und ist die Grösse derselben im einzelnen Falle dann wesentlich abhängig von der Mechanik der Processus obliqui, bezüglich ihrer Gelenkflächen und Bänder.

Berücksichtigen wir zunächst die Beziehungen der Gelenkflächen zu den Drehbewegungen, so giebt es für die vier Gelenkflächen, durch welche je zwei Wirbel zusammenhängen, im Grunde

nur zwei Raumlagen, welche den mechanischen Anforderungen der Rotation genügen können. Der erste Fall ist der, dass die Gelenkflächen sämmtlich in einer Ebene liegen, welche die Drehaxe rechtwinklig schneidet. Dann schleifen bei aufrechter Körperstellung die Gelenkflächen in einer Horizontalebene aneinander, wie die sich gegenüber liegenden Flächen zweier Mühlsteine. Dieser Fall kommt nur einmal vor, zwischen Atlas und Epistropheus, und ist selbst in diesem einen Falle die Ansführung des Planes ziemlich mangelhaft, indem die bezüglichen Gelenkflächen nicht genau in einer Ebene liegen.

Der zweite Fall ist der, dass die senkrecht gestellten Gelenkflächen in dem Cylindermantel liegen, welchen sie selbst bei ihrer Umkreisung der Drehaxe im Raume darstellen. Die Drehung beruht dann auf demselben Principe, wie die zweier in einander gesteckten Röhren. In allen Rückenwirbeln entspricht die Raumlage der Gelenkflächen diesem Typus, und vertritt immer von je zwei Wirbeln der obere die Stelle der äusseren oder einschliessenden Röhre.

Ich habe der Kürze und Deutlichkeit wegen, die in Betracht kommenden Verhältnisse durch eine Zeichnung versinnlicht. Fig. 4 zeigt den achten Rückenwirbel von oben gesehen. Die Linien ab und cd bedeuten die nach hinten gerichteten Gelenkflächen der oberen schiefen Fortsätze, von der hohen Kante gesehen. Diese Flächen liegen nun wirklich in einem Cylindermantel, von welchem Im ein Bruchstück darstellt, nur ist dies nicht der Cylindermantel, welchen die schiefen Fortsätze bei ihrer Rotation um die Längsaxe darstellen, und welcher in seinem Querschnitte durch den Kreis no wiedergegeben ist. Man sieht, dass die Radii vectores verschiedener Punkte der Gelenkflächen von ungleicher Länge sind, nemlich die zu den inneren Rändern gehörigen bx und cx kürzer, als die zu den äusseren Rändern gehörigen ax und dx. Hieraus entstehen für die Rotation Hemmnisse. Wenn nemlich die Gelenkflächen des oberen Wirbels die des unteren umkreisen sollen, so muss auf der einen Körperseite die äussere Hälfte der Gelenkfläche des oberen Wirbels über die innere des unteren Wirbels hinweggleiten, auf der anderen Seite umgekehrt müsste sich die innere Hälfte der Gelenkfläche des oberen Wirbels über die äussere Hälfte des unteren hinwegdrehen, was unmöglich ist, weil wie bemerkt

die inneren Hälften der Gelenkflächen dem Drehpunkte  $x$  näher liegen als die äusseren. Es ist mit Hülfe der Figur nicht schwer zu übersehen, dass bei Drehung der Wirbel nach rechts die Klemmung in den Gelenkflächen der linken Körperseite eintritt, bei Drehung nach links umgekehrt in den Gelenkflächen der rechten Seite.

In den sechs unteren Halswirbeln ist die Anordnung der Gelenkflächen für die Rotation um die Längsaxe sehr ungünstig. Die vier an einander schleifenden Gelenkflächen liegen allerdings in einer Ebene, aber diese Ebene ist von oben und vorn nach unten und hinten gerichtet, und schneidet also die verticale Drehaxe unter einem spitzen Winkel. Die Gelenkflächen der Halswirbel würden zu einem mühlsteinartigen Schleifen auf einander wohl geeignet sein, wenn die Drehung um eine Axe erfolgte, die normal auf den Gelenkflächen stünde, also eine Richtung von oben und hinten nach vorn und unten hätte. Für die Drehung aber, mit der wir allein zu thun haben, also für die Rotationen um eine verticale Längsaxe ist die Anordnung der Gelenkflächen an den Halswirbeln ungenügend, sie werden an einander gedrückt und klemmen sich.

Aber noch ungeeigneter für eine derartige Rotation ist die Mechanik der Lendenwirbel. Bei diesen liegen die Gelenkflächen in zwei Ebenen, welche, statt in den Cylindermantel, den die rotirenden Theile umschreiben, einzugehen, denselben rechtwinklig schneiden. Die beiden oberen Gelenkfortsätze jedes tiefer liegenden Wirbels umfassen von beiden Seiten, die unteren Fortsätze jedes höher gelegenen Wirbels, und steht daher dem einen Gelenkfortsatze des oberen Wirbels, wenn es zur Drehung kommen soll, eine dem unteren Wirbel angehörige Knochenwand gegenüber, welche die Bewegung im Kreise unmöglich macht.

Aus dem Allen ergibt sich, dass die Gestaltung der schiefen Fortsätze und namentlich die Anordnung ihrer Gelenkflächen den Rotationsbewegungen sehr ungünstig ist. In der That würden diese Bewegungen fast ohne Ausnahme gleich Null sein, wenn durch die Gegenwart sehr enger und straffer Kapselmembranen die Gelenkflächen fest gegen einander gepresst würden. Dies ist in dem grössten Theile der Wirbelsäule nicht der Fall, wie man sich überzeugen kann, wenn man mit Hülfe einer feinen Säge Querschnitte ausführt, welche die Gelenkhöcker halbiren. Man sieht dann, dass im Rücken und Halse die Gelenkflächen nicht gedrängt gegen ein-

ander liegen, sondern einen mehr oder weniger klaffenden Spalt frei lassen, welcher eine kleine Wackelbewegung gestattet, die auch den Rotationen zu Gute kommt. Nur in den Lendenwirbeln liegen die Gelenkflächen compress gegen einander, so dass die Wackelbewegung fast gänzlich und die Drehbewegung, wie es scheint, vollständig wegfällt.

Die zwischen Atlas und Epistropheus gelegene Kapselmembran erinnert durch ihre Weite einigermaassen an die des Schultergelenks, und würde dieselben chirurgischen Gefahren bedingen wie letztere, wenn nicht der zweite Halswirbel durch drei starke Bänder an das Hinterhaupt gebunden wäre, was jedes Auseinandertreten der an einander schleifenden Gelenkflächen unmöglich machte. Unter diesen Umständen ist die Weite der Kapselmembran nur vortheilhaft, indem sie allein die sehr umfangreiche Drehung ermöglicht, die zwischen Atlas und Epistropheus statt findet. Die Drehung kann so bedeutend werden, dass die Gelenkflächen des Atlas die des Epistropheus beinahe vollständig verlassen, indem die eine nach vorn, die andere nach hinten über die Gelenkfläche des zweiten Wirbels hinweggleitet. Nach den mir vorliegenden Präparaten muss ich annehmen, dass bei vollständiger Drehung eine kleine Senkung des Atlas und folglich auch des Kopfes eintrete. Die Gelenkflächen der beiden oberen Halswirbel liegen, wie schon bemerkt, nicht in einer Ebene, sondern in einer Fläche, welche einem transversal gerichteten Tonnengewölbe entspricht. Indem die Wölbung des Atlas zu einem kleineren Kreisbogen gehört, als die des Epistropheus, berühren bei normaler Kopfstellung, die Gelenkflächen des Atlas die des Epistropheus nur mit ihren äusseren Rändern, und bleibt zwischen beiden Wirbeln, nach vorn hin, eine sichelförmige Lücke. Diese Lücke schwindet aber bei starker Rotation, indem die vorspringenden Ränder der Gelenkflächen des Atlas über die Gelenkflächen des Epistropheus herabgleiten. Es ist klar, dass dieser Vorgang eine kleine Senkung des Atlas, die freilich kaum 2 Mm. betragen dürfte, hervorbringen muss.

Die Muskeln, welche die Drehung der Wirbelsäule vermitteln, zerfallen in zwei Klassen. Die eine ist ausschliesslich an Wirbeln befestigt, die andere nur einerseits und andererseits am Stamme.

Anlangend die Muskeln, welche von Wirbeln zu Wirbeln verlaufen, so kommt es nicht sowohl darauf an, sie im Einzelnen zu

studiren, als sich mit den allgemeinen Prinzipien ihrer Wirksamkeit vertraut zu machen. Alle diese Muskeln haben einen schiefen Verlauf, winden sich also mehr oder weniger um die Längsaxe der Wirbelsäule herum, und wirken nur mit demjenigen Antheile ihrer Kraft, der senkrecht zur Längsaxe der Wirbel steht. Bei näherer Untersuchung findet sich, dass sie den rotatorischen Zwecken nur sehr unvollkommen entsprechen, denn einerseits umkreisen sie nie mehr als  $\frac{1}{4}$  der Peripherie der Wirbelsäule, andererseits sind sie meistens sehr steil angelegt, so dass bei weitem der grösste Theil ihrer Kraft in der Richtung der Längsaxe des Körpers wirksam ist, und für Streckung und seitliche Beugung verwendet wird. Dies complicirt aber die Rotationsbewegungen ausserordentlich. Soll nemlich eine reine Axendrehung zu Stande kommen, so müssen die seitlichen Beugungen und Streckungen durch geeignete Antagonisten aufgehoben werden. Nun kann aber für einen bestimmten schiefen Muskel beispielsweise Semispinalis dorsi der linken Seite, nie der entsprechende Muskel der gegenüberliegenden rechten Seite verwendet werden, da dieser nicht bloss in Bezug auf seitliche Beugung und Streckung, sondern auch in Bezug auf die Richtung der Drehung, Antagonist ist. Hieraus folgt, dass die Bewegungseffecte der schiefen Muskeln, die mit der Drehung nichts zu thun haben, nur durch ein anderes System von Muskeln beseitigt werden können.

Obschon die anatomische Anordnung der Muskeln, welche von Wirbel zu Wirbel gehen, in Bezug auf ihr Rotationsvermögen ein ziemlich unvollkommenes ist, so darf man doch aus der Mangelhaftigkeit der einzelnen Muskeln nicht auf die Mangelhaftigkeit des ganzen Systems schliessen. Die tiefliegenden Rückenmuskeln, um die es sich hier handelt, unterstützen sich unter einander nach einem doppelten Principe. Das erste beruht auf der Repetition gleichartig wirkender Muskeln in der ganzen Längenausdehnung der Wirbelsäule, so also, dass wenn von dem Wirbel a zu dem Wirbel d ein Drehmuskel geht, auch von dem Wirbel b zu dem Wirbel e, und von dem Wirbel c zu dem Wirbel f ein entsprechender Muskel geht. Dies hat zur Folge, dass die sehr kleine Drehung eines gegebenen Wirbels in einem jeden höher liegenden um das gleiche Maass vermehrt wird und am oberen Ende der Wirbelsäule einen ansehnlichen Umfang gewinnt,

Das zweite Prinzip, nach welchem sich einzelne Muskeln zu grösseren Gesamtwirkungen verbinden, ist dies, dass mehrere Muskeln im Verlaufe einer und derselben Schraubenlinie liegen, so dass sich die im Einzelnen kleinen Windungen im Ganzen zu einer grossen summiren. Zum besseren Verständniss dieses wichtigen Prinzipes mag an die *Musculi digastrici* erinnert werden. Zwei oder mehrere Muskeln, welche durch eine oder mehrere zwischenliegende Sehnen vollständig getrennt sind, wirken, wenn nur ihre Fasern in einer und derselben Richtungslinie liegen, wie ein einfacher Muskel. Da die Sehne, welche die beiden Muskelbäuche verbindet, zur Bewegung nichts beiträgt, sondern lediglich die Verbindung der gesonderten Theile zu einem Ganzen bezweckt, so kommt auf das histologische System, welches die Verbindung herstellt, nichts an, und kann also die Sehne sehr füglich durch Knochenmasse ersetzt werden. Mit Rücksicht hierauf ist es physiologisch vollkommen gerechtfertigt, die *Intercostales externi* einer Körperseite als einen einfachen *Musculus polygastricus* zu betrachten. Derselbe hat 11 Bäuche, deren der *Rectus abdominis* nur 4 hat, und ist vorauszusetzen, dass sich seine Hubkraft von oben nach unten dermassen summirt, dass die unterste Rippe 11mal höher gehoben wird, als die zweite.

Unter den Rotationsmuskeln des Rückens kommen solche *Digastrici*, welche durch Knochen zusammen hängen, ebenfalls vor. Der *Semispinalis dorsi* der einen Körperseite ist durch die Dornfortsätze der obersten Rückenwirbel mit dem *Splenius colli* der anderen Seite, und ein Bündel des *Multifidus spinae* durch den Dorn des zweiten Halswirbels mit dem *M. obliquus cap. infer.* zu einem Muskel verbunden. Durch derartige Verbindungen entstehen längere Muskelzüge, welche die Wirbelsäule in grösserem Umfange umwinden und folglich auch grösseren Einfluss auf die Drehung haben. Mit dieser Vermehrung des Rotationsvermögens hängt es zusammen, dass die angeführten beiden *Digastrici* am Halse liegen, wo umfangreiche Drehungen am besten angebracht scheinen, jedenfalls eben thatsächlich vorkommen.

Unter den Drehmuskeln, welche von Wirbel zu Wirbel verlaufen, ist der *Multifidus spinae* der wirksamste. Bekanntlich entspringt derselbe von Querfortsätzen und heftet sich an weiter nach oben gelegene Dornfortsätze. Jedes seiner Bündel zerfällt in drei

kleinere, von welchen das oberflächlichste bis zum 3. Wirbel nach oben und das am tiefsten liegende bis zum Dornfortsatze des nächst höheren Wirbels emporsteigt. Diese letzten Bündel (die *Rotatores Theilii*) haben einen nahezu transversalen Verlauf, und müssen trotz ihrer geringen Dicke ihrer günstigen Lage wegen, für die Drehung des Körpers von Wichtigkeit sein. Ich will beiläufig bemerken, dass diese Bündel am Halse vorzugsweise schwach sind, und zwischen dem 3. und 2. Wirbel bisweilen nur aus wenigen Fasern bestehen. Von mehr untergeordneter Bedeutung sind die *Semispinales* und der *Splenius colli*, deren Bündel über 6—7 Wirbel hinwegsetzen, und ihres steilen Verlaufes wegen fast nur in der Richtung der Längensaxe wirken. Dagegen ist der *Musculus obliquus capitis infer.* in Folge seiner fast transversalen Lage für die Rotation wieder von Wichtigkeit.

Da Wirbel, welche einmal drehbar sind, sich ebenso wohl nach rechts als nach links drehen lassen, so kann fraglich scheinen, welcher Vortheil für die Drehung entstehe, wenn ein schief liegender Muskel von einem Wirbel zum anderen geht. Wenn sich ein Muskel verkürzt, müssen seine Anheftungspunkte sich gegenseitig nähern, und sollte dann, wenn der obere Wirbel nach rechts gedreht wird, der untere nach links gedreht werden. Nun kommen zwar Drehungen nach entgegengesetzten Seiten wirklich vor, wie man beispielsweise die Schultern nach rechts und gleichzeitig den Kopf nach links drehen kann, aber solche Fälle scheinen nur durch die Gegenwirkung verschiedener Muskeln herstellbar zu sein. Drehungen, welche nur durch einen Muskel bewirkt werden, sind wohl immer einseitige, und verhält sich dann der untere Anheftungspunkt des Muskels als der unbewegliche. Hiermit hängt auch zusammen, dass die unteren Enden der von Wirbel zu Wirbel gehenden Muskeln sehr allgemein als deren Ursprünge, die oberen Enden dagegen als Ansätze bezeichnet werden. Der Grund, weshalb gerade das untere Ende den immobilen Punkt abgiebt, ist wahrscheinlich in verschiedenen Umständen zu suchen. Zunächst ist wohl an den nach unten zunehmenden Druck der Schwere zu denken. Bei Drehung des Körpers im Ganzen, ist der Fuss der einzige immobile Theil und die Ursache seiner Fixation liegt nur in der Schwere des Körpers, welche die Fusssohle an den Boden anheftet. Umgekehrt ist der Kopf der am leichtesten drehbare

Theil, weil die Last, welche hier auf dem Drehgelenke ruht, nirgends weiter so gering ist. Gesetzt man wollte an einem Menschen, der sich zu Drehversuchen ohne Muskelresistenz hergäbe, über die Leichtigkeit von Rotationen experimentiren, so würde man mit leichtester Mühe eine Drehung des Kopfes erzeugen, schwerer schon eine Drehung in den Schultern, noch schwerer eine Drehung im Becken, und eine Drehung in der Unterschenkelgegend würde nicht ohne grosse Kraftanstrengung ausführbar sein.

Hierzu kommt zweitens die Gestalt und Lage der Gelenkflächen der Wirbel, die im Allgemeinen wenigstens in der Richtung von oben nach unten für die Drehung immer ungünstiger wird. Wenn nun ein Muskel zwischen einem leichtbeweglichen und einem schwerbeweglichen Punkte ausgespannt ist, so kann es nicht befremden, dass eine Kraft, welche zur Bewegung des ersteren ausreicht zur Bewegung des zweiten nicht ausreicht.

Die zweite Klasse von Rotationsmuskeln geht also nicht von Wirbel zu Wirbel, sondern von dem Stamme zu den Wirbeln, entweder direct oder indirect, in letzterem Falle durch Vermittelung der Rippen, welche als Fortsätze der Wirbel betrachtet werden können. Die Rippen, welche mit der Wirbelsäule nur in Bezug auf Hebung und Senkung beweglich verbunden sind und nach Art der Querfortsätze transversal von ihr ausgehen, können im Rotationsvorgange mit den Hebelarmen an der mechanischen Welle verglichen werden. Je nachdem man eine Rippe von aussen nach innen, oder von innen nach aussen bewegt, dreht sich der Wirbel, an dessen Querfortsatz sie angeheftet ist, nach der einen oder anderen Seite. Die Rippe verhält sich in diesem Bezuge vollkommen wie ein Querfortsatz, doch hat sie vor diesem den Vortheil voraus, dass sie dem Muskel einen viel längeren Hebelarm zum Angriffspunkte bietet.

Als den ersten Muskel, welcher vom Stamme durch Vermittelung der Rippen zur Wirbelsäule geht, will ich den *Musc. descendens abdominis* anführen. Seine Fasern verlaufen in schräger Richtung, um einen Theil des Bauches und Brustkorbes sich herumwindend, von innen und unten nach oben und aussen. In dieser Angabe des Faserverlaufes, die beiläufig mit dem Namen *Descendens* in Widerspruch steht, liegt bereits die Behauptung, dass der unbewegliche Punkt des Muskels unten, der bewegliche oben liege,

was einer weiteren Erwägung bedarf. — Für den Theil des Muskels, welcher vom Kamme des Hüftbeins entspringt und zu den beiden untersten Rippen emporsteigt, kann ein Zweifel hierüber nicht aufkommen, anders aber verhält es sich mit den Fasermassen, welche zwischen der Aponeurose und den 6 folgenden Rippen, also bis zur 5. von oben gelagert sind. Von diesem Theile des Muskels ist zu sagen, dass sein fester Punkt eine constante Lage überhaupt nicht hat, sondern da liegt, wo wir ihn willkürlich hinlegen, Handelt es sich aber um Rotationen der Wirbelsäule, so legen wir ihn nach unten. Man stelle sich vor, die Linea alba besäße die Unnachgiebigkeit eines Knochens, so ist sofort klar, dass der *Obliquus descendens* die 6 obersten Rippen, an die er sich anheftet, nach seiner Seite hinziehe und durch Vermittelung dieser Hebelarme die Wirbel in entsprechender Richtung drehen müsste. Es kommt also nur darauf an, die Linea alba zu fixiren, was durch den *Obliquus ascendens*, *serratus posticus inferior* und *transversalis* der entgegengesetzten Körperseite ausführbar ist. Anlangend den ersten der beiden eben genannten Muskeln, so drängt sich noch eine andere Betrachtung auf. Wenn man die Bauchmuskeln so präparirt, dass auf der einen Körperseite der *Obliquus descendens* auf der anderen der *Obliquus ascendens* freiliegt, so sieht man, dass die Fasern des *Ascendens* und die Fasern der oberen zwei Dritttheile des *Descendens* in derselben Schraubenlinie verlaufen und nur durch sehnige Membranen getrennt sind. Sie bilden also in dem oben erörterten Sinne einen *Digastricus*, der von dem Becken, als dem unbeweglichen Punkte, entspringt, nach oben steigend den Bauch umkreist und nach einer beträchtlichen Windung sich an die Rippen der entgegengesetzten Seite ansetzt. Dass ein derartiger Muskelzug der Rotation dienen müsse, ist unverkennbar. Der *Musculus ascendens* der rechten Seite zieht die 3 hintersten Rippen derselben Seite nach aussen und hinten, und dreht also die 3 untersten Wirbel nach rechts, der *M. obliquus* der linken Seite dagegen zieht die 8 untersten Rippen nach innen und vorn und dreht also die zugehörigen 8 Wirbel ebenfalls nach rechts. Eine weitere Unterstützung findet diese Drehung nach rechts in der Thätigkeit des *Serratus post. infer.* der rechten Seite, welcher in den Dornfortsätzen der Lendenwirbel seinen festen Punkt hat und sich an der Aussenseite der 4 unteren Rippen ansetzt.

Er entspricht nach Verlauf und Wirkung vollständig dem *Obliquus ascendens*, dem er als Hülfsmuskel beigegeben ist.

Anlangend die Kraft, welche der *m. descendens* auf die Drehung verwendet, so muss dieselbe eine sehr bedeutende sein. Sie ist wahrscheinlich weit grösser, als die der tiefen Rückenmuskeln, von welchen oben gehandelt wurde. Dafür spricht erstens: die sehr bedeutende Entfernung der Muskelansätze vom Drehpunkte der Rippenhebel; zweitens der günstige Winkel, unter welchem sich die Muskeln an den Rippen ansetzen, ein Winkel der in der Rotationsebene einem rechten sehr nahe kommen dürfte, und endlich das weniger steile Aufsteigen der Muskelfasern, was geringere Kraftverluste in der Richtung der Verticalen zur Folge hat.

Ich versuche diese Verhältnisse durch eine schematische Figur (Taf. XV Fig. 5) anschaulich zu machen, welche man als eine Projection der betreffenden Körpertheile in eine Horizontalebene aufzufassen hat. Es bedeutet W den Wirbel, R die Rippe, D den *M. descendens*, L die *Linea alba*, d den Drehpunkt im Wirbelkörper, c den Ansatz des Muskels an der Rippe. Ich habe der irrelevanten Krümmung des Rippenhebels die gerade Linie a substituiert, um klarer zu machen, wie die wirkende Kraft in grosser Entfernung vom Drehpunkte d, nemlich bei c eingreift. Die gerade Linie b repräsentirt die Richtung der Muskelkraft, und zeigt, wie diese mit dem Hebel a einen Winkel x bildet, der jedenfalls einem rechten sehr nahe kommt.

Etwas weiter nach oben und aussen als der *Obliquus descendens* findet sich der *M. serratus anticus major*, dessen Fasern von unten und aussen nach oben und hinten verlaufen und sich an dem inneren Rande des Schulterblattes ansetzen. Von demselben Rande gehen die Fasern der beiden *Rhomboidei* aus, verlaufen in derselben Richtung und setzen sich an die Dornfortsätze der vier obersten Rücken- und beiden untersten Halswirbel an. Es liegen also die Fasern beider Muskeln, wenigstens dem grössten Theile nach, in derselben Spirallinie, und bilden einen durch das höchst bewegliche Schulterblatt verbundenen *Digastricus*. Die wichtigste Frage, welche sich nun darbietet, ist die, wo der feste Punkt dieses zweibäuchigen Muskels liege, ob in der Wirbelsäule oder im Brustkorbe? Ich habe keine Gelegenheit gehabt, hierüber Versuche anzustellen, glaube aber aus den anatomischen Anordnungen schliessen

zu müssen, dass beide Fälle vorkommen. Dass die Wirbelsäule bisweilen den festen Punkt abgebe, ist namentlich für die Fälle im höchsten Grade wahrscheinlich, wo der in Frage stehende Digastricus auf beiden Seiten gleichzeitig in Thätigkeit kommt, wie bei sehr tiefen Inspirationen. Denn wenn die Rhomboidei in diesem Falle auch nicht gerade die Schulterblätter der Wirbelsäule nähern, so müssen sie dieselben doch fixiren, wenn die Verkürzung des Serratus eine Erhebung und Erweiterung des Brustkastens bewirken soll. Da nemlich der Brustkasten viel unbeweglicher als das Schulterblatt ist, so würde letzteres durch eine Contraction der Sägemuskeln nach aussen und unten gezogen werden, wenn die Rhomboidei es nicht fixirten, und wiederum ist diese Fixation nur möglich, wenn die Rhomboidei selbst an der Wirbelsäule einen Halt haben. Läge der feste Punkt des Serrato-Rhomboideus constant in der Wirbelsäule, so könnte letzterer anderweitige Bewegungen als Hebung und Erweiterung des Brustkastens nicht hervorbringen. Da er aber am normalen Athmen keinen Theil nimmt, und sehr tiefe Inspirationen nur ausnahmsweise vorkommen, so darf man voraussetzen, dass der Muskel noch anderen Bewegungen diene und noch ein anderes Punctum fixum habe. Dies kann nirgends weiter gesucht werden, als im Brustkasten. Giebt aber der Brustkasten den festen Punkt ab, so muss eine Drehung der oberen Rücken- und unteren Halswirbel nach rechts eintreten, wenn der Serratus von links wirkt. Allerdings müsste der Brustkasten, um eine derartige Drehung zu ermöglichen, erst fixirt werden, aber die Mittel hierzu sind auch gegeben, und sind im Vorhergehenden zum Theil schon besprochen worden. Es handelt sich also darum, dass wenn der Serrato-rhomboideus sich contrahirt, die Rippen, an die er sich ansetzt, nicht nach oben und aussen gezogen werden, sondern entweder eine entgegengesetzte, der Rotation förderliche Bewegung machen, oder mindestens ihre Lage unverändert beibehalten. Dies geschieht, wenn sich mit dem Serrato-rhomboideus der einen Körperseite die Thätigkeit des Obliquus ascendens, des Serratus posticus infer. und des Transversalis der entgegengesetzten Seite verbindet. An dem Vorkommen solcher Associationen ist nicht zu zweifeln. Ich habe oben bereits auseinander gesetzt, wie die Thätigkeit des Obliquus ascendens, Serratus posticus inferior und Transversalis der rechten Seite die des Obliquus descendens der

linken Seite im Rotationsgeschäfte unterstützt, und da der Serratorhomboides der linken Seite bezüglich der Drehung dieselbe Aufgabe hat, wie der Obliquus descendens der linken, so muss ersterem nicht minder als letzterem die von der rechten Körperseite ausgehende Hülfe zu Gute kommen. Ein beträchtlicher Theil der Fasern des Obliquus ascendens und Serratus posticus infer. der rechten Körperseite und des Obliquus descendens, Serratus anticus major und Rhomboides der linken Seite liegen in denselben Spirallinien und constituiren einen vierbäuchigen Muskel, dessen immobilere Punkt offenbar unten, nemlich am Kamme des Hüftbeins und den kaum drehbaren Lendenwirbeln liegt, während sich der bewegliche an den Dornfortsätzen der 4 obersten Rücken- und beiden untersten Halswirbel befindet. Dass ein solcher, beinahe die ganze Peripherie des Körpers umwindende Polygastricus der Drehung diene ist unverkennbar.

Eine gewisse Unterstützung erhält die Rückendrehung noch durch den *M. trapezius*, welcher von dem *Ligamentum nuchae* und *apicum* sämmtlicher Rückenwirbel entspringt, und sich am Schulterblatte und Schlüsselbeine ansetzt. Da das Schulterblatt weit beweglicher als die Wirbelsäule ist, so muss unter gewöhnlichen Verhältnissen das erstere an die letztere herangezogen werden und nur wenn das Schulterblatt gut fixirt ist, kann die umgekehrte Bewegung und mit ihr eine Drehung der Rippen zu Stande kommen. Dass nun diese Fixation durch die Thätigkeit des *Serratus anticus major* bewirkt werden könne, ergibt sich bereits aus dem Vorhergehenden. Hinzuzufügen ist nur, dass auch der *M. pectoralis major* an derselben Antheil hat, insofern er den Kopf des Oberarmes gegen das Brustbein und also das mit dem Oberarmkopfe verbundene Schulterblatt nach aussen zieht. Dass dies wirklich geschehe, beweist erstlich das Schwellen und Hartwerden des Brustmuskels bei starker Rückendrehung, und zweitens eine messbare Verkürzung desselben Muskels. Ich bezeichnete mit schwarzer Farbe zwei Punkte meines Körpers, nemlich die Mitte des *Manubrium sterni* und die Hautstelle der Schultergegend, welche das *Tuberculum majus* des Oberarmes bedeckt. Bei normaler Körperstellung betrug der Abstand dieser beiden Punkte 215 Mm., nach starker Rückendrehung dagegen nur 205 Mm. Es ist einleuchtend, dass diese Verkürzung des *Pectoralis* um 10 Mm. der

zum Drehen erforderlichen Contraction des Trapezius zu Gute komme.

Die Rückendrehung zieht unvermeidlich eine Veränderung in der Gestalt des Brustkastens nach sich. Die Theile des Thorax, welche bei der natürlichen Stellung des Körpers in der Richtung einer Verticalen liegen, müssen in Folge der Rotation in eine schräge Linie zu liegen kommen. Der Grund ist, dass die Grösse des Drehwinkels von unten nach oben wächst, indem sie von einem Wirbel zum anderen einen gewissen Zuschuss erhält: die ursprünglich verticale Linie wird also nach der Seite, wohin die Drehung erfolgt, eine Neigung erhalten.

Die Drehung des Kopfes ist von dem Zusammenwirken einer grossen Menge von Muskeln abhängig, welche theils von der Wirbelsäule, theils vom Brustkorbe entspringen, und welche im schrägen Verlaufe von unten nach oben steigend sich entweder am Kopfe selbst, oder am Atlas ansetzen. Hinterhaupt und Atlas bilden, nemlich in Bezug auf Drehbewegung ein untrennbares Ganzes, was mit der Gestaltung ihrer Gelenkflächen zusammenhängt. — H. Meyer zeigte, dass die Gelenkhöcker des Hinterhauptes sich als Theile eines Ellipsoids darstellen, dessen grosse Axe in der Transversalen, die kleine Axe dagegen in der Sagittalen liegt. Indem nun die nach oben gerichteten Gelenkflächen des Atlas einer Vertiefung angehören, welche dem Ellipsoid der Hinterhauptshöcker congruent ist, sind im Occipitalgelenke nur Beugungen in der Medianebene und Frontalebene möglich, dagegen Drehungen nicht ausführbar, weil die grosse Axe des Condylenellipsoids in der kleinen Axe des Atlasellipsoids nicht Raum findet. Es ist auffallend, dass sich zwischen Atlas und Hinterhaupt dem ohngeachtet ein Drehmuskel befindet, der *Musculus obliquus superior capitis*, welcher seiner Lage nach als der oberste Rotator Theilii betrachtet werden könnte. Die Wirkung dieses Muskels kann jedenfalls nur eine verschwindend kleine sein.

Da Muskeln, welche sich bei der Drehung unterstützen, entweder in derselben Spirallinie, oder doch in Spiralen von parallelem Verlaufe liegen müssen, und da eine Spirale, die auf der hinteren Seite des Körpers ihren Verlauf von links nach rechts nimmt, auf der vorderen Seite von rechts nach links verläuft, so müssen die vorderen und hinteren Drehmuskeln, welche in gleichem Sinne

wirken, in ungleicher Richtung verlaufen und also sich kreuzen. So verhält es sich beispielsweise mit dem *Obliquus capitis inferior* der rechten und dem *Sternocleidomastoideus* der linken Seite. Anlangend letzteren so gehört er nicht bloss wegen seiner Stärke, sondern auch wegen seines günstigen Ansatzes zu den kräftigsten Drehern des Kopfes, während er mit der Vorwärtsbeugung desselben, auf welche der Name Kopfnicker hinweist, nichts zu thun hat. Der Ansatzpunkt des *Sternocleidomastoideus* am *Processus mastoideus* liegt nemlich meistens ein wenig hinter der Queraxe des Occipitalgelenkes, nie vor ihr. Dagegen muss die Verkürzung dieses Muskels eine starke Seitenbeugung zur Folge haben. Ueberhaupt complicirt sich die Thätigkeit aller Drehmuskeln des Kopfes mit Seitenbeugungen, die also bei reinen Rotationen einer besondern Beseitigung bedürfen. In einigen Fällen wird die *Correctur*, wenn auch nicht ganz doch theilweise durch die Wirksamkeit sich gegenüber liegender Drehmuskeln selbst besorgt, wie die eben erwähnte Seitenbeugung des *Sternocleidomastoideus* der linken Seite durch die Seitenbeugung des *Obliquus capitis infer.* der rechten Seite nothwendig beschränkt wird.

Da die meisten Kopfdreher an der hinteren Seite des Körpers liegen, und mit dem grösseren Theile ihrer Kraft auf Rückwärtsbeugung hinarbeiten, so kann es nicht fehlen, dass bei reiner Drehung die vorderen geraden Kopfmuskeln eine wichtige Rolle spielen.

Nach diesen Auseinandersetzungen über die Rotationen einzelner Theile bleibt nur noch übrig, auf einige Verhältnisse hinzuweisen, welche das Rotationsgeschäft im Allgemeinen betreffen.

Es ist auffällig, dass gerade die Raumlage, welche für die Drehmuskeln am besten passt, denselben nur ausnahmsweise angewiesen ist, ich meine nemlich die, wo die Längenaxe des Muskels und die Drehaxe sich rechtwinklig kreuzen. Dies findet, wie schon angegeben, nur bei den Auswärtsdrehern des Schenkels und annäherungsweise bei den *Rotatores Theilii* statt. Die übrigen Drehmuskeln steigen in schrägem Verlaufe und oft so steil aufwärts, dass nur ein Theil ihrer Kraft, und häufig der kleinste der Drehung zu Gute kommt, während die zweite in verticaler Richtung wirksam ist. Man kann fragen, was ist der Grund dieser scheinbar zweckwidrigen Anordnung.

Zunächst kommt in Betracht, dass jede Drehung wie überhaupt jede Bewegung des Skeletts, eine Veränderung der Raumlage mindestens zweier Knochen voraussetzt, und dass eine derartige Veränderung nur durch einen Muskel bewirkt werden kann, der von dem einen der zu bewegenden Knochen zum andern übergeht. Mit Rücksicht hierauf können bei aufrechter Stellung des Körpers die Drehmuskeln nur in der horizontalen Rotationsebene angebracht sein, wo die beiden der Drehung unterworfenen Knochen, oder mindestens die beiden Punkte derselben, an welche der Muskel sich anheftet in gleicher Höhe liegen. Da nun von zwei drehbaren Knochen in der Regel einer über dem anderen liegt, so sind Muskeln von horizontalem Verlaufe in der Regel nicht anbringbar.

Die Auswärtsdreher des Oberschenkels liegen horizontal, weil bei der ansehnlichen Dimension des Beckens und der Lage der oberen Enden der Schenkelknochen, es den Muskeln nicht an Anheftepunkten von gleicher Höhe fehlt, und die Rotatores Theilii liegen merklich horizontal, weil der Querfortsatz des tiefer liegenden Wirbels, von welchem sie entspringen, und die Basis des Dornfortsatzes des höher liegenden Wirbels, an welchem sie sich ansetzen nahezu in gleicher Höhe liegen, und trotz des Uebereinanderliegens der Wirbel in gleicher Höhe liegen können, da der Querfortsatz des unteren Wirbels an dessen oberem Rande, der Dornfortsatz des oberen Wirbels an dessen unterem Rande angebracht ist. Hier also, wo Anbringung horizontaler Drehmuskeln möglich war, ist sie in Anwendung gebracht.

In der grossen Mehrzahl der Fälle war aber eine solche Anbringung nicht möglich, wie das für den Kopf zum Beispiel sehr einleuchtend ist. Die Drehung desselben erfolgt zwischen dem zweiten und dritten Halswirbel, die übereinanderliegen, so dass auch die günstigste Lage eines Drehmuskels, wie die des *Obliquus capitis infer.* doch eine schiefe sein musste. Hiermit hängt auch zusammen, dass Muskeln von absolut horizontaler Lage, selbst wenn sie sich an die Wirbelsäule anheften, doch der Drehwirkung entbehren. Ein Beispiel liefern die *m. transversales addominis*. Man kann diese beiden Muskeln, also den der rechten und der linken Körperseite als einen *Digastricus* betrachten, dessen Fasern, wenn sie von dem Querfortsatze eines bestimmten Wirbels entsprungen

sind, sich horizontal um den Bauch herum lagern, und an dem gegenüberliegenden Querfortsatze desselben Wirbels sich ansetzen. Es liegt am Tage, dass ein solcher Muskel, welcher sich mit beiden Enden an einem und demselben Knochen anheftet nur die Bauchhöhle verengen, nicht aber die Wirbelsäule drehen kann.

Als etwas Auffälliges will ich noch erwähnen, dass eine Gelegenheit horizontale, und also möglichst wirksame Drehmuskeln anzubringen, unbenutzt geblieben ist. Die Einwärtsdreher des Schenkels haben eine schräge und obenein sehr steil ansteigende Lage, obschon es anscheinend ein Leichtes gewesen wäre, an der vorderen Seite des Beckens Muskeln anzubringen, die, in horizontaler Richtung verlaufend, sich so am Schenkel ansetzen, dass sie diesen mit voller Kraft rotiren konnten. Wäre der Obturator externus, statt sonderbarer Weise unter dem Schenkelhalse weg von vorn nach hinten zu gehen, und in Folge dessen den Schenkelhals nach hinten zu biegen, auf der vorderen Seite verblieben, so wäre er ein sehr wirksamer Einwärtsdreher gewesen. Auch der Pectinaeus, sollte man meinen, wäre besser verwerthet, wenn seine Sehne, statt sich am Trochanter minor, an der hinteren Seite des Oberschenkels, anzusetzen, sich um die vordere Seite dieses Knochens herum nach aussen gewunden hätte.

In Folge ihrer schiefen und oft sehr steilen Lage, wirken also die meisten Drehmuskeln so, dass ein erheblicher Theil ihrer Kraft in der Richtung der Verticalen sich geltend macht. Da nun die immobilen Punkte dieser Muskeln unten, die mobilen oben liegen, so kann man sagen: Die Tendenz der meisten Drehmuskeln geht dahin, den Theil, den sie drehen, nach unten zu ziehen. Soll also eine reine Drehung zu Stande kommen, so gilt es, die nach unten wirkende Kraft aufzuheben. Dies geschieht nun vielfältig ohne Mitwirkung von Antagonisten einfach dadurch, dass der nach unten gezogene Theil auf unnachgiebigen Trägern ruht, welche eine Bewegung in der Richtung der Schwere nicht zulassen. Dieser Satz bedarf indess einer Einschränkung. Die elastischen Zwischenwirbelknorpel sind nachgiebig. Dies wird zur Folge haben, dass die Thätigkeit der schiefen Drehmuskeln, und namentlich derer, welche sehr steil ansteigen, eine gewisse Compression der Knorpel und folglich eine gewisse Verkleinerung der Körperlänge herbeiführt. Ich habe oben gezeigt, dass bei mir die Körperlänge durch

eine kräftige Rotation um ungefähr 10 Mm. vermindert wird, eine Verkleinerung, die zum grossen Theile von der Compression der Knorpel abhängen dürfte. Zwar hat sich gefunden, dass das Becken, wenn es rotirt, eine Senkung nach unten erfährt, welche in der vergrösserten Neigung der Schenkel und namentlich des nach vorn gewandten Schenkels ihren Grund hat, aber diese Senkung, welche ebenfalls eine Verminderung der Körperlänge herbeiführt, kann nach meinen Berechnungen höchstens 3 Mm. betragen und ist also für sich allein, zur Erklärung der beobachteten Verkleinerung von 10 Mm. nicht ausreichend. Allerdings gesellt sich zu dieser Senkung des Beckens noch eine Senkung des Atlas, indess beträgt diese wohl kaum 2 Mm. und dürften demnach mehr als 5 Mm. übrig bleiben, welche, nur auf eine Compression der Zwischenwirbelknorpel beziehbar scheinen.

Die Mitwirkung von Antagonisten ist in allen den Fällen unerlässlich, wo die vertical abwärts wirkende Zugkraft der Drehmuskeln nicht durch einen Widerstand fester Theile von unten her annullirt wird, desgleichen da, wo die Contraction der spiral gelagerten Muskeln zu Beugungen Veranlassung giebt, welche in Fällen reiner Drehung vermieden werden.

Der Faserverlauf der schiefen Drehmuskeln geht vorwiegend von unten und aussen nach oben und innen, d. h. gegen die Medianebene hinwärts. Für das weit seltenere Vorkommen des entgegengesetzten Verlaufes, lassen sich vielleicht immer spezielle Gründe angeben. So gehen sämtliche im Nacken gelegenen Dreher des Kopfes von innen nach aussen, was den Vortheil hat, die Lage der Muskeln der Horizontalen, also für die Drehmuskeln günstigsten näher zu bringen. Natürlich würden Muskeln, die von den Querfortsätzen der Halswirbel der Medianebene zuwärts verlaufen, eine steilere und also minder vortheilhafte Richtung haben. Am Bauche und dem unteren Theile des Brustkastens finden wir nur zwei Muskeln, den *Obliquus ascendens* und *Serratus posticus inferior*, welche den ungewöhnlichen Verlauf nach aussen nehmen, und erklärt sich dies, wie oben gezeigt dadurch, dass sie bestimmt sind, mit dem *Obliquus descendens* der entgegengesetzten Körperseite einen zweibäuchigen Drehmuskel herzustellen.

---