

I.

Ueber Form und Mechanik des Hüftgelenkes.

Von

Dr. Fr. Schmid
in Bern.

(Hierzu Tafel I u. II)

Seit den Untersuchungen der Gebrüder Weber*), die das Hüftgelenk als ein Kugelgelenk mit gleichem Radius für Kopf und Pfanne bezeichneten, hat fast Niemand diese Angabe bezweifelt, geschweige denn näher geprüft. Nur Aeby**) hat an dieser Vorstellung zu rütteln gewagt und dieselbe an der Hand einiger vergleichender Messungen als unrichtig hingestellt, indem er nachwies, dass nicht allein das Hüftgelenk, sondern die Gelenke der Extremitätengürtel bei den Säugethieren überhaupt blos in Ausnahmefällen wirkliche Kugelgelenke darstellen und in der Regel in die allgemeine Rubrik der von ihm sogenannten Sphäroidgelenke gehören. Die Sphäroidgelenke entsprechen Segmenten von Rotationskörpern, die man sich entstanden denken kann durch Drehung eines Kreisbogens um eine feststehende Achse, wobei diese aber nicht wie bei Bildung einer Kugel durch den Mittelpunkt des Kreises geht, sondern excentrisch gelegen ist. Aeby fand bereits, dass der Radius des Drehungskreises stets kleiner ist, als der des rotirenden Kreisbogens und dass ausserdem die meisten Gelenke Absehnitte zweier Rotationskörper enthalten, deren Radien häufig beträchtlich differiren. Was speciell das Hüftgelenk anbetrifft, so bietet dieses den einfachern Fall dar, wo der ganze Gelenkkopf nur Einem Rotationskörper angehört. In dem von Aeby angeführten Falle betrug der Radius des Rotations-

*) Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge, § 52. Göttingen 1836.

**) Die Sphäroidgelenke der Extremitätengürtel. Zeitschrift für rationelle Medicin. III. Reihe, Bd. XVII. S. 201.

kreises 26,0 Mm. und der des rotirenden Kreises 29,1 Mm., die Differenz zwischen beiden also 3,1 Mm.

Seit dieser 1863 erschienenen vorläufigen Mittheilung hat Aeby nichts weiter über die von ihm angeregte Frage veröffentlicht. Gerne folgte ich daher der Aufforderung meines verehrten Lehrers, die begonnene Arbeit auf breiterer Basis aufzunehmen und zu Ende zu führen. Seine mir dabei gewährte Unterstützung verpflichtet mich zu aufrichtigstem Danke. Zur Untersuchung wurden selbstverständlich nur frische und normale Gelenke verwendet.

Ich begann damit, die Form des Schenkelkopfes möglichst genau festzustellen, und bediente mich dazu der folgenden, mir von Herrn Prof. Aeby angegebenen Methode.*) Ich schnitt glatte Scheiben von weissem Wachs ungefähr nach der zu messenden Krümmungslinie aus, erweichte den ausgeschnittenen Rand über einer Flamme und presste ihn dann in der betreffenden Richtung fest auf die Gelenkfläche, um ihn in der angewiesenen Stellung ruhig er härten zu lassen. Dieses Experiment wurde so lange wiederholt, bis die Wachsscheibe überall genau an die Knorpelfläche anschloss und so einen ganz genauen Abguss der betreffenden Krümmungsrichtung darstellte. Hierauf wurde der Rand des Abgusses sorgfältig glatt geschnitten und bei nochmaligem Aufpressen nachgesehen, ob der Abdruck wirklich ganz genau dem Originalen entspreche; widrigenfalls wurde die Procedur von Neuem begonnen. Die also zubereitete Scheibe blieb nun bis zur völligen Erhaltung der aufgeweichten Masse unberührt liegen. Hierauf legte ich sie mit der glatt geschnittenen Seite auf Papier und zeichnete den scharfen Rand mit feinem Stift direct auf letzteres auf. So nahm ich in den verschiedensten Richtungen Abdrücke, übertrug sie auf Papier und bestimmte nun mit der grössten Leichtigkeit die Form der erhaltenen Linien, also auch diejenige der entsprechenden Krümmungen des Gelenkkopfes mit dem Zirkel. Es hat diese Methode, abgesehen von ihrer mathematischen Genauigkeit, vor derjenigen der Gebrüder Weber, den Kopf mit der Säge zu durchschneiden, den sehr bedeutenden Vorthail, dass sie den letztern völlig unversehrt erhält

*) Diese Methode ist ungleich bequemer und genauer als die früher von mir angewendete, wobei die zu messenden Bogenlinien durch einen besonders construirten Coordinatenapparat Punkt für Punkt direct von der Gelenkfläche auf Papier übertragen wurden. Ich verzichte daher auf deren in meiner vorläufigen Mittheilung (a. a. O.) in Aussicht gestellte Beschreibung.

und so eine beliebig oftmalige Wiederholung der Messung in der nämlichen oder in jeder andern Richtung ermöglicht. Wie leicht wird dagegen mit der Säge der richtige Schnitt verfehlt und dadurch das ganze Präparat rettungslos verdorben!

Ich untersuchte auf die Form des Schenkelkopfes im Ganzen 21 Leichen, der Mehrzahl nach beidseitig. Nur in einem einzigen Falle entsprach sie einer reinen Kugel, indem sämtliche Bogenlinien, in welcher Richtung sie auch gelegt sein mochten, Kreisabschnitte und zwar alle mit gleichem Krümmungshalbmesser darstellten. In allen andern Fällen lag ihr ein Ellipsoid*) mit im Ganzen horizontaler, die Spitze des Ligamentum teres durchsetzenden Rotationsachse zu Grunde. Kreise wurden hier nur in der letztern parallelen oder sie senkrecht überkreuzenden Richtungen gefunden, in allen andern dagegen traten mehr oder weniger ausgesprochen elliptisch gekrümmte Linien auf. Denken wir uns das Ellipsoid hervorgegangen aus der Drehung eines beliebigen Kreissegmentes um eine feststehende Achse, so übertrifft bei allen Erwachsenen der Radius des rotirenden Kreises oder des Meridians denjenigen des Rotationskreises oder des Aequators entschieden an Grösse; nur bei Kindern geschieht das Gegentheil. Wir haben es mithin dort mit einem in der Richtung der Drehungsachse verlängerten, hier dagegen mit einem in gleicher Richtung verkürzten Rotationskörper zu thun. Dort befindet sich der transversale, hier der verticale Durchmesser im Vorsprung. In der Kugel stehen beide im Gleichgewicht (Fig. 1—3, Taf. I und II).

Die Thatsache, dass die Form des Schenkelkopfes mit zunehmendem Alter eine andere wird, ist sicher eine sehr bemerkenswerthe. Der Uebergang durch die neutrale Kugelform scheint schon ziemlich früh stattzufinden, wenigstens entstammt in meiner Untersuchungsreihe das bezügliche Präparat einem Knaben von 3 Jahren. Von diesem Zeitpunkte an ergibt sich eine langsam zunehmende Differenz der beiden Radien zu Gunsten des rotirenden Kreises. So betrug sie bei einem 9jährigen Mädchen beispielsweise 0,3, bei einer 45jährigen Frau 2,5 Mm. So viel sich aus meinen Messungen ersehen lässt, ist übrigens diese Zunahme keine gleichmässige, wenigstens fielen die beträchtlichsten Werthe keineswegs auf die ältesten Individuen.

*) Es wäre vielleicht richtiger, von einem Cycloid zu sprechen. Da indessen die strenge Unterscheidung von Cycloiden und Ellipsoiden bei den Gelenken thatsächlich wohl kaum durchführbar ist, so halte ich mich an die herkömmliche Ausdrucksweise.

Jedenfalls machen sich sehr bedeutende individuelle Schwankungen geltend. Es ist wohl nicht zu bezweifeln, dass diese Umformung des Gelenkkopfes mit der Art seiner Belastung und Bewegung beim aufrechten Stehen und Gehen zusammenhängt. Seine Rotationsachse ist zugleich Drehachse des Gelenkes für einfache Biegung und Streckung. Mithin wirkt die Körperlast vorzugsweise in der Richtung der Äquatorialebene, behindert in ihr durch den erzeugten Druck das Wachsthum und lässt sie in Folge davon allmählich hinter der Meridianebene an Umfang zurückbleiben. *)

Wie gross auch mein Vertrauen in die Zuverlässigkeit der angewandten Messungsmethode sein mochte, so glaubte ich doch einer Anzahl von Controllversuchen nicht entbehren zu dürfen. Zu diesem Behufe bestimmte ich an sämtlichen Gelenkköpfen den äquatorialen Durchmesser direct mit dem Zirkel. Das Resultat bestätigte, wie die nachfolgende Tabelle lehrt, die Richtigkeit der gefundenen Grössen in wahrhaft überraschender Weise. Mehrmals drückte ich auch die Polsegmente zweier in gleicher Ebene liegenden Meridianbogen in Wachs ab, projecirte sie auf Papier und vervollständigte sie mit Hülfe des Zirkels bis zur beidseitigen Kreuzung. Ihre grösste zur Verbindungslinie der beiden Kreuzungspunkte senkrechte Entfernung entsprach natürlich dem äquatorialen Durchmesser des Gelenkkopfes und befand sich auch in der That mit dessen anderweitig bestimmter Grösse im erfreulichsten Einklang, indem das Maximum der Differenz 0,3 Mm. nicht überstieg. Endlich machte ich vergleichsweise auch noch einige Sägeschnitte, welche den Kopf in der Drehachse halbirten, und bestimmte die Halbmesser direct auf dem Durchschnitte oder nachdem dessen Umrisse auf Papier übertragen worden. Auch jetzt stimmten die erhaltenen Werthe sehr gut mit den durch Abgüsse gewonnenen überein. Nach alledem darf also für die nachfolgende Zahlentabelle ein hoher Grad von Zuverlässigkeit und Genauigkeit beansprucht werden. Wo nicht ausdrücklich das Gegentheil angegeben wird, stimmen die beidseitigen Hüftgelenke unter sich überein.

*) Besonders auffällig und das gewöhnliche Maass weit überschreitend beobachtete ich diese Umformung an einem Falle von Arthritis deformans. Vielleicht spielt ausserdem auch directe Abschleifung eine Rolle.

Kopf des Hüftgelenkes. Absolute Grösse in Mm.	Radius des Meridians (rotirender Kreis) M	Radius des Aequators (Rotations- kreis) A	M-A	Durchmesser des Aequators (2A)		
				direct am Gelenk- kopf ge- messen	nach den Wachsab- drücken	Diffe- renz
I. Kinder.						
1. Neugebornes Kind	6,0	6,7	—0,7	—	—	—
2. Knabe von 2 Jahren	9,8	10,6	—0,8	21,2	21,2	0
3. " " 3	13,8	13,8	0	—	—	—
4. Mädchen von 9 Jahren	17,5	17,2	0,3	34,4	34,4	0
II. Erwachsene.						
5. Weib von 45 Jahr.	rechts 25,5 links 24,4	23,0	2,5 1,7	46,0 45,5	46,0 45,4	0 0,1
6. Weib von 37 Jahren	25,0	24,0	1,0	—	—	—
7. Weib von 47 Jahr.	rechts 24,0 links 23,7	22,7	1,3 1,2	45,4 44,9	45,4 45,0	0 0,1
8. Mann von 50 Jahr.	rechts 29,6 links 29,2	27,4	2,2 1,7	55,0 55,0	54,8 55,0	0,2 0
9. Mann von 56 Jahr.	rechts 26,8 links 26,6	26,0	0,8 1,0	52,0 51,2	52,0 51,2	0 0
10. Mann	rechts 27,0 links 27,0	25,2	1,8 1,9	50,3 50,3	50,4 50,2	0,1 0,1
11. Mann	28,5	27,2	1,3	54,5	54,4	0,1
12. Mann	27,0	25,3	1,7	50,5	50,6	0,1
13. Mann	rechts 26,3 links 26,5	25,3	1,0 1,5	50,6 50,0	50,6 50,0	0 0
14. Geschlecht u. Alter unbek.	23,0	21,8	1,2	43,7	43,6	0,1
15. " " "	24,8	22,2	2,6	44,3	44,4	0,1
16. " " "	30,3	28,5	1,8	57,0	57,0	0
17. " " "	27,5	24,0	3,5	48,0	48,0	0
18. " " "	26,0	24,5	1,5	49,0	49,0	0
19. " " "	23,5	22,3	1,2	44,5	44,6	0,1
20. " " "	26,3	25,0	1,3	50,0	50,0	0
21. " " "	30,0	27,7	2,3	55,4	55,4	0

Wir erhalten hieraus als Mittel für alle Erwachsenen:

M	A	M-A
26,5 Mm.	24,8 Mm.	1,7 Mm.
(23,5—30,3)	(21,8—28,5)	(0,8—3,5)

Der leichteren Vergleichung verschiedener Fälle wegen setzen wir überall den Werth von $M = 100$ und berechnen darnach denjenigen von A in Procenten.

	A	A-M
I. Kinder.		
1. Neugeborenes Kind	111,7	—11,7
2. Knabe von 2 Jahren	108,2	— 8,2
3. " " 3	100,0	0
4. Mädchen von 9 Jahren	98,6	1,4

	A	M—A
II. Erwachsene.		
5. Weib von 45 Jahr. {rechts	90,2	9,8
{links	93,0	7,0
6. Weib von 37 Jahren	96,0	4,6
7. Weib von 47 Jahr. {rechts	94,6	5,4
{links	94,9	5,1
8. Mann von 59 Jahr. {rechts	92,5	7,5
{links	94,2	5,8
9. Mann von 56 Jahr. {rechts	97,0	3,6
{links	96,2	3,8
10. Mann	{rechts 93,3	6,7
	{links 92,9	7,1
11. Mann	95,6	4,4
12. Mann	93,5	6,5
13. Mann	{rechts 96,2	3,8
	{links 91,4	5,6
14. Geschlecht u. Alter. unbek.	94,8	5,2
15. " " "	89,9	10,1
16. " " "	94,2	5,8
17. " " "	87,2	12,8
18. " " "	94,2	5,8
19. " " "	94,7	5,3
20. " " "	95,2	4,8
21. " " "	92,5	7,5
Mittel aller Erwachsenen	93,8	6,2
	(87,2—97,0)	(3,0—12,8)

Die Grösse der individuellen Schwankung tritt hier in klarster Weise zu Tage. Ebenso erscheint aber auch durchgängig der Unterschied zwischen den beiden Radien viel zu gross, als dass, wie Henke*) will, von einer elastischen Ausgleichung desselben die Rede sein könnte, ganz abgesehen davon, dass, wie schon die Entwicklungsgeschichte gelehrt hat, durch die Belastung des Gelenkes ja gerade das Entgegengesetzte erzielt werden müsste. Schliesslich mag auch noch erwähnt werden, dass ich in einem Falle Spuren des von Aeby (a. a. O.) bei manchen Thieren gefundenen zweiten Rotationskörpers getroffen habe.

Die Form der Pfanne wurde gleich der des Kopfes mit Hülfe von Wachsabdrücken bestimmt; nur vergleichsweise machte ich directe Durchschnitte. Neben den Wachsabdrücken in bestimmten Richtungen versuchte ich auch mit verschiedenem Material Ausgüsse der ganzen Pfanne darzustellen. Dieselben misslangen indessen regelmässig und gaben nie völlig genau die Verhältnisse der Pfanne wieder, hauptsächlich wohl deshalb, weil in Folge der Feuchtigkeit der letzteren das beim Eingiessen der erwärmten Masse verdampfende

*) Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke. 1863. S. 204.

Wasser ein genaues Anschliessen verhindert. Sehr befriedigende Resultate erhielt ich jedoch in der Weise, dass ich durch Erwärmung knetbar gemachtes Wachs fest einpresste und dann an Ort und Stelle erstarren liess. Der erhaltene Abdruck liess sich gleich einem Gelenkkopfe mit aller Sicherheit und Bequemlichkeit messen. Die gefundenen Werthe wurden ausnahmslos durch wiederholte und auf verschiedene Weise angestellte Messungen genügend controllirt, so dass sie als durchaus richtig angesehen werden dürfen.

Bei der Messung der verschiedenen Krümmungsrichtungen der Pfanne zeigte sich bald, dass die erhaltenen Linien in der Regel gleich wie beim Kopf nur in zwei Hauptrichtungen Kreise darstellten, und zwar einerseits in den radiär von der Fossa acetabuli ausstrahlenden, andererseits in der senkrecht zur Gelenkachse gestellten. Die Gelenkfläche der Pfanne gehört mithin einem ähnlichen Rotationskörper an, wie diejenige des Kopfes. Die Bestimmung seiner Radien bietet aber insofern grössere Schwierigkeiten, als der grössere Rotationskreis nur im obersten Theile der Pfanne und auch hier nur in verhältnissmässig geringer Ausdehnung mit der festen Knorpeldecke zusammenfällt, diese selbst aber noch viele unregelmässige, durch Fortsätze des Limbus glenoidalis ausgefüllte Vertiefungen darbietet. Eine Messung lässt sich daher nur indirect ausführen. Zu diesem Behufe wird ein sorgfältig erstellter Wachsabdruck der Pfanne in der Richtung der Rotationsachse durchgeschnitten und der Umriss der Schnittfläche auf Papier übertragen. Werden nun (Fig. 4, Taf. I u. II) die beiderseitigen Kreisbogen mit dem Cirkel verlängert, bis sie sich gegenseitig schneiden, so erhält man einen vollständigen Durchschnitt des fraglichen Rotationskörpers, in welchem die durch die beiden Schnittpunkte gezogene Linie die Rotationsachse und die auf deren Mitte errichtete Senkrechte den grössten Durchmesser des Rotationskreises darstellt. Das Verfahren ist ziemlich einfach und in seinen Ergebnissen durchaus zuverlässig. In die nachfolgende Tabelle habe ich ausser diesen auch die direct an der Pfanne gemessene grösste horizontale Distanz der Knorpelränder aufgenommen. Sie ist fast überall merklich kleiner, als der grösste Durchmesser des Drehungskreises, ein Beleg dafür, dass die Pfanne weniger als die Hälfte des ihr zu Grunde liegenden Rotationskörpers umfasst. Letzterer variirt übrigens nach dem Lebensalter ganz wie derjenige des Kopfes.

Pfanne des Hüftgelenkes. Absolute Grösse in Mm.	Radius des Meridians (rotirender Kreis) M	Radius des Aequators (Rotations- kreis) A	M—A	Horizontaler Durchmesser der Gelenk- pfanne	Durch- messer des Aequators = 2A
I. Kinder.					
1. Knabe von 2 Jahren	10,4	11,1	—0,7	20,5	22,2
2. Knabe von 3 Jahren	14,0	14,0	0	?	28,0
3. Mädchen von 9 Jahren	17,6	17,3	0,3	?	34,6
II. Erwachsene.					
4. Weib von 45 Jahr.	{rechts 26,0 links 24,5	{rechts 23,3 links 22,8	{rechts 2,7 links 1,7	{rechts 45,2 links 44,8	{rechts 46,6 links 45,6
5. Weib von 47 Jahr.	{rechts 24,5 links 24,1	{rechts 22,9 links 22,5	{rechts 1,6 links 1,6	{rechts 45,6 links 44,8	{rechts 45,8 links 45,0
6. Mann von 50 Jahr.	{rechts 29,8 links 29,6	{rechts 27,7 links 27,6	{rechts 2,1 links 2,0	{rechts 54,3 links 54,8	{rechts 55,4 links 55,2
7. Mann von 56 Jahr.	{rechts 27,0 links 27,0	{rechts 26,0 links 25,8	{rechts 1,0 links 1,2	{rechts 50,3 links 50,2	{rechts 52,0 links 51,6
8. Mann	{rechts 27,2 links 27,1	{rechts 25,2 links 25,2	{rechts 2,0 links 1,9	{rechts 50,0 links 49,6	{rechts 50,4 links 50,4
9. Geschlecht u. Alter unbek.	23,2	22,0	1,2	43,0	44,0
10. " " "	25,0	22,3	2,7	?	44,6

Das Mittel aller Erwachsenen ergibt hiernach:

M	A	M—A
26,2 Mm.	24,4 Mm.	1,8 Mm.
(23,2—29,8)	(22,0—27,7)	(1,0—2,7)

M gleich 100 gesetzt, gibt A und M—A folgende Procent-
werthe:

	A	M—A
I. Kinder.		
1. Knabe von 2 Jahren	106,7	—6,7
2. Knabe von 3 Jahren	100,0	0
3. Mädchen von 9 Jahren	98,3	1,7
II. Erwachsene.		
4. Weib von 45 Jahr.	{rechts 89,6 links 93,1	{rechts 10,4 links 6,9
5. Weib von 47 Jahr.	{rechts 93,5 links 93,4	{rechts 6,6 links 6,6
6. Mann von 50 Jahr.	{rechts 93,0 links 92,9	{rechts 7,0 links 7,1
7. Mann von 56 Jahr.	{rechts 96,3 links 95,6	{rechts 3,7 links 4,4
8. Mann	{rechts 92,6 links 93,0	{rechts 7,4 links 7,0
9. Geschlecht u. Alter unbek.	94,8	5,2
10. " " "	89,2	10,8
Mittel aller Erwachsenen	93,1	6,9
	(89,2—96,3)	(3,7—10,8)

Eine Vergleichung dieser Zahlen mit den für den Kopf gefundenen lehrt zweifellos, dass beide Gelenkflächen des Hüftgelenkes einander sehr ähnlichen Rotationskörpern entnommen sind. Die Grösse der Uebereinstimmung in jedem einzelnen Falle wird jedoch hieraus noch nicht ersichtlich und es bedarf einer in der folgenden Tabelle durchgeführten speciellen Vergleichung zusammengehöriger Köpfe und Pfannen, um dieses für die Mechanik des Gelenkes äusserst wichtige Verhältniss kennen zu lernen. Die Werthe entsprechen den absoluten Grössen in Mm.

	Radius des Meridians M			Radius d. Aequators A			M—A		
	Kopf	Pfanne	Differenz auf Seite der Pfanne	Kopf	Pfanne	Differenz auf Seite der Pfanne	Kopf	Pfanne	Differenz auf Seite der Pfanne
I. Kinder.									
1. Knabe von 2 Jahren	9,8	10,4	0,6	10,6	11,1	0,5	—0,8	—0,7	—0,1
2. Knabe von 3 Jahren	13,8	14,0	0,2	13,8	14,0	0,2	0	0	0
3. Mädchen von 9 Jahren	17,5	17,6	0,1	17,2	17,3	0,1	0,3	0,3	0
II. Erwachsene.									
4. Weib von 45 Jahr.	rechts 25,5 links 24,4	26,0 24,5	0,5 0,1	23,0 22,7	23,3 22,8	0,3 0,1	2,5 1,7	2,7 1,7	0,2 0
5. Weib von 47 Jahr.	rechts 24,0 links 23,7	24,5 24,1	0,5 0,4	22,7 22,5	22,9 22,5	0,2 0	1,3 1,2	1,6 1,6	0,3 0,4
6. Mann von 50 Jahr.	rechts 29,6 links 29,2	29,8 29,6	0,2 0,4	27,4 27,5	27,7 27,6	0,3 0,1	2,2 1,7	2,2 2,0	0 0,3
7. Mann von 56 Jahr.	rechts 26,8 links 26,6	27,0 27,0	0,2 0,4	26,0 25,6	26,0 25,8	0 0,2	0,8 1,0	1,0 1,2	0,2 0,2
8. Mann	rechts 27,0 links 27,0	27,2 27,1	0,2 0,1	25,2 25,1	25,2 25,2	0 0,1	1,8 1,9	2,0 1,9	0,2 0
9. Geschlecht u. Alter unbek.	23,0	23,2	0,2	21,8	22,0	0,2	1,2	1,2	0
10. „ „ „	24,8	25,0	0,2	22,2	22,3	0,1	2,6	2,7	0,1
Mittel aller Erwachsenen	25,9	26,2	0,3	24,3	24,4	0,1	1,7	1,8	0,1

Setzen wir in letzterem den Werth des Kopfes jeweilen gleich 100, so wird für die Pfanne $M = 101,2$ und $A = 100,4$. Die Differenz zwischen den Radien des Kopfes und der Pfanne, und zwar ausnahmslos zu Gunsten der letztern, ist somit so geringfügig, dass wir, ohne erst an die Möglichkeit einer elastischen Ausgleichung erinnern zu müssen, eine völlige Congruenz der beidseitigen Gelenkflächen beim Erwachsenen behaupten dürfen, in entschiedenem Gegensatze u der schon von Paletta*) gemachten und neuerdings wieder von

*) Exercitationes pathologicae. pag. 128. Mediolanum 1820.

König*) verfochtenen Annahme, dass dieselben in ihrer Gestaltung merklich von einander abweichen. Dass dem nicht also ist, lässt sich übrigens auch direct mit Leichtigkeit nachweisen, indem man Abdrücke des Kopfes mit solchen der Pfanne zusammenhält. Sie passen in der Regel so genau auf einander, als wenn sie gegenseitige Abdrücke wären. Durchschneidet man auch ein Gelenk und vereinigt die Stücke in der richtigen Stellung, so erkennt man ohne weiteres den dichten Zusammenschluss der beidseitigen Knorpelflächen. Eine merkliche Incongruenz bietet im Gegensatze zu den Erwachsenen nur der Knabe von 2 Jahren, wo M der Pfanne um 6,1 und A derselben um 4,7 Proc. den gleichen Durchmesser des Kopfes überlegen sind. Es steht damit wohl im Zusammenhang, dass die Pfanne beim Kinde überhaupt noch relativ kleiner und platter ist, als beim Erwachsenen. Erst später wachsen ihre Ränder mehr hervor und umschliessen den Kopf genauer.

Die Gelenkfläche des Kopfes sowohl wie der Pfanne stellt ein schiefes Polsegment des entsprechenden Rotationskörpers dar. Dasselbe beträgt für den Kopf mehr als die Hälfte des gesammten Rotationskörpers, für die eigentliche Pfanne etwas weniger. Wenn wir jedoch zur letztern das Labrum glenoidale hinzurechnen, so umfasst sie dann gleichfalls mehr als die Hälfte des Rotationskörpers, ohne indessen den Umfang des Kopfes gänzlich zu erreichen.

Wir haben im Vorhergehenden die Gleitflächen des Hüftgelenkes als Theile congruenter Rotationsellipsoide kennen gelernt. Daraus lässt sich nun ohne Weiteres die Frage lösen, in welchem Umfange zwischen ihnen Berührung stattfindet, vorausgesetzt, dass durch irgend einen Druck oder Zug eine solche angestrebt werde. Vollständig kann dieselbe offenbar nur dann sein, wenn die Rotationsachse des Kopfes mit derjenigen der Pfanne zusammenfällt, weil nur so überall gleiche Bogenlinien einander gegenüber zu stehen kommen. In jeder andern Stellung der beiden Achsen ist solches nicht der Fall; die einander coordinirten Bogenlinien sind unter sich ungleich und berühren sich daher auch nur in beschränkter Ausdehnung. Ersteres entspricht der Ruhelage des Gelenkes, ausserdem allen denjenigen Bewegungslagen, bei denen die Drehachse des Gelenkes in die Richtung der unter sich parallelen Achsen der Rotationskörper von Kopf und Pfanne zu liegen kommt.**)

*) Studien über die Mechanik des Hüftgelenkes und deren Einfluss auf Physiologie und Pathologie. Deutsche Zeitschrift f. Chir. Bd. III. S. 256 ff.

**) Es mag hier hervorgehoben werden, dass bei aufrechter Stellung die Achse der Rotationskörper nicht mit der Horizontalen zusammenfällt, dass sie

hebung dieses Parallelismus der Achsen führt auch zu einer Aufhebung des Parallelismus der Flächen und zur Erzeugung von Spalträumen, deren Umfang mit der Grösse des von den Achsen gebildeten Kreuzungswinkels, sowie mit der stärkern Abweichung des Rotationskörpers von der reinen Kugelform zunimmt. Bei den Hyperbewegungen stösst ausserdem der Schenkelhals gegen den Rand der Pfanne und dieser wird bei Fortsetzung der Drehung nimmend zum Hypomochlion eines Hebels, der den Kopf selbst beim Kugelgelenk von dem Grund der Pfanne abhebt und gegen den gegenüberliegenden Pfannensaum andrängt. Es erfolgt hierdurch eine Bildung von Spalträumen im Gelenke, die von der durch die Form seiner Gelenkflächen bedingten wohl zu unterscheiden ist. Uebrigens muss auch bei der letztern der Kopf etwas aus der Pfanne herausgehen, da ja sonst eine Bewegung geradezu unmöglich wäre, und dies um so mehr, je grösser der Unterschied in den beiden Hauptdurchmessern des dem Gelenke zu Grunde liegenden Rotationskörpers. So werden durch Arthritis deformans Gelenkflächen gebildet, wo M im Verhältnisse zu A sehr gross ist, und in Folge davon alle Rotationsbewegungen ausgeschlossen.

Die Richtigkeit vorstehender Betrachtungen lässt sich am Gelenke mit halbirtem Kopfe oder halbirtter Pfanne leicht direct nachweisen. Das Verhalten der Randlinie der durchschnittenen Gelenkfläche zu der gegenüberstehenden ist bei den verschiedensten Stellungen unzweideutig in der von der Theorie geforderten Weise zu constatiren.

Diese gefundenen Verhältnisse von Kopf und Pfanne finden in der Physiologie unseres Gelenks ihren entsprechenden Ausdruck. Die Bewegungen, bei denen der Parallelismus der Gelenkflächen unangestastet bleibt, die Beuge- und Streckbewegungen, sind die ergiebigsten und mit verhältnissmässig geringen Muskelanstrengungen verbunden, während die Rotations-, Ab- und Adductionsbewegungen weniger ergiebig sind und mehr Muskelkraft erfordern. Jene kommen auch bei der Arbeit des Hüftgelenks vorzüglich in Betracht, während diese eine untergeordnete Rolle spielen.

Ich habe bereits darauf hingewiesen, dass König (a. a. O.) in seinen Studien über das Hüftgelenk zu von den meinigen abweichenden Ergebnissen gelangt ist. In verschiedenen Stellungen gefrorene und auf Sägeschnitten untersuchte Gelenke dienten ihm als

diese vielmehr unter einem Winkel von etwa 20° schräg nach aussen und unten schneidet.

Grundlage. Er fand dabei, dass die beidseitigen Gelenkflächen sich nicht vollständig berührten, sondern durch eine je nach der jeweiligen Stellung verschieden gestaltete, von Synovia erfüllte Spalte geschieden wurden. Aus der Betrachtung dieser Eisspalten gelangte König zu dem Schluss, dass die Kugel des Kopfes kleiner sei, als die der Pfanne, dass sie sich also nur in einem Punkt, oder vielmehr wegen der elastischen Nachgiebigkeit des Knorpels in einer kleinen Fläche, die mit den Bewegungen fortwährend ihren Ort verändere, berühren. Eine vollständige Berührung an dieser Stelle soll überdies nach seinen Experimenten nur bei Belastung des Gelenkes stattfinden, während bei Nichtbelastung nicht einmal in ihr völliger Contact vorhanden sei. Ich konnte nun bei genauerer Betrachtung der seinen Arbeiten beigegebenen Durchschnittszeichnungen dieselben nur theilweise mit meinen Ergebnissen in Einklang bringen. Von der offensbaren mathematischen Unrichtigkeit, auf die ich, da König selbst nicht dafür einstehen will, nicht eingehe, abgesehen, scheint mir vorzüglich in seiner Fig. I, die das Verhältniss bei horizontaler Rückenlage veranschaulichen soll, die gegenseitige Stellung von Becken und Oberschenkel eine ganz unrichtige zu sein. Mit den normalen Verhältnissen verglichen, entspricht diese Figur am besten einer entschiedenen Abductionsstellung. In Fig. II ist es nicht möglich, die Richtigkeit der angegebenen Stellung zu beurtheilen; doch hege ich auch hier, auf meine bald anzuführenden Resultate gestützt, einen ähnlichen Verdacht wie bei Fig. I. Die übrigen Bilder lassen sich, ich betone es noch einmal, von ihrer mathematischen Richtigkeit abgesehen, mehr oder weniger gut mit den durch meine Messungen begründeten Anschauungen vereinigen. Um nun über die vorhandenen Differenzen wirklich in's Klare zu kommen, beschloss ich, die König'schen Versuche zu wiederholen. Ich nahm zu diesem Zwecke an mehreren Leichen das Becken sammt den zwei untersten Lendenwirbeln heraus, und befestigte dasselbe nach Amputation des Oberschenkels und Entfernung eines Theils der Weichtheile, ohne es zuvor zu halbiren, auf einem Brette. Die verschiedenen Stellungen des Schenkelstumpfes zum Becken wurden durch Dräthe fixirt. Alsdann umgab ich das Ganze mit einer Kältemischung von Eis und Kochsalz. War das Präparat genügend gefroren, so legte ich verschiedene Sägeschnitte durch das Gelenk, indem ich immer möglichst genau die Richtung der jeweiligen Drehachse zu treffen suchte, was allerdings nicht immer gelang.*)

*) Man vergleiche für das Nachfolgende die auf Tafel I und II halbschematisch entworfenen Figuren 5—7.

Beginnen wir mit dem entlasteten Gelenke. Es zeigten sich hier ausnahmslos, wie schon König angiebt, mit Eis gefüllte Spalträume. Halten wir uns indessen zunächst nur an diejenigen Stellungen, in welchen die Rotationsachse des Schenkelkopfes mit der Pfannenachse in einer Geraden liegt, so nimmt die Spalte, abweichend von König, jeweilen beidseitig vom Limbus cartilagineus an gleichmässig bis zur Fossa acetabuli zu. Dieses an einer grössern Anzahl von Präparaten gefundene Bild beweist durchaus nicht, dass Gelenkkopf und Gelenkpfanne incongruente Oberflächen besitzen, sondern eben nur, dass der Kopf, wenn er durch keine Kraft gegen die Pfanne gedrückt wird, ein wenig herausrutscht und Synovia zwischen sich und die Pfanne treten lässt.

In allen Stellungen, wo eine Kreuzung der Rotationsachse des Gelenkkopfs mit derjenigen der Pfanne stattfindet, also bei allen Rotations-, Ab- und Adductionsstellungen, fand ich die Spalte auf beiden Seiten des Durchschnitts ausnahmslos ungleich. Je nach dem Grade der Winkelstellung der betreffenden Achsen nahm die Breite der Spalte auf der einen Seite zu, auf der andern ab. Die breitere Spalte fand sich, wie von vornherein zu erwarten stand, auf der Seite, nach welcher hin der Schenkel rotirt worden. Auf einer gewissen Höhe der Drehung verschwand sie auf der gegenüberliegenden Seite selbst vollständig; war die Bewegung noch weiter getrieben worden, so erschien sie wieder, aber jetzt mit gegen den Pfannenrand zunehmender Breite. Man kann sich die Nothwendigkeit dieser Erscheinungen leicht dadurch versinnlichen, dass man aus einem Carton ein dem Durchschnitt der Pfanne ähnliches elliptisches Stück ausschneidet und den Ausschnitt ein bischen herausziehend in der Fläche des Cartons nach der einen Seite hin rotirt. Bilder, wie No. I und IV von König, wo nach aussen von der auf der Flexionsseite (No. I als Abductionsstellung aufgefasst) liegenden Berührungsstelle von Kopf und Pfanne gegen den Faser-ring hin noch ein zwischen den Knorpelflächen liegender Spalt auftritt, erhielt ich nie. Von ihrer Entstehung lässt sich bei der Form der beiden Gelenkflächen auch gar keine Vorstellung gewinnen; sie erscheint vielmehr geradezu als eine Unmöglichkeit. Ich vermuthe, dass die auf der Seite des Kopfes liegende Begrenzungslinie dieser in den erwähnten Figuren gezeichneten Spalte nicht mehr der eigentlichen Gelenkfläche angehört, sondern durch eine dünnere unter dem Niveau derselben zurückbleibenden Knorpel-lage gebildet wird, vielleicht auch bereits zum Halse zu rechnen ist.

Wir wenden uns zum belasteten Gelenke. Um ähnliche Druck-

verhältnisse, wie sie beim Gehen und Stehen, oder beim Anpressen des Kopfes durch Muskelzug sich darbieten, zu erzeugen, brachte ich durch Drähte an den Schenkelstümpfen einen Zug an, der nach dem Becken hin wirkte. Die unter der aufrechten Körperstellung entsprechende Verhältnisse gebrachten Gelenke bestätigten nach dem Durchschneiden meine durch Messung der Gelenkflächen gewonnenen Befunde auf das Schönste. Die im unbelasteten Gelenke vorhandene Spalte war völlig verschwunden und die Gelenkflächen standen sich vollkommen parallel gegenüber. Nur eine ganz dünne Eisschicht, offenbar die den Knorpelflächen auch bei innigstem Contacte anhaftende Synovia, hielt sie auseinander. Dass durch die Belastung in jeder andern als der hier vorausgesetzten Stellung des Gelenkes die zwischen dessen Flächen eingeschobene Spalte nicht verdrängt wird, versteht sich nach dem früher Gesagten wohl von selbst.

Auch durch das Frostexperiment wäre somit, entgegen den Angaben von König, der Beweis für die völlige Congruenz von Schenkelkopf und Hüftpfanne, sowie auch dafür geliefert, dass sie belastet in normaler Lage in gegenseitigem völligen Contacte stehen. Anderseits findet aber auch die von König aufgestellte Behauptung, dass im nichtbelasteten Gelenk dessen beide Flächen etwas auseinander weichen, ihre volle Bestätigung, freilich mit einer von der seinigen zum Theil abweichenden Deutung. Dadurch ist aber auch bewiesen, dass ein Ueberströmen von Synovia aus dem ausserhalb des Labrum glenoidale gelegenen Theil der Kapsel in das Innere des Gelenkes und umgekehrt nicht nur möglich ist, sondern auch jedes Mal, wenn der Kopf aus dem unbelasteten in den belasteten Zustand übergeht, stattfindet. Es ist dies übrigens von König und Paschen*) bereits experimentell dargethan worden. Ich stehe darum auch gar nicht an, die von Volkmann und Paschen aufgestellte Möglichkeit einer Distraction im Hüftgelenk als richtig zu bestätigen und deren Werth für die Behandlung der acuten Coxitis sowohl vom theoretischen Standpunkt aus, als aus Erfahrung anzuerkennen.

Es sei mir bei dieser Gelegenheit gestattet, auch die Frage des Einflusses des Luftdrucks auf das Hüftgelenk zu besprechen. Bekanntlich kamen die Gebrüder Weber durch ihre Versuche zu dem Schlusse, dass „das schwebende Bein am Rumpfe hänge, blos gehalten und getragen durch den Druck der atmosphärischen Luft, und nur herausfallen könne, wenn dieser Druck vermindert oder der

*) Ueber Gewichtsbehandlung bei Coxitis acuta von Dr. W. Paschen. Deutsche Zeitschrift f. Chir. III. Bd. S. 272 ff.

luftdichte Schluss zwischen Schenkelkopf und Beckenpfanne aufgehoben werde.“ Diese seither zu grosser Popularität gelangte und in alle Lehrbücher übergegangene Ansicht wurde 1865 von Rose*) ernstlich angefochten. Dieser behauptet auf Grund von Experimenten, dass der Luftdruck für das Zusammenhalten des Gelenks gar nicht in Betracht komme, dass dieses vielmehr durch die Muskeln und Bänder und zu einem geringen Theile durch die Adhäsion der Gelenkflächen und die Cohäsion der Gelenkschmiere bewerkstelligt werde. Seine theoretischen Erwägungen sind zu confus und theilweise auch zu handgreiflich unrichtig, als dass ich mich zu deren Besprechung entschliessen könnte. Sie haben auch bereits mehrfach ein abfälliges Urtheil über sich ergehen lassen müssen. Mir liegt nur daran, experimentell zu erfahren, auf welcher Seite, ob auf der von Rose, oder aber auf der von Weber, die Wahrheit liegt.

Ich halte es nicht für überflüssig, zuvor noch die Anschlussverhältnisse des Labrum glenoidale, das ja die Function eines Ventils übernehmen soll, an den Kopf zu prüfen. Wie schon oben erwähnt, reicht der Rand des Faserrings über eine den Rotationskörper des Schenkelkopfs halbirende Durchschnittsebene, also jeweilen über einen grössten Kreis oder Ellipse des Kopfs hinaus. Um das Grössenverhältniss von Faserring und des von ihm umschlossenen grössten Durchschnitts des Kopfs zu bestimmen, mass ich bei einer Reihe von Gelenken den horizontalen und verticalen Durchmesser der Oeffnung des Faserrings, ohne denselben irgendwie zu zerren oder auszudehnen, sowie auch den grössten äquatorialen Durchmesser des dazu gehörigen Schenkelkopfes. Der dem verticalen Durchmesser des Faserrings entsprechende Durchmesser des Kopfs liegt bei der Stellung, wie sie im Stehen und Gehen sich darbietet, nicht im Drehungskreis des letztern, sondern überkreuzt ihn spitzwinklig schräg nach ein- und abwärts. Er muss daher, das früheste Kindesalter abgerechnet, etwas grösser als der äquatoriale Durchmesser sein. Der Unterschied ist indessen so unbedeutend, dass wir für unsere Vergleichung den verticalen Durchmesser gleich dem horizontalen setzen können, und überdies kommt bei einem gewissen Grad der Adduction der Drehungskreis ganz in die Ebene des Faserrings zu stehen, wo dann die beiden Durchmesser in Wirklichkeit gleich gross sind. Die absolute Grösse der gemessenen Durchmesser in Millimetern gibt die folgende Tabelle.

*) Dr. E. Rose, Mechanik des Hüftgelenkes. Arch. f. Anat. u. Phys. von Reichert und Du Bois Reymond. 1865. S. 521.

				Aequatorial- durchmesser des Kopfes	Labrum glenoidale der Pfanne	
					Horizontal- durchmesser	Vertical- durchmesser
<hr/>						
<hr/>						
I. Kinder.						
1.	Knabe von 2 Jahren			21,2	19,5	21,0
2.	Mädchen von 9 Jahren			34,4	34,3	34,2
<hr/>						
II. Erwachsene.						
3.	Mann	{rechts		50,3	49,5	49,8
			{links		50,3	49,6
4.	Mann	{rechts		50,6	50,5	49,5
			{links		50,0	50,0
5.	Mann			54,5	54,5	54,4
6.	Geschlecht u. Alter unbek.			43,7	43,5	43,3
7.	"	"	"	44,3	44,3	44,0
8.	"	"	"	57,0	56,5	56,6
9.	"	"	"	48,0	47,2	47,4
10.	"	"	"	49,0	48,5	49,0
11.	"	"	"	44,5	44,7	44,2
12.	"	"	"	50,0	50,2	49,7
13.	"	"	"	55,4	55,0	56,0

Wir sehen aus den angegebenen Zahlen, dass, wenn wir noch die nicht immer genau einem Kreis oder einer Ellipse entsprechende Form des Faserrings, so wie die nicht mit der Genauigkeit wie am Kopf auszuführende Messung in Anschlag bringen, eine bedeutende Differenz zwischen beiden nicht besteht und der Faserring jedenfalls nicht weit genug ist, um einen genauen Anschluss an den Kopf zu verhindern. Es zeigt sich auch, wenn man den Kopf bei frei präpariertem Faserring in die Pfanne hineinschiebt, dass letzterer sich in Folge seiner Elasticität nach ersterem modelt, sich zugleich etwas ausdehnt und ringsum leicht an den Kopf anschliesst. Zieht man nun den Kopf etwas aus der Pfanne hervor, so wird der Anschluss sogleich ein festerer. Es widerspricht dies keineswegs unserer früheren Angabe, wonach beim Uebergang von Belastung des Gelenkes in Nichtbelastung ein Theil der Synovia aus der Höhle des Kapselbandes in diejenige der Pfanne übertritt. In der belasteten Stellung des Gelenkes findet nur ein leichter Anschluss des Faserrings an den Kopf statt, in der unbelasteten aber ein festerer, indem der Kopf etwas herausrückt und mit seinem von dem Faserringe überragten grössten Umfange in den letztern eintritt, dieser aber gleichzeitig durch den atmosphärischen Druck fest an ihn angedrückt wird. Dass nun beim Uebergang des leichtern in den festern Anschluss, noch bevor letzterer eintritt, etwas Synovia aus der Kapsel in den entstehenden kleinen luftleeren Raum hinüber-

gesaugt werden kann, scheint mir schon theoretisch über allen Zweifel erhaben zu sein; dass es aber auch wirklich geschieht, wurde schon früher nachgewiesen. Dass ferner bei Neubelastung des Gelenks die eingetretene Synovia ohne Schwierigkeit wieder in die Kapsel fließen muss, liegt wohl auf der Hand. Letzteres wurde schon von den Gebrüdern Weber als möglich angenommen, obgleich sie als Bedingung der Ventilfunction des Faserringes einen vollständigen Abschluss des Inhalts der Kapsel von demjenigen der Pfanne glaubten verlangen zu sollen. Dass übrigens trotz dem minimen anfänglichen Einströmen von Synovia in die Gelenkhöhle ein sehr fester und vollständiger ventilartiger Anschluss des Faserringes an den Kopf stattfindet, beweisen die folgenden Versuche.

Die zu den Experimenten dienenden Becken wurden, nach Amputation des Schenkels unterhalb der Trochanteren, aus der Leiche herausgeschnitten und mit vorsichtiger Schonung der Gelenkkapsel von den Weichtheilen befreit. Versuchte ich nun zuerst durch Zug mit meiner Hand den Kopf aus der Pfanne zu rücken, so gelang mir dies mit Anwendung einiger Kraft in Flexions- oder Abductionsstellung des Femurs. Sowie ich aber im Ziehen etwas nachliess, schnappte der Kopf in die Pfanne zurück, offenbar in Folge des atmosphärischen Druckes, den ich plus der Adhäsion der Gelenkflächen und der Cohäsion der Schnierrse beim Herausziehen zu überwinden gehabt hatte; in der Pfanne musste sich ein luftleerer Raum gebildet haben. In der normalen Streckstellung aber brachte ich den Kopf mit aller angewandten Kraft nicht heraus, indem der straff angespannte vordere und obere Theil der Kapsel dieses verhinderte. Natürlich gelingt dies in Adductionsstellung noch viel weniger, indem diese Kapseltheile dann noch mehr angespannt werden. Ich bin deshalb geneigt, anzunehmen, dass für diese beiden Stellungen hauptsächlich dem vorderen und oberen Theile der Kapsel die Rolle zufällt, das Gelenk zusammenzuhalten. Dass dabei, wenigstens in Streckstellung, der oben erwähnte Unterschied von belastetem und unbelastetem Gelenke nicht eintreten könne, möchte ich nicht behaupten, auch lehren die Eisdurchschnitte das Gegentheil. Wenn für den Halt des Gelenks in diesen Stellungen neben der Kapsel unzweifelhaft auch noch die bald zu erwähnenden Factoren in Betracht kommen, so treten sie doch in Bezug auf das Maximum ihrer Leistungsfähigkeit gegenüber jener sehr in den Hintergrund; denn das Lig. ileofemorale s. Bertini des Erwachsenen trägt nach Luschka allein über 5 Centner. Da mir diese Gewichte fehlten, so konnte ich diese Angabe nicht beim Erwachsenen prüfen. Bei einem drei-

jährigen Knaben riss nach Ausschluss des Luftdrucks in Folge Durchbohrung des Pfannenbodens die ganze Gelenkkapsel bei einer Belastung von $57\frac{1}{2}$ Kilogr. entzwei.

Zur Vornahme des Versuches befestigte ich das gehörig vorbereitete Becken auf einem beweglichen, in jede beliebige Stellung zu bringenden Brete. Ich begann mit der Stellung, welche das Gelenk normaler Weise beim aufrechten Stehen einnimmt. Schnitt ich nun die Kapsel durch, so fiel zuerst der Schenkelstumpf nach unten und innen und dann entschlüpfte der Kopf der Pfanne. Brachte ich ihn wieder in seine Stellung zurück, so erfolgte unter den nämlichen Bewegungen das erneute Herausfallen. Ich sah bald ein, dass die ganze Erscheinung auf einer Hebelwirkung des Schenkelstumpfes gegenüber dem Kopfe beruhe und dass dieser einfach seitlich aus der Pfanne herausgeschoben werde. Verhinderte ich diese Hebelwirkung durch Fixirung des Oberschenkels, so blieb der Kopf selbst bei Belastung in der Pfanne stehen. Um nun die Kraft, mit welcher der Kopf in der Pfanne zurückgehalten wird, bequem messen zu können, brachte ich einen Zug in der Richtung der Achse des Halses, die ungefähr senkrecht auf der Oeffnungsebene des Faser-ringes steht, an und fixirte das Becken so, dass diese Achse eine verticale Stellung einnahm. Es geschah, indem ich das Becken je-weilen um circa 34^0 nach der zu untersuchenden Seite hinneigte. Der Schenkelhals wurde durchbohrt und mit Drähten eine Wag-schale zur Aufnahme der Gewichte daran befestigt. Wenn ich nun in dieser Stellung das grösste Gewicht bestimmte, das der Kopf bei durchschnittener Kapsel oder in Flexionsstellung, wo die Kapsel erschlaft ist und dem Herausziehen keinen Widerstand entgegen-setzt, gerade noch zu tragen im Stande war, so hatte ich dadurch die Grösse zweier Kräfte bestimmt, nämlich derjenigen des Luft-druckes einer-, derjenigen der Adhäsion der Gelenkflächen und der Cohäsion der Synovia andererseits. Um letztere allein zu messen und dadurch mittelbar auch erstere kennen zu lernen, bohrte ich mit Umgehung der Adhäsionsflächen in den Boden der Fossa ace-tabuli ein Loch von etwa $2\frac{1}{2}$ Mm. Durchmesser und bestimmte nun abwechselnd bei Offenstehen und Schluss desselben das Ge-wicht, dessen es bedurfte, um den Kopf aus der Pfanne herauszu-ziehen. Das Ergebniss war in allen Versuchsreihen dasselbe. Der Kürze halber genügt es daher, zwei derselben hier ausführlich mit-zutheilen.

I. Versuchsreihe.

Mann von 45 Jahren (an Nephritis gestorben).

1. Erster Tag. Morgens 10 Uhr. Jedes der beiden Gelenke trägt bei unversehrtem Kapselbände ausser dem Gewichte des Schenkelstumpfes (320 Grm.) $11\frac{1}{2}$ Kilogr. (die Schale mitgerechnet). Mehr Gewichte standen mir vor der Hand nicht zur Verfügung, und ich konnte daher das Maximum der Tragfähigkeit nicht bestimmen.

2. Die Kapsel wird beidseitig durchgeschnitten. Beide Gelenke tragen obiges Gewicht.

3. Der linke Pfannenboden wird in der Fossa acetabuli durchbohrt und das Bohrloch gereinigt. Nun wird nicht einmal der Femurstumpf (320 Grm.) getragen.

4. Die Bohröffnung wird mit einem Zapfen fest verschlossen und sofort werden die $11\frac{1}{2}$ Kilogr. wieder getragen. Als ich nun den Zapfen unter sorgfältiger Vermeidung irgend welcher Erschütterung leise drehend herauszog, polterte der Kopf mit der ganzen Belastung, das Lig. teres zerreissend, auf den Boden. Das Experiment wurde mehrmals mit ganz gleichem Erfolge wiederholt.

5. Ich hängte nun an das rechte undurchbohrte Gelenk $6\frac{1}{2}$ Kilogr. und wollte abwarten, wie lange es das Gewicht tragen würde. Nach etwa 2 Stunden fiel es ab.

6. Nachmittags 4 Uhr. Ich hatte mir jetzt mehr Gewichte verschafft und belastete das linke Gelenk nach Verschluss des Bohrloches so lange mit neuen Gewichten, bis der Kopf abfiel, was bei $18\frac{1}{4}$ Kilogr. (den Stumpf von 320 Grm. als $\frac{1}{4}$ Kilogr. eingerechnet) geschah, 18 Kilogr. hatte es noch getragen. Verminderte ich das Gewicht, so dass es mit Leichtigkeit getragen wurde, und zog den Zapfen leise aus, so fiel sofort Alles zur Erde. Wiederholte ich den Versuch mit dem blossen unbelasteten Stumpfe, so erfolgte dasselbe.

7. Ich wollte hierauf die Tragfähigkeit des rechten Gelenkes bestimmen; allein es trug nicht einmal mehr so viel wie am Morgen. Bei genauer Untersuchung fand ich den Limbus cartilagineus etwas eingeschnitten. Drückte ich nun mit dem Finger das eingeschnittene Stück fest zusammen und an den Kopf, so trug das Gelenk nahezu 15 Kilogr., je nachdem der Finger schloss, etwas mehr oder weniger.

8. 5 Uhr. Die Prüfung der Tragfähigkeit des linken Gelenks hat den gleichen Effect wie bei Versuch 6.

9. Zweiter Tag. 9 Uhr Morgens. Das linke Gelenk, das ich über Nacht mit $2\frac{1}{2}$ Kilogramm. belastet hatte hängen lassen, wozu ich nun noch neue Gewichte legte, trägt noch $18\frac{1}{4}$ Kilogramm. $\frac{1}{4}$ Minute lang. Bei offenem Bohrloch Effect wie bei Versuch 6.

10. 4 Uhr Nachmittags. Das gleiche Gelenk lässt die Wagschale zuerst bei $12\frac{3}{4}$ Kilogramm., dann, nachdem der Kopf etwas sorgfältiger in die Pfanne gedrückt worden, bei $16\frac{3}{4}$ Kilogramm. (der Kopf überall mit $\frac{1}{4}$ Kilogramm. eingerechnet) fallen.

11. $4\frac{1}{2}$ Uhr. Die Schale fällt bei $12\frac{1}{4}$ Kilogramm. Die ohnehin von Synovia fast ganz freien Gelenkflächen werden abgetrocknet und dann mit Wasser benetzt. Der Kopf fällt jetzt erst bei $13\frac{3}{4}$ Kilogramm. Belastung heraus.

12. 5 Uhr. Kopf und Limbus cartilagineus werden mit Wasser benetzt. Der Kopf fällt bei $15\frac{3}{4}$ Kilogramm. heraus.

13. Dritter Tag. 10 Uhr Morgens. Der Kopf war über Nacht mit $2\frac{1}{2}$ Kilogramm. belastet hängen geblieben. Ich lege noch Gewichte zu, bei $14\frac{1}{4}$ Kilogramm. fällt er nach kurzer Zeit heraus.

Auch nach den Versuchen 10—13 wurde jedesmal die Tragfähigkeit bei offenem Bohrloche ganz in gleicher Weise wie im Versuch 6 untersucht und immer gefunden, dass beim Oeffnen des Lochs nicht einmal der blosse Kopf getragen wurde. In allen Versuchen betrug die Ueberlastung, welche den Kopf aus der Pfanne herausriss, ungefähr $\frac{1}{4}$ Kilogramm.

II. Versuchsreihe.

Knabe von 3 Jahren (an den Folgen eines Tumor hepatis gestorben).

Linkes Hüftgelenk.

1. $9\frac{1}{2}$ Uhr. Kapsel intact. Das Gelenk trägt $4\frac{1}{2}$ Kilogramm., bei $\frac{1}{8}$ Kilogramm. mehr fällt der Kopf heraus, so weit es die Kapsel gestattet. Bei weniger Belastung, z. B. 3 Kilogramm., schnappt der Kopf von selbst in die Pfanne zurück.

2. $10\frac{1}{4}$ Uhr. Der Kopf fällt bei 4 Kilogramm. Belastung.

3. $10\frac{3}{4}$ Uhr. Der Kopf fällt bei $3\frac{3}{4}$ Kilogramm.

4. $1\frac{1}{2}$ Uhr. " " " " $3\frac{3}{4}$ "

5. 2 Uhr. " " " " $3\frac{3}{4}$ "

6. Nach Durchbohrung des Bodens der Fossa acetabuli fällt schon der blosse Stumpf heraus.

Rechtes Hüftgelenk.

1. 9 $\frac{3}{4}$ Uhr. Die Kapsel war bei Herausnahme des Beckens gerade am Faserring eingeschnitten worden. Der Kopf fällt bei 4 Kilogramm Belastung heraus.

2. 10 Uhr. Nach Bohrung eines Loches wie oben und Verschluss mit dem Finger fällt der Kopf bei 3 $\frac{3}{4}$ Kilogramm Gewicht. Nun wird der blosse Kopf von 35 Grm. Gewicht hineingepresst und das Loch verschlossen. Er sitzt fest. Sobald aber das Loch geöffnet wird, fällt er herab.

3. 1 $\frac{1}{2}$ Uhr. Kapsel völlig durchschnitten, Loch verstopft. Der Kopf fällt bei 4 Kilogramm Gewicht herab. Bei offenem Loch wird wieder nicht einmal der blosse Kopf getragen.

Bei dieser ganzen Reihe wurde der Kopf von 35 Grm. Gewicht nirgends mit eingerechnet, es beträgt deshalb die Tragfähigkeit nahezu das Gewicht, bei welchem der Kopf herausfiel.

Die beiden Beispiele, die ich vermehren könnte, genügen, um klar zu beweisen, dass die Behauptung Rose's, der Luftdruck habe gar keinen Einfluss auf die Mechanik des Hüftgelenks, vollständig falsch ist. Beim sorgfältigen Öffnen des gebohrten Loches wurden die Adhäsions- und Cohäsionsverhältnisse ja nie verändert, sondern einzig und allein der Luftdruck. In keinem Falle aber vermochte die Kraft der Adhäsion der Gelenkflächen und Cohäsion der Schmiere auch nur den Stumpf des Femur zu tragen, der im ersteren Falle 320, im letzteren 35 Grm. wog. Die Kraft also, mit welcher die Luft den Schenkelkopf gegen die Pfanne drückt, beträgt nahezu so viel, als nöthig ist, um den Schenkelkopf nach Durchschneidung sämtlicher Weichtheile zwischen ihm und dem Becken aus der Pfanne herauszuziehen, indem die Adhäsion der Gelenkflächen und die Cohäsion der Schmiere kaum in Betracht kommen. Hingegen kommt der Synovia die wichtige Function zu, den luftdichten Schluss zwischen Faserring und Schenkelkopf bewirken zu helfen. Das zeigt sich deutlich aus Versuch 11 und 12 der ersten Reihe, wo, nachdem die Synovia grossentheils geschwunden war, das Gelenk auf Benetzen mit Wasser hin wieder mehr trug, offenbar des sichereren Schlusses an dem Faserring wegen. Dass gegen das Ende der Versuche die Last, bei welcher der Kopf fiel, etwas kleiner wurde, kann nicht befremden, da bei so lange fortgesetzten Versuchen verschiedene Theile mehr oder weniger beschädigt werden müssen und besonders der Faserring einen Theil seiner Elasticität und genauen Schlussfähigkeit einbüsst. Seine Thätigkeit als Ventil

wird durch Versuch 7 der ersten Reihe bestätigt, indem nach theilweisem Einschneiden die Tragfähigkeit des Gelenks sehr stark reducirt wurde. Dies war wohl auch der Grund gewesen, warum dasselbe Gelenk bei Versuch 5 das betreffende Gewicht nicht länger trug. Wie wichtig ein allseitig genauer Abschluss des Gelenkinneren, auch in der Incisura acetabuli, von der atmosphärischen Luft ist, beweist mir folgender bei meinen Experimenten einzig dastehender Fall. Er betraf das Becken einer 41jährigen hydropischen weiblichen Leiche, die schon mehrere Tage alt war. Bei beidseitig intacter Kapsel fiel der Kopf rechts bei 14, links bei 15 Kilogrm., soweit es die Kapsel zuließ, heraus. Nach durchschnittener Kapsel trug das Gelenk weniger und je länger ich die Versuche in Erwartung der gewohnten Resultate fortsetzte, um so mehr schwand seine Tragfähigkeit, so dass sie schliesslich nicht einmal mehr $1\frac{1}{2}$ Kilogrm. zu bewältigen vermochte. Dabei sank aber der Kopf nicht sogleich heraus, sondern rückte nur langsam fortwährend herab, bis er endlich, so weit es das Lig. teres gestattete, herunterfiel. Wie ich nun genauer zusah, hörte ich, sobald der Kopf, wieder hineingedrückt, von Neuem langsam zu sinken begann, ein feines Pfeifen, offenbar von irgendwo, wie mir endlich schien, durch die Incisura acetabuli einströmender Luft herrührend. Die Oeffnung musste klein sein, weil der Kopf so langsam herabsank. Ob die Oeffnung durch Leichenvorgänge geschaffen worden oder beim Präpariren entstanden, ob einfach oder mehrfach war, konnte ich nicht entscheiden, jedenfalls war sie eine normaler Weise nicht vorkommende. Das Einzige, was ich bei näherer Untersuchung der Pfanne fand, war ein starkes Emphysem des Inhaltes der Incisura und Fossa acetabuli. Ich habe diesen Fall deshalb angeführt, damit, wenn bei allfälligen Controlversuchen ähnliche Befunde noch vorkommen sollten, man den Sachverhalt genau prüfen und nicht etwa ohne Weiteres als gegen meine positiven Resultate sprechend deuten möge.

Nach der Berechnung der Gebrüder Weber soll der auf das Hüftgelenk wirkende Luftdruck bei einem Erwachsenen 11980 Grm., also nahezu 12 Kilogrm. betragen. Nun trug aber nach meinen Versuchen das Hüftgelenk eines Erwachsenen durch den Luftdruck beispielsweise 18 Kilogrm., also viel mehr, als es nach ihrer Berechnung sein sollte. Dieser Widerspruch löst sich sehr einfach, die Berechnung der Gebrüder Weber ist eben unrichtig. Sie nehmen als Grundfläche des Luftdruckes resp. des Druckes einer Quecksilbersäule von Barometerhöhe die Grösse der Area der Pfanne,

während als solche die Ebene, die durch den Faserring geht und den vom atmosphärischen Druck belasteten Theil des Schenkels von dem nicht belasteten trennt, genommen werden muss. Der Durchmesser des Faserringes betrug in unserem ersten Falle ca. 52 Mm. Somit ist die Grundfläche der auf dem Gelenk lastenden Luft- resp. Quecksilbersäule $= 27^2 \times 3,14 = 22,9 \square \text{ Cm.}$ und der ausgeübte Druck $= 22,9 \times 0,967$ (dem mittleren hiesigen atmosphärischen Druck auf $1 \square \text{ Cm.}$) $= 22,1 \text{ Kilogr.}$, also noch ziemlich viel mehr, als wir durch den Versuch erhielten, ein neuer Beweis, dass bei unseren Versuchen die Adhäsion nicht in Betracht kommt. Dass wir nicht den theoretischen Werth erhielten, kann nicht sehr befremden, da wir es ja nicht mit mathematisch genau gearbeiteten physikalischen Instrumenten zu thun hatten. Im zweiten Fall, bei dem dreijährigen Knaben, betrug der Durchmesser des Faserringes $= 26 \text{ Mm.}$, der auf dem Gelenk lastende Druck also $5,3 \times 0,967 = 5,1 \text{ Kilogr.}$, was ebenfalls mehr ist, als durch den Versuch erhalten wurde.

Ich komme somit auf Grund meiner Untersuchungen zu dem Schlusse, dass der Luftdruck allein sehr wohl im Stande ist, die untere, beim Erwachsenen etwa 10—13 Kilogr. schwere, Extremität zu tragen, ja dass er selbst noch über ein Drittel mehr zu leisten vermöchte. Damit ist aber selbstverständlich nicht ausgeschlossen, dass im lebenden Körper an der Festigung des Hüftgelenkes auch noch andere Momente, wie die Wirkung von Bändern und Muskeln, betheiligte sind.

Erklärung der Figuren (Taf. I u. II).

Fig. 1. Rotationskörper des Schenkelkopfes von einem Erwachsenen; Fig. 2 von einem dreijährigen, Fig. 3 von einem zweijährigen Kinde (natürliche Grösse). — RR Rotationsachse; cr Radius des rotirenden Kreises oder Meridians; $c'r$ Radius des Rotationskreises oder Aequators. — Der bei frontalem Durchschnitt im Gelenkkopfe wirklich enthaltene Abschnitt des Rotationskörpers ist ausgezogen, der Rest punktirt.

Fig. 4. Rotationskörper der Schenkelpfanne von einem Erwachsenen (natürliche Grösse). RR Rotationsachse; cr Radius des rotirenden Kreises oder Meridians; $c'r$ Radius des Rotationskreises oder Aequators. — Der bei horizontalem Durchschnitt in der Gelenkpferne wirklich enthaltene Abschnitt des Rotationskörpers ist ausgezogen, der Rest punktirt.

Die folgenden Zeichnungen sind genau nach Durchschnitten von gefrorenen Präparaten ausgeführt. — Gelenkknorpel und Labrum glenoidale schraffirt; mit gefrorener Synovia gefüllte Gelenkspalte, so weit sie in Betracht kommt, dunkel. — *RR* Rotationsachse, *A* Aequator des Schenkelkopfes; *HH* Richtung der horizontalen, *FF* Richtung der frontalen Ebene des Körpers.

Fig. 5. Frontaler Durchschnitt eines belasteten, in einer der aufrechten entsprechenden Stellung gefrorenen Hüftgelenkes.

Fig. 6. Frontaler Durchschnitt eines unbelasteten, in der einfachen Rückenlage gefrorenen Hüftgelenkes.

Fig. 7. Horizontaler, der queren Drehachse paralleler Durchschnitt eines einwärts rotirten rechten Hüftgelenkes.

(Die vorstehende Arbeit ist auch als Inauguraldissertation publicirt worden.)

Fig. 5.

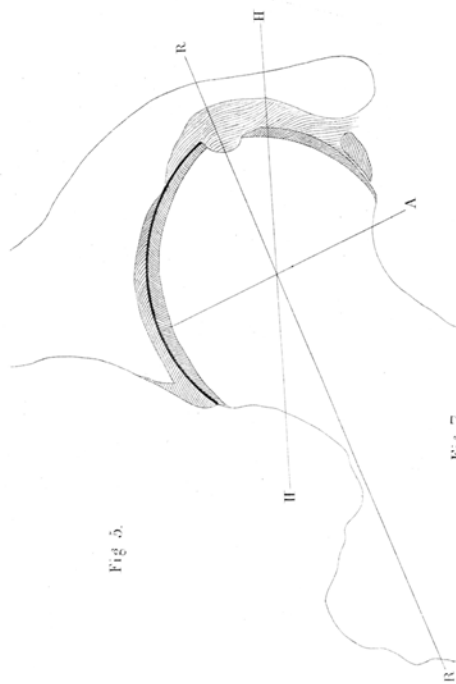


Fig. 6.

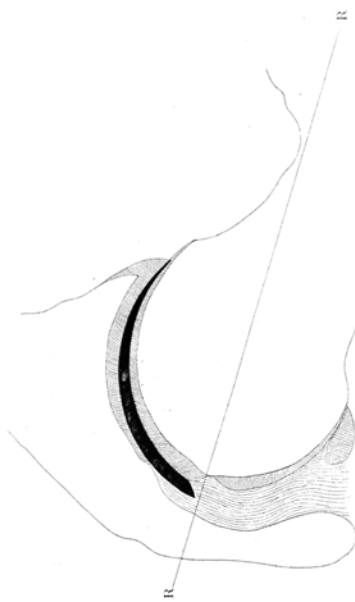


Fig. 7.



Fig. 1.

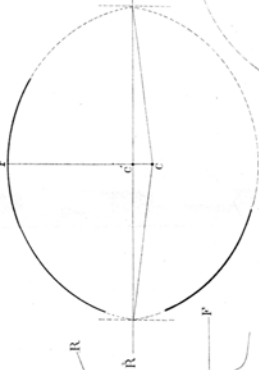


Fig. 2.



Fig. 3.

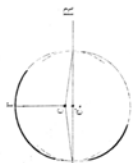


Fig. 4.

