

XX.

Experimentelle Untersuchungen über den anatomischen Zustand der Gelenke bei andauernder Immobilisation derselben¹⁾.

Von Dr. Albert Moll.

(Hierzu Taf. XIII—XV.)

Unter den Heilmitteln der Chirurgie nimmt gegenwärtig die künstliche Immobilisation eine der ersten Stellen ein. Sie wird bei zahlreichen Krankheiten, besonders der Extremitäten, mit einem überraschend günstigen therapeutischen Effect angewendet. Trotz der häufigen Anwendung herrscht jedoch unter den Aerzten über viele wichtige Fragen, welche die Immobilisation betreffen, keine Uebereinstimmung. Eine der wesentlichsten Differenzen besteht darin, dass die Einen die wahre Ankylose als die Folgen längerer Immobilisation betrachten, während die Anderen einen derartigen Ausgang in Abrede stellen. Nach Ansicht der Ersteren zieht künstliche Immobilisation nicht nur bei Leiden des Gelenks selbst und bei particulären Affectionen eine wahre Ankylose nach sich; vielmehr tritt diese bei protahirter Immobilisation auch dann ein, wenn der Sitz der Krankheit vom Gelenk weit entfernt ist. Diejenigen, die dieser Ansicht sind, stützen sich besonders auf mehrere von Teissier²⁾ und Bonnet³⁾ herstammende Sectionsprotocolle, in denen als die Folgen längerer Gelenkimmobilisation „Entzündung des Gelenks, Bluterguss in dasselbe, Knorpelerosionen und Ankylose“ angegeben werden. Eine experimentelle Arbeit Menzel's⁴⁾ bestätigt diese Angaben. Menzel dehnte in seinen Thierversuchen die Immo-

¹⁾ Auszug aus des Verfassers Inaugural-Dissertation.

²⁾ Gazette médicale de Paris 1841.

³⁾ A. Bonnet, Traité des maladies des articulations.

⁴⁾ Ueber die Erkrankung der Gelenke bei dauernder Ruhe derselben.

Archiv für klinische Chirurgie. Bd. XII.

bilisation bis zu 68 Tagen aus. Wenn er hierbei auch keine Anchylose fand, so fand er doch Veränderungen im Gelenk, die nach Teissier die Vorstufe derselben bilden. Er beobachtete Entzündung im Gelenk bei einfacher Immobilisation einer gesunden Extremität; er sah ferner den Gelenkknorpel vollkommen schwinden und zwar besonders auch an den Stellen, wo gegenseitiger Knorpelcontact während der Immobilisation bestanden hatte. Im Widerspruch hiermit fanden zwei andere Autoren, Reyher¹⁾ und van Haren Noman²⁾, die gleichfalls durch Thierversuche zum Ziele zu kommen suchten, Folgendes: An den Contactstellen bleibt der Knorpel auch bei lange dauernder Immobilisation stets erhalten; diese hat niemals Entzündungsscheinungen im Gelenk zur Folge und führt niemals zur Anchylose.

Da mithin eine Uebereinstimmung in Betreff jener Frage weder in den experimentellen Arbeiten noch unter den Klinikern besteht, so hielt ich es der Mühe werth, eine nochmalige experimentelle Prüfung derselben vorzunehmen. In den oben erwähnten Sectionsprotocollen handelt es sich ausschliesslich um Fälle, bei denen wegen schwer heilender Fracturen die protrahierte Immobilisation angewendet wurde. Deshalb habe ich bei meinen Versuchen besonders auch solche Fälle berücksichtigt, bei denen nach Erzeugung einer Fractur der immobilisirende Verband angelegt wurde. *A priori* ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass hierbei die Folgen andere sind, als wenn eine gesunde Extremität immobilisirt wird. Ich verwendete zu meinen Versuchen Kaninchen. Die eine Hinterpfote des Thieres immobilisierte ich in Extensionsstellung des Knie- und Fussgelenks; und zwar benützte ich ebenso wie es beim Menschen üblich ist, mit Gyps bestreute Gazebinden. Meine Versuche beschreibe ich in drei Reihen.

Die erste umfasst solche Thiere, bei denen ich eine gesunde Extremität immobilisierte; die zweite solche, bei denen ich nach Erzeugung einer Fractur den Immobilisationsverband anlegte.

¹⁾ Ueber die Veränderungen der Gelenke bei dauernder Ruhe. Deutsche Zeitschrift für Chirurgie. Bd. III.

²⁾ Over de ontleedkundige veranderingen na immobilisatie van gewrichten, door D. van Haren Noman. Leiden 1881.

Endlich liess ich einige Thiere, bei welchen ich gesunde Extremitäten immobilisirt hatte, noch einige Zeit nach Abnahme des Verbandes am Leben. Sie bilden meine dritte Versuchsreihe. Es wurden an den Extremitäten, die vorher immobilisirt waren, passive Bewegungen gar nicht vorgenommen. Hingegen hatten die Thiere genügende Gelegenheit, frei herum zu laufen. Es sollte auf diese Weise festgestellt werden, ob ausschliesslich durch active Bewegungen die während der Immobilisation eingetretenen Veränderungen wieder schwinden. Ich komme zur ersten Versuchsreihe.

I. Versuche an gesunden Gliedern.

1. Graues Kaninchen, 1 Jahr alt.

Die linke Hinterpfote wird 5 Tage immobilisirt. Bei der Untersuchung, die nach Tötung des Thieres erfolgt, finde ich an der immobilisirten Seite keinerlei Abweichung.

2. Graues Kaninchen, 1 Jahr alt.

Die linke Hinterpfote wird 12 Tage immobilisirt. Bei der Untersuchung ist die passive Beweglichkeit links kleiner als rechts. Die Excursionsgrösse des linken Kniegelenks beträgt 137° gegen 158° rechts; die des linken Fussgelenks 130° gegen 157° rechts. In beiden Gelenken ist die Flexion beschränkt. Nach Muskelfortnahme schwindet der Beweglichkeitsdefect vollkommen. Sonst findet sich keine Abweichung.

3. Graues Kaninchen, 2 Monate alt.

Die linke Hinterpfote wird 28 Tage immobilisirt. Es beträgt nach der Verbandabnahme die Excursionsgrösse des linken Kniegelenks 58° gegen 163° rechts, des linken Fussgelenks 56° gegen 171° rechts. Im linken Kniegelenk nimmt nach Muskelfortnahme die Beweglichkeit zu, sie wird aber erst nach Kapseltrennung vollkommen normal. Im linken Fussgelenk wird nach Durchschneidung der Muskeln die Beweglichkeit normal. Ebenso fand ich bei vielen anderen immobilisirten Thieren, dass Durchschneidung der Muskeln die Beweglichkeit vergrössert resp. normal macht; und zwar müssen stets diejenigen Muskeln durchschnitten werden, deren Insertionspunkte während der Immobilisation einander genähert waren. Man fühlt, dass diese Muskeln, wenn die Flexion bis zu einem gewissen Grade gekommen ist, stark gespannt werden. Die quere Durchschneidung der betreffenden Muskeln an einer beliebigen Stelle führt jedesmal zur Vergrösserung der Beweglichkeit. Dies kann aber nur dann der Fall sein, wenn Verkürzung der Muskeln die Verminderung der Beweglichkeit bewirkt. Hieraus ergiebt sich, dass jene Muskeln, deren Insertionspunkte während der Immobilisation einander genähert waren, sich verkürzten. In keinem Gelenk des hier beschriebenen Falles finde ich irgend welche entzündliche Erscheinungen. Vergleicht man das Fem. sin., das Fig. 3 der Taf. XIII darstellt, mit Fig. 4 der Taf. XIII,

die ein normales Fem. dext. zeigt, so findet sich bei jenem ein Höcker b, in dessen nach unten gerichteter Concavität sich bei der Section die Patella findet. Diese liegt bei dem Kaninchen in Extensionsstellung des Kniegelenks hoch oben, theilweise oder ganz an einer Stelle des Femur, wo dieses nicht mit hyalinem Knorpel, sondern mit Bindegewebe überzogen ist; d. h. in der Fig. 4 über der Linie h, welche die Grenze des hyalinen Knorpels nach oben bildet. Hier hat die Fossa pat. bereits aufgehört. Die Patella, die nun während der 28tägigen Immobilisation permanent an dieser Stelle oberhalb der Fossa pat. gelegen hat, hat angefangen, sich hier eine neue Grube zu bilden, und zwar, wie die mikroskopische Untersuchung lehrt; dadurch, dass durch Wucherung des Bindegewebes zunächst der oberste Rand der Grube hergestellt wird, den eben in Fig. 3 der Höcker b darstellt. Von sonstigen Abweichungen nenne ich kleine Trübungen, die sich fern von den Contactstellen auf dem Knorpel finden; ihnen entspricht unter dem Mikroskop Bindegewebe. Genauer will ich den mikroskopischen Befund bei dem nun folgenden Falle skizziren.

4. Graues Kaninchen, 4 Monate alt.

Die linke Hinterpfote wird 90 Tage immobilisiert. Bei der Untersuchung beträgt die Excursionsgrösse des linken Kniegelenks 48° gegen 147° rechts; des linken Fussgelenks 38° gegen 150° rechts. In beiden Gelenken nimmt die Beweglichkeit nach Muskelfortnahme zu und wird nach Kapseltrennung normal. Der Inhalt und die Synovialis verhält sich überall normal. Die weitere Untersuchung ergiebt Veränderungen der Gelenkflächen des Kniegelenks. Fig. 1 Taf. XIII zeigt das rechte, Fig. 2 A das linke Femur von unten. Man sieht an beiden Figuren die Condylen, vorn durch die Fossa pat. a a, hinten durch den Sulcus intercondyloideus b b, getrennt. Bei c c, sieht man die Ursprungssehne des Musc. extens. dig. Man findet zunächst vorn eine Verbreiterung des Fem. sin. Hiermit ist eine Formveränderung verbunden, welche darin besteht, dass die untere Fläche der Condylen nicht wie rechts unmittelbar in die seitlichen übergeht. Vielmehr findet sich eine neue Fläche zwischen der unteren und der seitlichen eingeschaltet. In der Fig. 2 A sind die unteren Flächen d d deutlich zu trennen von den Flächen e, e, während man bei Fig. 1 nur je eine Fläche d, d, findet. In den Abschnitten e e fanden sich bei der Section die Cartilagines semicirculares, während die Abschnitte d d unmittelbar mit der Tibia in Berührung standen. Auf die Hervorragung h komme ich gleich zu sprechen. Fig. 2 B zeigt das Fem. sin. dieses Falles von vorn, Fig. 4 ein normales Fem. dext. Diese zeigt die Fossa pat. a, mit den seitlichen Leisten f, und g,. Bei Fig. 2 B sieht man zwischen den Leisten f und g gleichfalls die Fossa pat. Nach innen von ihr bemerkt man eine zweite Grube i; die Ränder derselben h h sowie der innere g springen stark hervor; in Fig. 2 A sieht man den unteren Rand als starken Vorsprung bei h. In dieser Grube i lag bei der Section die Patella. Es handelt sich hier also um eine Luxatio pat. nach innen. Dieselbe ist, wie ich glaube, nicht zufällig; vielmehr ist sie dadurch zu Stande gekommen, dass das Thier während der Immobilisation seine linke

Hinterpfote nach hinten und aussen gerichtet hatte. Hierbei zieht der Theil des Quadriceps fem., der vom Becken entspringt, die Patella nach oben und innen.

Bei der Untersuchung der Gelenkflächen finden sich im Knie- und Fussgelenk diejenigen Theile derselben, die dauernd in gegenseitigem Contact gestanden haben, normal glänzend, während die anderen Abschnitte in grosser Ausdehnung trübe und glanzlos erscheinen. So sind in Fig. 2 A und 2 B die Abschnitte d d mit normalem Knorpel bekleidet, während die neugebildeten Flächen e e sowohl als auch die ganze Fossa pat. trübe sind. Ebenso ist in der Grube i normaler Knorpelglanz nicht vorhanden. Ich komme nun zur mikroskopischen Untersuchung. Fig. 1 Taf. XIV stellt normalen Knorpel dar. Man sieht an der Oberfläche die platten Zellen, mehr nach der Tiefe zu findet man runde Knorpelzellen, meistens einzeln; endlich beobachtet man, dass an der Grenze des Knochens die Knorpelzellen in Reihen angeordnet sind. Zur Untersuchung der mikroskopischen Veränderungen der immobilisierten Seite mache ich die Schnitte so, dass gleichzeitig die normal glänzenden und die trüben Stellen getroffen werden. Da wo makroskopisch normaler Knorpelglanz vorhanden ist, d. h. an den Contactstellen, findet sich auch unter dem Mikroskop normaler Knorpel. Gehe ich von hier nach den trüben Stellen zu, so tritt als erste Abweichung eine Zellenwucherung auf, die anfangs gering ist, allmäthlich aber sehr bedeutend wird. Die Zellen liegen in der Tiefe in Längsreihen, die senkrecht zur Oberfläche gerichtet sind, an der Oberfläche jedoch in Reihen, welche dieser selbst parallel sind. Hierzu tritt an der Oberfläche bald eine Streifung der Grundsubstanz gleichfalls der Oberfläche parallel. Hier werden stellenweise die Zellen undeutlicher und kleiner, so dass dieses Gewebe histologisch sich vom Bindegewebe nicht unterscheiden lässt. Ein solches Bild bietet Fig. 2 Taf. XIV. In der Tiefe sieht man senkrecht zur Oberfläche gerichtete Zellenreihen, welche eng bei einander stehen. Nach der Oberfläche zu findet man bei a Zellenreihen, die ihr parallel gerichtet sind, stellenweise mehrfach geschichtet. Bei b und e sind die Zellenreihen mehr schräg und bogenförmig gelagert; sie bilden den Uebergang der in der Tiefe befindlichen Zellenreihen zu den oberflächlichen. Direct an der Oberfläche ist die Intercellularsubstanz stark streifig. Man erkennt in ihr mehrfach, z. B. bei c, Zellenreihen, die der Oberfläche parallel angeordnet sind. Die Zellen werden schliesslich kleiner und flacher und treten unter Zunahme der Streifung der Intercellularsubstanz mehr und mehr zurück; schliesslich nehmen sie das Aussehen der Spindelzellen des Bindegewebes an, wie man bei d sieht. Es handelt sich hier also um ein Uebergehen des Knorpels in Bindegewebe, um einen metaplastischen Prozess an jenen Stellen des Knorpels, die während der Immobilisation nicht in Contact gestanden haben. Die in Contact gewesenen Abschnitte sind makroskopisch und mikroskopisch von normalem Knorpel bekleidet. Dies ist an allen Knochen des Fussgelenks und Kniegelenks in gleicher Weise der Fall. Die neugebildete Grube i der Fig. 2 B zeigt unter dem Mikroskop Folgendes: Knorpelzellen ohne jede typische An-

ordnung liegen in einer, theils streifigen, theils homogenen Grundsubstanz; an der Oberfläche findet sich Bindegewebe mit Spindelzellen. Zwischen diesem und jenem in der Tiefe gelegenen Gewebe finden sich Uebergänge.

5. Weisses Kaninchen, 1 Jahr alt.

Die rechte Hinterpfote wird 95 Tage immobilisirt. Das rechte Kniegelenk besitzt bei der Untersuchung eine Excursionsgrösse von 105° gegen 158° links; nach Muskelfortnahme nimmt die Beweglichkeit zu, wird aber erst nach Kapseltrennung normal. Das rechte Fussgelenk lässt sich nur bis zu 125° flectiren, das linke bis zu 23° . Ich versuche die Flexion des rechten Fussgelenks durch starken Druck zu vermehren. Hierbei bricht der Calcaneus. Ich bemerke, dass die Achillessehne an seinem hinteren Ende inserirt. Die Insertionspunkte der zur Achillessehne gehörenden Muskeln waren während der Immobilisation einander permanent genähert; hierbei ist es, wie in den anderen Fällen, zu einer Verkürzung der betreffenden Muskeln gekommen, wodurch die normale Flexion gehemmt wurde. Bei der gewaltsamen Flexion wurden die verkürzten Muskeln so stark gespannt, dass der Calcaneus, an dem sie inseriren, hierbei abbrach. Der Befund im Kniegelenk und Fussgelenk entspricht im Wesentlichen dem soeben ausführlich beschriebenen Falle. Nirgends zeigt der Knorpel, der während der Immobilisation dauernen Druck auszuhalten hatte, eine Veränderung. Hiergegen ist die Gelenkoberfläche da, wo kein Contact stattgefunden hat, trübe und glanzlos. Es findet sich hier an der Oberfläche nicht Knorpel-, sondern Bindegewebe.

6. Graues Kaninchen, 1 Jahr alt.

Die linke Hinterpfote wird 100 Tage immobilisirt. Bei der Untersuchung ist auch hier die Flexion sowohl im Knie- als im Fussgelenk erheblich beschränkt. In beiden Gelenken tritt nach Muskelfortnahme eine Veegrösse rung der Excursionen, nach Kapseltrennung normale Beweglichkeit ein. Die makroskopischen und mikroskopischen Veränderungen gleichen in hohem Grade denen des vierten Falles. Ich gebe sie deshalb nicht genauer wieder. Nur die Formabweichung der Fossa pat. erwähne ich. Fig. 5 Taf. XIII zeigt das Fem. sin. von vorn. Während bei Fig. 4, einem normalen Femur, die seitlichen Leisten der Kniescheibengrube oben schwächer werden und weniger hervortreten, findet sich in diesem Falle, dass die Leisten oben sehr hoch sind, wie bei bb der Fig. 5 zu sehen ist. Zwischen diesen Erhöhungen hat, wie sich bei der Section zeigt, die Patella gelegen. Nach oben ist die Vertiefung durch die horizontale Leiste c begrenzt. Mikroskopisch bestehen diese hervorspringenden Leisten aus Faserknorpel und Bindegewebe. Es wiederholt sich somit hier, was ich oben schon bei einem anderen Falle besprochen habe; die Patella hat sich eine Grube gebildet an der Stelle, wo sie während der Immobilisation dauernd gelegen hat.

II. Versuche an Gliedern mit Fracturen.

1. Weisses Kaninchen, 1 Jahr alt.

Etwa $1\frac{1}{2}$ cm über dem linken Fussgelenk wird eine complicirte Fractura tibiae erzeugt und ein immobilisirender Verband angelegt. Nach 20 Tagen

wird das Thier getötet. Die Hautwunde hat sich vergrössert und reicht nach unten bis an die Fussgelenksgegend hervor. In der Wunde sowie an den Knochenfragmenten, die weder Verwachsung noch Callus zeigen, finde ich viel Eiter und Käsemassen. Die Untersuchung des Fussgelenks ergiebt eine schwere Entzündung: Hyperämie und Schwellung der Synovialis, vermehrter zellenreicher Gelenkinhalt und Käsemassen. Obwohl ich eine Communication der äusseren Wunde und der Gelenkhöhle nicht finde, so ist die Möglichkeit einer Communication doch nicht ausgeschlossen, da eine kleine Oeffnung leicht übersehen wird. Sonst ist im Fussgelenk, insbesondere am Knorpel keine Veränderung bemerkbar; ebenso ist das Kniegelenk vollkommen normal.

2. Graues Kaninchen, 1 Jahr alt.

Es wird eine subcutane Fractura tib. sin. etwas über der Mitte derselben erzeugt und ein Gypsverband angelegt. Bei der 22 Tage später erfolgenden Tötung des Thieres sind die Fragmente bereits mit einander verwachsen. In den Gelenken sehe ich keine anatomische Veränderung.

3. Schwarzes Kaninchen, 7 Monate alt.

Es wird eine subcutane Fractura fem. sin. erzeugt und die linke Hinterpfote immobilisiert. Nach 27 Tagen wird das Thier getötet. Die Fractur ist nicht geheilt. Ich finde weder entzündliche noch sonstige anatomische Abweichungen in den Gelenken.

4. Gelbes Kaninchen, 1 Jahr alt.

Es wird eine Fractura tib. sin. etwa $2\frac{1}{2}$ cm unter dem Kniegelenk erzeugt, wobei eine kleine Verletzung der Haut an der Fracturstelle entsteht. Darauf wird ein immobilisirender Verband angelegt. Nach 28 Tagen finde ich das Thier todt. Die Hautverletzung hat sich vergrössert; in der Wunde treten die Knochenfragmente, die nicht mit einander verwachsen sind, zu Tage. Die Wunde selbst ist mit übelriechendem Eiter angefüllt. Ausser starker Hyperämie im Kniegelenk finde ich in den Gelenken keine Abweichung.

5. Schwarzes Kaninchen, 3 Monate alt.

Es wird nahe dem Kniegelenk eine complicirte Fractura tibiae sin. erzeugt und ein immobilisirender Verband angelegt. Nach 29 Tagen wird das Thier getötet. Die Hautwunde eitert stark. Es findet sich kein Callus; die Knochenfragmente sind mit Eiter bedeckt. Im Kniegelenk findet sich Hyperämie und geringe Schwellung der Synovialis. Abgesehen hiervon beobachte ich weder im Knie- noch im Fussgelenk Entzündungserscheinungen. Der Knorpel ist an allen Contactstellen gut erhalten, an den ausser Contact gewesenen Abschnitten zeigen sich geringe Trübungen, denen unter dem Mikroskop Bindegewebe entspricht.

6. Graues Kaninchen, 3 Monate alt.

In der Mitte der Tibia dextra wird eine complicirte Fractur erzeugt und die rechte Hinterpfote immobilisiert. Nach 46 Tagen wird das Thier getötet. Sowohl die Hautwunde als auch die Fractur ist fast ganz geheilt. Ich finde nirgends entzündliche Erscheinungen. Die Veränderung des Knorpels verhält sich genau wie im vorhergehenden Falle.

7. Graues Kaninchen, 4 Monate alt.

Nachdem an der Grenze des unteren und mittleren Drittels der Tib. sin. eine subcutane Fractur erzeugt worden, wird ein immobilisirender Verband angelegt. Das Thier wird nach 46 Tagen getötet. Die Fractur ist geheilt. In den Gelenken ist alles wie auf der gesunden Seite.

8. Weisses Kaninchen, 5 Monate alt.

Es wird eine complicirte Fractura tib. sin. unmittelbar über dem Fussgelenk erzeugt, die linke Hinterpfote immobilisirt und das Thier nach 49 Tagen getötet. Die Hautwunde besteht noch; von ihr geht nach oben und unten eine starke Phlegmone aus, die mit theilweiser Gangrän der Haut verbunden ist. Die Fragmente sind nicht mit einander verwachsen; sie sind mit Eiter bedeckt. Im Fussgelenk ist die Synovialis stark hyperämisch; der Gelenkinhalt etwas vermehrt und von leicht röthlicher Farbe. Im Kniegelenk finde ich keine entzündlichen Veränderungen. Die Veränderungen des Knorpels verhalten sich wie in Fall 5.

9. Graues Kaninchen, 4 Monate alt.

Es wird eine complicirte Fractur der Tib. sin. an der Grenze des unteren und mittleren Drittels erzeugt und ein Immobilisationsverband angelegt. Nach 79 Tagen erfolgt die Tötung des Thieres. Die Hautwunde hat sich vergrössert und eitert stark; sie lässt sich nach unten bis in das Fussgelenk, dessen Kapsel durchbrochen ist, verfolgen. Die Fractur ist nicht geheilt und finden sich einige nekrotische Knochentheile. Die Veränderungen im Kniegelenk, indem ich Hyperämie der Synovialis, geringe Vermehrung des Inhalts und röthliche Färbung des letzteren constatire, entsprechen, abgesehen hiervon, vollkommen denen der ersten Versuchsreihe. Das Fussgelenk bietet, da es sich um einen Kapseldurchbruch handelt, kein Interesse.

10. Weisses Kaninchen, 6 Monate alt.

Nach Erzeugung einer complicirten Fractura tib. sin. in der Mitte des Knochens wird ein Gypsverband angelegt und das Thier nach 80 Tagen getötet. Die Hautwunde ist noch offen; doch ist die Fractur geheilt. Der Knochen ist an der Fracturstelle fest mit der Haut verwachsen und liegt hier auch frei zu Tage. In keinem Gelenke beobachte ich entzündliche Erscheinungen, die Veränderungen entsprechen vielmehr vollkommen denen der ersten Versuchsreihe, wie ich sie bei dem 4. Fall derselben ausführlich erörtert habe.

11. Grauweiss geflecktes Kaninchen, 1 Jahr alt.

Es wird an der Grenze des unteren und mittleren Drittels der Tib. sin. eine subcutane Fractur erzeugt, ein Immobilisationsverband angelegt und das Thier nach 103 Tagen getötet. Nach Abnahme des Verbandes finde ich, dass die Fragmente unbeweglich mit einander verbunden sind. Doch besteht winklige Dislocation mit nach hinten gerichteter Spitze des Winkels. Da, wo die Spitze gegen die Haut stösst, befindet sich eine Wunde derselben, die bis an das untere Fragment des Knochens reicht; sie ist mit einem Schorf bedeckt, unter dem Eiter und Käsemassen liegen. An den Zehenspitzen ist Decubitus eingetreten. Im Kniegelenk ist die Beweglichkeit durch

die Muskeln und die Kapsel beschränkt. Nach Durchschneidung beider wird die Beweglichkeit normal. Anders verhält sich die Sache im Fussgelenk, wo ich absolute Bewegungsunfähigkeit constatirte, die nach Fortnahme der Muskeln nicht schwindet. Es handelt sich hier um eine Ankylose. Die Gelenkflächen sind in grosser Ausdehnung mit einander verwachsen. Die Zwischenmasse, die die Verbindung herstellt, ist Bindegewebe. Doch geht in grosser Ausdehnung das Knochengewebe der Tibia und das der Fusswurzelknochen direct in einander über. Knorpel sehe ich nur in geringen Resten. Ganz anders liegt die Sache im Kniegelenk. Hier kann ich nur diejenige Art von Veränderungen nachweisen, die ich bei Versuchsreihe I beschrieben habe, Veränderungen, wie sie bei einfacher Immobilisation vorkommen. Ich gebe von dem Kniegelenk des hier beschriebenen Falles zwei mikroskopische Bilder. In Fig. 3 Taf. XIV sieht man die Zellen in lebhafter Proliferation. Bei a a beobachtet man eine grosse Zellenanhäufung. An der Oberfläche sieht man Spindelzellen in stark streifiger Grundsubstanz. Es findet sich hier also nicht Knorpel, sondern Bindegewebe. Den Uebergang beider Gewebe in einander beobachtet man bei b, wo die Zellen kleiner werden und Spindelform annehmen, während gleichzeitig die Grundsubstanz streifig wird. Auch Fig. 1 der Taf. XV ist dem Kniegelenk des hier geschilderten Falles entnommen. Doch habe ich gleiche Bilder auch sehr oft bei Fällen der ersten Versuchsreihe gesehen. Bei a a sieht man Zacken von Bindegewebe in den Knorpel hineingreifen. Dieser Theil des Bindegewebes ist local aus Knorpel entstanden. Bei b hingegen sieht man Bindegewebe, welches auf annähernd normalem Knorpel gelegen und sich von ihm losgelöst hat. Dieses Bindegewebe b steht in festem Zusammenhang mit dem Theil a; es besteht jedoch kein intimerer Zusammenhang mit dem unmittelbar darunter gelegenen Knorpel c. Ich erkläre mir dieses und ähnliche Bilder so, dass das Bindegewebe a sich aus dem unmittelbar unter ihm befindlichen Knorpel entwickelt hat, und dass das so entstandene Bindegewebe a weiter über benachbarten, noch unveränderten Knorpel c gewuchert ist, wodurch das Bindegewebe b entstand. Ein Theil des locker aufliegenden Bindegewebes stammt jedoch auch direct von der Synovialis.

12. Graues Kaninchen, 3 Monate alt.

Es wird an der linken Hinterpfote eine subcutane Fractura tib. sin. erzeugt, und ein immobilisirender Verband angelegt, der in den ersten 3 Wochen Fuss- und Kniegelenk, später nur das letztere fixirte. Nach 192 Tagen tödte ich das Thier. Die Fractur ist geheilt, die Beweglichkeit des linken Kniegelenks ist beschränkt. Durch Muskeldurchschneidung wird sie vergrössert, Kapseldurchschneidung lässt sie normal werden. Im linken Kniegelenk findet sich keine Spur von Entzündung. Das untere Ende des Femur zeigt wesentliche Veränderungen, besonders die Fossa pat. Fig. 7 B zeigt den Knochen von vorn. Bei a sieht man die Grube, in der während der Immobilisation die Patella gelegen hat. Die Grube ist nach oben durch eine horizontale Leiste b begrenzt; auch die seitlichen Leisten sind deutlich ausgebildet, ähnlich wie ich es bei der ersten Versuchsreihe mehrfach beschrieben habe. Un-

mittelbar unter dieser Grube a findet sich ein Defect des Knorpels c. Er ist nach oben gegen die Grube a scharf abgesetzt, geht jedoch nach den anderen Richtungen allmählich in das Niveau der Umgegend über. Etwa 5 mm unter dieser Knorpelulceration befindet sich ein zweiter, viel grösserer Defect f, der bis in das Knochengewebe hineinreicht. Dieser Defect hat verschiedene Ausläufer nach oben, wie an der Figur zu sehen ist. Besonders tief ist er an seiner äusseren Grenze bei i. Die obere Begrenzung dieses Defectes ragt stark über sein Niveau hervor, während nach unten der Uebergang ein mehr allmählicher ist. Der Grund dieser beiden Knorpel- resp. Knochenulcerationen ist rauh und glanzlos.

Fig. 7 A auf Taf. XIII zeigt das Gelenkende des Fem. sin. von unten, Fig. 6 das Fem. dext. des gleichen Falles. Die Buchstaben f g i zeigen dieselben Stellen wie bei 7 B. Genau wie ich es bei Fall IV der ersten Versuchsreihe beschrieben habe; sieht man auch bei diesem Falle vorn eine deutliche Verbreiterung der Gelenkfläche (m m, bezeichnen die Sehnen des Musc. extensor dig.). Auch hier ist die Verbreiterung mit einer Formveränderung verbunden. Die unteren Flächen beider Condyli fem. c c gehen nicht unmittelbar in die seitlichen über; vielmehr ist an den Condyli je eine Fläche d d eingeschaltet, die mit den Cartilag. semicirc. in Berührung steht, während der Theil c c unmittelbar mit dem Knorpel der Tibia articulirt. Da, wo gegenseitiger Knorpelcontact stattgefunden hat, ist der Knorpel makroskopisch und mikroskopisch vollkommen normal, während die anderen Stellen der Gelenkoberfläche trübe und glanzlos, theilweise auch rauh sind. An diesen ausser Berührung gewesenen Stellen ist der Knorpel in Bindegewebe übergegangen. Fig. 2 der Taf. XV zeigt ein Bild, wie es an der Grenze des normal glänzenden Knorpels und der trüben Partien sich darbietet. Fast die ganze Knorpelgrundsubstanz ist gestreift. Die Streifung ist in der Tiefe senkrecht gegen die Oberfläche gerichtet und macht in deren Nähe einen Bogen, um sich parallel dieser zu lagern, wie dies bei a zu sehen ist. Etwas weiter von hier entfernt bildet die dieser parallel gestreifte Substanz an der Oberfläche eine besondere Lage, die an Stärke mehr und mehr zunimmt, wie bei b zu sehen ist. In ihr treten auch bald Spindelzellen auf, die, wie sich an anderen Präparaten zeigt, local aus Knorpelzellen hervorgegangen sind. Geht man von einer Stelle, wie ich sie hier beschrieben habe, weiter nach der Richtung der stärkeren Trübung zu, so kommt man an ein Bild, wie es Fig. 3 der Taf. XV zeigt. Man sieht an der Oberfläche Bindegewebe, wie in Fig. 2 bei b. Hinzukommen hier Gefässer, denen man in, wenn auch spärlicher Zahl, begegnet. Fig. 3 zeigt ein Gefäss bei b; unter dem Bindegewebe findet sich hier Knorpel. Nun trifft man aber an manchen Stellen unter dem Knorpel c spongiösen Knochen d, darunter wieder eine Knorpelschicht e. Unter dieser liegt wieder Knochengewebe f. An anderen Stellen, wie dies z. B. bei g der Fall ist, liegt der Knochen direct unter dem Bindegewebe. Hier ist der Knorpel ganz und gar geschwunden. An der entgegengesetzten Seite der Figur sieht man, dass die eingeschobene Knochenenschicht d schwindet und unter dem Bindegewebe Knorpel und nun

in der Tiefe ausschliesslich Knochengewebe folgt, ohne dass der Knorpel durch Knochen in zwei Schichten getheilt wird. Der soeben beschriebene Fall bietet also sehr bedeutende Veränderungen dar. Während der Knorpel sich in grosser Ausdehnung in Bindegewebe umwandelt, während bei f Taf. XIII Fig. 7 B Knorpel und Knochen geschwunden ist, sieht man an anderen Stellen, wie Fig. 3 auf Taf. XV zeigt, den Knochen zwischen noch erhaltenen Knorpelabschnitten hineinwachsen. Wenigstens kann ich eine andere Erklärung des hier gezeichneten und vielfach sich darbietenden Bildes nicht geben.

Im Vorhergehenden habe ich die beiden ersten Versuchsreihen beschrieben. Die erste enthielt Thiere, bei denen eine gesunde Extremität, die zweite Thiere, bei denen eine Extremität mit Knochenbruch immobilisirt wurde. Die erste Veränderung, die ich auftreten sah, ist eine durch Muskelverkürzung bedingte Beweglichkeitsbeschränkung. Ich sah sie bereits nach 12 tägiger Immobilisation. Später wird auch die Kapsel zum Hinderniss der freien Bewegung. Ungefähr gleichzeitig hiermit, tritt an der Oberfläche des hyalinen Knorpels Bindegewebe auf, über dessen Herkunft ich oben mehrfach gesprochen habe. Theilweise ist es aus dem Knorpel local entstanden, und fest mit ihm verbunden, theilweise ist es über ihn herübergewachsen und nur lose auf ihm gelagert. Die Umwandlung des Knorpels in Bindegewebe kann Vertiefungen der Oberfläche zur Folge haben, wenn das neuentstandene Bindegewebe einen kleineren Raum einnimmt, als sein Muttergewebe, der Knorpel. Alle diese Veränderungen treten nur an den Stellen des Knorpels auf, die während der Immobilisation keinem gegenseitigen Contact ausgesetzt waren; da hingegen, wo dieser stattfand, bleibt der Knorpel durchaus normal. Gleichzeitig hiermit sind Gestaltveränderungen des Femur eingetreten. Die Patella hat sich, wie ich gezeigt habe, eine neue Grube hergestellt, wenn sie während der Immobilisation oberhalb der eigentlichen Fossa pat. zu liegen kam. Die Herstellung der neuen Grube hat Statt durch einen in den hier liegenden Bindegewebe auftretenden Wucherungsprozess. Die sich erhebenden Ränder schliessen eben die Grube ein, in deren Boden sich allmäthlich Knorpel aus Bindegewebe bildet. Es zeigt aber der Oberschenkel noch eine weitere Formveränderung. Ich habe das Auftreten je einer neuen Fläche zwischen den unteren und seitlichen Flächen der Condyli femoris geschildert. Diese Formveränderung beruht, wie ich glaube, auf Folgendem:

Die Cartilagines semicirculares sind, von oben betrachtet, stark concav. Die Condyli tibiae sind leicht convex, so dass die Krümmung der Cond. tib. und der Cartil. semic. eine verschiedene ist. Dieser Verschiedenheit der Krümmung schliessen sich bei der dauernden Extensionsstellung die Condyli femoris an, welche normaler Weise unten stark gewölbt sind. Da wo unmittelbar Contact zwischen Femur und Tibia stattfindet, passt jenes sich dieser an. Weil nun Cartil. semic. und Tibia verschiedene Krümmung zeigen, so nimmt auch das Femur verschiedene Flächen an da, wo es direct mit der Tibia und da, wo es mit den Cartilag. semicircul. in Contact steht.

Niemals sah ich bei Immobilisation einer gesunden Extremität eine Anchylose entstehen, oder eine Veränderung eintreten, die als Vorläufer einer solchen aufzufassen wäre. Hierher wären vor Allem Gelenkentzündungen zu zählen, die nach Teissier und Menzel das Primäre sind, wenn eine Anchylose bei Immobilisation entsteht. Wohl aber beobachtete ich in meiner zweiten Versuchsreihe mehrfach bei den offenen Knochenbrüchen Entzündung benachbarter Gelenke, ohne dass ich einen Durchbruch der Wunde in das Gelenk constatiren konnte. Zwar kann gelegentlich eine kleine Perforationsöffnung auch bei genauem Zusehen übersehen werden. Da ich jedoch eine Gelenkentzündung auch ohne sichtbare Kapselperforation mehrfach beobachtete, so glaube ich, dass auch ohne Kapseldurchbruch offene Fracturen zu Gelenkentzündungen führen können; und zwar führen sie um so eher hierzu, je näher die Verletzung dem Gelenke liegt. In-dessen ist die Entzündung im Gelenk nicht die nothwendige Folge einer derartigen Verletzung. Aehnlich verhält es sich mit dem Decubitus. Ich hatte öfter Gelegenheit, ihn zu beobachten; oben habe ich jedoch ausserdem Fall 11 der 2. Versuchsreihe alle Fälle mit Decubitus unberücksichtigt gelassen. Ich sah bei Decubitus, der während der Immobilisation eintrat, mehrfach Gelenkentzündung, ohne dass eine Kapselperforation bemerkbar gewesen wäre. Besonders waren die Gelenke erkrankt, die in der Nähe des Decubitus lagen; zuweilen jedoch fand sich auch Entzündung in Gelenken, die weit von der Hautläsion entfernt waren. Ob nun in Folge derartiger Gelenkentzündungen, die eine Folge von anderweitigen entzündlichen Prozessen sind, eine An-

chylose entsteht, diese Frage möchte ich nicht ohne Weiteres beantworten. Das Einzige, was mich veranlassen könnte, diese Frage zu bejahen, ist die Anchyllose im Fussgelenk bei Fall 11 der zweiten Versuchsreihe. Eine andere Veranlassung der Anchyllose als die Fractur, resp. Hautverletzung, die hier später zu Stande kam, kann ich zwar in diesem Falle nicht anführen. Dennoch halte ich denselben für zu vereinzelt, um darauf hin die obige Frage zu bejahen.

Welches sind nun die für die Praxis wichtigen Consequenzen, die aus meinen beiden ersten Versuchsreihen zu ziehen sind? Wenn von der Therapie eine längere Immobilisation verlangt wird, ohne dass eine entzündliche Affection an der Extremität besteht, so kann man, wie Versuchsreihe I zeigt, ohne das Eintreten einer Anchyllose befürchten zu müssen, die Extremität lange Zeit immobilisiren. Diese therapeutische Indication liegt häufig vor, ohne dass irgend welche entzündliche Erscheinung vorhanden ist. Ich erinnere nur an das bekannte Verfahren von Julius Wolff zur Heilung des Klumpfusses (forcirtes Redressement während des Erhärtens des immobilisirenden Verbandes und Liegenlassen des letzteren durch längere Zeit). Lange Zeit, selbst bis zu 9 Monaten bleibt hier der Verband liegen; eine Anchyllose wird nicht die Folge sein.

Meine zweite Versuchsreihe behandelt das grosse Gebiet der Immobilisation kranker Extremitäten natürlich durchaus nicht erschöpfend. Ich hätte jedoch hier noch eine grosse Menge anderer Fälle anführen können, die, allerdings ohne dass ich es beabsichtigte, zu pathologischen geworden sind; ich meine die Fälle von Decubitus. Es ist dies leider eine äusserst häufige Störung bei den Versuchen über Immobilisation; ich habe bei mehr als 20 Fällen Decubitus zu beobachten Gelegenheit gehabt. Oft war hierbei der Decubitus unter ausgedehnter Zerstörung der Kapsel bis in das Gelenk gedrungen und hatte zu schwerer Gelenkentzündung geführt. Dennoch beobachtete ich hierbei nicht ein einziges Mal eine Anchyllose oder eine Veränderung, die auf das spätere Eintreten einer solchen hätte schliessen lassen. Also selbst bei ausgesprochenen schweren Gelenkentzündungen ist die Anchyllose keine so nahe liegende Gefahr. Bei den Fällen der zweiten Versuchsreihe fand ich nur einmal

eine Anchylose¹, für deren Eintreten ich, wie oben auseinandergesetzt ist, eine sichere Erklärung nicht weiss. Berücksichtige ich jedoch die anderen Fälle der zweiten Versuchsreihe, so kann ich den Schluss ziehen, dass die Anchylose, wenn sie hierbei überhaupt eintreten kann, so doch äusserst selten der Ausgang bei mit Fracturen verbundener Immobilisation ist. Subcutane Fracturen, die nicht in unmittelbarer Nähe des Gelenks sich befinden, können, ohne dass eine Anchylose eintritt, mit längerer Immobilisation behandelt werden; jedenfalls ist es, wenn die Heilung einen zwar tragen aber doch sonst glatten Verlauf nimmt, nicht nöthig, um einer Anchylose vorzubeugen, den Verband öfter zu wechseln und passive Bewegungen mit der Extremität vorzunehmen. Was die Immobilisation bei offenen, besonders bei offenen parartikulären Fracturen betrifft, so kommt hierbei zwar mitunter Gelenkentzündung vor. Sicherlich ist aber nicht die Immobilisation Veranlassung hiervon, sondern die offene Fractur. Es geht dies schon daraus hervor, dass ich Gelenkentzündung bei gleicher Verletzung auch ohne künstliche Immobilisation beobachtete.

Wenn nun auch eine Anchylose nicht die Folge künstlicher Immobilisation ist, so hat diese doch andere schwere, oben beschriebene Veränderungen im Gefolge. Es liegt hier die Frage nahe, ob dieselben wieder schwinden, wenn der Immobilisationsverband fortgenommen wird, oder ob die Störungen sowohl die physiologischen als auch die anatomischen dauernde sind. Zur Beseitigung derselben könnte es auf zweifache Weise kommen: Entweder durch active Bewegungen, die nur mit dem immobilisirt gewesenen Gliede ausgeführt werden, oder durch passive Bewegungen, die ohne active Beteiligung der betreffenden Extremität zu Stande kommen. Ich habe mich darauf beschränken müssen, einige Fälle daraufhin zu prüfen, ob ausschliesslich durch active Bewegungen eine vollkommene Restitutio in integrum statt hat.

III. Versuche über die Rückbildung der anatomischen Veränderungen nach Abnahme des Verbandes.

1. Weisses Kaninchen, 1 Jahr alt.

Nachdem die linke Hinterpfote 29 Tage immobilisirt worden war, wird der Verband abgenommen. Das Thier wird 27 Tage nach Abnahme des

selben getötet. Das Thier hatte nach Aufhören der künstlichen Immobilisation vollständig genügende Gelegenheit zu freier Bewegung. Dennoch blieb die Bewegungsbeschränkung, die sich nach Entfernung des Verbandes zeigte, so gut wie unverändert bestehen. Es betrug nach Abnahme des Verbandes die Excursion des linken Kniegelenks 76° gegen 156° rechts, des linken Fussgelenks 71° gegen 157° rechts. Bis zur Tötung blieb diese Excursionsgrösse fast dieselbe. Die nach dem Tode vorgenommene Untersuchung ergiebt, dass die Beweglichkeit sowohl im Fuss- als im Kniegelenk nach Muskeldurchschneidung zunimmt und nach Kapseltrennung normal wird. In beiden Gelenken constatire ich außerdem geringe Hyperämie der Synovialis. Abgesehen hiervon beobachte ich Trübung des Knorpels an Stellen, die bei Extension außer Contact gewesen sind. Mikroskopisch befindet sich an solchen Stellen Bindegewebe auf hyalinem Knorpel. Ueberhaupt bietet dieser Fall, abgesehen von der Hyperämie des Synovialis, gleichartige Veränderungen dar, wie ich sie in den Fällen meiner ersten Versuchsreihe gefunden habe. Was diese Veränderungen betrifft, so fragt es sich, ob sie lediglich die Folgen der künstlichen Immobilisation sind, oder ob sie ganz oder theilweise erst nach der Verbandabnahme eingetreten sind. Sie sind ziemlich bedeutend, besonders die Trübung der Gelenkoberfläche. Deshalb nehme ich mit Sicherheit an, dass sie, mindestens zum grössten Theil, erst nach Verbandabnahme aufgetreten sind. Nach der Verbandabnahme bestand eine bedeutende Bewegungsbeschränkung, die ich als eine natürliche Immobilisation betrachte. Sie wirkt ebenso wie eine künstliche, nur wird durch diese die Beweglichkeit in höherem Grade beschränkt als durch die natürliche. Die Hyperämie der Synovialis ist eine Folge der Zerrungen, denen dieselbe nach dem Aufhören der Immobilisation ausgesetzt ist, wenn auch nur kleine Bewegungen stattfinden. Volkmann¹⁾ hat auf die Folgen derartiger Zerrungen hingewiesen, die nach Entfernung von Immobilisationsverbänden an der während der Immobilisation geschrumpften Synovialis stattfinden.

2. Schwarzes Kaninchen, 6 Monate alt.

Die linke Hinterpfote wird 59 Tage immobilisiert und das Thier 47 Tage nach Verbandabnahme getötet; passive Bewegungen werden nicht gemacht. Die sehr bedeutende Bewegungsbeschränkung beider Gelenke schwand allmäglich und wurde 27 Tage nach Aufhören der Immobilisation die Beweglichkeit normal; 20 Tage hierauf wird das Thier getötet. Es finden sich stellenweise Trübungen des Knorpels und ihnen entsprechend Bindegewebe, wiewohl in geringer Ausdehnung vor.

3. Graues Kaninchen, 1 Jahr alt.

Die rechte Hinterpfote wird 88 Tage immobilisiert; 51 Tage nach Verbandabnahme tötete ich das Thier. Die ziemlich grosse Bewegungsbeschränkung schwindet allmäglich, und ist die Beweglichkeit 25 Tage nach Entfernung des Verbandes normal. Nach der Tötung des Thieres finde ich

¹⁾ Ueber den Hydarthros steif gehaltener Gelenke von R. Volkmann. Berliner klinische Wochenschrift. 1870. No. 30, 31.

die gleichen Veränderungen wie bei dem vorhergehenden Fall, jedoch in grösserer Ausdehnung.

4. Die rechte Hinterpfote wird 98 Tage immobilisirt. Kurz nach Abnahme des Verbandes beträgt die Excursion des rechten Kniegelenks 55° gegen 158° links, des rechten Fussgelenks 40° gegen 158° links. Die Excursionen werden allmählich grösser. 63 Tage nach Abnahme des Verbandes tödte ich das Thier. Die Beweglichkeit ist noch nicht zur Norm zurückgekehrt. Es beträgt nach der Tötung die Excursionsgrösse des rechten Kniegelenks 134° , des rechten Fussgelenks 96° . Muskeldurchschneidung bringt fast gar keine Zunahme der Beweglichkeit hervor, Kapseldurchschneidung lässt die letztere normal werden. Im Fuss- und im Kniegelenk finde ich bedeutende Vermehrung des Gelenkinhalts; er ist serös und leicht hämorrhagisch. Die Synovialis ist ebenso wie das pericapsuläre Gewebe stark hyperämisch; die Synovialis enthält ausserdem Blutpigment. Weitere Veränderungen zeigt das Femur dext., das Fig. 8 Taf. XIII darstellt. Man sieht oben bei b eine Grube ähnlich der schon oft beschriebenen. Hier hat während der Immobilisation die Patella gelegen. Unmittelbar darunter befindet sich ein erheblicher Defect in der Fossa pat. bei c; derselbe geht bis an den Knochen heran und besitzt einen grauweissen rauhen Grund. Ferner finden sich hier zu beiden Seiten der Fossa pat., da wo der Knochen von Synovialis bedeckt ist, mehrere knollige Erhebungen a a a und d d; zwischen den einzelnen Höckern befinden sich Vertiefungen. Die Höcker sind von derselben Consistenz, fast so derb wie Knorpel. Die Fossa pat., die Condylia femoris et tibiae zeigen erhebliche Trübungen an den Stellen, die während der Immobilisation ausser Contact gewesen sind. An der Patella ist der untere Theil des Knorpels von einer derben durchscheinenden Masse verdeckt; die mit der geschwollenen und gewucherten Synovialis zusammenhängt. Im Fussgelenk zeigen sich ähnliche Veränderungen. Auch hier sind Trübungen des Knorpels vorhanden. Kleine knollige Auswüchse finde ich hier an der Tibia. Fig. 9 Taf. XIII zeigt die normale linke, Fig. 10 die veränderte rechte von unten. Die Tibia articulirt mittelst der äusseren Hälfte a a, mit dem Calcaneus, mittelst der inneren b b, mit dem Talus. Die hintere Hälfte ist vorzugsweise bei Extension, die vordere bei Flexion in Knorpelcontact. Von diesen letzteren Stellen, die während der Immobilisation ausser Contact waren, gehen die Auswüchse aus. Die Wucherungen sind, wie auch die Figur 10 zeigt, sehr erheblich, da sie makroskopisch sehr allmählich in den Knorpel übergehen, so sind sie nicht so deutlich darzustellen, wie in Fig. 8 am Kniegelenk. Doch erkennt man bei c c der Fig. 10 auch die unregelmässige höckerige Form. In Folge der derben Consistenz erscheint das untere Gelenkende der Tibia nicht nur für das Auge, sondern auch für das Gefühl erheblich verbreitert. Die Verbreiterung ist besonders durch die nach vorn und innen gehende Wucherung des dem Talus entsprechenden Abschnitts bedingt. Der Talus und Calcaneus sind in ganz ähnlicher Weise verändert, indem der vorderste Theil des Knorpels von einem derben durchscheinenden Gewebe bedeckt ist.

Ich gehe nun zum mikroskopischen Befund über. Was den Defect c in Fig. 8 betrifft, so fehlt hier der Knorpel vollständig und findet sich daselbst stark faseriges Bindegewebe, unter dem unmittelbar Knochengewebe liegt. Die Wucherungen a a a und d d bestehen gleichfalls aus faserreichem Bindegewebe. Auch sonst findet sich auf dem Knorpel des Femur und der Tibia den trüben Stellen entsprechend Bindegewebe. Die beschriebene derbe Masse auf dem unteren Theile der Patella besteht aus Bindegewebe, das sich an der Oberfläche bis zur Synovialis verfolgen lässt, in der Tiefe jedoch fest mit dem Knorpel zusammenhängt und, wie aus vielen Uebergängen zu ersehen ist, sich aus ihm entwickelt hat. Ganz ebenso liegt die Sache im Fussgelenk. Der Knorpel der Tibia, des Talus und des Calcaneus ist vorn von Bindegewebe bedeckt, und es zeigt sich, dass dieses theilweise mit der Synovialis zusammenhängt, theilweise aber auch dem Knorpel seine Entstehung verdankt.

Wie ist nun dieser Fall zu deuten? Wie sind die schweren Ernährungsstörungen, die sich hier fanden, zu erklären? Abgesehen von den Trübungen des Knorpels, die während der Immobilisation entstanden sind, sind die anatomischen Veränderungen im Gelenk erst nach Aufhören der Immobilisation entstanden. Dies schliesse ich daraus, dass ich in keinem Falle bei unterbrochener Immobilisation ähnliche Veränderungen, wie in dem eben beschriebenen Falle fand.

Zweifellos handelt es sich um eine Entzündung beider Gelenke, des Fussgelenks sowohl wie des Kniegelenks. Die Hyperämie der Synovialis, der blutig-seröse Erguss, die bedeutenden Wucherungen können nur als Entzündung gedeutet werden. Volkmann giebt, wie schon erwähnt, als Ursache der nach anhaltender Immobilisation entstehenden Gelenksentzündungen die Zerrungen an, welche die Synovialis bei den Bewegungsversuchen auszuhalten hat.

Es fragt sich weiter: Wie entstand der Defect c in Fig. 8? Entstand er während der Immobilisation oder nach Aufhören derselben? Da der Defect zu gross ist, um durch einfache 98tägige Immobilisation zu entstehen, so nehme ich das letztere an. An der Patella hatte ich auf dem unteren Theil des Knorpels eine erhebliche Wucherung von Bindegewebe gefunden. Diese entspricht bei Extensionstellung ungefähr dem Defect c. Nach Aufhören der Immobilisation war das Bein meistens in fast vollständiger Extensionsstellung. Es liegt mithin die Möglichkeit vor, dass der Defect c durch die Wucherung an der

Patella bedingt ist, dass es sich also um eine Druckatrophie handelt.

Endlich erwähne ich noch, dass das Blutpigment von der Zerreissung von Gefässen herrührt, die während der Immobilisation geschrumpft waren und nach Aufhören derselben bei den Bewegungen gezerrt wurden.

Die letzten 4 Fälle bilden meine dritte Versuchsreihe. Ihre Resultate scheinen mit einander nicht in Einklang zu stehen. Bei Fall 2 und 3 fand vollständige functionelle Restitutio in integrum Statt. Es ist wohl anzunehmen, dass auch die anatomische Beschaffenheit der Gelenke die frühere geworden wäre, dass auch das Bindegewebe über dem Knorpel geschwunden wäre, wenn das Thier länger gelebt hätte. Bei Fall 1 blieb die Functionsstörung vollkommen, bei Fall 4 theilweise bis zum Tode bestehen. Eine erschöpfende Erklärung für diese Differenz kann ich nicht geben. Indessen will ich auf einige hierbei in Betracht kommende Momente hinweisen; ich mache aber vorher eine hierzu nothwendige Abschweifung vom Thema.

Unter dem Verbande sind die functionellen Verhältnisse der Organe andere als vor Anlegung desselben, wo die Stellung der Glieder eine andere und deren Bewegung vollkommen frei war. Infolge dessen sind nun während der Immobilisation Veränderungen in den bewegenden Theilen aufgetreten. Muskeln, die weniger functioniren, erleiden die sogenannte Inaktivitätsatrophie. Hiermit sind jedoch die Veränderungen derselben durchaus nicht erschöpft. Oben habe ich gezeigt, dass eine Beweglichkeitsbeschränkung auftritt, die bedingt ist durch Verkürzung der Muskeln. Nun sind die Muskeln unter normalen Verhältnissen so befestigt, dass sie etwas über ihre natürliche Länge gedehnt sind, wodurch jeder Muskel einen elastischen Zug auf den Knochen ausübt. Die Gelenke sind dann in ihrer Ruhestellung, wenn keine active Contraction der Muskeln auf ihre Stellung Einfluss hat, sondern nur die Summe des elastischen Zuges aller Muskeln, die sonst zu ihrer Bewegung dienen. Diese Ruhelage ist bei Kaninchen im Fussgelenk Beugung in einem Winkel von etwa 110° , am Kniegelenk von etwa 100° . Die natürliche Ruhelage ist bei meinen in Extension immobilisierten Thieren künstlich verändert, und es ist eine künstliche

Ruhelage geschaffen. Hierbei sind die Insertionspunkte einiger Muskeln einander permanent genähert, die Insertionspunkte anderer mehr von einander entfernt, als der natürlichen Ruhelage entspricht. Jene Muskeln, bei welchen constante Annäherung der Insertionspunkte stattfindet, verkürzen sich hierbei, und sie bedingen dadurch anfangs ausschliesslich, später zum grossen Theile die Beweglichkeitsbeschränkung, die bei längerer Immobilisation stets angetroffen wird. Damit nun normale Beweglichkeit wieder eintritt, ist es nöthig, dass die verkürzten Muskeln resp. Bänder wieder länger werden; dies geschieht bei Ausschluss passiver Bewegungen durch Contraction der antagonistisch wirkenden Muskeln.

Weshalb nun zuweilen diese Wiederverlängerung sehr schnell zuweilen gar nicht, oder sehr langsam stattfindet, dafür kann ich, wie erwähnt, keine erschöpfende Erklärung geben. Indessen weise ich auf einige hierbei in Betracht kommende Momente hin. Die Dauer der Immobilisation wird selbstverständlich einen Einfluss insofern haben, als mit der Länge der Immobilisation auch die Verkürzung der Muskeln zunimmt. Dass indessen der Einfluss der Immobilisationsdauer zuweilen vollständig zurücktreten kann, das beweist der Umstand, dass Fall 1 mit nur 4wöchentlicher Immobilisation keine Wiederherstellung zeigte, wohl aber Fall 2 und 3 mit längerer Immobilisationszeit. Ferner erwähne ich die Schmerhaftigkeit, die ein Hinderniss der Wiederherstellung sein kann. Die Dehnung der Muskeln ist oft mit heftigen Schmerzen verbunden, zu deren Vermeidung die Dehnung der verkürzten resp. die Contraction der antagonistisch wirkenden Muskeln unterbleibt. In ähnlicher Weise kann auch eine Gelenkentzündung, die bei den Bewegungsversuchen auftritt, die Fortsetzung derselben hindern. Diese Momente kommen bei der Herstellung der Beweglichkeit in Betracht und erklären zum Theil die individuellen Schwankungen, die sich hierbei zeigen.

Oben habe ich nachgewiesen, dass bei längerer Immobilisation eine Anchylose, d. h. eine Verwachsung der einander gegenüber stehenden Gelenkflächen nicht eintritt. Die Muskelverkürzung und die Kapselschrumpfung veranlassen jedoch eine erhebliche Beweglichkeitsbeschränkung. Die Beantwortung der Frage, ob man aus diesem Grunde von längerer Immobilisation

absehen soll, ist davon abhängig, ob innerhalb nicht zu langer Zeit nach Aufhören der Immobilisation eine Wiederherstellung der früheren functionellen Verhältnisse erfolgt. In meiner letzten Versuchsreihe war dies zwar nicht immer der Fall, ich erinnere jedoch nochmals daran, dass ich passive Bewegungen gar nicht ausführte. Für sehr wahrscheinlich halte ich es, dass diese stets zu normaler Beweglichkeit geführt hätten. Die eigenen Muskeln des Thieres sind nicht immer stark genug, um zu einer Verlängerung der verkürzten Antagonisten zu führen; die Schmerzhaftigkeit, die bei der Dehnung der verkürzten Muskeln eintritt, veranlasst das Thier diese zu unterlassen.

Beim Menschen tritt bekanntlich nach längerer Immobilisation, analog den Thierversuchen, oft eine bedeutende Erschwerung der Beweglichkeit ein. So sah ich bei einem 12jährigen Mädchen mit *Geno valgum* nach zweimonatlicher Immobilisation beider Kniegelenke diese in vollständiger Extension stehen bleiben, als der Verband abgenommen war. Active Bewegungen wurden wegen der Schmerzhaftigkeit unterlassen. Durch 8tägige passive Bewegungen gelang es indessen, die normale Function der Kniegelenke wieder herzustellen. Ich glaube, dass es gelingen wird, auch in anderen Fällen, selbst bei starker Beweglichkeitsbeschränkung, die auf Muskelverkürzung resp. Kapselschrumpfung beruht, durch systematische passive Bewegungen die alte Excursionsgrösse wieder zu erlangen, und ist es meiner Ansicht nach nicht nöthig, längere Immobilisation zu vermeiden, aus Furcht, es könnten irreparable Functionsstörungen die Folge sein.

Fig. 3.

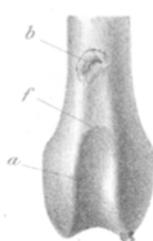


Fig. 7.

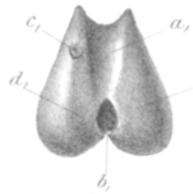


Fig. 2A.



Fig. 5.

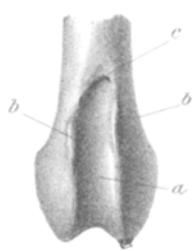


Fig. 6.

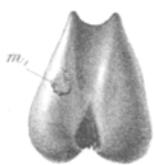


Fig. 2B.

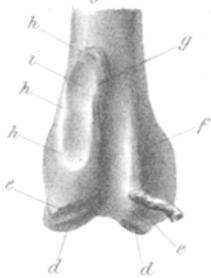


Fig. 7A.



Fig. 4.



Fig. 8.

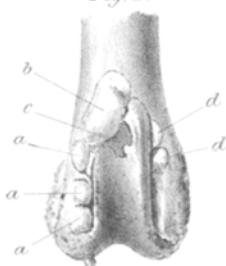


Fig. 7B.

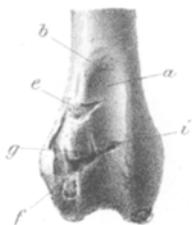


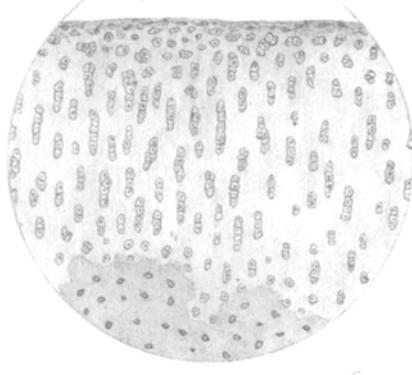
Fig. 9.



Fig. 10.

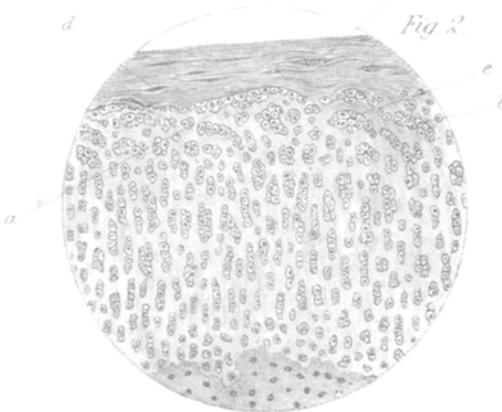


Fig. 1



c

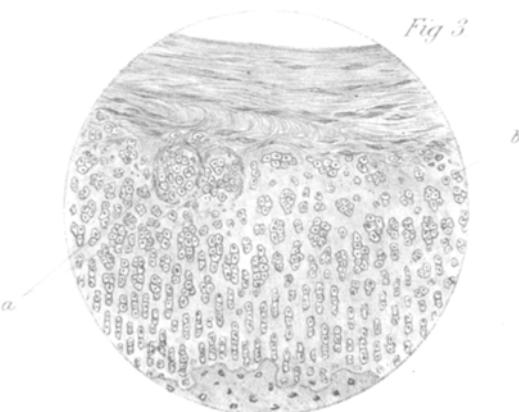
Fig. 2



a

b

Fig. 3



a

b

