Aus der Chirurgischen Klinik der Universität in Leipzig.
Ueber Wiederbildung von Gelenken,
ihre Erscheinungsformen und Ursachen ; funktionelle Anpassung —
Regenerationen.

Von Geh. Med.-Rat Prof. E. Payr, Generalarzt à l. s.

(Fortsetzung aus Nr. 30.)

b) Befunde bei irreponierten Luxationen.

Froriep und Malgaigne, besonders aber v. Volkmann und v. Langenbeck haben die Bildung eines neuen Gelenkes um den luxierten Gelenkkörper in geradezu klassischer Weise geschildert.

Unter der Voraussetzung wiedereinsetzender Bewegung bildet sich zwischen dem verrenkten Gelenkkörper und den zerrissenen, mit Blutergüssen durchsetzten Muskeln, Aponeurosen und Gelenkkapselresten ein gefäßreiches Granulationsgewebe, das sich allmählich zu einer derben, bindegewebigen, an der Innenfläche glättenden Kapsel mit synovialähnlichem Inhalt umwandelt. Bewegt sich der verrenkte Gelenkkörper gegenüber periostbekleidetem Knochen, so entsteht durch den Druck und den plastischen Reiz der Bewegungen nicht durch Usur, sondern durch produktive Tätigkeit des Periosts eine neue, knöcherne, nicht selten teilweise (peripher) mit Faserknorpel bedeckte Gelenkpfanne; fehlt Knorpelbelag, so trifft man an seiner Stelle eine sehnenartige, spiegelglatte, für den Gleitvorgang gleichfalls sehr geeignete Auskleidung.

Nach den hochinteressanten Tierversuchen Volkmanns jr. über Nearthrosen nach Luxationen bildet sich bei der Hüftverrenkung ein neues Ligamentum teres erst aus weichem, graurötlichem Granulationsgewebe (drei Wochen) mit schließlich (zehn Wochen) derbem, sehnartigem Gefüge, für dessen Entstehung wir die Saugkraft bei den Bewegungen des Gelenkkopfes für wesentlich halten möchten.

Diese Gelenkneubildung ist namentlich am Schulter- und Hüftgelenk in hoher Vollendung beobachtet. Kugelgelenke sind wegen ihrer zahlreichen Bewegungsmöglichkeiten für sie offenbar besonders befähigt. Auch wir haben vor 18 Jahren derartige Befunde bei der blutigen Reposition von traumatischen und spontanen Hüftverrenkungen beschrieben, allerdings konnten wir ebenso wenig wie Dollinger die auch beim Menschen beschriebene (Volkmann jr., Weinlechner) Wiederbildung des runden Bandes feststellen.

Die von Volkmann jr., Baiardi u. a. experimentell studierte Wiederbildung und Schichtdifferenzierung (fibröse äußere, synoviale innere) der Gelenkkapsel deckt sich so genau mit dem Ergebnis von Payrs, Sumitas und Segales Tierversuchen mit Kapsel-exstirpation, daß sich hier eine genauere Wiedergabe erübrigt (s. Tierversuche IV 2). Wir erwähnen nur, daß dieser Autor schon nach 23 Tagen eine trefflich differenzierte Gelenkkapsel feststellen konnte, während das Gelenk nach zehn Wochen völlig neu gebildet war. Auch die Zeiträume stimmen mit jenen der zum Vergleich herangezogenen Versuche.

Während der Deckknorpel des sich in seinem neuen Weichteil-lager bewegenden Gelenkkörpers oft sehr gut erhalten gefunden wird, erst nach längerer Zeit Knorpeldefekte aufweist (s. Fig. 4), bedeckt sich jener der unbenützten Pfanne nach vorhergehender Zerfaserung und Zerklüftung mit fest anhaftendem, schwieligem Narbengewebe, das ihn schließlich substituiert. Doch sind Knorpelreste gelegentlich noch nach Jahren nachzuweisen.

Das Ausmaß der sich ergebenden Beweglichkeit hängt von der Mechanik des betreffenden Gelenkes ab, also im besonderen von der Fixierung der verrenkten Gelenkkörper durch Kapselschlitz und Bänder, durch Muskelspannung und bewegungshemmende Skeletteile. Beim Scharniergelenk ist die Wiederbildung eines neuen Gelenkmechanismus wegen ungünstigerer Hebelarmverhältnisse und Bänderspannung gewöhnlich wesentlich unvollkommener als bei Kugelgelenken. — Unter dem Einfluß völlig anderer muskulärer Zug- und Druckverhältnisse ändern sich die Formen der luxierten Gelenkkörper. Beispiele davon schildern wir später (s. V).

Bei irreponierten Luxationen bilden sich also tatsächlich unter dem Einfluß wiederkehrender Bewegungsvorgänge der Skeletteile „geweblich“ hochdifferenzierte, atopische Nearthrosen, deren mechanische Leistungen, wenn auch nach Achsenreichtum und Spielraum verringert, zuweilen ganz erstaunlich sind. Von „Anpassungsvorgängen“ bei kongenitalen Verrenkungen hören wir noch. (V)

c) **Gelenkwiederbildungen nach subperiostalen Resektionen** im Kindesalter und bei Erwachsenen; Schlottergelenke.

Es ist allgemein bekannt, daß nach subperiostalen und subkapsulären Resektionen mit möglichster Schonung der Muskelansätze (besonders im Kindesalter) sich neue, auch gestaltlich die normalen Formen weitgehend nachahmende Gelenke wiederbilden können. Ollier, Heine, Maas und v. Langenbeck sind die Begründer dieser Lehre. Letzterer hat ihre praktische Nutzbarmachung geschaffen.

Teilweiser Knorpelverlust bei irreponierter Schulterluxation; aus Pommer Arthritis deformans.

Weichselbaum, Israel, Dautrelepont, v. Textor, Lücke und Czerny verdanken wir genauere Untersuchungen über den Vorgang der Regeneration an resezierten menschlichen Gelenken. Sack hat die umfangreiche Literatur dieser Beobachtungen sorgfältig zusammengestellt, Schmieden und Erkes haben sie bis in die neueste Zeit fortgeführt und das Röntgenverfahren für die Nearthrosenbildung am resezierten Hüftgelenke besonders nutzbringend verwertet.

Es ist erwiesen, daß die Knochenneubildung nur vom erhaltenen Periost ausgehen kann; die verbliebenen Kapselteile und Bänder, Muskelansätze und Periosthüllen stellen für den sich neubildenden Gelenkkörper gleichsam die „Gußform“ dar und beugen unerwünschten Lageveränderungen desselben vor. Das möglichst früh einsetzende Muskelspiel verleiht den sich regenerierenden Gelenkenden ihre funktionelle Gestalt (W. Roux). Auch faserknorpeliger Ueberzug der neuen Gelenkenden selbst mit hyalinen Bezirken kann sich vom erhaltenen und zwischen die Resektionsenden gelangenden Periost aus bilden; davon hören wir noch einiges bei den Pseudoarthrosen.

Diese günstigen Endausgänge von Resektionen sind natürlich nur in jenen Fällen möglich, in denen die Natur der Erkrankung die Erhaltung von Periost und Kapsel gestattet (Verletzungen, Eiterungen). Die bei Tuberkulose notwendige Kapselresektion würde an sich die Bildung einer Nearthrose natürlich nicht hindern, wie die neueren Bestrebungen, auch bei Tuberkulose in geeigneten Fällen bewegliche Gelenke zu erzielen (Bier, Röpke u. v. a.), erweisen. Solche Resektionsausgänge sieht man beispielsweise beim Ellbogen-, Schulter- und Hüftgelenk; wohlbekannt sind auch gut gebrauchsfähige Nearthrosen nach der Resektion des oberen Sprunggelenkes.

Ein besonders bekanntes Beispiel für die weitgehende Regeneration eines Knochens samt zugehöriger Gelenkfläche sehen wir bei der subperiostalen Resektion der Skapula (Heine, Bockenheimer u. a.).

Die Kapselneubildung erfolgt bei Opferung großer Teile der alten in derselben Weise, die wir bei den irreponierten Verrenkungen kennen lernten. Auch synoviaähnliche Flüssigkeit ist in der neugebildeten Gelenkhöhle oftmals beobachtet worden. Sind Gelenkkörper in reichlichem Maße abgetragen, so bildet sich nicht selten ein Schlottergelenk.

Gelenktransplantation.

An dieser Stelle muß noch der Transplantation von ganzen Gelenkenden, ja von ganzen Gelenken aus frischem Amputationsmaterial (Lexer), aus der Leiche (Küttner) gedacht werden. Am bedeutungsvollsten für unsere Betrachtungen sind Küttners Mitteilungen über erfolgreiche Ueberpflanzung des ganzen oberen Femures aus der Leiche nach Resektion wegen Neoplasmas.

Das neue Gelenk wurde aktiv ausgezeichnet beweglich und statisch belastbar. Tod an Metastasen ermöglichte genaue anatomische Untersuchungen. Die Muskelansätze befestigten sich am Transplantat spontan an gehöriger Stelle, eine feste Kapsel hatte sich gebildet, der Knorpel erschien makroskopisch glatt (histologisch nicht untersucht). Auch an anderen überpflanzten Gelenken wurde gute Beweglichkeit erzielt, z. B. am Knie (Lexer, Küttner). Es ist hochinteressant, daß ein ganzer abgestorbener Gelenkkörper im menschlichen Organismus nicht nur einheilt, sondern auch funktionell voll die Rolle eines solchen spielt und statischen Ansprüchen genügt zu einer Zeit, da von einer Substitution des nekrotischen Gewebes durch lebendes noch nicht die Rede ist. Frühzeitige funktionelle Anspruchnahme ist das Geheimnis des Erfolges dieser „organischen Gelenkprothesen“. Fritz König hat sogar Elfenbeingelenke zur Einheilung gebracht und Beweglichkeit erzielt.

d) Reporative Vorgänge bei Gelenkerkrankungen.

Die Natur versucht überall, wo die physiologischen Drehungsachsen der gegenspielenden Muskelgruppen liegen, Gelenkbewegung zu schaffen, ein durch Verletzung oder Erkrankung gefährdetes Gelenk wiederzubilden, im Bedarfsfalle an benachbarter Stelle.

Diese Wiederbildungsvorgänge sehen wir auch bei Gelenkerkrankungen aller Art; sie können sowohl im Verlaufe, noch besser in ihren Ausgängen studiert werden.

Allerdings sind bei den Gelenkerkrankungen die reparativen Vorgänge schwieriger zu erkennen und zu umgrenzen als bei den Traumen. Bei diesen haben wir es meistens mit einer einmaligen Schädigung und deren Ausgleich zu tun, dort mit einer oft langdauernden Kette von immer aufs neue auftretenden Noxen. Schaden und Ersatzbestreben greifen oft weder klinisch noch anatomisch genügend trennbar ineinander über.

Das zu sichtende Material ist so groß, daß es genügen muß, auf das Grundsätzliche der Erscheinungen hinzuweisen.

Sieht man die so überaus zahlreichen Gelenkerkrankungen unter dem Gesichtswinkel ihrer Reparationsfähigkeit und deren Ergebnissen durch, so macht sich angesichts der so außerordentlich abweichenden Befunde eine Scheidung nach Art und Schwere des Verlaufes und der zugehörigen Folgen für die Funktion nötig.

Die Schlagworte sind: akut, chronisch, Menge und Art des Exsudates, Weitergebrauch oder Ruhigstellung während der Erkrankung, Schmerzhaftigkeit oder Unempfindlichkeit. Das Ergebnis lautet: Die akut entzündlichen Gelenkerkrankungen mit eitrigem Exsudat, ihrer großen Schmerzhaftigkeit und schon durch diese bedingten Funktionseinstellung ergeben ungünstigere Resultate als die primär chronisch verlaufenden Formen. Die Schwere der anatomischen Veränderungen spielt bedeutsam mit. Die kapseldehnenden Empyeme gestatten erfahrungsgemäß trotz reichlichen eitrigem Exsudates viel eher die Erhaltung der Gelenkbeweglichkeit als die phlegmonösen Entzündungen des gesamten Gelenkweichteilapparates. Ausgedehnte Zerstörungen an Gelenkkörpern und Kapsel durch Vereiterung, Nekrose sind selbstverständlich im Hinblick der Reparation noch viel ungünstiger als Oberflächeneiterungen.

Nicht mischinfizierte Tuberkulosen,luetische Gelenkerkrankungen sind schon günstiger als Gelenkeiterungen, besonders wenn es sich um mit reichlichem Ergüsse einhergehende Formen handelt.

Aber auch ein schwer erkranktes Gelenk paßt sich weitgehend den veränderten Verhältnissen an. Trotz hochgradiger Zerstörung von Gelenkkörpern und Kapsel, welche zu Pfannenwanderung, pathologischen Luxationen führen, erfolgt nicht selten Ausheilung der Grundkrankheit mit — trotz schwerster Formveränderungen an den Gelenkenden — erstaunlich guter Funktion (s. unten V).

Ein Schritt weiter führt zur Arthritis deformans und den Gichtgelenken; sie erlauben ihrem Träger trotz Knorpelverlust, Randwucherungen, Bildung freier Gelenkkörper usw. wegen ihres so ungemein chronischen Verlaufes durch lange Jahre hindurch einen, wenn auch nicht beschwerdelosen, oft sogar recht schmerzhaften und immer mehr eingeschränkten Gebrauch, führen aber erst spät zu Verstiefung (Umwandlung in Arthritis ankylopoetica). Immer wieder spielen sich Regenerationsvorgänge ab, welche einen Teil des durch die Krankheit angerichteten Schadens gutzumachen bestrebt sind. Und gar erst die neuropathischen Gelenke!

Das Schicksal eines schwer erkrankten menschlichen Gelenkes und die Grenzen seiner Wiederbildungsvorgänge im Falle Ausbleibens knöcherner Ankylose hängen außerdem sehr erheblich von der Schmerzhaftigkeit des Prozesses, der Ertragungsfähigkeit des Kranken und dessen Willenskraft ab. Die Extreme sind die phlegmonöse gonorrhoeische Gelenkentzündung und die tabische Arthropathie.

Auf der einen Seite oft nur ein fibrinöses, plastisches Exsudat, manchmal tatsächlich ohne irgend größere Mengen von Eiter — das Ergebnis totale Verstiefung nach qualvollem, langdauerndem Kranklager — auf der anderen Seite die schwersten anatomischen Zerstörungen, die ein Gelenk überhaupt aufweisen kann, schmerzlos bei andauerndem Gebrauch, bis die Mechanik ebenso schwer gestört ist, daß ein Zusammenbruch erfolgen muß.

Wir greifen die drei uns am wichtigsten erscheinenden Fragen aus der Gelenkpathologie heraus; sie gelten dem Schicksal von Adhäsionen und fibröser Ankylose als Ausgang entzündlicher Gelenkerkrankung, dem Einfluß schwerer Kapselveränderungen auf die Gelenkfunktion und dem Ersatz geschädigten oder verlorenen Deckknorpels.

Das allen Formen entzündlicher Gelenkerkrankung, welchen Ursprungs sie seien, Gemeinsame ist, daß ein Gelenk funktionell nicht als verloren angesehen werden kann, solange der Gelenkspalt mit Granulationsgewebe oder aus diesem entstehenden bindegewebigen Massen erfüllt ist; die Erfahrung lehrt, daß selbst bei schweren Formen der fibrösen Ankylose nach völligem Erlöschen der Grundkrankheit nach Jahr und Tag bei sorgfältiger Pflege der Muskeln, fleißigem Ueben, hyperämisierenden Maßnahmen ein gewisses, seinem Träger nützliches Bewegungsausmaß wiederkehren kann.

Als verloren ist ein Gelenk im Sinne spontaner Restitution erst dann anzusehen, wenn sich Knochenbrücken oder völlige knöcherne Verschmelzung der Gelenkenden entwickelt haben.

Was geschieht mit den den Gelenkhohlraum durchziehenden Adhäsionen, mit den ihn oft ganz erfüllenden derben Schwielen, ja die Gelenkkörper so gut wie unbeweglich gegeneinander befestigenden fibrösen, faserknorpeligen Massen?

Operationen an solchen schmerzlos gewordenen Gelenken mit sich erholender Muskulatur und wiederkehrendem, wenn auch noch so bescheidenem Bewegungsausmaße zeigten uns das Auftreten von multiplen, erst wenig umfangreichen Gewebsspalten, die bei Zunahme der Gelenkbeweglichkeit zu größeren „Gelenkhöhlen“ zusammenfließen und schließlich zur teilweisen Wiederbildung eines einheitlichen Gelenkspaltes führen. Eine synoviaähnliche Flüssigkeit erfüllt nicht selten die unter dem Einflusse schleifender, abscherender und verschiebender Bewegung entstehenden „Bindegewebsspalträume“, von deren Bildungsvorgängen wir etwas mehr gelegentlich der Ergebnisse der Tierversuche und der Frage der Schleimbeutelbildung sagen werden.¹⁾

Die durch Gestaltsveränderungen der Gelenkkörper — das Aufhören des regelmäßigen Schleifkontaktes bedingt nicht unerhebliche Formumwandlung —, Schrumpfung und Verdichtung der fibrösen Kapsel und des periartikulären Gewebes (s. V. Ruheschädigung der Gelenke) verursachten Hindernisse sind manchmal ebenso schwer, wie jene innerhalb der obliterierten Gelenkhöhle. Die bei leichteren Formen entzündlicher Erkrankung entstandenen Adhäsionen gleichen den Folgen von aseptischen Gelenktraumen (organisierte Blutergüsse, plastische Synovitis).

Obwohl anscheinend kreuz und quer das Gelenk durchziehend, entsprechen sie bei genauerem Zusehen seiner jeweiligen Achsenbeweglichkeit; bald sehen wir sie als flächenhafte, graurötliche, „frische“, noch reich vaskularisierte, manchmal etwas schleimig aussehende Bandmassen, bald als „alte“, rundliche, weißliche, „hyalin“ aussehende Stränge und Fäden die teilweise erhaltene Gelenkhöhle durchziehen. Kugelig verdickte Enden, frei in die Gelenkhöhle hineinhängend, erweisen den Vorgang spontaner Lösung solcher Verwachsungen. Alle uns von den serösen Körperhöhlen her bekannten Formen der Adhäsionslösung kann man hier wiederfinden.

In anderen Fällen ist der Gelenkhohlraum von einem grobmaschigen, fibrösen, jedoch nicht allzu derben Gewebe ganz erfüllt, in dessen wabenartigen, kleinen Spalträumen wir fadenziehende Flüssigkeit, manchmal schleimige Massen finden.

An den Stellen größtmöglichen Gelenkkörperabstandes sind die Adhäsionen dünner ausgezogen als an jenen mit geringerer Bewegungsbreite. Solcherart kann schließlich ein Teil der ehemaligen Gelenkhöhle nahezu adhäsionsfrei und für ungehinderte Bewegung brauchbar werden; allerdings sind ihre Grenzen meist ziemlich eng gezogen; diese rein mechanischen Anpassungsvorgänge haben mit dem Vorgang der Regeneration im biologischen Sinne nichts zu tun.

Die mit der Adhäsionsbildung oder fibrösen Obliteration des Gelenkspaltes einhergehende, langdauernde und einschneidende Beweglichkeitsbeschränkung bleibt nicht ohne bedenkliche Folgen für die fibröse Kapsel und ihre Verstärkungsbänder. Schon bei adhäsiver, plastischer Verklebung der Komplementäräume des Synovialsackes (Beispiel: Verödung des Recessus suprapatellaris, der Axillarkapseltasche bei langdauernder Ruhigstellung) sehen wir durch fibröse Verdichtung und Elastizitätsverlust trotz geringerer Veränderungen innerhalb der Gelenkhöhle sehr ernsthafte Funktionsstörungen bedingt. Um wieviel größer werden diese Hindernisse, wenn es sich um mehrfache Kapseldurchbrüche bei Gelenkeiterungen, perforierte kalte Abszesse, ausgedehnte, narbige Verklebungen des Gelenkes mit den bedeckenden Weichteilen handelt!

Aber auch hier kann es gelingen, durch ganz allmähliche Dehnung der Kapsel bei Bewegungstherapie, hyperämisierenden Maßnahmen, Massage und Uebung der frühzeitig in den Zustand der Dauerkontraktur geratenen Muskeln dem Gelenk wieder einen Teil seines normalen Bewegungsausmaßes zu verschaffen. Allerdings bleibt das funktionelle Ergebnis meist recht bescheiden. In schweren Fällen kann man durch operative Beseitigung der durch Kapselschrumpfung,

¹⁾ Wir können leider auf die genauere Beschreibung dieser oftmals bei Ankylosenoperationen erhobenen Befunde einschließlich der angestellten histologischen Untersuchungen in dieser sichtenden Arbeit nicht eingehen. Sie sind einer eigenen Abhandlung wert.

Narbenverlötung und Muskelkontraktur bedingten Hindernisse viel erreichen. Ist dem Gelenk einmal ein gewisses Bewegungsausmaß verschafft, dann wird unsere Therapie mit den — nicht allzu schweren — intraartikulären Veränderungen anscheinend leichter fertig.

Bei schweren Formen fibröser und interkartilaginärer Ankylose ist der Hyalinknorpelbelag der Gelenkenden oftmals in großer Ausdehnung zerstört, oft nur an außerhalb der Gelenkkörperberührung stehenden Stellen noch einigermaßen erhalten, sonst von gefäßhaltigem Bindegewebe durchdrungen, vaskularisiert, in „entzündlichen“ Faserknorpel, manchmal in eine eigentümliche, asbestartige Masse verwandelt. Kommt es in derart schwer veränderten Gelenken zu einer teilweisen Funktionsübernahme, so können sich wieder glatte Schleifflächen mit einem sehnartig glänzenden Bindegewebsüberzug (und faserknorpeligen Bezirken) bilden. An eine völlige Wiederkehr ausgedehnt vaskularisierten Knorpels zu hyalinem durch Regenerationsvorgänge kann ich nach meinen sehr zahlreichen Beobachtungen an teilweise und ganz versteiften Gelenken nicht glauben; wir haben an früherer Stelle gehört, wie bescheiden dieses Vermögen gerade am Gelenkknorpel entwickelt ist. Bei umschriebenen, entzündlichen Herden halte ich weitgehende reparative Vorgänge wohl für möglich; Ähnliches ist aus der Lehre der Arthritis deformans bekannt. Diese Erkrankung belehrt uns über eine andere Art des Knorpelersatzes. Bei ausgedehntem Knorpelverlust schleifen die durch eine kondensierende Ostitis elfenbeinartig gewordenen Gelenkenden nicht selten unter Bildung der bekannten Schleiffurchen direkt aufeinander, wahrscheinlich von einer ganz feinen Bindegewebshülle bedeckt. Das Bewegungsausmaß in solchen manchmal nahezu knorpelfreien Gelenken kann noch ganz erheblich sein.

e) Pseudoarthrose und Nearthrose.

Bei der manchmal, allerdings nur morphologisch weitgehenden Annäherung von „falschen Gelenken“ an Nearthrosen lohnt sich eine Parallele.

Entstehung. Andauernde Verschiebung und Reibung der Bruchenden durch aktive und passive Bewegung, mit und ohne Zwischenlagerung widerstandsfähiger Weichteile (Periost, Muskeln, Sehnen, Faszien, Fett) sind die mechanischen Hauptursachen der Pseudoarthrosen, zu denen sich noch andere, die normale Heilung eines Knochenbruches störende, uns hier jedoch nicht interessierende gesellen können¹⁾ (Knochensystemerkrankungen).

Experimentell ist erwiesen, daß durch sich wiederholende, wenn auch geringfügige Bewegungen Verlängerung des knorpeligen Stadiums der Kallusbildung und Verzögerung der knöchernen Vereinigung bei Frakturen erzielt werden kann (Ollier, Rigal und Vignal, Kapsammer, Gümbel, Giani u. v. a.).

Die ursächliche Bedeutung der Weichteilzwischenlagerung ist wohl überschätzt worden, doch ist sie durch völlig einwandfreie Operationsbefunde erwiesen.

W. Roux hat schon 1881 das Auftreten von Knochen-, Knorpel- und Bindegewebsbildung bei der Pseudoarthrose als ein Beispiel für die „Ausbildung spezifischer Gewebe aus einer noch indifferenten Anlage unter bestimmten Bedingungen“ bezeichnet.

W. Roux, P. Bruns und Pommer halten die ungenügende Fixierung der Bruchenden für das Wesentliche, und besonders letzterer widerspricht der Ansicht M. B. Schmidts, daß „zu vollkommene Ruhigstellung“ den Fehlbetrag an knochenbildender Kraft verschulde. Genaueste Anpassung und Feststellung der gebrochenen Knochen galt und gilt bei uns Chirurgen als sicherste Gewähr für gute Frakturheilung.

Morphologisches: Glatt abgeschliffene, unregelmäßig gestaltete, aber doch gelegentlich einfachste Gelenkformen nachahmende Bruchflächen, vergrößert, durch in den Randpartien überreichliche Kallusbildung, bekleidet mit einem glatten, periostähnlichen Ueberzug, zuweilen auf Strecken mit Faser-, ja Hyalinknorpel, umschlossen von einer bindegewebigen Kapsel, erfüllt von einer synoviaähnlichen Flüssigkeit, rechtfertigen den Vergleich mit einem wahren Gelenke.

Bei langdauerndem Bestehen entwickeln sich „Druckaufnahmeflächen“ der Knochenarchitektur im Sinne W. Roux’.

¹⁾ Sehr schwere Gewalteinwirkung und langdauernde Kälteschädigung können eine Rolle für die Entstehung sonst nicht erklärbarer Pseudoarthrosen bei gesunden jungen Leuten spielen. Holzfäller und Flößer in den Alpen, die beim „Triften“ verunglückten, zeigten nach meinen Erfahrungen gar nicht selten dieses rätselhafte Ausbleiben der Konsolidierung.

Die zwischen den nicht verheilenden Bruchstücken befindliche Weichteilmasse aus fibrösem (stellenweise hyalinem) Bindegewebe weist vielfache Spaltbildungen auf, die zu einem einheitlichen Hohlraum zusammenfließen können. Sie entstehen durch zerrende, reibende und schernde Bewegung der unter Pressung stehenden Frakturrenden, durch hydropische und schleimige Umwandlung (Verflüssigung) des von Blutungen durchsetzten Bindegewebes. Besonders wertvolle (auch histologische) Untersuchungen über die Morphologie der Pseudoarthrose verdanken wir neuerdings Pommer.

Viel Kopfzerbrechen hat früher der nicht selten zu erhebende Befund von Knorpel an den Gleitflächen der falschen Gelenke verursacht. Stärkere Verschiebung und ungenügende Fixierung der Bruchenden mit reichlicher Kallusbildung und dem Zusammenwirken von Druck und Abscherung (W. Roux) sind als eine wichtige, wohl aber nicht die alleinige Ursache anzusehen. Mit Kaufmann und Sumita halten wir das oftmals zwischen die Bruchenden hineingelangende Periost für den Knorpelbildner. Eine Reibung periostfreier Knochenflächen wird unseres Erachtens Knorpelbildung nicht bedingen. Das wäre im Tierversuch in einfachster Weise zu prüfen. Deshalb sieht man ja auch Pseudoarthrosen an den Diaphysen soviel häufiger als an den Epiphysen. Darin erblicken wir auch den Grund für die sehr wechselnden Angaben der Autoren über das Vorkommen von Knorpel bei der Frakturheilung überhaupt, als auch für die Bevorzugung des äußeren oder periostalen Kallus. Kaufmann glaubt, daß die im inneren oder Markkallus gelegentlich zu sehenden Knorpelirseln gleichfalls periostalen Ursprungs sind. Epiphysenknorpel (Frakturen im Kindesalter) und Deckknorpel der Gelenkenden (Gelenkbrüche) erklären Ueberknorpelung bei Pseudoarthrosen in einfachster Weise. In knorpelfreien Gelenken ist aber demnach eine Knorpelwiederbildung nicht zu erwarten (s. unten VI. Arthroplastik).

Mechanisches. Warum scheidet man von altersher Pseudoarthrosen von topischen Ersatzgelenken (Nearthrosen) an Stelle schwer erkrankter, verlagert oder verlorengegangener Gelenkenden? In dem Wort „Gelenkende“ liegt die Erklärung.

Der Begriff „falsches Gelenk“ soll zum Ausdruck bringen, daß es sich um eine Gelenkbildung an ungehöriger — meist unzuweckmäßiger — Stelle handelt, fern von den Drehungsachsen der für die normale Gelenkbewegung bestimmten Muskeln. Die gelenknahen Pseudoarthrosen allerdings stehen noch innerhalb ihres Wirkungsbereichs und können in ihren mechanischen Leistungen einer Nearthrose nahekommen, wenn das gelenknahe Bruchstück im einstigen Gelenkspalt ankylosiert. Es wird dann zur „Pfanne“, das periphere „bewegte“ (Fick) zum „Kopf“. Ein schönes Beispiel dafür zeigt

Fig. 5.

Pseudoarthrose zwischen Kopf und Schenkelhals. Aus v. Bruns Knochenbrüche.

die funktionell zuweilen gut brauchbare Pseudoarthrose zwischen Schenkelkopf und -hals (s. Fig. 5).

Ganz anders bei den Diaphysen-Pseudoarthrosen! Wohl können bei Feststellung der benachbarten Gelenke die langen Muskelbäuche trotz unzuweckmäßiger Mechanik ihrer Kraftentfaltung aktive Bewegung im falschen Gelenk veranlassen. Aber

bei beweglich gebliebenem Nachbargelenke findet doch immer in erster Linie in diesem die Bewegung im Sinne der physiologischen Drehachsen und erst in zweiter eine „Mitbewegung“ in der Pseudoarthrose statt. Das sind die günstigen Fälle.

Zum größten Teile erfolgt in dieser die meist viel zu reichliche Bewegung passiv und unwillkürlich, und dies drückt dem falschen Gelenke das Gepräge auf.

An der oberen Gliedmaße sind es Pendelbewegungen bei durch die Schwere entlasteter Pseudarthrose, an der unteren dagegen in verschiedener Richtung zum Ausdruck kommende statische Belastungen mit schleifenden, scheuernden Bewegungen. Daher sehen wir dort die atrophische, hier die hyperplastische Form als Regel.

Beiden mangelt es jedoch wegen Fehlens der Gesetzmäßigkeit der Muskelmechanik an Bildung zielstrebigere Formen, am ausgesprochensten natürlich der Pseudoarthrose mit größeren Knochendefekten.

Topographisch falsche Stelle und durch fehlerhaftes Muskelspiel unergiebigere Arbeit scheiden grundlegend die Diaphysen-Pseudoarthrose von der Nearthrose und „betrügen“, wie es im Ausdruck „falsch“ gelegen ist, ihren Träger.

Zwischen Mechanik und Morphologie (einschließlich Gelenknähe und -ferne) ist bisher kaum geschieden worden, und doch ist erstere die Hauptsache. Urteilt man nur nach letzterer, vielleicht noch mit Ueberschätzung der Wichtigkeit des Knorpelbefundes, dann kann man in der Pseudoarthrose das Vorbild der pathologischen Gelenkregeneration erblicken.

Wir halten die nach schwersten Gelenkverletzungen und -erkrankungen, Resektionen, bei irreponierten Verrenkungen beobachteten Wiederbildungsvorgänge für die natürlichen Typen der Nearthrose, die wir von der Pseudoarthrose aus obigen Gründen wohl geschieden wissen möchten.

f) Schleimbeutelbildung (Sehnenscheiden).

Bekanntlich entwickeln sich im Bindegewebe dort, wo Weichteile (Muskeln, Sehnen, Subkutis) unter stärkerer Reibung oder erheblichem Drucke über Skeletteilen dauernd gleiten, sogenannte akzessorische Schleimbeutel, die als pathologische Bildungen von den zahlreichen, an den mechanisch hierfür vorbestimmten Stellen normalen Bursae zu scheiden sind. Die meisten der pathologischen Schleimbeutel sind durch die Regelmäßigkeit ihres Vorkommens ausgezeichnet (z. B. über der gesenkten Tuberositas des Navikulare beim Plattfuß, über der Exostose bei Hallux valgus, über der Konvexität des Hammerzehengelenkes usw.). Besonders lehrreich waren für uns immer die Schleimbeutel über kartilaginären Exostosen (Exostosis bursata).

Ich habe kürzlich einen zwölfjährigen Knaben operiert, der den seltenen Sitz einer über walnußgroßen, nahezu kugelig gestalteten, gestielten Exostose an der Hinter- und Außenseite der Fibula darbot. Das Gebilde ragte nach hinten tief in die Wadenmuskulatur hinein (s. Fig. 6). Bei der Freilegung sah man, daß die Hälfte des einem Gelenkkopf gleichenden Auswuchses, gerade so weit er bei den Beuge- und Streckbewegungen des Kniegelenkes innerhalb seines Muskelbettes gleiten mußte, von einem Synovialhaut täuschend ähnelnden Schleimbeutel gelenkkapselartig umgeben war. Man konnte die Umschlagsfalte aufs deutlichste sehen; fadenziehende Flüssigkeit war in dem Beutel enthalten; sein Inneres war spiegelglatt, seine Färbung bläulich weiß.

In seltenen Fällen findet man in der Wand von (chronisch entzündeten) Schleimbeuteln Knorpelbildung. Ich glaube nur dann, wenn es sich um mit Gelenken in Verbindung stehende (Synovialbeutel, Lesshaft) Bursae handelt. Diese sind, da sie mit der Gelenkmechanik in kausalem Zusammenhange stehen, schon fötal angelegt, während die pathologischen Schleimbeutel, welche Langemack als Gleitbeutel bezeichnet, erst unter dem Einfluß der krankhaften Verhältnisse sich bilden. Beide Arten von Schleimbeuteln sind als Ausdruck funktioneller Anpassung des Bindegewebes unter dem gestaltenden Einflusse bestimmter Bewegungen anzusehen.

Histologische Untersuchungen über die Entstehung der pathologischen Schleimbeutel habe ich schon vor 24 Jahren in einer

Fig. 6.

Arbeit über Hallux valgus mitgeteilt, welche Gefäßveränderungen, Gewebsblutungen und daran anschließende hydropische und schleimige Umwandlung (Verflüssigung) des Bindegewebes mit Bildung erst kleiner, dann durch Zusammenfließen größerer Hohlräume ergaben.

Die in allen Stadien der Entwicklung zu beobachtenden Spaltbildungen sind mit detritushaltiger Flüssigkeit erfüllt. Auch die Entstehungsgeschichte der karpalen Ganglien, über die ich seinerzeit umfangreiche Untersuchungen anstellte, zeigt ähnliche Bilder.

Die Innenwand dieser Schleimbeutel zeigt in späteren Stadien mit einheitlichem, höchstens noch von Septen durchzogenem Hohlraum Falten- und Zottenbildung, die jener der Synovialmembran weitgehend ähneln.

Alle diese Befunde gleichen so sehr jenen, die wir bei der experimentellen Arthroplastik in den zwischen die Gelenkenden eingebrachten Weichteillappen sehen, die bei Nachoperationen solcher Eingriffe beim Menschen, bei der Nearthrosenbildung nach Resektion, bei irreponierten Luxationen erheben können, daß wir einen ihnen allen zugrundeliegenden gemeinsamen Vorgang ersehen.

Es ist dies die Bildung von Gleitvorrichtungen zwischen Skeletteilen und Weichteilbedeckung oder zwischen Weichteilen allein, deren Voraussetzung Bewegungsimpulse und normaler Blutgefäß-Bindegewebsapparat sind.

Das Gesagte gilt selbstverständlich auch für die Sehnenscheiden, die sich nur durch ihre allseitige Umhüllung mit Ausnahme der Zutrittsstelle des Mesotenon vom Schleimbeutel unterscheiden, der nur die Sehne vor der Reibung auf ihrer Unterlage einseitig zu schützen hat.

Die Schleimbeutelbildung steht also in **allerengstem** Zusammenhange mit der Wiederbildung von Gelenkmechanismen.

2. Tierversuche.

Tierversuche mit dem ausgesprochenen Zweck des Studiums der Wiederbildungsvorgänge an Gelenken sind erst seit einigen Jahren unternommen worden (Murphy, Payr, Sumita, Hohmeier, Segale).

Andere, der Nearthrosenbildung nach Gelenkresektion, bei irreponierter Luxation (Baiardi, R. Volkmann) gewidmete liegen zum Teil schon lange zurück, sind aber für unsere Betrachtungen doch sehr wertvoll. Wieder andere, ausschließlich im Interesse des technischen Ausbaues der operativen Arthroplastik unternommen, beschäftigen sich vor allem mit der Frage, welche Gewebe zwischen die angefrischten Gelenkkörper gelagert werden sollen, prüfen endlich die Frage, ob eine solche Interposition überhaupt notwendig oder zweckmäßig sei (Sumita, Hohmeier, Magnus).

Wieder andere sind angestellt worden, um ganz andere Fragen der Gelenkpathologie experimentell zu erforschen, z. B. die Ursachen der Arthritis deformans, die Herkunft und das Schicksal der freien Gelenkkörper zu ergründen, haben aber durch die Art ihrer Ausführung und ihrer Ergebnisse für unsere Betrachtungen Wert.

Die Resultate der Tierversuche stimmen wohl morphologisch, jedoch nicht immer funktionell mit den Erfahrungen der menschlichen Gelenkpathologie völlig überein. Die Ursache hierfür liegt nahe. Während bei den Heilungsvorgängen aseptisch verlaufender Verletzungen, der Nearthrosenbildung nach irreponierter gebliebener Luxation sich die Befunde weitgehendst decken, beginnen die Differenzen dort, wo es sich beim Menschen um die Folgezustände von (besonders entzündlichen) Gelenkerkrankungen handelt, während das Experiment wohl ausnahmslos an vorher gelenkgesunden Tieren ausgeführt wurde. Dazu kommt dessen natürlicher, nur die kürzeste Schonungsfrist zulassender Bewegungstrieb, der dem ungehinderten Gebrauch der Gliedmaße mit aller Macht entgegenstrebt. Es fehlt, wenn ich so sagen darf, die psychogene Hemmung; endlich ist die Regenerationsbereitschaft einzelner tierischer Gewebe anscheinend doch höher als die der menschlichen.

Besonderes Interesse beanspruchen die Fragen:

- a) der Wiederbildung von Kapselschlauch und Bändern;
- b) des Knorpelersatzes in knorpellosen Gelenken;
- c) der Bildung gleitfähiger Flächen, also eines neuen, funktionell leistungsfähigen Gleitmechanismus.

Zahlreiche Einzelfragen können nur gelegentlich mit einer Bemerkung gestreift werden.

Meine Tierexperimente aus dem Jahre 1908, über die ich in der M. m. W. 1910 berichtete, waren die Grundlage für meine damals begonnenen Bestrebungen in der Frage der blutigen Mobilisierung der Gelenke. Ich habe meine Befunde damals nicht ausführlicher mitgeteilt, weil ich bald nachher Sumita beauftragt habe, die Frage der Arthroplastik mit besonderer Berücksichtigung der Weichteilinterposition experimentell zu bearbeiten. Sie sollten zunächst die Berechtigung und Folgen einer möglichst ausgedehnten Kapselschlauch- und Bandexstirpation ergründen.

Die Versuche wurden am Hunde ausgeführt. Unter weitgehender Schonung des aktiven Bewegungsapparates wurde die ganze Gelenkkapsel samt Verstärkungsbändern exstirpiert, die Wunden exakt vernäht und das Gelenk für acht Tage durch einen Verband ruhiggestellt und nach primärer Heilung das Tier sich selbst überlassen. Schon nach kurzer Zeit konnte man sehen, daß die Tiere das Gelenk wieder benutzten, und sie gebrauchten in der Regel nach Ablauf von drei bis vier Wochen ihre Gliedmaßen so, daß man nichts Krankhaftes erkennen konnte.

Dieser Eingriff ergab an allen großen Körpergelenken das übereinstimmende Resultat einer schon nach kurzer Zeit einsetzenden, weitgehenden Regeneration der Kapsel, zum Teil auch des Bandapparates. Schon nach drei bis vier Wochen unterschied sich die neugebildete Kapsel makroskopisch nur wenig von der Norm. Histologisch fehlt die scharfe Abgrenzung zwischen Synovialmembran und fibröser Kapsel. Nur einmal unter zehn Versuchen wurde Subluxations- oder pathologische Stellung eines Gelenkes beobachtet.

Nach diesen Tierversuchen hatte ich den Eindruck, als ob die Regeneration der Gelenkkapsel sich aus dem paraartikulären Bindegewebe — nur bei funktionellen Arbeiten des Gelenkes — in derselben Weise vollziehe, wie die Regeneration von Sehnen- und Gewebe aus dem Peritenonium externum. Ich verwies schon damals darauf, daß diese Kapselbildung sich überall, wo Knochenstümpfe oder Gelenkkörper in einem Bindegewebslager schleifend sich bewegen, zeigt. Ich hielt es damals schon für möglich, daß durch schwere paraartikuläre Entzündungsprozesse diese Fähigkeit verloren gehen könne.

Diese Versuche wurden an meiner Klinik von Sumita fortgesetzt und besonders nach zwei Richtungen hin erweitert; sie betrafen die Frage der Neubildung entfernten Deckknorpels und das Schicksal der verschiedenartigen, zwischen die angefrischten Gelenkenden interponierten Weichteillappen einschließlich der sich an oder in ihnen abspielenden Vorgänge der Bildung von Gleitvorrichtungen (Wiederbildung von Gelenkhöhlen).

Sumita fand in völliger Uebereinstimmung mit meinen, bei einer großen Anzahl von Nachoperationen erhobenen Befunden, daß eine Neubildung eines Knorpelbelags in einem knorpelfreien Gelenk nicht stattfindet, ja daß absichtlich zurückgelassene Hyalinknorpelinseln sich erst in Faserknorpel umwandeln und dann völlig verschwinden. Der sehnartig glänzende, spiegelglatte, „periostartige“ Ueberzug der Gelenkenden besteht aus derbfaserigem Bindegewebe.

Alle zwischengelagerten Weichteillappen nehmen, gleichgültig, ob es sich um Muskel, Fett, Faszia usw. gehandelt hat, nach kurzer Zeit fibröse Beschaffenheit an, wobei die manchmal deutliche Volumzunahme eine bindegewebige Hyperplasie erweist. In dieser Bindegewebsmasse entstehen unter dem Einfluß der bei den Gelenkbewegungen erfolgenden Zerrungen, Gewebsverschiebungen und Ueberdehnungen teils rein mechanisch, teils unter Vermittlung von Blutung und Gewebsnekrose mit nachfolgender Verflüssigung, kleinere, dann durch Vereinigung größere Spalt- und Hohlräume mit durch die dauernde Reibung allmählich erfolgender Differenzierung ihrer Wandung. Dieser von mir schon bei meinen ersten Versuchen als Schleimbeutelbildung gedeutete Vorgang deckt sich in allen Einzelheiten mit dem, was wir schon im vorigen Abschnitt über diese gesagt haben. Der anfangs reichlich Formelemente der Wand enthaltende, später klare, gelbliche und fadenziehende, nunmehr Synovia äußerst ähnliche Inhalt der neuen Gelenkhohlräume wurde gleichfalls eingehend untersucht.

Die Tierversuche Hohmeiers über Arthroplastik ohne Gewebszwischenlagerung ergaben sehr ähnliche Befunde; auch hier entsteht eben Granulationsgewebe, das sich unter dem Einfluß der Gelenkbewegung in derselben Weise differenzieren kann, wie der im Zustande bindegewebiger Hyperplasie befindliche, eingelagerte Weichteillappen.

Ebenso bestätigte Sumita unsere Befunde, daß sich bei Gelenkgebrauch die Kapsel, ja die Verstärkungsbänder in geradezu erstaunlicher Weise wiederbilden können, mit Zotten- und Faltenbildung der zarten, gefäßreichen inneren und derbfaserigen Gefüge der äußeren, der Capsula fibrosa entsprechenden Schicht.

Noch eingehendere histologische Untersuchungen über die Neubildungsvorgänge an Kapsel- und Synovialmembran hat Segale angestellt, die jedoch für die Fragestellung dieser Abhandlung nichts Maßgebendes bringen.

(Schluß folgt)