

dann vor, wenn die sensiblen Haut- oder Schleimhautnerven in Folge des ihnen besonders feindlichen Kältereizes in den Erregungszustand versetzt, letzteren bis zu den Centraltheilen fortpflanzen, daselbst auf benachbarte oder besonders disponirte entferntere trophische Nerven übertragen, und hierdurch die von letzteren versorgten Organe oder Gewebe in den Zustand entzündlicher Ernährungsstörung versetzen.

XXIV.

Ueber die feineren Vorgänge bei der Heilung per primam intentionem an der Sehne.

Von Dr. Paul Güterbock in Berlin.

(Hierzu Taf. VIII.)

Der nachstehenden Arbeit, welche sich mit dem Heilungsvorgange bei Sehnenwunden zu beschäftigen hat, habe ich eine Reihe eingehender neuer Untersuchungen über das Verhalten der normalen Sehne vorausgeschickt. Es schliessen sich diese Untersuchungen an einige ähnliche Studien, welche ich bereits im Jahre 1869 und 1870 gemacht habe ¹⁾. Ich habe damals gegenüber der von Ranvier ausgehenden Ansicht, als ob die sogenannten Sehnenkörperchen Hohlcyylinder wären, und die endothelartige Auskleidung kleiner seröser Kanäle die Interstitialräume bildeten, die alte Auffassung betont, welche den betreffenden Elementen Spindel- oder Stabform zuschrieb. Meine jetzigen Untersuchungen stehen Ranvier ²⁾ noch in positiverer Weise gegenüber. Ich kann ihnen zu Folge nur bestätigen das, was Boll ³⁾ über die Form der Sehnenkörperchen und den Bau der Sehne überhaupt gesagt hat, mit Ausnahme der Punkte, welche bereits durch die etwas spätere Arbeit Bruce's ⁴⁾ widerlegt und anders dargestellt sind. Es ist hier nicht der Ort, auf die Begründung meiner von

¹⁾ Centralbl. 1870. No. 3.

²⁾ Arch. de physiol. II. p. 274 u. 1478.

³⁾ Arch. f. mikrosk. Anat. VII. p. 275.

⁴⁾ Quart. Journ. of microscop. science. Vol. XII. New Ser. p. 130 sq.

Boll abweichenden Ansicht näher einzugehen, zumal der von Boll in seiner Arbeit angeschlagene Ton diese eigentlich jeder Discussion entzieht. Indessen habe ich es für nöthig gehalten, meine Stellung zur Frage vom Verhalten der normalen Sehne hier in wenigen Worten näher zu bezeichnen, weil bei keinem der Untersucher, welche sich früher mit den Heilungsvorgängen bei Sehnenwunden beschäftigt haben, eine morphologische Anschauung deutlich ausgesprochen ist, welche sich mit unseren jetzigen Ansichten über die Sehne verträgt. Die Beschreibungen der Veränderungen, welche die Sehne z. B. durch die subcutane Durchschneidung erleidet, gingen vielfach von Voraussetzungen aus, welche wir heut nicht mehr für zutreffend halten dürfen und welche deshalb die so reichhaltige Literatur über die Tenotomie für unsere Zwecke ziemlich werthlos machen müssen. Ich kann diese Literatur um so eher hier übergehen, als einerseits eine ausführliche und gut gesichtete Zusammenstellung des früher Geleisteten sich bereits in vollständiger Weise bei Adams ¹⁾ findet, und andererseits zwischen den Methoden der früheren Autoren und dem von mir bei meinen Untersuchungen befolgten Plane solche erheblichen Differenzen bestehen, dass, wie ich bald zeigen werde, ein Zurückkommen auf frühere Leistungen ganz zwecklos sein würde. Der Vollständigkeit halber will ich jedoch erwähnen, dass seit dem Erscheinen des Adams'schen Buches die Heilung der Sehnenwunden bei Thiersch ²⁾ und bei Sir James Paget Berücksichtigung gefunden. Thiersch erwähnt in ganz allgemein gehaltener Weise, dass unsere subcutanen Sehnenwunden mit Hilfe der Resorption des zwischen die Schnittflächen ergossenen Blutes heilen. Paget ³⁾ giebt einige nähere Daten. Nach ihm ist das fibrös-zellige Gewebe, welches zwischen und in Umgebung der durchschnittenen Sehnenenden liegt und ebenso sich zwischen die Sehnenbündel erstreckt, die Quelle des Ersatzmaterials. Letzteres erscheint schon in den ersten 24 Stunden nach der Verletzung (bei Kaninchen). Die weiteren Mittheilungen Paget's muss ich aber leider hier übergehen;

¹⁾ Adams, On the reparative process in human tendons. London 1860. p. 123sq.

²⁾ Handb. der Chirurg. v. Pitha-Billroth. I. 2. S. 559.

³⁾ Lect. on surg. pathol. III. edit. 1870. p. 200. — Zu ähnlichen Anschauungen ist unter Berücksichtigung der gröberen Verhältnisse Billroth (in seiner chir. Pathol.) gelangt.

sie sind fast nur allgemeiner Natur, ohne mikroskopische Einzelheiten und ohne Berücksichtigung des Verhaltens der Sehnenkörperchen beim Heilungsvorgange.

Meine eigenen Untersuchungen haben nun den Zweck, dies Verhalten der Sehnenkörperchen bei subcutanen Schnittwunden näher zu prüfen und dadurch der Heilung *per primam intentionem* auch für die Sehnenewebe eine unseren jetzigen Kenntnissen entsprechende anatomische Grundlage zu geben. Dabei konnte es mir von Anfang an nicht entgehen, dass eine experimentelle Nachahmung der subcutanen Tenotomie, wie solche von früheren Autoren geschehen ist, Anlass vieler Fehlerquellen werden musste. Abgesehen davon, dass bei der Tenotomie d. h. der gänzlichen Trennung einer gespannten Sehne stets ein, wenngleich subcutaner, doch immer recht erheblicher Bluterguss statt hat, pflegen nach dieser Operation die getrennten Sehnenenden so weit zurückzufedern, dass von *immediate union* im histologischen Sinne nicht die Rede sein kann (Paget) ¹⁾. Es mag für die Bedürfnisse der praktischen Chirurgie in sehr vielen Fällen höchst zweckmässig erscheinen, wenn ein breiter Streifen von Ersatzgewebe sich bildet; für die histologische Detailuntersuchung verhindert ein solcher aber schon durch seine Grösse eine klare Beobachtung der Veränderungen an den Elementartheilen. Ich habe daher bei meinen Versuchen niemals die Sehne ganz durchtrennt, sondern immer nur einen Einschnitt senkrecht gegen ihren Verlauf in einen Theil der Bündel gemacht, so dass durch den erhaltenen Zusammenhang letzterer mit unversehrten Fibrillen ein stärkeres Auseinanderklaffen der Schnittflächen vermieden wurde. Ich operirte dabei fast ausschliesslich an der Achillessehne nicht ganz ausgewachsener weisser Ratten mit einem spitzen höchstens 1 Centimeter langen geraden Tenotom, welches ich mir zu diesem Zwecke nach dem Muster des Bowman'schen Messers zur Schlitzung der Thränenröhrchen, jedoch ohne Knopf, hatte anfertigen lassen. Um die in dieser Weise verletzte Sehne später zu untersuchen, wurde sie mit dem untersten Theile des Wadenmuskels vom lebenden Thiere entfernt ²⁾. Es empfiehlt sich, bevor man etwas Weiteres mit der

¹⁾ Cfr. Holmes, Syst. of surgery. 2. edit. Vol. I. p. 650.

²⁾ Diese Operation geschah stets in der Chloroformnarkose. Verhindert man dabei einen stärkeren Blutverlust, namentlich also Verletzung der A. tibial.

Sehne vornimmt, dieselbe mit feinen Stecknadeln auf einem Korkplättchen auszuspannen, doch hat man dabei jede gewaltsame Zerrung oder Dehnung zu meiden, und nur dafür zu sorgen, dass durch die etwa später erfolgende Behandlung der leicht extendirten Sehne keine Schrumpfung oder Lageveränderung eintritt. Was nun diese spätere Behandlung betrifft, so bestand sie bei allen meinen Versuchen in der Anwendung der Chlorgoldmethode. Am vorteilhaftesten erwies sich die mindestens $\frac{1}{2}$ -stündige Einwirkung einer $\frac{1}{2}$ procentigen Goldlösung. Längere Einwirkung einer nur $\frac{1}{4}$ pCt. starken, aber mit Essigsäure ganz schwach angesäuerten Flüssigkeit schien minder gut und häufig als Ursache unliebsamer Aufquelungen und ungenügender Tinction. Im Uebrigen hielt ich mich bei der weiteren Behandlung der vergoldeten Präparate an die anerkannten Regeln, und ich will nur noch erwähnen, dass bevor die Sehnen eingebettet und der Länge nach zerschnitten wurden, ich sie auf ganz kurze Zeit — meist kaum $\frac{1}{2}$ Stunde — in dünnen Weingeist legte.

Untersucht man den Längsschnitt einer Achillessehne, welche eine halbe Stunde nach der Verletzung entfernt und dann der vorstehend beschriebenen Behandlung unterworfen worden ist, so giebt sich die Gegend der Wunde makroskopisch wie mikroskopisch durch einen zuweilen relativ beträchtlichen Bluterguss kund. Das extravasirte Blut liegt theils zwischen den Wundrändern in dem trichterförmigen Wundraum, theils erstreckt es sich eine kurze Strecke weit unter die Sehnenscheide. Gewöhnlich reicht das Extravasat nicht sehr weit in die Tiefe der Wunde; der trichterförmige Wundraum wird vielmehr von einem Zipfel der Sehnenscheide mehr oder weniger vollständig ausgefüllt, und zwar findet man hier ausser der nach Art einer serösen Haut gebauten Sehnenscheide die sie begleitende lockere, sehr fett- und zellenreiche Binde substanz. Hat man die Sehnen nach ihrer Entfernung aus dem lebenden Thier nicht in angegebener Weise auf einem Korkstückchen aufgespannt, so zeigt der Längsschnitt nirgends ein Klaffen der Wundlücken, der trichterförmige Raum zwischen ihnen ist völlig theils durch Blut, vor Allem aber durch den Zipfel der Sehnen-

post., so überstehen die Ratten den Eingriff sehr leicht. Der erhebliche Substanzverlust verheilt binnen relativ wenigen Tagen und die ihrer beiden Achillessehnen beraubten Thiere gehen verhältnissmässig wenig lahm.

scheide ausgefüllt, während die nicht durchtrennten Sehnenbündel in der Regel im Niveau des Schnittes, aber nach der entgegengesetzten Seite eine kleine Falte schlagen, als Ausdruck der durch die Trennung des Zusammenhanges mit dem Muskel verlorenen Spannung. Die zelligen Elemente dieser Bündel sind übrigens ebenso wenig wie die der durchschnittenen irgend wie verändert, dagegen erscheinen die Blutgefässe in der Nähe der Wunde meist stark injicirt, und an den Lymphgefässen der Scheide konnte ich einmal eine ziemlich bedeutende Aufblähung der Endothelzellen, namentlich ihrer grossen Kerne constatiren.

Beim weiteren Verfolg des Verlaufes der Sehnenwunden werde ich einer näheren Beschreibung des Verhaltens des extravasirten Blutes und des von Anfang an eingestülpten Scheidengewebes nur in sofern Rechnung tragen, als es zum Verständniss des Heilungsvorganges von wesentlicher Bedeutung ist. Im Vordergrund steht für mich die Beobachtung des Verhaltens der Sehnenzellen. An diesen lässt sich nun vierundzwanzig Stunden nach der Verletzung keine Veränderung irgend wie wesentlicher Art entdecken, besonders nicht solche, welche unseren Vorstellungen über einen Zustand der Entzündung oder Reizung derselben entsprechen. Man findet zwar zu dieser Zeit in nächster Nähe der Wunde vielfach Zellen, welche stärker tingirt und in ihrem Kern mit zwei und noch mehr glänzenden Kernkörperchen erscheinen, doch wäre es sicher viel zu weit gegangen, hierin den Ausdruck einer bestimmten Form der Entzündung oder Reizung zu sehen; die der Wunde dicht anliegenden Sehnenzellen können vielmehr zuweilen auch nicht das Mindeste von diesen geringen Veränderungen haben. — In Bezug auf die Verhältnisse der Wunde selbst liegt als Regel folgender Zustand vor. Der trichterförmige Raum der Wunde wird nahezu vollständig durch Scheidengewebe ausgefüllt, so dass die Menge eines etwaigen „plastischen Wundexsudates“ absolut wie relativ sehr gering sein muss. Nur ausnahmsweise ist das Letztere sehr reichlich, und dann enthält der trichterförmige Wundraum nur einen ganz kleinen Zipfel von dem Scheidengewebe. Man sieht dann am Goldpräparat das Exsudat als eine gelbliche, überaus feinkörnige Masse, in der vereinzelte junge Zellen eingebettet sind. Die Scheide selbst ist unter allen Umständen Sitz einer nur wenig über die Stelle der Verletzung

ausgebreiteten Entzündung. Man findet in ihr junge Zellen und in den auch sonst durch die platte Form und den grossen Kern als zu ihr gehörig erkennbaren Elementen häufig Kerntheilung in den verschiedensten Stadien.

Ueber das weitere Verhalten der Sehnenwunden nach mehr als vierundzwanzig Stunden nach der Verletzung ist in Bezug auf die Veränderungen der Elementartheile wenig hinzuzufügen. Dieselben sind nicht wesentlich andere als die bisher beschriebenen, d. h. für die Sehnenkörperchen selbst nahezu gleich Null, für die Sehnen Scheide und das diese begleitende lockere Bindegewebe ziemlich erheblich. Das Bild, das von nun an die Wunde bietet ist ein nahezu typisches; es findet sich dasselbe in ganz gleicher Weise in den spätesten Stadien des Heilungsprozesses wieder, ja selbst noch zu Zeiten, in denen bereits längst nichts mehr von der Wunde zu bemerken und letztere im klinischen Sinne als völlig geheilt anzusprechen ist. Es existiren bei den Sehnenwunden eben nur quantitative Unterschiede zwischen den früheren und späteren Stadien der Heilung. Gegenüber der relativ grossen Menge von Scheidengewebe, welche in ersteren den trichterförmigen Wundraum ausfüllt, findet man in den letzteren nur noch Reste desselben. Immer sind dabei die Wundränder d. h. die durchschnittenen Sehnenbündel als solche erkennbar, und immer lässt sich ein deutlicher Zusammenhang des zwischen ihnen enthaltenen Gewebes einerseits mit dem nach aussen sich erstreckenden Gewebe der Scheide andererseits nachweisen. Ebenso lässt sich ferner auch darthun, dass eben dies Gewebe sich an den Wundrändern zwischen die einzelnen durchtrennten Fibrillenbündel hineinerstreckt; man kann hier an den meisten gelungenen Präparaten zu allen Zeiten der Wundheilung einzelne Zellen bemerken, welche sich in nichts von den Elementen im Wundraume unterscheiden, und welche theils noch in diesem letzteren theils aber bereits zwischen den Fibrillenbündeln liegen.

Durch diese nach beiden Seiten hin ausstrahlenden Fortsetzungen, welche das in die Wunde eingestülpte Scheidengewebe in die Interstitialräume hat, erhalten die Wundränder bereits 48 Stunden nach der Verletzung eine so solide Vereinigung, dass zu ihrer Trennung schon eine ziemlich rohe Behandlung der Sehne nothwendig ist; später d. i. 72 Stunden und länger nach der Ver-

letzung wird dies fast ebenso schwierig wie Zerreissung der unverletzten Sehnenbündel. Es nimmt dann das den Wundraum erfüllende Gewebe von Tag zu Tag einen kleineren Raum ein, es werden die Zellen desselben verhältnissmässig dichter, während die Anfangs — im Goldpräparate — ziemlich feinkörnige Intercellularsubstanz vom Ende der ersten Woche nach der Verletzung an eine Art fibrillären Gefüges zu zeigen beginnt. Im weiteren Verlaufe der Wundheilung, wenn schliesslich drei oder vier Wochen nach der Verletzung der früher trichterförmige Raum zwischen den Wundrändern nur in einem nahezu linearen Streifen besteht, ist diese Intercellularsubstanz so minimal geworden, dass sich selbst bei stärkerer Vergrösserung (Hartnack, Syst. 8 und à Immersion 10) nichts Bestimmtes über sie aussagen lässt. Gleichzeitig hat sich die Zahl der Zellen in dem so reducirten Wundraume erheblich vermindert; an den Zellen selbst lässt sich bereits in der zweiten Hälfte der ersten Woche nach der Verletzung nur selten noch Kerntheilung nachweisen, und ihre Form und Gestalt nähern sich von nun an immer mehr und mehr denen der normalen Scheide. Bisweilen zeichnen sie sich durch etwas mehr grobkörniges und stärker granulirtres Protoplasma aus. Was aus der Majorität der Anfangs so zahlreichen Elemente des Gewebes innerhalb des Wundraumes geworden ist, kann ich durch directe Beobachtung nicht darthun; ich finde in meinen Präparaten keine Anhaltspunkte darüber, ob hier neben dem Untergang der neugebildeten Elemente eine mehr oder minder starke Auswanderung der Zellen eine Rolle spielt oder nicht. Meiner Ansicht nach wird man hierüber nicht ohne genaue Berücksichtigung des Grades der ursprünglichen entzündlichen Schwellung des Scheidengewebes entscheiden können. Ist diese Schwellung eine hochgradige gewesen, so wird man auf die Gegenwart von reichlichen Zellen selbst in Stadien zu rechnen haben, in welchen unter anderen entgegengesetzten Verhältnissen nur noch vereinzelt Formelemente in der Wunde anzutreffen sind. Ich muss hierbei übrigens erwähnen, dass selbst eine ziemlich hohe Ausbildung der primären reactiven Entzündung in dem Scheidenzipfel innerhalb der Wunde stattfinden kann, und auch in der That statt hat, ohne dass der Heilungsprozess, wie ich ihn so eben beschrieben, irgend wie modificirt oder verändert wird. Während also auf der einen Seite eine wahre Heilung per primam inten-

tionem am Sehnengewebe im histologischen Sinne nicht statt hat, habe ich andererseits auch eigentliche Eiterung nach der unvollkommenen Achillotomie bei Ratten ¹⁾ sehr selten gefunden, und dann nahm das Sehnengefüge so gut wie gar keinen Antheil an derselben. Im Allgemeinen reicht vielmehr ein solcher einfacher Einschnitt nicht aus, um diejenigen Veränderungen der Sehnenelemente zu erzeugen, welche unseren Vorstellungen über Sehnenentzündung entsprechen. Welche Reize zu diesem Zwecke nothwendig sind, muss fernerer Studien vorbehalten bleiben. Eine Wiederholung meiner früheren Versuche ²⁾, bestehend im Durchziehen eines feinen Seidenfadens durch die Achillessehne zeigte mir, dass unter Anderem dies ein solcher Reiz ist, der schon nach einigen Stunden Kerntheilung der Sehnenelemente in früher beschriebener Weise hervorzurufen vermag. Ich fand ausserdem in der Regel, dass die Zellenindividuen in den einzelnen Zellenreihen nahe am Faden mehr oder weniger an Zahl zugenommen haben, doch muss man, um sich hierüber ein sicheres Urtheil zu bilden, innerhalb der ersten zwölf Stunden nach der Verletzung untersuchen. Bereits 24 Stunden nach der Verletzung sind die Entzündungsproducte meist so massenhaft, dass sich über ihre Genese, also auch über eine Mitbetheiligung der Sehnenkörperchen an der Entzündung fast gar nichts direct aussagen lässt, ein Umstand, der nach der einfachen Incision in die Achillessehne, wie wir gesehen haben, in diesem Grade nie eintritt.

Vorstehende Untersuchungen habe ich im Laboratorium der Brown Institution zu London ausgeführt.

10. Juli 1872.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel VIII.

Fig. 1, 2, 3 und 4 stellen den verticalen Längsschnitt durch die durchschnittene Sehne dar. Vergrößerung Hartnack Obj. No. 4 Ocul. No. 3.

Fig. 5 stellt einen horizontalen Längsschnitt durch die durchschnittene Sehne dar. Vergrößerung Obj. No. 5 Ocul. No. 3.

Fig. 1	-	-	von einem Präparate	$\frac{1}{2}$ Stunde	nach der Verletzung.
Fig. 2	-	-	-	24 Stunden	-
Fig. 3	-	-	-	48	-
Fig. 4	-	-	-	8 Tage	-
Fig. 5	-	-	-	4 Wochen	-

¹⁾ Bei Meerschweinchen und Kaninchen bildet sich nach der incompleten Achillotomie häufig käsiger Eiter.

²⁾ Wien. Jahrb. Bd. I. S. 22.

