

XX.

Ueber künstlich erzeugte secundäre Degeneration einzelner Rückenmark- stränge.

Von

Professor **C. Westphal.**



Die Fragen über die Natur und die Bedeutung der secundären Degeneration des Rückenmarks sind bisher nur auf Grund der am menschlichen Rückenmark gefundenen pathologischen Thatsachen studirt worden. Ein klinisches Interesse schien diese Affection anfangs ausschliesslich für gewisse Heerderkrankungen des Gehirns und Rückenmarks zu haben, bis analoge Veränderungen in gleicher Weise der Verbreitung bei einer Affection (der allgemeinen Paralyse der Irren) gefunden wurden, die sich gerade durch die Abwesenheit aller palpablen Heerderkrankungen des Hirns und Rückenmarks auszeichnet, und ferner ein ganz analoges, primäres Ergriffensein des Rückenmarks ohne Hirnerkrankung und deren Symptome constatirt wurde*). Hierdurch ist die Erforschung der näheren Bedingungen der Entstehung und Verbreitung dieser Affection — ganz abgesehen von dem sich ausserdem daran knüpfenden physiologischen Interesse — auch für die sogenannten „diffusen“ Erkrankungen der Centralorgane von Wichtigkeit geworden, so wenig auch dieselben anfänglich mit der secundären Degeneration durch Heerderkrankungen zu thun zu haben schienen.

Es schien mir nicht unmöglich, einigen der sich hieran knüpfenden Fragen über die secundäre Degeneration auf experimentellem Wege näher zu kommen. An Meerschweinchen, denen ich das Rücken-

*) Virch. Arch. Bd. 40. p. 277.

mark halbseitig durchschnitten hatte, konnte ich allerdings zunächst keine secundären, von der Verletzungsstelle ausgehenden, Läsionen der Markstränge constatiren; dagegen gelang der Versuch bei Hunden in sehr ausgezeichneter Weise.

In der Besorgniss, die Hunde nach Eröffnung des Wirbelkanals und des Sackes der Dura spinalis nicht lange genug am Leben erhalten zu können, bohrte ich zunächst das Rückenmark von hinten her mit einem Drillbohrer an, nachdem ein kleiner Hautschnitt gemacht war. Die Operation selbst ist so die leichteste von der Welt, zumal wenn man die Thiere chloroformirt, was indess bei der Schnelligkeit des Verfahrens kaum nöthig ist. Man senkt den Bohrer, am Proc. spinos. sich orientirend, je nach der Absicht näher oder entfernter von ihm, durch die Weichtheile bis auf den Knochen ein und bohrt, einen mässigen Druck ausübend, bis plötzlich der Widerstand aufhört, der Bohrer durch das Rückenmark gedrungen ist und man nun vorn am Wirbelkörper einen Widerstand fühlt. Den Bohrer entfernt man dann durch einen einzigen senkrechten schnellen Zug, falls der eigentliche Bohrstift fest in demselben sitzt, anderenfalls nimmt man den Bohrer vorsichtig ab und zieht mit einer Zange den Bohrstift in derselben Weise mit einem Zuge heraus. Die grösste Breite des an der Spitze in der gewöhnlichen Weise zugeschliffenen Bohrstiftes betrug dasselbst für kleinere Thiere 1 Mm., für grössere 1,5 Mm. Niemals habe ich danach irgendwelche allgemeine Krankheiterscheinungen bei den Thieren auftreten sehen.

Bei dieser Methode durchbohrt man natürlich verschiedene Theile des Rückenmarks, ohne genau wissen zu können welche, da man nicht immer sicher zu bestimmen im Stande ist, ob der Bohrer wirklich genau senkrecht eingesenkt ist oder etwa nach der Durchbohrung des Wirbelbogens noch eine schräge Richtung angenommen hat. Wenn man es nun auch durch Uebung dahin bringen kann, immer die gewünschte Hälfte des Rückenmarks zu verletzen, wenn man selbst vielleicht im Stande wäre, wenigstens die Seitenstränge allein zu verletzen, so wird man doch nich — oder nur zufällig — die Hinterstränge ohne Beteiligung der grauen Substanz und der Vorderstränge treffen können. Ich ging indess bei diesen Versuchen von der Vorstellung aus, dass nach Bestimmung der Ausdehnung der Verletzung post mortem und der etwa aufgetretenen secundären Degenerationen, aus der Vergleichung der verschiedenartigen Verletzungen mit den ihnen folgenden Degenerationen ein Schluss sich werde ziehen lassen auf die den

Verletzungen der einzelnen Stränge (resp. der grauen Substanz) entsprechenden secundären Erkrankungen.

Bei Durchschneidungen des Rückenmarks nach Eröffnung des Wirbelkanals und des Sackes der Dura spinalis hat man es allerdings mehr in der Hand, den Ort und die Ausdehnung der zu machenden Läsionen zu bestimmen, allein auch nur bis zu einem gewissen Grade; es ist bekannt, wie schwierig es ist und wie viel Uebung es erfordert, bis man es hierin zu einer gewissen Präcision gebracht hat. Allgemein wird die Eröffnung des Wirbelkanals und des Sackes der Dura spinalis bei Hunden als eine Operation angesehen, welche die Thiere nicht lange überleben; indess versuchte ich auch diesen Weg einzuschlagen. Bei der Methode zur Eröffnung des Wirbelkanals, deren ich mich bediente, kann ich die Gefahr nicht so hoch anschlagen; ich glaube, dass die mangelhafte Art, den Wirbelkanal zu eröffnen (wie sie u. A. noch von Claude Bernard beschrieben ist), zu den schlechten Resultaten mit beigetragen hat. Ich bediente mich zur Eröffnung des Wirbelkanals einer kleinen Trepbine, ganz wie die gewöhnlichen Trepbinen (mit einer rückziehbaren Pyramide) construirt; der Umfang der Krone betrug für grössere Hunde 12 Mm., für kleinere 6 Mm. Nach einem Hautschnitte wurden die Muskeln zwischen dem proc. spin. und transv. eines Wirbels auf einer Seite entfernt und der Trepan, nach Abkneifung des Proc. spin., an dieser Stelle aufgesetzt. Wollte ich vorzugsweise die Mitte des Rückenmarks frei haben, so wurden die Muskeln zu beiden Seiten des Proc. spin. abgetragen, der Processus abgekniffen und über dieser Stelle das Instrument angesetzt. Trotz der gebogenen Fläche der Wirbelbogen gelingt das Trepaniren bei einiger Geschicklichkeit ohne besondere Schwierigkeit. Das Herausheben des Knochenstücks geschieht mit einem kleinen Hebel oder mit der Branche einer starken Pincette; oft ist auch das nicht einmal nötig, indem das Knochenstück, namentlich bei der kleineren Trepbine, fest in der Krone sitzen bleibt und mit dieser gleichzeitig herausgehoben wird. Nach Entfernung des Fettes über der Dura kann man dann dieselbe bequem anschneiden und das Rückenmark in der gewünschten Weise verletzen. Am besten gelingt die Operation bei etwas mageren Thieren; man braucht hier bei der relativ geringeren Masse der Weichtheile nicht in so grosser Tiefe zu arbeiten.

Die Heilung der Wunde geht gewöhnlich gut von statthen und die Thiere bleiben am Leben; so habe ich beispielsweise einen derartig operirten Hund (mit Schnittverletzung des Rückenmarks) drei Monate aufbewahrt, bevor ich ihn durch Chloroform tödete; während dieser

ganzen Zeit erfreute er sich des besten Wohlseins. Die Oeffnung im Knochen wird allmählig durch ein derbes, fibröses, ligamentartiges Gewebe vollständig verschlossen.

Ich theile in Folgendem zunächst zwei Fälle mit, in denen ich Stichverletzungen mit dem Drillbohrer ansführte:

I.

Am 26. Juni wird das Rückenmark rechterseits in der Lendengegend dicht neben dem Proc. spinos. bei einem grösseren Pudel mit dem Drillbohrer angebohrt. Nach der Operation hält der Hund das linke Hinterbein angezogen und läuft auf drei Beinen munter umher; ein Unterschied in der Sensibilität beider Hinterbeine ist nicht zu constatiren. In den nächsten Tagen ist der Gang wieder der gewöhnliche. Am 6. October, also etwas über 3 Monate nach der Operation, wird das Thier, welches in der ganzen Zeit keinerlei Krankheitserscheinungen dargeboten hatte, durch Chloroforminhalation getötet. Nach der Herausnahme des Rückenmarks zeigt sich beim Aufschneiden des Sackes der Dura eine circumscripte feste Adhärenz derselben mit der Oberfläche des rechten Hinterstranges in der Höhe des 6. Lendenerven. Ein Unterschied der Färbung und Consistenz auf Schnitten durch das Mark ober- und unterhalb der betreffenden Stelle ist in keinem Strange zu constatiren; die Schnittflächen erscheinen ganz von normalem Aussehen. Das Rückenmark wird in einer Lösung von doppelchromsauren Kali (15 Gran auf 1 Unze) aufbewahrt. Bei der Untersuchung am 20. October ergiebt sich Folgendes: Auf einem Schnitte durch das Mark, welcher gerade durch die Stelle, an welcher die Dura adhärt, geführt wird, sieht man (obere Schnittfläche) eine seichte Rinne von dem hinteren Ende der hinteren Längsspalte aus, vielleicht eine Spur nach rechts von ihr beginnend, schräg nach vorn und links durch den linken Hinterstrang in die graue Substanz des linken Hinterhorns hinein verlaufen; diese Rinne erscheint von zwei zarten, heller gelb gefärbten*) Linien eingesäumt. Das linke Hinterhorn und der linke Hinterstrang, von welchem letzteren nur ein kleiner, am meisten nach aussen gelegener Theil frei ist, erscheinen so auf der Schnittfläche zum grössten Theil in den Stichkanal aufgegangen, wobei zu bemerken ist, dass die Hinterstränge an diesem Abschnitte des Rückenmarks überhaupt nur sehr schmal sind. Das linke Vorderhorn hat in der Richtung der beschriebenen Rinne in seiner Mitte ein heller gelbliches Aussehen, um diese Stelle herum folgt nach aussen eine etwas dunklere Zone, sodann wieder eine heller gelb gefärbte, die Peripherie des Vorderhorns darstellend. Auf der unteren Schnittfläche sieht man als Fortsetzung der Rinne in der Mitte des Vorderhorns eine seichte

*) Ueber die Bedeutung der hellgelben Färbungen vergl. das p. 380 Gesagte. Ich hebe besonders hervor, dass, um die Veränderungen auf dem Querschnitte richtig würdigen zu können, das Rückenmark vollkommen gut erhärtet sein muss; anderen Falls ist man leicht, namentlich wenn man die normale Configuration bei der betreffenden Thiergattung nicht genau kennt, Irrthümer ausgesetzt.

Vertiefung, welche der helleren Färbung in der Mitte des Vorderhorns auf der oberen Schnittfläche entspricht. Von der Spitze des linken Vorderhorns aus läuft nun weiter eine äusserst feine, aber mit der Lupe vollkommen deutlich zu constatirende Rinne durch den linken Vorderstrang nach der Peripherie desselben; diese feine Rinne erscheint gleichfalls von zwei zarten hellgelben Linien eingesäumt, ihre Richtung entspricht der Richtung des hinteren Theiles des Stichkanals. Ein Grössenunterschied zwischen der linken und rechten (unversehrten) Rückenmarkshälfte ist nicht zu constatiren. — Es war also nach diesem Befunde der Stich schräg von rechts hinten nach links vorn gegangen und zwar durch den linken Hinterstrang, das linke Hinter- und Vorderhorn und den linken Vorderstrang; an letzterem war die Läsion am geringsten und eben noch sichtbar.

3 Mm. oberhalb der Stichstelle zeigt sich im linken Hinterstrange eine von der umgebenden dunklen Marksubstanz scharf abgegrenzte hellgelbe, keilförmige Figur, deren Basis an der inneren Hälfte der Peripherie des linken Hinterstranges liegt und deren Spitze bis an die hintere Commissur reicht. Die Fig. 28, welche 4 Mm. oberhalb der Verletzungsstelle liegt, stellt dies Verhältniss dar. Die übrigen Stränge, so wie Vorder- und Hinterhörner sind normal.

7 Mm. oberhalb der Stichstelle hat der Keil die in Fig. 29 wiedergegebene, der vorigen ähnliche, Gestalt; es besteht dabei eine leicht angedeutete Richtung von hinten rechts nach links vorn, in der Zeichnung nicht genügend hervortretend.

Weiter hinauf (Fig. 30, 31) wird die degenerirte Partie schmäler, die Gestalt ist verändert. Der bisher breitere hintere Theil ist zu einer feinen Linie geworden, welche vorn eine Anschwellung an ihrer linken Seite zeigt; es besteht an manchen Schnitten eine leichte Neigung derselben von rechts hinten nach links vorn (Fig. 30).

41 Mm. oberhalb der Stichstelle (Dorsaltheil) ist die Figur (Fig. 32) eine ähnliche, nur ist die Linie zarter, die Anschwellung geringer.

44 Mm. oberhalb der Stichstelle ist das Rückenmark bei der Herausnahme auf einer Strecke von 20 Mm. so lädiert worden, dass eine Erkennung der Figur nicht möglich. Ueber dieser Partie, also 64 Mm. oberhalb der Stichstelle, ist die degenerirte Partie nicht mehr sichtbar, es zeigt sich nur angedeutungsweise an der äussersten Peripherie des linken Hinterstranges eine schwach gelbliche Verfärbung von etwas dreieckiger Gestalt; weiter nach oben wird auch diese ganz undeutlich.

Auch unterhalb der Stichstelle ist die Erkrankung des linken Hinterstranges sichtbar:

1 Mm. unterhalb sieht man eine schmale gleichmässige gelbe Linie in leichter Richtung von rechts hinten nach links vorn und mit leichter Concavität nach links verlaufen. Zugleich ist der linke Vorderstrang an der dem Stichkanale entsprechenden Stelle leicht, aber deutlich, gelblich gefärbt.

5 Mm. unterhalb der Stichstelle zeigt die erwähnte Linie auf ihrer linken Seite eine leichte Anschwellung. Eine Veränderung des linken Vorderstranges ist schon 4 Mm. unterhalb der Stichstelle nicht mehr zu constatiren.

14 Mm. unterhalb der Stichstelle ist der degenerirte Streif im Hinterstrange noch deutlich zu erkennen.

18 Mm. unterhalb der Stichstelle sind die Hinterstränge von zu geringem Durchmesser, als dass Details in ihnen noch zu erkennen wären.

Es betraf also in diesem Falle die Verletzung vorzugsweise den linken Hinterstrang und die linke graue Substanz; die secundäre Degeneration erstreckte sich (abgesehen von der geringen Veränderung des linken Vorderstranges) ausschliesslich auf den linken Hinterstrang und zwar vorwiegend nach aufwärts von der Verletzungsstelle; aber auch nach abwärts war sie zu verfolgen. Ihre Gestaltung und die Modificationen, welche diese erlitt, erhellen zur Genüge aus den Figuren; hervorheben möchte ich nur noch, dass die Höhe der degenerirten Partie (d. h. die Ausdehnung derselben von vorn nach hinten), relativ zu der Höhe der Hinterstränge, überall annähernd gleich zu sein scheint, während der Breitendurchmesser mit Entfernung von der Verletzungsstelle abnimmt. Ferner ist die etwas schräge Richtung, der Richtung der primären Verletzung entsprechend, an einigen Schnitten bemerkenswerth. Die eigenthümlichen Anschwellungen an der in Form einer Linie sich darstellenden degenerirten Partie (s. besonders Fig. 30 und 31) erinnern vielleicht an einige der ovalen Zeichnungen in den p. 374 beschriebenen Fällen; in der That sah ich dort auf einigen Querschnitten, welche nicht gezeichnet sind, solche ovale degenerirte Stellen sich gleichfalls in einen Streifen fortsetzen.

II.

Am 26. Juni wird einem mittelgrossen weiblichen Wachtelhunde das Rückenmark in der unteren Dorsalgegend rechts neben einem Proc. spinosus mit dem Drillbohrer angebohrt. Nach der Operation läuft das Thier munter und flink umher, erscheint höchstens, wenn es sich auf den Hinterbeinen in die Höhe richtet, etwas schwach auf dem linken Hinterbeine, macht zuweilen etwas ungeschickte Wendungen, zieht auch wohl ab und zu das linke Hinterbein etwas in die Höhe — alles das aber nur andeutungsweise. An dem nächsten Tage bemerkt man höchstens noch ab und zu ein leichtes Anziehen des linken Beines manchmal aber auch des rechten, und scheint es, als ob dies in der natürlichen Gangart des Hundes begründet wäre. Am 29. August — also 2 Monate nach der Operation — wird der Hund durch Chloroform-inhalation getötet, nachdem er inzwischen keinerlei Störungen dargeboten hatte. Das Rückenmark zeigt an seiner hinteren Fläche in der Höhe der Hautnarbe eine kleine lochartige Einsenkung; sie liegt im rechten Hinterstrange und zwar ein klein wenig mehr nach der hinteren Längsspalte zu. An der vorderen Fläche des Rückenmarks haftet — dem Loche an der hinteren Fläche entsprechend — die Dura ganz circumscrips sehr fest an; die betreffende Stelle entspricht dem Raume zwischen den Wurzeln des 12. und 13. Dorsalnerven. Eine veränderte Färbung des Marks auf Schnitten ober- und unterhalb dieser Stelle ist nicht zu constatiren.

Das Rückenmark wird in eine Lösung von doppelchromsauren Kali gelegt. Nach vollständiger Erhärtung (zuletzt untersucht am 31. October) zeigt sich auf einem Schnitte, welcher im Niveau der beschriebenen lochartigen Ein senkung und der Adhärenz der Dura geführt ist, Folgendes: Die Gegend des Centralkanals wird von einer höhlenartigen Vertiefung eingenommen (Fig. 35)*), die zum grössten Theil auf Kosten der rechten grauen Substanz gebildet ist. Von der Peripherie des rechten Hinterstranges erstreckt sich eine feine Rinne (Residuum des Stichkanals) nach dieser Vertiefung hin, welche zu beiden Seiten von einem breiteren hellgelben Saume eingefasst wird. Die vordere Längsspalte erscheint von einem sehr schmalen zarten hellgelben Saume eingefasst. Die rechte Hälfte des Rückenmarks ist bedeutend kleiner als die linke. Es ist in diesem Falle der Stich durch den rechten Hinterstrang, die rechte graue Substanz und die vordere Längsspalte gegangen. Die Fig. 33 entspricht einer Stelle 1,5 Mm. oberhalb der Stichstelle; man sieht im rechten Hinterstrange in der Gegend der Einstrahlungen in das rechte Hinterhorn die Degeneration in Form einer gelben (in der Zeichnung rothen) keilförmigen Figur, welche von rechts hinten nach links vorn verläuft, und von der Spitze bis zur Mitte der hinteren Commissur reicht; ausserdem sind die Vorderstränge zu beiden Seiten der vorderen Längsspalte betheiligt, der rechte mehr als der linke. Die Degeneration des rechten Hinterstranges erstreckt sich nun allmälig abnehmend weiter nach oben hinauf; Fig. 34 zeigt eine solche höher gelegene Stelle. Noch weiter nach oben stellt die Degeneration nur noch eine schmale gelbe Linie dar, welche in derselben Richtung, wenn gleich nicht mehr so schräg, gegen das Hinterhorn verläuft und bis 34 Mm. oberhalb der Stichstelle deutlich sichtbar bleibt. Sodann kommt eine 3 Cm. lange Stelle, an welcher das Rückenmark bei der Herausnahme verletzt werden, so dass man die Veränderung nicht verfolgen kann; oberhalb dieser Stelle ist eine Veränderung der Hinterstränge nicht mehr mit Sicherheit zu constatiren. Die Affection der Vorderstränge wird nach oben hin gleichfalls geringer; sie ist 4 Mm. oberhalb der Stichstelle noch deutlich, 6 Mm. oberhalb derselben aber nicht mehr vorhanden.

Unterhalb der Stichstelle ist auf einem Schnitte 3 Mm. von derselben in den Hintersträngen keine Veränderung mehr sichtbar, dagegen ist die Veränderung der Vorderstränge in Form eines schmalen hellgelben, rechts breiteren, Saumes zu beiden Seiten der vorderen Längsspalte bis ca. 12 Mm. unterhalb der Stichstelle, bei stetig abnehmender Breite dieses Saumes bis zu einer feinen Linie, zu verfolgen.

Es bestand demnach in diesem Falle eine Verletzung des rechten Hinterstranges, der rechten grauen Substanz und des inneren Theils der Vorderstränge, besonders des rechten. Die Degeneration erstreckt sich vorzugsweise im rechten Hinterstrange nach aufwärts, in den Vordersträngen nur eine kurze Strecke; nach abwärts ist das Verhältniss ein umgekehrtes, die Affection der Hinterstränge schwindet schnell, die der Vorderstränge lässt sich weiter nach abwärts verfolgen, ist

*.) Die linke Hälfte der Figuren 33 bis 35 entspricht der rechten Hälfte des Rückenmarks.

aber überhaupt nur schwach, wie denn auch deren primäre Verletzung eine relativ geringe war. Hervorzuheben ist die beträchtliche Atrophie der rechten Hälfte des Rückenmarks an der Verletzungsstelle.

Ich besitze noch eine Reihe anderer Fälle, namentlich auch mit Verletzung der Seitenstränge, allein ich verspare mir deren Mittheilung in der Hoffnung, auf Grund einer grösseren Versuchsreihe zu allgemeineren Resultaten gelangen zu können. Für jetzt hatte ich nur den Zweck, zu zeigen, dass in der That die sogenannte secundäre Degeneration auch durch traumatische Eingriffe in das Rückenmark zu Stande kommt, was von ausgezeichneten französischen Beobachtern, den Herren Philipeaux und Vulpian, denen wir so viele schöne Thatsachen verdanken, auf Grund ihrer negativ aus gefallenen Versuche an Meerschweinchen, Tauben und Hunden bezweifelt wurde.*). Ebenso behalte ich mir vor, auf das mikroskopische Verhalten der degenerirten Partien zurückzukommen und will ich vorläufig nur anführen, dass eine sehr ausgesprochene Atrophie (Schwund von Mark und Axencylindern) und eine Verbreiterung der Interstitien zwischen den Nervenröhren zu constatiren ist.

Die Erklärung der Abbildungen (Fig. 28 bis 35) s. im Texte; die Querschnitte sind in doppelter Grösse gezeichnet.

*) Arch. de Physiol. norm. et pathol. 1869. No. 2. pag. 221; ibid. Nr. 5. pag. 661.