Beiträge zur histologischen Kenntnis der Aus- und Eintrittsstellen der vorderen und hinteren Rückenmarkswurzeln beim Rinde.

Von

Nobuhiko Sannomiya.

Aus dem Anatomischen Institut der Medizinischen Fakultät zu Okayama
(Vorstand: Prof. Dr. K. Kosaka).

Mit 3 Textfiguren.

Betreffs der vorderen und hinteren Wurzeln des Rückenmarks hat man schon seit langem erschöpfend gearbeitet, bis auf die Frage, wo die Gliabindgewebsgrenze liegt und welcher strukturelle Unterschied zwischen diesseits und jenseits derselben vorhanden ist. Indessen war bis vor wenigen Dezennien über das Vorkommen des gliösen Gewebes in den vorderen Wurzeln, über dessen Ausdehnung, sowie über dessen Beziehungen zum Bindegewebe und zu den nervösen Elementen gar nichts bekannt, und selbst Weigerts klassische Studien liessen diese Fragen unberührt. Auch Fromann, der sich sonst mit der Neuroglia in der grauen Substanz, besonders des Vorderhorns eingehend beschäftigt hat, streift den Gegenstand nicht. Ebensowenig findet man in den bekannten Lehrbüchern der Neurologie, wie von Eddinger, Kölliker, Obersteiner, Schwalbe, van Gehuchten, Spielmeyer etc. nähere Angaben davon.

Einige Daten bringen Krause und Aguerre in ihren Untersuchungen über das Rückenmark, wobei nur flüchtig die Tatsache Erwähnung findet, dass Gliamassen peripherwärts eine Strecke weit in die vorderen Wurzeln verfolgt werden können.

Durch eingehende Untersuchungen der vorderen Rückenmarkswurzeln beim Menschen und bei Säugetieren hat W. Sabbath festgestellt, dass und in welcher Weise diejenigen Gewebe, die in einem solchen teils dem zentralen, teils dem peripheren Nervensystem angehörigen Gebiete vorkommen, darin verteilt sind, und dass sie einerseits in verschiedenen Rückenmarken, anderseits in verschiedenen Höhen eines und desselben Markes Differenzen zeigen.

Was die anatomischen Verhältnisse der hinteren Wurzeln betrifft, so ist in erster Linie die Arbeit von Obersteiner und Redlich, welche eine Reihe von wichtigen Tatsachen an den Tag gebracht hat, hervorzuheben. Auch Ettore Levi hat die Aufmerksamkeit auf die bereits von Obersteiner und Redlich betonten Verhältnisse der Glia und des Bindegewebes in den hinteren Wurzeln und auf ihre gegenseitige Beziehung gelenkt. Er sagt bezüglich der Übergangsstelle der Glia in das Wurzelbindegewebe: „Dieser Übergang des gliösen Teiles der Wurzel in den bindegewebigen findet im Halsmark noch intraspinal, im Lenden- und Sakralmark extraspinal statt, während im Brustmark der Übergang mit der Rückenmarksperipherie zusammenfällt.“

Während sowohl Obersteiner und Redlich als auch Ettore Levi ihre Untersuchungen auf das menschliche Rückenmark beschränkten, hat J. Bauer das Material mehrerer Säugetiere in den Rahmen seiner Untersuchung gezogen. Er gelangt zum Ergebnis, dass die anatomischen Daten der hinteren Rückenmarkswurzeln, besonders die Gliabindegewebsgrenzen derselben, in den verschiedenen Rückenmarken mehr oder weniger von einander weit abweichen, wie es Sabbath an den vorderen Wurzeln beobachtet hat.

Bei dieser Sachlage beabsichtigte ich die Aus- und Eintrittsstelle der vorderen und der hinteren Rückenmarkswurzeln beim Rinde noch einmal einer genauen Prüfung zu unterziehen. Da ich dabei gefunden habe, dass die in Rede stehenden Verhältnisse von den bisher beschriebenen etwas abweichen, so will ich darüber kurz reden. Überdies möchte ich noch über das Wesen der histologischen Unterschiede, welche zwischen den vorderen und hinteren Rückenmarkswurzeln zum Vorschein kommen, einige Bemerkungen machen. Zur Verfügung standen mir vielerlei Serien der Rückenmarksschnitte des Rindes, deren Schnittrichtung in der bereits von Obersteiner angegebenen Ebene des Wurzelein- und -austrittes verlief. Sie wurden teils nach der Malloryschen Bindegewebsfärbung, teils mittels der Markscheidenfärbung nach Mallory behandelt.

Über die vorderen Wurzeln des Rückenmarks sagt Sabbath, dass beim Menschen die Grenze zwischen dem bindegewebigen peripheren Wurzelanteil und dem gliösen zentralen Anteil im Bereich der Zervikalanschwellung und des Dorsalmarks intramedullär fällt, und am Lumbalmark, besonders an dessen kaudaleren Segmenten, die Glia sich immer weiter nach aussen verfolgen lässt, was aber beim Kalb nicht der Fall ist. Nach ihm liegt diese Grenze beim Kalb (*Bos taurus juvenilis*) in den oberen Segmenten des Zervikalmarkes an der Peripherie des

Rückenmarks. Bereits im 2. Brustsegment sieht man die Glia sich eine bedeutende Strecke kuppelförmig in den peripheren Wurzelanteil hineinschieben. In den übrigen Schnitten des Brustmarks springt das Verhalten von Glia und Bindegewebe nicht so deutlich in die Augen, trotzdem dringt die Glia mehr oder weniger in die vordere Wurzel, ohne eine kuppelförmige Grenze zu zeigen. Im Lumbalmark ist diese Glia wieder stark entwickelt und dringt pilzförmig in die vordere Wurzel ein, und zwar ziemlich lang, so dass sie auch in den dem Rückenmark angelagerten quergetroffenen Wurzelbündeln sichtbar ist.

Nach meiner Untersuchung zeigt die Gliabindegewebsgrenze in den vorderen Rückenmarkswurzeln beim Rinde keinen so grossen Unterschied zwischen verschiedenen Höhen des Rückenmarks, wie Sabbath beim Kalb angibt. Im Gegensatz dazu verhält sich diese Grenze in den vorderen Wurzeln vom Zervikalmark bis hinab zum Sakralmark fast gleich, d.h. sie liegt stets dicht an der Peripherie des Rückenmarks und läuft annähernd geradlinig, zuweilen aber etwas nach aussen ausbuchtend. Nie konnte ich sehen, dass die Glia mit einer kuppelförmigen Spitze eine lange Strecke weit in den peripheren Wurzelanteil einstrahlt, oder gegen die Peripherie hin bogenförmig scharf begrenzt ist. Besonders durch diese Tatsache unterscheiden sich die vorderen Wurzeln von den später zu beschreibenden hinteren Wurzeln, wo die Glia weit über die Rückenmarksoberfläche hinaus in die Wurzeln eindringt und mit einer scharfen, nach aussen konvexen bogenförmigen Grenze endigt.

Wie schon gesagt, weichen die anatomischen Verhältnisse der hinteren Wurzeln an verschiedenen Rückenmarken mehr oder weniger voneinander ab. Nach Bauer findet sich die Gliabindegewebsgrenze in den hinteren Wurzeln beim Kalb durch die ganze Länge des Rückenmarks hindurch stets extramedullär.

Die hinteren Wurzeln durchbohren oft in einzelne Bündel geteilt die Pia, wobei jedes Bündel die Glia erhält, welche über die Oberfläche des Rückenmarks hinaus mehr oder weniger weit in das Bündel eintritt. Darüber, wie weit diese Grenze von der Rückenmarkspерipherie entfernt sein kann, gibt aber seine Arbeit keine Auskunft.

Auch meine Untersuchung bestätigt, dass beim Rinde diese Grenze vom obersten Halsmark bis hinab zum Sakralmark stets peripher von der Rückenmarksoberfläche liegt. Aber ihre Entfernung von der Stelle des Rückenmarkes, in welche die betreffende Wurzel eintritt, ist je nach der Höhe etwas verschieden. Nach meiner Messung beträgt sie

im Halsmark 600–1200 μ

im Brustmark 1400–1700 μ

im Lendenmark 1300–1500 μ

im Sakralmark 1400–1600 μ .

Es fragt sich, warum die Gliabindegewebsgrenze der hinteren Wurzeln weiter distalwärts liegt als die der vorderen, und ferner warum sie eine nach der Peripherie gerichtete deutliche Konvexität beschreibt, während diese Grenzlinie in den vorderen Wurzeln nahezu geradlinig verläuft oder wenigstens ihre Konvexität viel weniger ausgeprägt ist. Meines Erachtens ist diese Differenz auf die örtliche Verschiedenheit der Gliaentwicklung zurückzuführen. Bevor ich auf diese Frage näher eingehe, scheint mir von Wichtigkeit, hier über die Verteilung der Gliafasern im Rückenmark einiges zu sagen.

L. Edinger sagt, dass beim Menschen die Nervenfasern in der weissen Substanz alle von einem lockeren Netz von Neurogliafasern umspinnen sind, welche in den Vorderhörnern noch dichter, wenn auch weniger dicht als in der Substantia gelatinosa centralis, vorhanden sind, und dass ferner an der Spitze des Hinterhornes eine besonders dichte Gliawucherung zum Ausdruck kommt. In der Arbeit von R. Krause und J. Aguerre findet man die folgenden Zeilen: „An der ganzen Peripherie desselben (Vorderhorn) erheben sich aus der grauen Substanz, mit breiter Basis beginnend, die Gliasepten und strahlen in die weisse Substanz ein. Vor allem werden die austretenden Vorderwurzelbündel

Fig. 1. Hinterer Rückenmarksquadrant aus dem Lendenmark.

Rz Lissauersche Randzone
Pm Pia mater

GR Gliöse Rindenschicht
HW Hintere Wurzel.

von starken Gliamassen begleitet, die sich allerdings mit denen der Hinterwurzelfasern bei weitem nicht vergleichen können.“ „Ausser diesen Horizontalfasern enthält die Hinterwurzel dann noch Vertikalfasern, welche, an der Eintrittsstelle gelegen, sich an das dorsale Ende des Hinterhorns anschliessen und in ihrer Gesamtheit jenes Gebiet ausmachen, das man als die Lissauersche Grenzzone bezeichnet hat. Dieselbe bildet also einen der am reichsten mit Gliazellen ausgestatteten Teile des Rückenmarkes.“

Darüber untersuchte ich das Rindsrückenmark mit der Malloryschen Neurogliafärbung, und bestätigte, dass das oben Angeführte im grossen und ganzen auch für dieses gilt. Besonders anschaulich ist die lokale Entwicklung des Gliagewebes zu sehen im Präparate, welches ich nach der Malloryschen Gliamethode fixierte, aber der Bindegewebsmethode desselben Autors gemäss färbte. Hier sieht man, dass die Randzone mit der glösen Rindenschicht in demselben rötlichen Farbenton zum Vorschein kommt, während die Pia mater blau gefärbt ist (Fig. 1).

Beachtenswert ist noch, dass bei den Ungulaten ein charakteristischer Fortsatz der Lissauerschen Randzone vorhanden ist, welcher an der Peripherie eine Strecke weit den Hinterstrang deckt, wie O. Leszlényi angibt.

Nun unterliegt es keinem Zweifel, dass das Gliagewebe auch am Rindsrückenmark, wie am menschlichen, an den Spitzen der Hinterhörner und in den Randzonen besonders stark entwickelt ist und die letzteren sich bis zur Rückenmarkspanthierie erstrecken, während die Vorderhörner durch die dicke Schicht der gliaarmen weissen Substanz von der Peripherie getrennt sind. Angesichts dieser Tatsachen darf man ruhig annehmen, dass das Gliagewebe viel leichter in die Hinterwurzeln eindringen kann als in die Vorderwurzeln. Daher ist es leicht begreiflich, warum die Hinterwurzeln eine grössere Gliamenge erhalten und infolgedessen ihre Gliabindegewebsgrenze weiter distalwärts verschieben lassen als die Vorderwurzeln.

Was die Form der Gliabindegewebsgrenze anlangt, so kommt ihre eigentümliche Konvexität dadurch zustande, dass das Gliagewebe in der Wurzel bei seiner Wucherung an der Oberfläche vom wenig nachgiebigen Epineurium einen grösseren Widerstand erfährt als im Innern der Wurzel. Da in der Mitte der Wurzel die Neuroglia sich am leichtesten nach distalwärts ausstrecken kann, so zeigt ihre Grenze eine nach der Peripherie gerichtete Konvexität, ja sogar kann sie bisweilen einen in der Mitte der Wurzel scharf geknickten Winkel bilden (Fig. 2).

Im Gegensatz zu den Hinterwurzeln erhalten die Vorderwurzeln nur

Fig. 2. Die Eintrittsstelle der hinteren Wurzel des Rindsrückenmarks. Übergangszone der Glia in das Bindegewebe der Wurzel vollzieht sich extramedullär. Sie bildet eine stark nach der Peripherie gerichtete Konvexität und ist in der Mitte der Wurzel scharf geknickt.

Zw zentraler Wurzelanteil Gb Gliabindegewebsgrenze
Pw peripherer Wurzelanteil Pm Pia mater

wenig Neuroglia, so dass die Gliabindegewebsgrenze hier annähernd geradlinig verläuft oder nur eine schwache Konvexität nach der Peripherie richtet (Fig. 3).

Des weiteren erlaube ich mir hier über das Wesen der grossen Tink-

Fig. 3. Die Eintrittsstelle der vorderen Wurzel in das Halsmark. Übergangszone der Glia in das Bindegewebe der Wurzel liegt dicht an der Peripherie des Rückenmarkes und läuft annähernd geradlinig.

tionsverschiedenheit zwischen dem Gliateil und dem Bindegewebsteil der Wurzel etwas zu sprechen. Es ist lange schon allgemein bekannt, dass sich die Markscheiden des bindegewebigen und des gliösen Teiles der Wurzel oft sehr verschieden tingieren lassen, ohne dass eine befriedigende Erklärung dafür gegeben worden ist.

Dass die Färbbarkeit der Markscheiden nicht davon abhängt, ob die Wurzelfasern intra- oder extraspinal verlaufen, sondern dass sie mit der Beschaffenheit des Stützgewebes zusammenhängt, scheint dem Histologen Bauer dafür zu sprechen, dass die Markscheiden der Nervenfasern, soweit sie Schwannsche Scheide besitzen, d. h. peripher von der Gliabindegewebsgrenze, von denen differieren, welche keine Schwannsche Scheide aufzuweisen haben, d. h. zentral von der Übergangszone. Es ist auch möglich, dass an der Bildung der Markscheiden, welche im zentralen Nervensystem vielleicht nur ein Produkt des Achsenzylinders sind, dort, wo Schwannsche Zellen zur Entwicklung kommen, sich auch diese beteiligen. Stransky will eine chemische Verschiedenheit des peripheren und des zentralen Nerven durch seine Untersuchungen über diskontinuierliche Zerfallsprozesse an der peripheren Nervenfasern bestätigt haben. Auf Grund dieser Ergebnisse versucht er den Tinktionsunterschied der genannten Wurzelteile mit ihrer verschiedenen chemischen Beschaffenheit zu erklären.

Neuordings hat F. Bito gefunden, dass in den Hirnnervenwurzeln die Markscheiden sich in bezug auf die Schmidt-Lantermanschen Einkerbungen diesseits und jenseits der Gliabindegewebsgrenze ganz verschieden verhalten.

Während nach Formalinfixierung (8–10%) die sogenannten trichter- oder fischflossenartigen Gebilde, welche durch Quellung der Schmidt-Lantermanschen Einkerbungen hervorgerufen worden sind, am peripheren Anteil der Wurzeln in die Augen springen, bekommt man sie gar nicht zu Gesicht in der Wurzelpartie, welche zentral von der genannten Grenze liegt. Auch ich habe diese Tatsache in den Rückenmarkswurzeln beim Rinde bestätigt.

Wenn wir auch sowohl einer verschiedenen chemischen Beschaffenheit beider Wurzelanteile als auch dem verschiedenen Verhalten des Stützgewebes in ihnen auf Grundlage ihrer ungleichen Färbbarkeit Rechnung tragen müssen, so dürfen wir doch einen anderen histologischen Unterschied nicht ausser acht lassen, nämlich die Tatsache, dass nur der peripher von der Grenzlinie gelegene Anteil ausser der Schwannschen Scheide noch zahlreiche Schmidt-Lantermansche Einkerbungen besitzt.

Zusammenfassung.

1. Beim Rinde liegt die Grenze zwischen Glia und Bindegewebe in den vorderen Wurzeln vom obersten Zervikalmark bis hinab zum Sakralmark annähernd in gleicher Weise dicht an der Rückenmarksperipherie und verläuft nahezu geradlinig. Obwohl diese Grenzlinie zuweilen einen nach aussen konvexen Bogen schlagen kann, so ist doch ihre Krümmung stets sehr geringfügig.

2. Im Gegensatz dazu findet sich dieselbe Grenzlinie in den hinteren Wurzeln durch das ganze Rückenmark hindurch stets extramedullär. Ihre Entfernung von den Eintrittsstellen der Wurzeln ins Rückenmark ist aber nicht konstant, sondern je nach der Höhe des Rückenmarks mehr oder weniger verschieden.

Nichtsdestoweniger verhält sich die Grenzlinie in den hinteren Wurzeln in örtlicher Beziehung ganz anders als in den vorderen.

3. Ausserdem beschreibt die Grenzlinie in den hinteren Wurzeln einen starken Bogen, dessen Konvexität nach der Peripherie gerichtet ist. Auch durch diese Tatsache unterscheiden sich die hinteren Wurzeln von den vorderen.

4. Die genannte Differenz zwischen den vorderen und hinteren Wurzeln ist höchstwahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass das Gliagewebe in der Randzone am stärksten entwickelt ist und leicht in die Hinterwurzeln eintreten kann, während die Vorderwurzeln von den Vorderhörnern durch eine dicke gliaarme Zone der weissen Substanz getrennt sind. Daher erhalten die Hinterwurzeln eine reichliche Menge der Neuroglia im Gegensatz zu den Vorderwurzeln, welche nur spärliche Gliamenge enthalten.

5. Was die Form der Gliabindegewebsgrenze betrifft, so kommt ihre eigentümliche bogenförmige Gestalt dadurch zustande, dass das Gliagewebe in den Wurzeln bei seiner Wucherung an der Oberfläche der letzteren durch das wenig nachgiebige Epineurium einen starken Widerstand erfährt, während es sich im Innern der Wurzeln leicht ausdehnen kann.

6. Auch in den Rückenmarkswurzeln, wie in den Wurzeln der Hirnnerven, zeigt nur der peripher von der Gliabindegewebsgrenze gelegene Wurzelteil zahlreiche Schmidt-Lantermansche Einkerbungen. Zentral von dieser Grenzlinie tritt gar keine Spur von solchen Gebilden in die Erscheinung, wofür die Formalinfixierung besonders eine massgebende Entscheidung gibt.

7. Hinsichtlich des ungleichen tinktoriellen Verhältnisses der

Wurzelfasern, welches diessseits und jenseits der Gliabindgewebsgrenze besteht, hat man bisher einerseits die verschiedene chemische Beschaffenheit beider Wurzelteile, anderseits das verschiedene Verhalten des Stützgewebes in denselben in Betracht gezogen. Dabei darf man aber noch einem anderen histologischen Unterschied Rechnung tragen, nämlich dem Kriterium, dass nur der peripher von der Grenzlinie liegende Nervenanteil zahlreiche Schmidt-Lantermansche Einkerbungen besitzt.

Zum Schlusse möchte ich Herrn Prof. Dr. K. Kosaka für seine freundliche Leitung und genaue Durchsicht dieser Arbeit meinen besten Dank aussprechen. Auch Herrn Dr. F. Bito, meinem verehrten Kollegen, bin ich für seine stets hilfsbereite Unterstützung bei dieser Arbeit zu Dank verpflichtet.

Literaturverzeichnis.

1. Bauer, Vergleichend-anatomische Untersuchungen über den Bau der hinteren Wurzeln der Säugetiere. Arb. a. d. neurol. Inst. Wien. Bd. 17. 1908.
2. Bito, Okayama=Igakkai=Zasshi. Nr. 445. 1927.
3. Edinger, Vorlesungen über den Bau der nervösen Zentralorgane des Menschen und der Tiere, Leipzig. 1904.
4. Hoche, Beitrag zur Kenntnis des anatomischen Verhaltens der menschlichen Rückenmarkswurzeln. Heidelberg. 1891.
5. Krause u. Aguerre, Untersuchungen über den Bau des menschlichen Rückenmarks mit besonderer Berücksichtigung der Neuroglia. Anat. Anz. Bd. 18. 1900.
6. Kölliker, Handbuch d. Gewebelehre. 1902.
7. Leszlényi, Vergleichend-anatomische Studie über die Lissauersche Randzone des Hinterhorns. Arb. a. d. neurol. Inst. Wien. Bd. 19. 1912.
8. Levi, Studien zur normalen und pathologischen Anatomie der hinteren Rückenmarkswurzeln. Arb. a. d. neurol. Inst. Wien. Bd. 13. 1906.
9. Obersteiner, Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Zentralorgane. Wien. 1902.
10. Obersteiner u. Redlich, Über Wesen und Pathogenese der tabischen Hinterstrangsdegeneration. Arb. a. d. neurol. Inst. Wien, Bd. 2. 1894.
11. Weigert, Beiträge zur Kenntnis der normalen menschlichen Neuroglia. Abh. der Senckenbergischen Ges., Bd. 19.
12. Sabbath, Zur Histologie der vorderen Wurzeln des Rückenmarks der Säuger. Arb. a. d. neurol. Inst. Wien, Bd. 17. 1908.
13. Schwalbe, Lehrbuch der Neurologie. 1881.
14. Spielmeyer, Histopathologie des Nervensystems. 1922.
15. Stransky, Über diskontinuierliche Zerfallsprozesse an der peripheren Nervenfasern. Journ. f. Psychologie u. Neurologie. Bd. I. 1903.
16. Van Gehuchten, Anatomie du système nerveux de l'homme. 1900.