

(Aus der Klinik für Nerven- und Geisteskrankheiten der Kgl. Universität in Rom.  
Vorstand: Prof. *G. Mingazzini*.)

## Myeloschisis mit Dreiteilung des Rückenmarkes.

Von

Dr. Rudolf Altschul.

Mit 10 Textabbildungen.

(*Eingegangen am 27. Juli 1928.*)

Die Spaltung der Wirbelsäule kann in ihren Spielarten als morphologisch ziemlich klar hingestellt werden, während die Entstehung dieser häufigsten aller Mißbildungen noch lebhaft umstritten ist. Wenn man diese Ergebnisse als wenig fortgeschritten anspricht, wie viel weniger ist es die Lösung des Problems, das die die Spina bifida begleitenden Rückenmarksveränderungen betrifft. Abgesehen davon, daß diese Veränderungen noch verwickelter sind als die Anomalien des Rückgrates, steht uns eine viel geringere Anzahl von Untersuchungen über diesen Gegenstand zur Verfügung. Und in diesen Beobachtungen waren die pathologischen Vorgänge so mannigfaltig, daß sozusagen (*cum grano salis*) jede Arbeit eine neue Veränderung brachte. Ähnlich ist es auch mit der vorliegenden. In meinem Fall konnte ich eine deutliche Dreiteilung des Rückenmarkes beobachten und Ausbildung von 2 vollständigen Rückenmarken.

Diese Vorgänge spielen sich im oberen Dorsalmark ab, was an und für sich eine große Seltenheit ist, da Zweiteilungen (eine Dreiteilung wurde meines Wissens bisher nicht beschrieben) meist im Lenden- oder Sakralmark ihren Sitz haben. Es erscheint noch wichtig, darauf hinzuweisen, daß es sich keinesfalls um eine künstliche Bildung handelt, da bei der Sektion und Präparation äußerst vorsichtig vorgegangen wurde und außerdem die einzelnen Rückenmarksteile von nicht zerrißinem Piagewebe *vollständig* umgeben sind. Ich erachte dies als um so notwendiger hervorzuheben, als noch in der letzten Zeit zwei Verfasser (*Kraus* und *Weil*) auf Grund einer von ihnen beobachteten und veröffentlichten künstlichen Bildung alle Rückenmarksverdoppelungen als Kunstprodukt im Sinne *van Giesons* anzusehen gewillt sind, unter anderem auch den Fall von *Kino*, die Fälle von *Henneberg* usw. Außerdem sind in meinem Fall ebenso wie z. B. im Fall *Kinos alle* Übergänge vom

einfachen zum doppelten Rückenmark und in meinem Fall zu einer Dreiteilung vorhanden. Im übrigen soll die Beschreibung selbst den Beweis liefern, daß keine künstliche Bildung vorliegt. Leider stand mir nur das untere Halsmark und das ganze Brustmark zur Verfügung, doch erscheint mir der Fall genügend wichtig, um ihn dennoch zu veröffentlichen. Statt einer weiteren Erörterung des Schrifttums, das von *Kino, Henneberg, Keiller* u. a. genügend behandelt ist, will ich lieber den Raum zu einer etwas genaueren Beschreibung ausnützen.

♂, 9 Monate alt. Aufgenommen am 6. V. 1927. Vater des Kindes Trinker und starker Raucher. Lues wird verneint. Der 1. Gatte der Mutter starb an im Krieg erworbener Tuberkulose. Aus dieser Ehe starb ein Sohn 9 Tage nach der Geburt und eine 2. Schwangerschaft endete mit einer Fehlgeburt im 2. Monat. In der 2. Ehe hatte die Mutter eine Frühgeburt von 6 Monaten, die 2. Schwangerschaft endete mit einer Fehlgeburt. Die 3. Schwangerschaft wurde ausgetragen, das Kind lebt und ist gesund. Dann kam neuerlich eine Fehlgeburt, dann eine normale Schwangerschaft (auch dieses Kind lebt und ist gesund) und schließlich der Patient.

In diesen letzten 3 Schwangerschaftsmonaten litt die Mutter sehr. Die Geburt war normal, aber das Fruchtwasser grünlich und übelriechend. Schon als Neugeborener zeigte der Patient am Rücken eine später näher zu beschreibende Geschwulst. Mit dem Wachstum des Kindes soll auch die Geschwulst an Größe zugenommen haben, bis zu dem Umfang der bei der Untersuchung vorgefunden wird. Außerdem schielte das Kind seit der Geburt und wies eine gelbliche, subikterische Hautfarbe auf. Im Alter von 3 Monaten hätte er einen Bronchialkatarrh gehabt, der nach reichlichem Blutabgang aus dem Rectum geheilt sei. Von diesem Zeitpunkt an hatte das Kind häufig Krämpfe, welche gewöhnlich durch Weinen oder durch Kompression der Rückengeschwulst hervorgerufen wurden. Ihrem Charakter nach wären es tonisch-klonische Zuckungen gewesen, mit Blausucht des Gesichtes und Stillstand der Atmung. Einige Monate vor Eintritt in die Klinik war die Geschwulst geschwirig mit starkem Ausfluß von Blut und klarer Flüssigkeit (Liquor?). Angesichts des Alters des Kranken ist eine neurologische Untersuchung nur zum Teil möglich.

Facies mongoloidea mit schrägen Lidspalten, Stumpfnase und gelbliche Hautfarbe. Kein Mongolenfleck. Strabismus convergens. Augenbewegungen anscheinend nach allen Richtungen möglich. Mimik läßt keine Asymmetrie erkennen. Zunge weicht, in der Mundhöhle liegend, nicht von der Mittellinie ab. Aktive und passive Bewegungen der Gliedmaßen alle möglich. Keine trophischen Störungen der Gliedmaßen.

Plantar- und Achillesreflexe fehlen beiderseits. Kniesehnenreflexe beiderseits vorhanden. Die Reflexe an den oberen Gliedmaßen nicht auslösbar.

Die Pupillen verengern sich bei Lichteinfall und anscheinend auch bei Akkommodation. Das Kind reagiert auf Schmerzreize, wenn auch mit einer gewissen Trägheit. Psychisch unter normal, apathisch, hascht nicht nach blinkenden Gegenständen und folgt mit den Augen nur ganz kurze Zeit einer vor ihm bewegten Lichtquelle. Entsprechend der Höhe des 4., 5. und 6. Rückenwirbels besteht eine voluminöse Geschwulst, von birnenförmiger Gestalt und mit einem Stiele versehen. Der größte Umfang beträgt 22 cm, der größte Abstand von der Rückenfläche 7 cm. Die Geschwulst ist zum Teil von normaler Haut bedeckt, zum Teil, besonders an der Kuppe, von verdünnter und dystrophischer Haut (Abb. 1). Konsistenz elastisch. Bei Druck auf die Geschwulst verfällt das Kind in Krampfanfälle.

Röntgenuntersuchung der Wirbelsäule (am Lebenden und am Sektionsstück) [Dr. Enderle]: In der fronto-dorsalen Projektion ist nichts Abnormes an den Halswirbeln und am 1. Brustwirbel wahrzunehmen. Der 2. Brustwirbel erscheint nierenförmig, mit der Konkavität nach oben und mit der Konvexität nach unten. Die folgenden 3 Wirbel ( $D_3$ ,  $D_4$ ,  $D_5$ ) zeigen ein vom Normalen stark abweichendes Verhalten: die Linie der Querfortsätze entfernt sich von der Medianlinie, wodurch ein spindelförmiger Schatten der Wirbelsäule entsteht, mit seitlichen Konvexitäten (rechts > links). Die Kuppe dieser Konvexität befindet sich auf der Höhe der Wirbel-Rippenverbindung des  $D_4$ . Die Wirbelkörper von  $D_3$ ,  $D_4$ ,  $D_5$  bestehen aus je einer linken und einer rechten Gruppe von Hemispondylen. Links halten sie mehr oder weniger den Sitz der von ihnen vertretenen Wirbelkörper ein. Hingegen sind die Hemispondylen der rechten Seite von dreieckiger Gestalt, mit der Basis peripherwärts und der Spitze median. Ihre Achsen konvergieren gegen den 2. Hemispondylus der entgegengesetzten Seite, mit dem sie in Berührung treten. Auch der Körper von  $D_6$  hat eine nierenförmige Gestalt, mit nach oben gerichteter Konvexität und mit der Konkavität nach unten. Er ist auch höher als die anderen Wirbelkörper. In Lateralprojektion beobachtet man eine nach vorne konvexe Verbiegung der Wirbelsäule, die auf der Höhe von  $D_2$  beginnt, ihren ventralsten Punkt auf der Höhe von  $D_5$  erreicht und bei  $D_7$  verschwindet. In dieser Projektion wird der normalerweise von den Körpern der  $D_{3-5}$  ausgefüllte Platz von unregelmäßigen Schatten eingenommen, die den oben beschriebenen Hemispondylen entsprechen.

Der Patient wird in die chirurgische Klinik der Universität überführt und am 24. V. 1927 operiert. Es wird ein elliptischer Schnitt um den Stiel

der Geschwulst gemacht, und die Abtragung der Geschwulst geschieht Schicht für Schicht. Im Inneren der Geschwulst besteht eine cystische Höhle, die von serösem Gewebe (Meningen) ausgekleidet ist, Liquor enthält und mit dem Rückenmark zusammenhängt. Die Geschwulst entspringt auf der Höhe von  $D_{4-5}$ . Am 29. V. 1927 hat sich das Befinden des Patienten verschlimmert. Nachdem das die Wunde deckende Kollodium abgelöst wird, tritt klare Flüssigkeit, augenscheinlich Liquor, aus der Wunde. — Nach weiterer Verschlimmerung Tod am selben Tage.

Bei der Autopsie (ausgeführt von Prof. Ayala) konnte am nächsten Tag infolge Einspruchs der Familie nur das das Operationsfeld umgebende Gebiet entnommen werden, und zwar die Wirbelsäule von  $C_6$ - $D_{11}$ . Nachdem die Wirbelbögen abgetragen worden waren, wurde das Rückenmark, und zwar die Segmente  $C_6$ - $D_{12}$  in situ belassen und mit den darunterliegenden Wirbelkörpern und den angrenzenden Rippen in Formol fixiert. An diesem Stücke, sowie an den auch in Formol fixierten Wirbelbögen sieht man folgendes: Der Wirbelkanal ist auf der Höhe des 3., 4. und 5. Brustwirbels in lateraler und antero-posteriorer Richtung



Abb. 1.

erweitert. Der größte Querdurchmesser beträgt 19 mm, der größte antero-posteriore Durchmesser beiläufig 18 mm. In dieser Erweiterung befindet sich eine Rückenmarksanschwellung, auf welcher dorsal die Dura fehlt. Dort, wo sie mangelt, sieht man eine Hervorragung von RM-Substanz, zum Teil von Pia bedeckt. Am Wirbelbogenteil sieht man an der ventralen Seite einen sich dorsalwärts schräg nach unten erstreckenden Duratrichter, der einen von Leptomeningen umkleideten RM-Fortsatz umgibt und der nichts anderes ist als der vom RM bei der Autopsie abgetragene Hernienstiel. Sein caudaler Duraanteil ist außerordentlich verdickt, fast knorpelartig. Nach Abpräparierung des Trichters mit seinem Inhalt sieht man, daß er ziemlich median die Wirbelbögen durchbohrt, und zwar den vierten und fünften. Die Öffnung beträgt im vertikalen Durchmesser ca. 15 mm, im horizontalen ca. 5 mm. Die Wirbelbögen von  $D_3$  und  $D_2$  sind nicht vereinigt, sondern durch einen ziemlich breiten, aus Knorpelgewebe bestehenden Teil verbunden. Aber auch die sich oberhalb befindlichen 2 Bögen, sowie die der 6. und 7. DW sind median nicht vereinigt, aber der von Knorpelgewebe ausgefüllte Spalt ist hier viel schmäler. Diese Tatsachen sieht man sehr deutlich, wenn man das präparierte Stück gegen durchfallendes Licht hält.

Die bei der Operation abgetragene Geschwulst, die leider histologisch wegen der schlechten Fixierung nicht untersuchbar war, enthält eine Höhle, von deren Wänden sich Septen von dünner und durchscheinender Beschaffenheit abheben. Das Innere der Wand scheint durch eine Extraflession der Dura entstanden zu sein und die Septen können als hypertrophisches Gewebe der Leptomeningen angesehen werden. RM-Gewebe ist nicht vorhanden.

Das zur Verfügung stehende Hals- und Brustmark wurde in Segmente zerlegt, in Celloidin eingebettet und in Serien geschnitten. Angewendet wurden folgende Methoden: Hämatoxylin-Eosin, v. Gieson, Kresylviolett und Eisenalaun-Hämatoxylin (nach Loyez).

C<sub>6</sub>. Form des RM-Querschnittes: Die rechte Hemistele<sup>1</sup> ist lateralwärts ausgezogen und ihr ventraler Teil verläuft ziemlich frontal, der dorsale schräg. Der Vereinigungspunkt bildet einen abgerundeten, spitzen Winkel.

Die linke Hemistele ist etwas regelmäßiger, doch bemerkt man an der Peripherie, die dem dorsalen Teil des PySStr entspricht, einen durch das Eintreten von Bindegewebszügen der Pia entstehenden tiefen und breiten Spalt. Ähnliche Fissuren sieht man an der Ventralfläche beider Hemistelen, wo sie fast bis zum VH eindringen und dieses auch auf einigen Präparaten einschneiden. An der übrigen Peripherie beider RM-Hälften bestehen ebenfalls, doch weniger tiefe Einschnitte. Diese Piasepten führen Gefäße und verzweigen sich manchmal mitten in der weißen Substanz. Die Fissura anterior ist klaffend. Die sich an ihrem ventralen Ende befindliche Arteria spinalis anterior und Vena spinalis anterior medialis sind stark blutgefüllt. Die Fissura selbst ist von Piagewebe mit stark erweiterten Gefäßen erfüllt. Der Suleus med. post. klafft und es besteht an Stelle des Septums ein verhältnismäßig breiter Spalt, der weder Glia- noch Bindegewebe enthält. Er wird seitlich von je einer Glialeiste begrenzt, die beide zu ihm parallel verlaufen und sich ziemlich scharf von den Gollschen Strängen abheben. Dorsal verschwinden sie in der stark entwickelten Randglia. Ventralwärts vereinigen sie sich in einem spitzen Bogen, dessen Konvexität von der markfaserfreien Commissura post. durch ein großes Gefäß getrennt bleibt, aber auf anderen Schnitten ohne Grenze in die pericanale Glia übergeht. Der Canalis centralis ist langgestreckt, sehr schmal und seine Längsachse verläuft leicht nach rechts ventral ansteigend. Er wird von einer mehrreihigen Schicht von Ependymzellen gebildet,

<sup>1</sup> Ich benütze diesen von Henneberg eingeführten Ausdruck als Bezeichnung einer RM-Hälfte.

in seinem Innern finden sich 2—3 Rundzellen. An seinen lateralen Enden sieht man je einen Gliahufen.

Die Commissura ant. enthält in ihrem ventralen Abschnitt Myelinfasern, in ihrem dorsalen Abschnitt ist sie aus glöser Substanz zusammengesetzt. Die Commissura post. besteht nur aus Gliagewebe. Die HStr bilden rechts ein Dreieck mit der Basis gegen die Commissur, mit der Spitze dorsalwärts, die linken HStr ein Dreieck mit der Spitze gegen die Commissur, mit der Basis gegen die dorsale Fläche. Sie sind gut myelinisiert, besonders der Burdachsche Strang, nur die Randgebiete nicht und die in der Nähe der oben beschriebenen Glialeisten liegenden Anteile. Die HWEZ ist beiderseits erkennbar, links besser als rechts. Die Lissauer-sche Zone ist beiderseits schlecht vom Flehsigischen cerebello-spinalen Bündel infolge seiner spärlichen Myelinisierung zu trennen. Die radiären Fasern erscheinen in ihr gut ausgebildet. Diese Zone ist auf der rechten Seite durch viele eindringende Piasepten eingeschnitten und zeigt zahlreiche kleine, bürzelartige Vorsprünge, die markhaltige Fasern enthalten. Der PySStr erscheint verhältnismäßig gut erhalten und dies besonders links. Dasselbe gilt für das Monakowsche Bündel und in erhöhtem Maße für die Fasciculi laterales proprii. Hingegen ist das Gowersche Bündel beiderseits weniger gut myelinisiert. Die Tractus spinolivares und vestibulo-spinales erscheinen etwas gelichtet. Gut myelinisiert sind die PyVStr beider Seiten und die übrigen medialen Bündel. Es ist natürlich noch die Verziehung der Stränge zu erwähnen, die durch die Form der rechten Hemistele bedingt ist. So erscheint auch das rechte VH nach rechts ausgezogen und das r. HH etwas verbreitert.

Die VH-Zellen sind links sehr gut erhalten, das Tigroid deutlich wahrnehmbar und die Anordnung der Zellen zu Gruppen klar ersichtlich. Im rechten VH ist ein Teil der Zellen spindelförmig, mit der Längsachse latero-medial gestellt, doch ohne sonstige Veränderungen im Zellplasma. Keine Neuronophagie. Die HH-Zellen erscheinen etwas atrophisch, aber an Zahl nicht verändert. Die Glia zeigt keinerlei gröbere Zell anomalien, sie bildet die oben erwähnten Leisten, die sich aus wenigen Gliazellen und reichlichem Fasergewebe zusammensetzen. Diese Leisten sind spärlich vascularisiert und ganz selten sieht man von Bindegewebe und Gliazellen reichlich umgebene Gefäße.

Die Gefäße des Parenchyms sind nicht infiltriert und nicht in ihrer Wanddicke verstärkt, doch sind die perivasalen Räume stark erweitert. Die Pia ist verdickt, welche Verdickung an manchen Stellen höhere Grade erreicht. Man findet in ihr einzelne, von Rundzellen umgebene Gefäße, während die Mehrzahl der Gefäße vollständig frei von Infiltration ist. Die infiltrierten Gefäße findet man besonders im äußeren Blatt der Pia. Im allgemeinen sind die pialen Gefäße stark verdickt und dies besonders in den muskulären Anteilen, sowie hyperämisch. Die hyperämischen Piagefäße dieses und auch des nächsten Segmentes, die auch zum Teil frei im Subarachnoidealraum vorkommen oder stielartig mit der Pia zusammenhängen, sind von einer Scheide eingefäßt, die dieselbe Struktur hat wie die Pia. Es finden sich vorwiegend Querschnittsbilder der Gefäße und diese sind entweder einzeln oder in Gruppen von zwei und drei durch das sie umkleidende Gewebe vereinigt. Die freie Oberfläche der Gefäßscheiden ist von einem Syncytium umgeben, das nicht genau definiert werden kann, denn es erscheint hier schwer zu entscheiden, ob es sich um ein Endothel oder um sehr flaches Epithel handelt. Auf jeden Fall resultiert eine Formation, die sehr an die Zotten der Plexus choroidei erinnert. Diese Bildungen sieht man besonders in der Gegend der linken HW, aber in geringerem Ausmaß findet man sie auch um die rechte HW herum und in anderen Gegenden. In der Pars externa piae sind die Chromatophoren gut und reichlich ausgebildet. Zwischen der Pia und der RM-Substanz

ist es zu einer Ansammlung gekommen von einer chromophoben, bei schwacher Vergrößerung amorphen, bei Immersion wabig-schaumig erscheinenden Masse, in die hier und da einige Rundzellen eingelagert sind. Die Dura und Arachnoidea ist in diesem Segment nicht mitgeschnitten worden.

C<sub>7</sub>. Die äußere Gestaltung ist annähernd die gleiche wie bei C<sub>6</sub>, nur ist die vordere Seite beider Hemistelen stärker ventral-konvex geschweift. Nach unten zu nimmt auch die Asymmetrie dem Grad nach ab, indem die rechte Hemistele weniger seitwärts verzogen ist. Der linke Sulcus lateralis accessorius ist noch vorhanden, aber weniger tief eindringend. Nun erscheint aber auch ein zu ihm symmetrischer Sulcus auf der Gegenseite. Das Verhalten der grauen Säulen und der Markstränge ist nicht verändert bis auf ein Schlankerwerden der HStr und dies besonders auf der rechten Seite. Die Myelinarmut der peripheren weißen Substanz



Abb. 2. Siebentes Cervicalsegment. Diese und die folgenden Abbildungen sind Mikrophotogramme nach Eisen-Alaun-Hämatoxylinpräparaten (Loyez). Beschreibung im Text.

ist deutlich. Die Glialeisten, die die Fissura post. auskleiden, gehen in einen Saum von Randglia über, der deutlich bis zu den Lissauerschen Zonen zu verfolgen ist.

Der CK (Centralkanal) hat sich an seiner dorsalen Seite geöffnet und steht in unmittelbarem Zusammenhang mit der Fissura post., so daß eine hintere Commissur nicht mehr besteht. Dadurch erscheint die dorsale Fissur von einer Schicht von Ependymzellen ausgekleidet, aber dies nur an ihrer ventralen, gegen rechts gerichteten Kuppe. An ihren dorsalen Enden, knapp vor dem Übergang in die Randglia, bilden nun die Glialeisten je ein nach dem Innern der Fissur vorspringendes Bürzel. Diese Vorsprünge nähern sich einander caudalwärts immer mehr, um sich schließlich zu vereinigen, so daß aus der Fissura post. ein von Glialeisten umgebener dorso-ventral verlaufender, spaltförmiger Hohlraum entsteht (Abb. 2), der nur an seiner ventralen Seite vom Ependym ausgekleidet wird. Das Parenchym, die Blutgefäße und die Pia zeigen keinen vom 6. Segment abweichenden Befund.

Die Dura erscheint verhältnismäßig zellreich und in einigen Abschnitten etwas verdickt. Die Zellen und Blutgefäße zeigen nichts Abnormes. Nach innen, ihr dicht angelagert oder durch einen manchmal sehr breiten Spalt von ihr getrennt, erscheint ein Streifen dichten, zellreichen Gewebes, welchem einwärts ein Band von ebenfalls zellreichem aber lockeren Bau folgt, welches durch einen sehr schmalen, oft Zellbrücken aufweisenden Raum von dem subduralen Streifen getrennt ist. Dieses innere Blatt ist sicherlich als Arachnoidea anzusehen, das ihm nach außen angelagerte scheint der viscerale Anteil der Dura zu sein, denn nach den Präparaten zu schließen, ist seine partielle Loslösung von der Dura künstlich erfolgt und es dürfte sich also nicht um ein parietales Arachnoideablatt handeln.

C<sub>8</sub>. Auf den Schnitten des kranialen Segmentteiles beginnt das Ependym sich wieder auf die lateralen Wände der Fissur zu erstrecken und weiter caudalwärts kommt es zu einem neuerlichen Schluß des CK, mit Bildung einer Commissura post., die auch längs verlaufende Myelinfasern enthält. Die Lichtung des CK ist weiter als in C<sub>6</sub> und rhombenförmig. Die dorsal von den HStr vorhandene Marginalglia wird immer deutlicher. Auch an den ventralen Abschnitten kommt es zur Bildung von Randgliastreifen, die aber weniger deutlich und weniger regelmäßig sind als dorsal. Das hintere Drittel der Fissura post. verwächst und läßt in der Mitte nur einen allseits geschlossenen kleinen Spalt erkennen. Absteigend wird der Umriß der rechten Hemistele immer weniger lateralwärts verzogen, d. h. sie wird immer ähnlicher der linken. In den VH zahlreiche und gut ausgebildete motorische Zellen; je eine deutliche Delle im ventralen Teil der VH. Die HStr sind noch asymmetrisch, doch ist ihre Dreieckform nicht mehr so ausgesprochen. Das Myelinflechtwerk der grauen Substanz ist in diesem Abschnitt reichlicher, was dem größeren Zellreichtum zuzuschreiben ist. Keine wesentlichen Änderungen an den weißen Substanzformationen. Die Leptomeningen sind hier etwas weniger verdickt, aber reichlichst vascularisiert, so daß man in der Gegend der linken HWEZ den Eindruck eines kavernösen Gebildes erhält. Die Dura und Arachnoidea zeigen keine Abweichungen vom oben geschilderten Befund. In dem caudalwärts gelegenen Abschnitt entsteht wieder eine Spalte an der dorsalen Peripherie des CK. Bemerkenswert erscheint auf dieser Höhe noch folgender Befund: Das die Fissura ant. ausfüllende piale, gut vascularisierte Septum bildet, knapp vor der Commissura ant. angekommen, einen fast rechten Winkel und dringt nach links bis zum medialen Anteil des linken VH vor.

D<sub>1</sub>. Das Auffälligste in diesem Segment ist die Wiedervereinigung des CK mit dem dorsal gelegenen, durch die Verwachung der Fissura post. entstandenen Spalt. Die so entstandene Höhle ist am Querschnitt rhombenförmig und erscheint ventral und rechts lateral und hinten von Ependym ausgekleidet. Ausgesprochen ist auch die Asymmetrie der HStr, die die nach hinten spitze Form des RM-Querschnittes mit bedingt. Der Unterschied in der Gestalt der beiden Hemistelen ist noch weniger deutlich als in C<sub>8</sub>. Das kurz vorher erwähnte Piagewebsseptum, das durch die vordere Commissur ins rechte VH eindringt, ist noch vorhanden. Weiter caudalwärts verschmelzen die beiden Spalten, die sich aus der Fissura post. gebildet hatten und der Hohlraum wird auch in den dorsalsten Teilen von Ependym ausgekleidet, wenn auch dyskontinuierlich. Das neue Lumen klafft besonders in seinem ventralen Anteil.

Die HStr, besonders der rechte, erscheinen durch die Ausbuchtung rotiert, d. h. ihr ventraler Anteil seitwärts gedrängt.

Keine Besonderheiten am Parenchym, an den Meningen und am Gefäßapparat, doch haben sich die plexusartigen Bildungen fast ausschließlich am

Dorsalpol konzentriert, wo sie der Arachnoidea sehr nahe kommen, ohne aber mit ihr in Verbindung zu treten.

D<sub>2</sub>. Der Umriß hat beißufig die Form eines stilisierten Herzens mit der Spitze dorsalwärts. Die Fissura ant. ist sehr breit, das Septum gabelt sich in seinem dorsalen Teil in 2 lateralwärts strebende Pfeiler, die die Fissur nach rechts und links erweitern, wobei die mediale Seite der VStr nach innen konvex wird. Die Commissura ant. ist ein breiter Streifen, der an seiner freien ventralen Fläche beißufig median hügelartig zwischen die beiden Piasepten vorgetrieben wird. Der Vorderteil der Commissur wird von weißer Substanz gebildet. Die Markfasern verlaufen in der Längsrichtung, nur am Übergang zu den VStr sind frontal verlaufende, ziemlich spärliche Faserbündel erkennbar. Der dorsale Anteil der Commissur besteht aus gliösem Gewebe. Dieser Streifen bildet die ventrale Umfassung der Zentralhöhle, deren Querschnitt beißufig ein sphärisches Dreieck ist (mit nach außen konvexen Seiten) und dessen Basis eben der dorsale Teil der Commissura ant. bildet. Lateralwärts ist das Dreieck von gliösen, ziemlich breiten Leisten eingefäßt, die ventralwärts in den gliösen Anteil der Commissura ant. übergehen. Dorsomedian bildet die Vereinigung der Glialeisten eine Art Bürzel aus gliösem Gewebe, das der Peripherie des RM-Querschnittes aufsitzt. Die ventrale Seite des Dreieckes ist von Ependym ausgekleidet, ebenso die dorsale Spitze und über diese hinaus setzt sich das Ependym ohne Spaltbildung strangähnlich in das Bürzel fort. Die beiden Basiswinkel setzen sich auf den unteren Segmentschnitten fort und erstrecken sich, schmalen Divertikeln gleich, ventralwärts. Die Höhle selbst ist leer.

In der das Dreieck links begrenzenden Glialeiste besteht eine Höhle, in der man außer einem kleinen, längsgetroffenen Gefäß und reichlichem perivasalen Bindegewebe Detritusmassen sieht, teilweise aus Myelinkrümeln, teilweise aus ungefärbter fädiger Substanz bestehend. Das rechte VH ist dort, wo die VW-Fasern austreten, stark eingedellt. Es ist bedeutend breiter als das linke VH, in beiden sind die motorischen Zellen sehr gut ausgebildet und zeigen keine Anomalien. Rechts ist ihre Anordnung zu Kerngruppen deutlicher als links. Beide HH sind relativ breit. Die sensiblen Zellen nicht oder kaum verändert. Die Längsbündel sind myelinisiert, wenn auch die Myelinfibren nicht sehr dicht sind, besonders in den KIHSStr. Auf der ventralen Seite, rechts stärker als links, bestehen streckenweise unterbrochene Gliasäume. Die Pia ist dorsal äußerst verdickt. Das früher geschilderte Syncytium wird hier deutlicher und zeigt stärker die Charaktere eines Epithels. Auch die Arachnoidea ist dorsal sehr verdickt, wird äußerst zellreich und umschließt viele kleine Bildungen, die als Endothelperlen angesprochen werden könnten, doch bestehen in der Pia ähnliche Formationen, die aber als quergetroffene Gliastränge angesprochen werden müssen, denn sie entsprechen den weiter unten in ihrer Abschnürung deutlich verfolgbaren Gliaabsprengungen. Immerhin besteht ein Unterschied zwischen den Bildungen in der Pia und denen der Arachnoidea. Man sieht nämlich im v. Gieson-Präparat, daß die fraglichen Bildungen der Arachnoidea von vielen feinsten bindegewebigen Septen durchzogen sind, während die der Pia nur selten und äußerst spärlich diese Septen aufweisen.

Nach unten zu wird die Pia immer dicker, und zwar besonders dorsal und ventral und besonders vorn sehen wir die eingelagerten vermutlichen Gliateile. Der Gefäßreichtum ist dorsal und ventral sehr groß, die Ähnlichkeit des Syncytiums mit Plexusepithel wird immer größer, so daß man schon von Gleichheit zu sprechen geneigt wäre. Die Dura ist derb, nicht infiltriert, nicht oder kaum verdickt. Die austretenden VW und HW sind gut myelinisiert. Wenige Schnitte tiefer findet man in der Höhle eingelagert schon eine homogene Masse, in der

einige Zellkerne zu sehen sind (Abb. 3). Im Bürzel hat sich entlang den Ependymstreifen ein mit der Höhle in Verbindung stehender Spalt gebildet. Weiter unten, wo noch die vorher beschriebene Form gewahrt bleibt, hat sich das Bürzel verändert, da es sich nämlich entlang den Ependymstreifen sozusagen aufgeschlossen hat und nun eine Fortsetzung der linken medialen Glialeiste bildet, indem es weit dorsalwärts vordringt, dann hakenförmig umbiegend durch einen isthmusartigen Streifen mit der rechten Glialeiste zusammenhängt. Das linke VH ist sehr schmal, die ventrale Delle des rechten VH verschwunden. Die Commissura ant. wird in ihrem ventralen Anteil von Piasepten in ventro-dorsaler Richtung durchsetzt. Die divertikelartige Vorstülpung der Höhle an der (ventralen) Grund-



Abb. 3. Zweites Dorsalsegment. Dorsal und ventral stark injizierte (schwarz gefärbte) Gefäße.  
Rechts lateral mächtige Nervenwurzel.

fläche wird besonders links deutlicher, und in den tiefer liegenden Abschnitten kommt es zu einer Abschnürung des linken Divertikels, derart, daß ein neuer CK entsteht. An der Stelle der Abschnürung bleibt ein Haufen regellos angeordneter Ependymzellen liegen. Gleichzeitig wird auch die Höhle in ihrem dorsalen Anteil viel schmäler, spaltförmig und die in ihr enthaltene Masse immer umfangreicher und reicher an Zellkernen.

Der rechte HStr wird zunehmend schmäler, das entfaltete Bürzel verbreitert sich und verliert den Isthmus. Die Septenbildung der Pia wird wieder etwas deutlicher.

Die weiße Substanz der Commissura ant. wird dorsalwärts immer mächtiger, rechts in der Commissur am Übergang zum gliösen Anteil sieht man einen win-

zigen, kreisrunden CK auftreten, so daß außer der Höhle noch 2 CK bestehen. Das Ependymband ist an der Basis der Höhle, und zwar im mittleren Anteil vielschichtig und seine Zellen regellos. Der rechte HStr nimmt einen mehr lateralnen Verlauf, der linke ist, unter Verkürzung seiner antero-posterioren Achse, breiter geworden. Wenig tiefer hat sich die Commissura ant. weiter ausgebildet. Ihr vorderer, nach der Fissura ant. vorspringender Hügel wird mächtiger und rückt gegen links, seine Myelinfibern werden dichter, wenn auch regellos. Dorsalwärts folgt eine Zone von weniger dichter Myelinfaserung mit eingestreuten Ganglienzellen, die sehr dem Typus der HH-Zellen nahestehen. Dann folgt eine Zone gliösen Gewebes, bis zum Grund der früheren Höhle, die sich hier unter Verschiebung des linken Winkels nach rückwärts (Drehpunkt der rechte Basiswinkel) wieder zu einem Spalt verengt hat und nach rechts verlagert ist. Der linke HStr rückt immer weiter ventralwärts mit Breitenzunahme, während der rechte immer schmäler wird und lateralwärts gedreht erscheint. Die linke graue Säule ist sehr schmal, während die rechte bedeutend breiter ist und reicher an Ganglienzellen. Die beiden kleinen CK rücken gegen die intercornuale Gegend (der linke CK > rechte). In dem aus dem ventralen Anteil der Commissura ant. gebildeten Hügel tritt ein Piaseptum ein. Die Scheidung in die 3 Schichten (weiße, graue und rein gliöse) wird immer deutlicher. Die Ganglienzellen der 2. Schicht nehmen an Zahl und Größe zu, wobei auch diese Schicht ausgedehnter wird. Am linken hinteren Seiten teil der linken Hemistele tritt eine Septumbildung auf und es kommt zu einer Scheidung des gleichseitigen HStr in einen größeren ventralen und einen kleineren dorsalen Teil. Der ventrale Anteil der Commissura ant. ist gespalten, der größere Teil rückt nach links. Im reichlichen Piagewebe der Fissura ant. sieht man eine Nervenwurzel, deren Ursprung nicht erkennbar ist. Die aus der Commissura ant. entstandene weiße Substanz wird immer mächtiger und rückt in eine zum linken VStr und SStr immer symmetrischere Lage, dabei treten in ihr dichte Streifen grauer Substanz auf.

Der durch das oben geschilderte Septum entstandene Abschnitt der linken Hemistele tritt durch eine Gliabrücke mit der Pia in unmittelbare Verbindung, die caudalwärts immer breiter wird. Weiter unten wird der rechte HStr zunehmend schmäler. Fast unmittelbar an der dorsalen Spitze hat sich ein runderlicher Teil der gliösen Substanz vollständig abgespalten. Der aus der Höhle entstandene Spalt wird schmäler, die ihn rechts begrenzende Glialeiste wird immer breiter und zellärmer, die linke schmäler und zellreicher (Abb. 4). Der abgetrennte Teil des linken HStr rückt nach unten, zwischen ihm schiebt sich graue Substanz. Der rechte VStr steht in unmittelbarer Verbindung mit der Pia. Ihm vorgelagert, von Piagewebe umgeben, ein Streifen gliösen, einige horizontale Myelinfibern führenden Gewebes. Der ventrale Teil des linken HStr hat den Zusammenhang mit dem dorsalen, schmalen Teil verloren und bildet eine sehr gut myelinisierte Insel an der hier dorsalen Übergangsstelle zwischen linkem VH und HH und steht durch Bündel weißer Substanz, gleichsam die gangliöse Substanz überbrückend, mit der HWEZ in Verbindung. An der oben beschriebenen Piagewebsgabel der Fissura ant. sieht man deutlich, wie die eine linke Zinke eine Art neuer Fissura ant. zu bilden beginnt, während die andere sich tief dorsalwärts gegen einen Spalt erstreckt.

Im rechten VStr kommt es zu einer Art Substanzverlust, an der Stelle, welcher in der Pia der kurz vorher beschriebene Streifen weißer Substanz gegenüberliegt. Die Myelinfibern in der Nachbarschaft der Bresche reihen sich kreisförmig um diese an. Weiter unten wird der Substanzverlust immer größer, bis zu einer tiefen Delle. Am oberen Teile des aus der Höhle entstandenen Spaltes schnürt sich ein von Ependym ausgekleideter Divertikel ab. Der an der dorsalen Seite abgeschnürte Gliateil vereinigt sich wieder mit dem Gliasaum.

In dem scheinbar abgesprengten Stück weißer Substanz, das dem rechten VStr vorgelagert ist, bildet sich eine kleine Höhle, die von epithelartig angeordneten Gliazellen austapeziert ist. Diese Zellen bilden eine mehrreihige Schicht, die ihrerseits wieder von weißer Substanz und nach außen von Piagewebe umhüllt wird. Caudalwärts vergrößert sich diese Höhle, wird innen von einem wabenartigen Gewebe ausgefüllt und beginnt, sich in die sich vergrößernde Delle im rechten VStr zu senken. Der aus der medialen großen Höhle entstandene Spalt wird noch



Abb. 4. Zweites Dorsalsegment.

kleiner, während sich das Ependym unter Faltenbildung in die gliöse Substanz erstreckt und einen unvollkommen geschlossenen, langen CK bildet. Der CK der rechten Hemistele nimmt an Umfang stark ab. Der Dorsalpol des RM-Querschnittes wird rundlich.

Die Delle im VStr rückt schon nahe an das VH, dieses wird kleiner, zellärmer und hängt durch eine Brücke gliöser Substanz mit der den zentralen Spalt umgebenden Glisubstanz zusammen. Die entlang der langen Zinke der Fissura ant. stehenden weißen Massen ordnen sich zu Bündeln, die Bildung eines neuen VStr wird deutlich, ebenso die Bildung eines aus der grauen Substanz der Commissura

ant. entstandenen VH. Etwas weniger deutlich ist die Formation eines HH. Die den rechten HStr lateralwärts abgrenzende Glialeiste ist hier von Myelinfibern durchzogen, die parallel zum freien Rand verlaufen. Die die frühere hydromyelische Höhle und den späteren Spalt umgebenden gliösen Massen werden reichlicher, der Umfang des RM-Querschnittes wird größer und der ganze hintere linke Quadrant ist von gliöser Substanz eingenommen, in dem medial wenige Myelinfasern vorkommen. Die Cyste im rechten VStr nimmt stets an Umfang zu, ebenso die sie aufnehmende Delle und es trennt sie nur ein schmaler Saum weißer Substanz vom sich abflachenden VH.

Aus dem rechten HStr entspringen längsgetroffene Myelinbündel, die ventro-medial gegen den zu einem CK umgebildeten Spalt verlaufen. Es erscheinen auch die zu dem akzessorischen VH und VStr gehörenden Nervenwurzeln.

Der rechte ursprüngliche HStr ist fast völlig verschwunden, an seiner Stelle stehen ventro-medial und ventro-lateral verlaufende Myelinbündel. Der längliche CK zeigt die Tendenz, sich in 3 CK, einen vorderen und 2 hintere zu gliedern. Weiter unten hat sich dieser CK endgültig gespalten, und zwar liegen die neu gebildeten Kanäle in einer Linie, die von vorne rechts nach links hinten verläuft. Die den rechten HStr ersetzenden weißen Massen nehmen an Mächtigkeit zu. Das gleichseitige VH wird kleiner, die Zellen spärlicher und an Umfang geringer. Der zugehörige CK nimmt eine Strecke an Ausdehnung ab, um dann wieder größer zu werden. Die rechte akzessorische Fissura ant., die aus dem Winkel zwischen dem rechten VStr und der Commissura ant. entstanden ist, dringt immer weiter dorsalwärts und bildet einen nach links konkaven Bogen. Die Einbuchtung am seitlichen Rande der ursprünglichen linken Hemistele wird stärker und wächst gegen den die linke akzessorische Hemistele und die rechte Hemistele trennenden Piastrang. Auf diese Art entsteht ein Isthmus gliöser Substanz, in den das akzessorische HH der linken Seite direkt übergeht. In dem umgewandelten rechten HStr, der hier sehr mächtig und gut myelinisiert ist, bildet sich eine fast markfreie Insel, in der sehr viele pyramidenähnliche Zellen vorhanden sind. Aus dem dorsalen Teile des Stranges gehen bogenförmige Fasern zu den spärlichen Fasern der Gegenseite. Es kommt an verschiedenen Stellen der Peripherie zur Ablösung runderlicher Gliateile, die in die Pia einwachsen.

Die 2 dorsalen CK haben sich wieder vereinigt, so daß jetzt 2 dorso-mediale und 2 ventro-laterale Kanäle bestehen. Die Zellinsel im rechten HStr nimmt an Größe zu. Der soeben beschriebene Isthmus wird immer schmäler und es wird das neue RM der linken Seite von bogenförmigen Myelinfibern gegen das Mutter-RM abgegrenzt. Ein Piaseptum grenzt den ventral gerückten, ursprünglich linken HStr gegen eine sich zwischen ihm und dem Isthmus befindliche gliöse Bildung ab, in der nur wenige, aber senkrecht getroffene Myelinfibern verlaufen. Die Zellen im rechten VH sind spindelförmig und atrophisch.

Der Isthmus ist nur noch ein ganz schmaler Streifen. Schon etwas weiter oben hat sich das Piagewebe, das ihm ventral entgegenkommt, gegabelt und die rechte Zinke bildet nun eine neue Fissur, so daß zwischen den beiden Zinken ein Hügel weißer Substanz stehen bleibt.

Die Fissuren, die zum Isthmus streben, kommen einander immer mehr entgegen, dabei stets von reich vascularisiertem Piagewebe gefolgt. Schließlich wird der Isthmus durchbrochen, die Spaltstelle ist beiderseits von höckeriger Beschaffenheit (Abb. 5).

Die Insel im rechten HStr ist immer größer geworden und hat die weißen Massen ventral und dorsalwärts verdrängt, wobei sie an Schlankheit einbüßen. Nur wenige Myelinfasern, die etwas weiter caudalwärts verschwinden, trennen die Insel vom lateralen rechten Gliasaum.

Die pialen Leisten, die an den nun verschwundenen Isthmus herankamen, wachsen einander entgegen, um sich schließlich zu vereinigen und die Stelle des früheren Isthmus vollständig auszufüllen. Dadurch ist das links und ventral gelegene RM vollständig von Pia umkleidet und von der Bildung der Gegenseite getrennt. Es ist bedeutend kleiner als der andere Teil, kommt aber in seiner Größe dem diesem Alter und Niveau entsprechenden normalen RM nahe.

Über die Pia wäre folgendes zu bemerken: In der Scheidewand zwischen den beiden Formationen sieht man reichlich Blutgefäße und plexusartige Zotten, sowie



Abb. 5. Drittes Dorsalsegment.

zahlreiche Gliaabsprengungen, während diese Anomalien am Dorsalpol und in der Gegend der HWEZ an Mächtigkeit abnehmen.

Die Gestaltung des RM-Querschnittes ist nun folgende (Abb. 5):

Ventral und links befindet sich ein RM, entstanden aus der linken Hemistele und aus der von der Commissura post. abstammenden akzessorischen, medial liegenden Hemistele. Seine Form ist rundlich, beiläufig dem Querschnitt von  $D_{10}$  dieser Altersstufe entsprechend. Es ist vollständig von reich vaskularisierter Pia umgeben. Seine Fissura ant. verläuft von rechts ventral nach links dorsal und es erscheint auch in

dieser Richtung verlagert. Die linke Hemistele ist augenscheinlich vollständig entwickelt. Der rechte (akzessorische) VStr ist etwas rudimentär, wenig myelinisiert und weniger scharf gegen die graue Substanz abgegrenzt. Die VH-Zellen der akz. Hemistele sind klein, entweder rund oder spindelförmig, aber reichlicher als in der entsprechenden linken Hemistele. Auch die HH-Zellen sind zahlreich, aber klein. Das akzessorische HH ist sehr breit, die Lissauersche Zone ebenfalls, doch ist hier die Unterscheidung der einzelnen Bildungen schwer. Ein akzessorischer HStr ist auf dieser Höhe nicht erkennbar. Der CK des kleinen RM liegt mit seiner Längsachse in der Verlängerung der akzessorischen Fissura ant.

Der andere Teil des RM besitzt eine etwa nierenförmige Gestalt, mit der Konkavität, die durch eindringendes Piagewebe erfüllt ist, gegen das kleine RM gewendet. Am ventralen Pol besteht die etwas links eingelagerte Cyste, die auf dieser Höhe ihre größte Ausdehnung erreicht. Das ursprüngliche rechte VH ist stark unterentwickelt, halbmondförmig, die Konkavität entsprechend der Rundung der Cyste. Die spindelförmigen VH-Zellen sind mit ihrer Längsachse entlang der Konkavität gelagert. Das HH ist sehr breit, mit wenigen und kleinen Ganglienzellen. Medial von ihm und durch Gliagewebe und 2 CK geschieden, liegt ein größerer, aber wenig myelinisierter Markteil, der aus dem rechts gelegenen Überrest der Commissura ant. entstanden ist. Dieser Markteil umgibt als breiter Streifen ein Säule graugliöser Substanz, in welch letztere Markbündel eingelagert sind. Doch erkennt man ohne große Schwierigkeit zwischen den Bündeln Ganglienzellen, die wenig entwickelt sind und am ehesten HH-Zellen ähneln. Dorsal vom HStr der rechten Hemistele folgt eine Zone graugliöser Substanz, mit vielen kleinen, wenig differenzierten Zellen (Neuroblasten oder Glioblasten ?) und noch weiter dorsal ein Rest weißer Substanz, der durch das Auftreten der Insel im umgewandelten rechten HStr nach hinten verdrängt worden war und jetzt zwei Bündel bildet, deren Myelin-fibern teils crano-caudal, teils lateral verlaufen.

Nochmals wiederholt ist die Form der rechts liegenden Bildung die folgende: Ventral ein VStr mit unterentwickeltem VH und mit in den VStr eingelagerter Cyste. Etwas weiter rechts, aber stark ventral der SStr. Dann folgt nach rechts und fast völlig quer verlaufend das HH. Dorsal von ihm der keilförmige HStr. Weit dorsal eine Zone graugliöser Substanz. Ihr rückwärts angelagert und durch einen schmalen Gliasaum von der Peripherie getrennt das aus dem rechten HStr abstammende Bündel weißer Substanz. Diese Bündel bilden den dorsalsten Teil des ganzen RM-Querschnittes. Ihm folgt nach links und etwas ventralwärts eine Bildung, die einem akzessorischen HH entspricht, was durch ihre Lage zu den CK, durch ihre Verbindung mit der ventralen grauen akzessorischen Substanz und durch die Beschaffen-

heit ihrer Zellen wahrscheinlich gemacht wird. Weiter nach links begegnet man einem Bündel weißer Substanz, das, wie schon erwähnt, weiter kranialwärts mit dem soeben als akzessorischen HStr geschilderten Bündel vereinigt war. Der Lage nach und durch die Verbindung mit dem akzessorischen VStr und SStr dieser Hemistele könnte es als akzessorischer PySStr angesprochen werden, wenn auch diese Auffassung sehr hypothetisch ist. Links bleibt ein breiter Gliasaum, der sich nach vorne zu verschmälert, wo die SStr und VStr liegen, die aus dem rechten Anteil der Commissura ant. entstanden sind. Ihnen eingelagert das akzessorische VH, das bereits näher beschrieben wurde. Dieses und das wahrscheinlich als akzessorische HH anzusehende Gebilde stehen mit dem ursprünglichen (rechten) VH und HH durch eine langgestreckte Commissur aus gliöser Substanz in Verbindung, welche Commissur drei CK besitzt und in ventrodorsaler Richtung verläuft.

In der der Konkavität des rechten RM gegenüberliegenden Seite bildet sich eine Einbuchtung, indem ein Teil der gliösen, etwas Myelinfasern führenden Substanz sich abspaltet und vom ursprünglichen Teil durch Pia gesondert wird.

Die akzessorische Hemistele des linken RM wird etwas kleiner. In dem HStr des linken RM, der aus dem ursprünglichen HStr der linken Hemistele entstanden ist, hat sich ein Septum gebildet, das einen linken seitlichen, kleineren und einen rechten (im Vergleich zum Gesamtquerschnitt medialen) HStr bildet.

Die die Cyste im rechten RM umfassenden weißen Massen werden gewölbter, indem eine Neigung zur Umfassung der Cyste zu beobachten ist. An diesem RM bildet sich nun ein neuer Isthmus durch das Tieferwerden der Fissura ant. (accessoria dextra) und der ihr entgegenkommenden Vertiefung auf der lateralen rechten Seite. In dem als akzessorischen PySStr angesprochenem Bündel bildet sich nun eine neue Insel grauer Substanz, mit großen, geblähten Ganglienzellen. Die beiden im dorsalem RM-Teil gelegenen CK sind zu einem länglichen, dorsal gegabelten Kanal verschmolzen.

Die Teilung durch das Entgegenwachsen der Fissura ant. accessoria dextra und der Vertiefung auf der rechten Seite hat sich vollzogen, der so neu entstandene Spalt ist durch Piagewebe mit zahlreichen Gefäßen ausgefüllt, die den zottähnlichen Charakter wahren. Der Gefäßreichtum ist fast ausschließlich in den Teilungssepten konzentriert. Die seitliche Pia ist nur sehr wenig verdickt. Durch die Teilung ist scheinbar auch der rechte CK aufgeschlossen worden, von dem hier keine Spur mehr besteht. Im ventralen Teile der ursprünglichen rechten Hemistele findet man noch immer die Cyste, aber sie ist bereits viel kleiner und vollständig von weißer Substanz umgeben (Abb. 6). Dorsalwärts folgt das ursprüngliche VH, HH und der HStr, mit median gelagerter Commissuresubstanz, die einen kleinen rundlichen CK aufweist. Links davon liegen spärlich myelinisierte Markbündel. Am weitesten dorsal, dort, wo sich diese Hemistele stark verjüngt, findet man einen kreisförmigen Anhang und sehr viele in die Pia eingelagerte Gliareste mit Markfasern.

Der dorsomedial abgespaltene Teil besteht aus dem akzessorischen VSStr und SStr, VH und HH, HStr und PySStr (?) der früheren medialen linken Hemistele des rechten RM. Ein CK ist nicht vorhanden. Die äußere Form dieses RM-Teiles ist die eines Ovoids mit der Verjüngung ventralwärts. Am linken kleinen RM sieht man, daß die Deutlichkeit der Zeichnung der akzessorischen (rechten) Hemistele abnimmt, auch ihre Gestaltung wird undeutlich. Gut ent-

wickelt ist nur der vom linken ursprünglichen HStr abgespaltene akzessorische rechte HStr.

Das Charakteristische an den folgenden Schnitten ist die Abnahme der Größe der Cyste im rechten oberen RM-Teil und die Vergrößerung des unvollständig abgeschnürten dorsalen Anteiles dieser Bildung, sowie die Zunahme der Gliaformation in der Pia, besonders an der dorsalen Seite. Im kleinen linken RM wird das Septum post. undeutlich, die Fissura ant. ein sehr schmaler Spalt, die Gestaltung der rechten (medialen) grauen Substanz zunehmend verwischter. Blutreichtum und der Gefäßreichtum nehmen weiter zu.



Abb. 6. Drittes Dorsalsegment.

Die Cyste nimmt nun an Umfang noch weiter ab, ebenso der sie umgebende Hohlraum. Das VH greift etwas um die Cyste, um später den Substanzverlust dort, wo schon keine Cystenwand besteht, vollständig zu umgeben. Die akzessorische Hemistele des linken RM wird in ihrer Ausdehnung noch undeutlicher und an Ausdehnung geringer. Schließlich bildet die den Hohlraum im rechten VH umgebende weiße Substanz nach Verschwinden des Lumens einen kreisrunden Fleck. Auf dieser Höhe sieht man die Ausbildung eines Spinalganglions, welches zwischen dem linken kleinen RM und dem dorsalen Teilstück des rechten RM gelegen ist. Medial von diesem Ganglion befindet sich eine Nervenwurzel, die zu dem hier bereits sehr unterentwickelten akzessorischen HH des linken RM

gehören dürfte. Das Ganglion befindet sich extrapial, doch intradural. Im folgenden wird das Ganglion sehr groß, es erscheint dann auch ein zweites, das zwischen den dorsalen Polen der rechten RM-Teile liegt. Die akzessorische graue Säule des linken RM ist fast völlig verschwunden, die akzessorischen weißen Massen sind sehr rudimentär, der neu entstandene HStr vom ursprünglichen linken HStr nicht mehr trennbar.

Am rechten ventralen (ursprünglichen) VH sind die Ganglienzellen wieder sehr gut ausgeprägt, die VW entspringt stark lateral. Es bildet sich auch ein Piaseptum, das von der Trennungsfalte zwischen diesem RM-Teil (ursprünglich rechte Hemistele) und dem linken RM gegen den CK strebt. Der dorsale Pol der rechten ursprünglichen Hemistele verkürzt sich, gleichsam dem dorsalen Ganglion Platz machend. In diesem selben dorsalen Teil, anschließend an den HStr entsteht mitten in der weiß-gliösen Substanz eine Insel, bestehend aus kleinen, wenig entwickelten Nervenzellen und Gliazellen und steht vermittels eines Streifens der gleichen Substanz mit dem gleichseitigen VH in Verbindung. Es hat den Anschein, als ob diese Bildung, die auch mit der seitlichen Peripherie in Verbindung steht, eine Art neuen HH bilden sollte, was um so wahrscheinlicher wäre, als sich in diesem RM-Teil eine Fissura ant. gebildet hat, und an der medialen Seite einen Streifen weißer Substanz vom VStr abtrennt, die als akzessorischer VStr und SStr anzusehen wären. Doch ist dies eine Vermutung, die allerdings durch die oben geschilderten ähnlichen Vorgänge gestützt wird.

Das seitliche Ganglion besteht nunmehr aus verschiedenen Haufen. Am dorso-medialen RM-Teil hat sich die als HStr und PySStr angesprochene Bildung weißer Substanz wieder vereinigt. Als erstes verschwindet wieder das dorsale Ganglion. Am medio-ventralen Rande der als neues akzessorisches HH angesprochenen Bildung graugliöser Substanz findet man nun 2 neue CK. Am kleinen linken RM hat sich aus der rudimentären Hemistele und anscheinend nur aus den VStr und SStr eine Bildung geformt, die das Aussehen eines hakenförmigen, gegen die Pia vorspringenden Fortsatzes annimmt. Am dorso-medialen Teile, der sich bisher wenig verändert hat, verschärft sich nun die medialwärts gerichtete Spitze und die weißen Formationen nehmen eine horizontale, gegen die Spitze verlaufende Richtung und sind besonders im seitlichen Rande sehr dicht. Das seitliche Ganglion ist nun sehr klein geworden. Die Piascheide zwischen dem mittleren Teile des medial-dorsalen RM-Teiles und dem rechts lateralen verschmälert sich. Es fehlt auch die meningeale Bekleidung des Dorsalpoles des medio-dorsalen RM-Teiles. Schließlich haben sich die Piascheiden zwischen dem medialen und rechtslateralen RM-Teile getrennt. Außerdem bildet sich im rechtslateralen RM-Teil, und zwar in der mittleren Portion ein neuer CK, so daß in diesem Abschnitt jetzt 4 CK bestehen.

Der aus dem kleinen linken RM herausgewachsene Fortsatz, der sozusagen den Überrest der akzessorischen Hemistele darstellt, dreht sich so, daß er mit der dorsalen Seitenfläche des eigenen RM, von wo ihm eine kleine warzenähnliche Bildung entgegenwächst, in Berührung tritt, dann verschmilzt und bei diesem Vorgang einen Piastreifen ablöst und umgibt. Von dem dorsalst gelegenen CK des rechtslateralen RM-Teiles spaltet sich ein ventral gelegener neuer CK ab (die Zahl der CK beträgt jetzt 5), so daß am ganzen Querschnitt 6 CK bestehen.

Es kommt zu einer Verschmelzung zwischen den beiden rechten Hemistelen, und zwar vereinigt sich die ventrale Spitze der medialen Hemistele mit der dorso-medialen Spitze der rechtslateralen Hemistele (Abb. 7).

Der dorsale Teil der rechten lateralen Hemistele verkürzt sich und es verschwindet einer der dorsal gelegenen CK, doch taucht später wieder ein neuer auf. Der von ventral gerechnete 2. CK wird sehr lang, spaltförmig und von rein

gliösen Massen umgeben. Der am dorsalen Teile der rechten Hemistele sich befindende kreisförmige Anhang hat sich völlig abgeschnürt und ist vollkommen von Pia umgeben. Weiter caudalwärts teilt er sich in 2 von Pia umscheidete Inseln. Der mit der Peripherie verschmolzene Fortsatz des linken RM wird durch austretendes Piagewebe gesprengt, um sich bald caudalwärts wieder zu schließen. Zwischen dem linken RM und den rechten verschmolzenen RM-Teilen wird die Pia unterbrochen und die beiden unsymmetrischen RM-Hälften kommen einander wieder näher. Im rechten RM-Teil verschwinden wieder 2 dorsal gelegene CK, so daß hier 3 (mit dem des linken RM also 4) CK vorhanden sind. Die diesem



Abb. 7. Viertes Dorsalsegment.

Teile zugewendete Oberfläche des kleinen RM wird höckerig und der Rand myelin-arm. Durch die Verkürzung des rechten vorderen Teiles (frühere rechte, ursprüngliche Hemistele) kommt die als akzessorisches VH des rechten RM bezeichnete Formation dieser Unebenheit gegenüber zu liegen.

Jetzt kommt es zu einer völligen Vereinigung der noch bestehenden 2 RM-Teile. Die Spitze des früheren dorso-medialen Teiles steht links in Verbindung mit dem kleinen RM, das jetzt nur noch eine Hemistele, die ursprüngliche linke, besitzt. Nach rechts ist der dorso-mediale Teil in viel breiterer Verbindung mit der im ventro-dorsalen Durchmesser stark verkürzten rechten, ursprünglichen Hemistele. Die eben erwähnte Spitze, die früher eine Zeichnung aufwies, die an

einen ventralen RM-Quadranten erinnerte, verliert allmählich diesen Bau unter starker Zunahme der weißen Substanz.

Die Gestaltung ist nun folgende (Abb. 8): Links eine kleinere, rechts eine größere Hemistele; entsprechend einer Commissur besteht eine Verbindung durch weiße Substanz, die von dem dorsal sich sackartig ausbreitenden früher als dorso-medialen RM-Teil bezeichneten Gebilde hergestellt wird, indem dieses in seinen ventralen Anteil durch



Abb. 8. Viertes Dorsalsegment.

eine schmälere Brücke mit der linken, durch eine breitere Brücke mit der rechten Hemistele in Verbindung tritt.

In den beiden Hemistelen sieht man je einen im medialen Teil der grauen Formationen sich befindlichen CK und außerdem einen spaltförmigen, schon makroskopisch gut sichtbaren CK, dorsalwärts vom rechten CK. Hinter dem spaltförmigen CK sieht man wieder einen kleinen rundlichen CK.

Die rechtslaterale Trennungslinie zwischen den beiden Teilen, die ja jetzt hier verschwunden ist, ist lateral zu einer Delle umgeformt,

in der 2 vom Dorsalpol des rechts-vorderen Teiles abgeschnürte Substanzüberreste liegen, die aus gliöser und weißer Substanz bestehen.

Die Verbindung zwischen der linken Hemistele und dem übrigen Teil wird zunehmend breiter. Der HStr dieser Seite ist durch einen Gliasum von der Peripherie getrennt. Die akzessorische Hemistele ist nicht mehr erkennbar (Abb. 8). Die seitlichen Dellen, die durch die Vereinigung der Hemistelen entstanden sind, werden immer flacher und sind von einem Konvolut von Piagefäßen ausgefüllt. Der langgestreckte CK nimmt ventralwärts an Länge zu, die anderen CK der rechten Seite sind allmählich unter Lumenverringerung verschwunden. Der abgeschnürte Glia-Myelinanteil der rechten Seite ist nicht mehr vorhanden. Die motorischen VH-Zellen nehmen beiderseits stark an Zahl ab.

Während auf der linken Seite dem HStr gleich der sackförmige Dorsalanhang folgt, besteht dorsalwärts vom rechten HStr noch eine gliöse, wenig Myelinfasern führende Masse, die unter Bildung einer Delle in den Dorsalanhang übergeht.

Dieser Anhang, früher durch Abspaltung vom rechten RM entstanden, ist in seinem vorderen Teile von antero-posterior verlaufenden Markfasern erfüllt, die in der Gegend der Fissura ant. beginnen, um sich dorsalwärts in allen Richtungen aufzusplittern. Die dorsale, zentrale und die beiden seitlichen Teile sind von spärlichen, nicht einheitlich verlaufenden Myelinfasern durchsetzt, die nur ganz dorsal einen festeren Haufen bilden, der früher als Vereinigung eines akzessorischen HStr und PySS angesprochen wurde. Zwischen diesen Myelinfasern findet man größere und kleinere Ganglienzellen und unterscheidet an den größeren deutliche Tigroidbildung bereits im Loyez-Präparat, wie überhaupt auch ihre Form den VH-Zellen sehr nahe steht.

Der langgestreckte CK besitzt in der Mitte nur eine, die linke Seite bekleidende Ependymzellschichte, während er sich ventral und dorsal etwas erweitert und daselbst beiderseits von Ependymzellen besetzt ist. Später gabelt er sich in seinem posterioren Anteil und es bildet sich ein vom großen CK, der immer weiter ventralwärts rückt, rechts gelegener kleiner CK, der nach unten zu eine Strecke kleiner wird, um dann wieder seine frühere Größe zu erreichen und sogar zu übertreffen. Die seitlichen Dellen haben verschiedene Form, die immer deutlicher wird, links weit und flach, rechts kurz (beiläufig zwischen dem mittleren und hinteren Drittel des lateralen Umfanges) und verhältnismäßig tief. Der rechte hintere Pol ist frei von Pia. Das linke HH wird schlank und verläuft fast völlig lateralwärts. Die beiden HStr sind keilförmig, der rechte ist mächtiger und etwas weiter dorsalwärts gelagert, der linke durch einen Gliasum von der Peripherie getrennt. Die Myelinisierung der VStr und SStr der linken Hemistele ist viel stärker als rechts, auf welcher Seite man auch sehr deutlich eine Lichtung des PySS-Areals, des Gowerschen Bündels und der KIHSStr bemerkt. Außer dem hier schon geschilderten größer gewordenen rechten dorsalen CK sieht man noch weiter lateral die Bildung eines neuen kleinen CK mit vollständiger Ependymauskleidung. Am linken Teile des Dorsalpoles kommt es zu einer regelrechten Verwachsung der Pia mit dem Gliarand des Rückenmarkes. In dieser Gegend besteht auch eine die Pia durchziehende Nervenwurzel von ziemlich starkem Kaliber. Auf der Gegenseite bemerkt man ebenfalls eine Nervenwurzel dorsalwärts vom rechten HStr. Der hintere freie Pol des RM-Querschnittes wird leicht zerklüftet. Im folgenden wird die rechts seitlich gelegene Delle viel flacher und das Piagefäßknäuel geringer. In einer links gelegenen Falte der Dura, innerhalb des Duraraumes, sieht man ein Spinalganglion. Neben dem zuletzt aufgetretenen CK entsteht eine kleine Strecke weiter seitlich ein anderer ebenfalls kleiner CK, so daß jetzt 5 CK vorhanden sind.

Die Zerklüftung des Dorsalpoles geht weiter vor sich. Der CK der rechten grauen Säule verschwindet, der der linken rückt gegen die Mittellinie, ebenso der

ventrale Teil des langgestreckten CK. Dieser Teil schnürt sich ab und vereinigt sich dann mit dem von links gekommenen zu einem einzigen mittleren CK. Der dorsale Teil des langgestreckten CK wird atrophisch, die übrigen dorsalen CK verschwinden. Die dorsale Delle (Trennungsstelle des Hernienstieles, bei der Autopsie entstanden), wird breiter. Die weißen Massen im dorsalen Teile rücken beiderseits lateralwärts und die Mitte wird rein gliös. Die seitlichen Dorsalanhänge werden immer flacher und dies besonders rechts. Der linke HStr setzt sich in die lateralen weißen Massen des Dorsalanhangs fort. Der hintere Überrest des langgestreckten CK verkürzt sich anfangs, vereinigt sich aber später mit dem ventralen CK, während sich von dem dorsalen Teil ein neuer CK abschnürt. Die Pia ist an vielen Stellen, besonders dorso-lateral, mit der Substanz des RM innig verwachsen. Links tritt eine Nervenwurzel aus dem Dorsalanhang aus, rechts bildet sich ein langgestreckter, der Pia ventralwärts zueilender Gliafortsatz. Der rechte VStr ist sehr schmal. Auf dieser Höhe beobachtet man das erstmal das Auftreten der Clarkeschen Säulen.

Das eben geschilderte Spinalganglion ist jetzt am besten entwickelt, man sieht auch deutlich wie sein peripherer Nerv die Dura durchbohrt. Die Verwachsung der Pia mit der Randzone wird immer stärker. Es bildet sich eine aus markhaltigen Fasern bestehende Commissura ant., der ganze Längskanal ist verschwunden, indem er auf seiner Verlaufsstrecke 2 kleine runde CK zurücklässt. Verschwunden ist ebenfalls der dorsale kleinere CK; es besteht nur noch ein dorsal von der Commissura ant. gelegener Kanal, der allerdings etwas unregelmäßig geformt ist. Die links aus dem Dorsalanhang austretende Wurzel ist hier noch immer vorhanden. Auf derselben Seite finden sich größere Gliasubstanzreste in der Pia eingelagert. Aus den Überresten des Längskanales bildet sich ein größerer CK, der verschwindet, um bald aber wieder aufzutreten. Der Dorsalanhang nimmt nun an Größe beständig ab. In seinen linkslateralen, weißen Massen, die mit dem entsprechenden HStr in Verbindung sind, kommt es zur Ausbildung einer Inselgliöser Substanz. Man beobachtet 3 CK, welche caudalwärts weiter werden und im Zentrum des Dorsalanhangs zueinander rücken. Tiefer unten, rechtslateral in der Peripherie des Dorsalanhangs, tritt ein Spinalganglion auf, welches dem Rückenmark eng anliegt und nur durch eine schmale Piabrücke von ihm getrennt ist.

Die Zellzahl der gut ausgebildeten VH-Zellen nimmt durchwegs ab. Die dorsale Schnittstelle wird wieder kleiner, in ihrer seitlichen Umgebung ist die Pia sehr reich an Blutgefäßen und diese wieder sind in ihrer äußersten Schicht von dem epithelartigen Überzug bekleidet.

Die im Dorsalanhang gelegenen CK sind nun 4, wobei der am weitesten dorsal gelegene der größte ist, sich aber bald in der Mitte einschnürt. Das dorso-laterale Spinalganglion wird kleiner. Der rechte HStr wird dorsal schärfer begrenzt und in ventraler Richtung verkürzt.

Die Zahl der dorsalen CK verringert sich auf 2. Das Innere des Dorsalanhangs wird immer stärker myelinisiert, nur die CK sind von rein gliöser Substanz umgeben. Die Schnittstelle wird wieder zu einer kleinen Delle. Die dorso-lateralen Verwachsungen der Pia mit der RM-Substanz werden immer stärker ausgeprägt. Der Zwischenraum zwischen den beiden HStr verschmälert sich zunehmend, die HStr selbst werden in ihrer gegenseitigen Lage wieder symmetrischer. Es hat den Anschein, als ob die spärliche Myelinisation der PySStr und der KIHSStr hier weniger ausgesprochen wäre. Tiefer unten tritt nun wieder ein dorsaler CK auf. Um den ventralen CK bestehen klaffende Höhlen, scheinbar perivasale, stark erweiterte Räume. Im linken Teile des Dorsalanhangs sieht man die Bildung eines ventro-medial verlaufenden langgestreckten Bündels. Im Subarachnoidealraum bemerkt man sehr zahlreiche VW und

HW. Der Zwischenraum zwischen den HStr wird sehr schmal, der Pol des Dorsalanhangs stark zerklüftet, aber eine Schnittstelle ist nicht mehr wahrnehmbar. Die Fissura ant. nimmt an Tiefe ab. Nun verschwindet auch der letzte dorsale CK und die weißen unregelmäßigen Myelinzüge des Dorsalanhangs werden spärlich (Abb. 9). Die beiden dorso-lateralen Piastreifen kommen einander immer näher. Links dorsal sieht man noch deutlich eine Nervenwurzel aus dem Dorsalanhang austreten, aber auch auf der kontralateralen Seite ist eine, allerdings sehr zarte Nervenwurzel vorhanden.

Es kommt zu spitzen Einschnitten in der peripheren Übergangsstelle von den HStr zum Dorsalanhang. Die Pia hat sich über dem Dorsalpol fast vollkommen



Abb. 9. Viertes Dorsalsegment.

geschlossen. Der rechte dorso-laterale Rand ist besonders stark zerklüftet und mit der Pia verwachsen. An Stelle der dorso-lateralen rechten Nervenwurzel sieht man nun ein kleines Spinalganglion mit typischen Zellen, dicht dem RM anliegend, intrapial, und nur durch wenige Piazellen von RM getrennt. Im Zentrum des Dorsalanhangs entsteht eine Insel weißer Substanz und weiter dorso-lateral, gegen den Rand ziehend, wo das Spinalganglion liegt, tritt ein Zug Myelinfasern auf. Die HStr sind nur noch durch einen schmalen Gliastreif voneinander getrennt. Das laterale Spinalganglion rückt weiter vom RM-Rand fort. Der Dorsalanhang wird besonders im Querdurchmesser kleiner. Das dorsale Spinalganglion wird immer größer, der ihm zunächst liegende RM-Teil wird immer mehr zerklüftet. An den spitzen dorso-lateralen Einschnürungen ist die Pia besonders gefäßreich

und dies links mehr als rechts. Etwas weiter caudalwärts sieht man auch die zum Spinalganglion gehörende Nervenwurzel und den eintretenden Nerven. Der soeben geschilderte Gefäßreichtum wird zunehmend größer und erstreckt sich, da die Pia dorsal mit dem RM verwächst, auch auf dieses. Der Dorsalanhang wird zerklüfteter, der kompakte Teil immer schmäler. Die HStr sind nur noch durch ein Gliaseptum voneinander getrennt. Am deutlichsten ist hier die Myelinarmut des KIHSStr der rechten Seite.

D<sub>5</sub>. Die Größe des Querschnittes entspricht beiläufig der des normalen RM. In den kranialsten Schnitten sieht man noch dorsal Überreste gliöser Substanz, die vom Dorsalanhang stammen und hier deutlich im Subarachnoidealraum, ohne jedweden Zusammenhang mit dem RM, gelegen sind. Die Kontur zeigt außer einigen eindringenden Piasepten keine Störungen. Folgende Besonderheiten verdienen Erwähnung: Das linke VH ist etwas breiter als das rechte, der linke VStr breiter als der rechte. PySStr und KIHSStr sind sehr myelinarm, besonders rechts. Die HStr sind sehr mächtig, rechts mehr als links, und der rechte dringt etwas weiter ventralwärts vor. Ihre ventrale Grenze gegen die HH ist stark quergestellt, wodurch auch der laterale Verlauf der HH bedingt ist. Diese besitzen eine sehr große ventro-dorsale gemeinsame Zone gliöser Substanz (abnorm große Commissura post.). Der CK ist leicht nach links verschoben. Die Commissura ant. besteht aus einem Gliastreifen mit frontal verlaufenden Markfasern. Dorsal, vom Sulcus post. bis zur HWEZ, besteht ein verhältnismäßig breites Band Randglia.

Die Zellen der VH sind gut entwickelt, ebenso die der Clarkeschen Säulen. Aber auch an den HH-Zellen sind keine größeren Veränderungen zu erkennen. Erwähnenswert sind auch die stark entwickelten perivasalen Räume in der weißen und grauen Substanz. An Stelle der dorsalen freien Gliareste treten caudalwärts immer mehr hyperämische Gefäße, bis sie sie schließlich vollständig ersetzen. Die Verdickung der dorsalen Arachnoidea zeigt einen Zellcharakter, der sich dem epithelartigen der Pia und der Piagefässcheiden nähert. Dabei bestehen viele Ausstülpungen und Verwachsungen mit den Piagefäßen und mit der Pia selbst (Septum posticum Schwalbes?). Im lateralen linken Durawinkel, in der Nähe der Ansatzstelle des Ligamentum denticulatum, sieht man eine deutlich endarteritisch veränderte Arterie. Zwischen der Intima und Media sieht man im Alaun-Hämatoxylinpräparat schwarz gefärbte, bogenförmige Massen.

An dem aus dem Wirbelbogenteil herauspräparierten Stück sieht man, daß in seinem kranialen Abschnitt RM-Substanz enthalten ist, die zumeist aus Glia besteht und nur wenige Markfasern aufweist. Sie ist dorsalwärts vollständig mit der Pia verwachsen. Etwas weiter unten sehen wir nur noch gliöse Inseln im pialen Gewebe, die schließlich ganz verschwinden. Die Arachnoidea hat ein epithelartiges Aussehen und verwächst dorsal mit der Dura, in deren medialen Teil sie auch außerhalb des Rückgratkanals anzutreffen ist. Es finden sich auch viele Inseln ihrer Zellen. Die Dura ist mächtig verdickt, der Teil, der durch das Rückgrat durchtritt, ist sehr homogen gebaut und erscheint im v. Gieson-Präparat leuchtend rot gefärbt. Sie ist besonders in ihrem intravertebralem Anteil von Zellzügen durchsetzt, die den epithelartigen der Arachnoidea gleichen. Auf keinem der in Reihen hergestellten Präparaten war es möglich, den subduralen und subarachnoidealen Raum beim Durchtritt durch das Rückgrat zu verfolgen, immerhin bemerkte man zahlreiche Spalten, die aber nicht miteinander in Verbindung stehen. Es waren auch keine extravertebralen Parenchymteile des RM anzutreffen, so daß es erwiesen scheint, daß es sich um eine reine Meningocele handelt.

D<sub>6</sub>. Der antero-posteriore Durchmesser der Commissura post. nimmt stark ab und zugleich wird die mediale Begrenzungslinie der HH schräger. Dabei bleibt

der rechte HStr auch weiterhin größer und weiter ventralwärts reichend. Die Clarkesche Säule ist links viel besser entwickelt als rechts. Caudalwärts nimmt der dorsal ausgeprägte Gefäßreichtum der Pia ab, während die Verdickung der Arachnoidea und Dura fortbesteht. Die Nervenwurzeln treten normal aus und zeigen keinen krankhaften Befund.

**D<sub>7</sub>.** Die Kontur des RM-Querschnittes ist normal, auch die Größe entspricht dem Alter und der Höhe. Die Fissura ant. ist sehr breit, das Piaseptum dringt bis zur Commissura ant. vor. Die VStr sind rechts schmächtiger als links, das rechte VH etwas schlanker als das kontralaterale. Die PySStr und hinteren KIHSStr sind, besonders rechts, spärlich myelinisiert. Die HStr sind unsymmetrisch, und zwar ist der rechte mächtiger und baucht das Septum post. gegen links aus. Er dringt etwas weiter ventral vor als der linke und sein vorderer Rand ist etwas weniger spitzig als der des linken HStr. Beide sind gut myelinisiert, besonders in den vorderen Abschnitten. Entlang der dorsalen Peripherie besteht beiderseits ein Gliasaum, der sich vom Suleus post. bis zu den beiden Lissauerschen Zonen erstreckt. Der CK ist ein in ventro-dorsaler Richtung liegender, von einschichtigem Ependym ausgekleideter Spalt. Die Commissura ant. führt auch hier im ventralen Anteil Myelinfasern und besteht dorsalwärts aus Gliagewebe. Die Commissura post., aus Gliagewebe bestehend, nimmt caudalwärts an Mächtigkeit ab, ohne in diesem Segment die Norm zu erreichen. Die VH- und HH-Zellen sind entsprechend entwickelt, die Zellen der Clarkeschen Säulen links mächtiger und auch ein wenig zahlreicher. Die Seitenhörner sind, wenn überhaupt vorhanden, sehr undeutlich. Die Gefäße des Parenchyms sind normal, ihre perivasalen Räume stark klaffend. Die Pia ist nicht verdickt und führt keine infiltrierten Gefäße. Die Zahl der Gefäße überschreitet noch immer die Norm, steht aber weit unter der Zahl der ersten Dorsalsegmente. Blutüberfüllung geringen Grades. Die Dicke der Pia nimmt ab, fast bis zu normalen Verhältnissen. Die Arachnoidea ist im dorsalen Abschnitt noch leicht verdickt und steht daselbst noch mit der Pia in Verbindung. Die Dura erscheint normal.

**D<sub>8</sub>—D<sub>9</sub>.** Es ist kein größeres Abweichen vom Befund, der an D<sub>7</sub> erhoben wurde, festzustellen. Caudalwärts nimmt der ventro-dorsale Durchmesser der Commissura post. noch weiter ab, um in den untersten Abschnitten fast normale Ausmaße anzunehmen. Der CK ist verhältnismäßig groß und breit. Unverändert ist auch die Asymmetrie der HStr, die Myelinarmut der PySStr und der KIHSStr. Die Clarkesche Säule ist auch hier auf der linken Seite viel besser entwickelt. Der dorsale Gliasaum nimmt etwas an Breite ab. Die Arachnoidea ist am Dorsalpol verdickt, wenn auch weniger als weiter oben und steht hier mit der an dieser Stelle auch verdickten Pia in Berührung. Die Dura ist dorsal nur wenig verdickt. Die Zahl der Piagefäße nimmt caudalwärts ab, die Blutüberfüllung besteht fort. In einem der Präparate findet sich in der linken HW, knapp vor dem Eintreten ins RM, eine sehr gut entwickelte Spinalganglienzelle.

**D<sub>10</sub>.** Auch hier findet man keine grundsätzlichen Unterschiede im Vergleich mit dem vorhergehenden 9. Segment. Der Querschnitt nimmt allmählich an Größe zu. Die Asymmetrien (rechter HStr > linker HStr, linker VStr > rechter VStr, Clarkesche Säule links > rechts) und die Myelinarmut der PySStr und KIHSStr bestehen unverändert fort. Der CK ist weit und gähnend.

**D<sub>11</sub>.** Die Größenzunahme des RM-Querschnittes besteht fort. Überraschend ist auch die unbedingte Vergrößerung der HStr sowohl im lateralen als auch im ventro-dorsalen Durchmesser. Die HW verlaufen etwas stärker seitwärts. Die kurz vorher erwähnten Asymmetrien sind auch hier wahrzunehmen. Die Zellen der Clarkeschen Säule sind auf der rechten Seite auf wenige Exemplare reduziert. Die Bildung von Kernen der Seitenhörner ist deutlich. Die Gefäße des Parenchyms

haben sehr erweiterte perivasale Räume, sonst erscheinen sie normal. Die Ganglien- und Gliazellen zeigen keine größeren Abweichungen. Der Reichtum der Pia an Gefäßen nimmt weiter ab. Die Pia ist wenig, die Arachnoidea stärker verdickt und dies wie oben am Dorsalpol, wobei ein großer Zellreichtum der Arachnoidea erwähnenswert ist. An dieser Stelle verschmelzen auch die beiden Häm. Dura: Keine Veränderungen von Bedeutung.

D<sub>12</sub>. Weitere Vergrößerung des RM-Querschnittes. Die linke Clarkesche Säule ist deutlich, die rechte nur durch die Myelinfaserung und hie und da durch eine Zelle gekennzeichnet. Das linke VH ist viel zellreicher als das rechte. Die Asymmetrien der VStr sind auch hier noch vorhanden. Die Seitenhörner sind deutlich und reich an Ganglienzellen. Die beiden Commissuren sind gut ausgebildet. Der CK ist groß, die PySStr und KIHSStr sind myelinarm. Hervorzuheben ist auch hier die starke Asymmetrie der HStr. Ihre gemeinsame ventrale Grenze bildet einen nach vorn konvexen, von links dorsal nach rechts ventral ansteigenden Bogen.

Der linke HStr ist ventralwärts zugespitzt. Der dorsale Gliasaum der HStr ist vorhanden. Die Veränderung der weichen Häm. ist auch hier, wenn auch in geringerem Grade vorhanden. Die grauen Säulen nehmen ununterbrochen an Ausmaß zu.

Die nächsten Schnitte zeigen folgende Besonderheiten: Der rechte HStr nimmt an Umfang zu, indem er sich dorsalwärts vorbaucht. Durch das Zurückbleiben des rechten HH und SStr erscheint die rechte Hemistele dorsal etwas weniger konkav und schließlich nach innen konvex eingezogen. Weiter unten wird aber das Septum post. nicht mehr gegen links vorgebaucht, sondern nach Durchgang durch die Medianlinie gegen rechts. Auch nimmt nach einigen Schnitten die dorsale Vortreibung des rechten HStr ab, um dann gänzlich zu verschwinden. Statt ihrer tritt eine Vorbuchtung des linken HStr auf, die caudalwärts stetig zunimmt. Die dorsale Peripherie des rechten HStr erfährt knapp neben dem Sulcus post. eine Einziehung, so daß der medialste Teil sich dem vorstülpenden linken HStr anschließt. Und während sich die Einziehung immer tiefer gestaltet, zeigt der von ihr links gelegene Teil der HStr die Neigung, sich über sie zu wölben. Durch diesen wirbelartigen Vorgang an dem sich, wie erwähnt, auch der dorsal-mediale Teil des rechten HStr beteiligt, wird das Septum post. wieder stark nach links vorgebaucht. Der linke HStr wird dadurch ventralwärts sehr schmal, wie ausgezogen, und dorsal sehr breit, während der ganze rechte HStr, mit Ausnahme des mittleren an der Wirbelbildung teilnehmenden Abschnittes, seitlich an Ausdehnung zunimmt.

Durch diesen Vorgang werden auch die grauen Säulen asymmetrisch, das linke VH ist viel schmäler als das entgegengesetzte, aber viel zellreicher und das linke HH reicht weiter dorsalwärts als rechts und hat einen steileren, d. h. stärker dorso-medialen Verlauf. Links sind noch immer Zellen der Clarkeschen Säule vorhanden, einige wenige kleine Zellexemplare auch rechts. Die Myelinfaserung der HStr ist zum großen Teil, besonders medial, horizontal verlaufend, und zwar parallel zum Septum post. Die Wirbelbildung wird immer stärker, die dadurch bedingte Asymmetrie immer ausgeprägter. Vom dorsal-medialen Rande des rechten HStr wächst dem Wirbel ein kleiner Fortsatz entgegen (Abb. 10). Weiter unten nehmen nun aber die HStr im allgemeinen an Mächtigkeit ab, wie auch die übrigen weißen Massen.

Hier ist die Pia wieder im allgemeinen stärker verdickt und bleibt mit der nur sehr wenig verdickten Arachnoidea am Dorsalpol in Verbindung. Zugleich nimmt der Gefäßreichtum wieder zu, und zwar besonders ventral und links dorsal.

Eine Zusammenfassung erscheint wegen der Übersicht nötig. In den 3 letzten Cervicalsegmenten besteht eine Asymmetrie der Hemistelen (Abb. 2), die sich aber in D<sub>1</sub> fast vollständig zurückgebildet hat. Bereits im Halsmark findet man, daß das Septum posterior nicht vorhanden ist, sondern eine verhältnismäßig breite hintere Fissur, die beiderseits von lateralen Glialeisten eingefaßt wird. Durch Verwachsung des hinteren Poles bildet sich aus der Fissur ein zuerst schmaler, dann breiterer Spalt, in den nach einer Unterbrechung auch der Zentralkanal aufgeht. Auf diese Art entsteht eine verhältnismäßig breite hydromyelische Höhle,

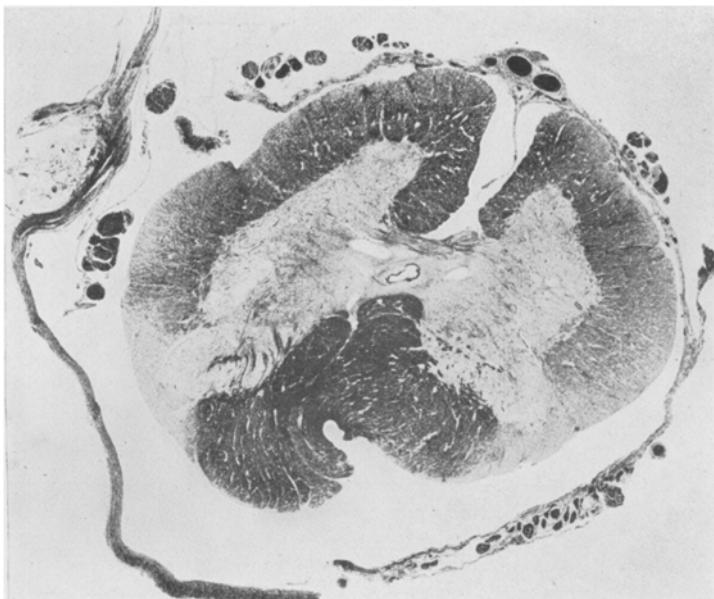


Abb. 10<sup>1</sup>. Zwölftes Dorsalsegment.

deren ventrale Begrenzung die Commissura ant. bildet (Abb. 3). Diese letztere verdickt sich und bildet 3 Schichten, und zwar eine aus weißer, eine aus grauer und eine aus rein gliöser Substanz. Absteigend nimmt diese Bildung an Mächtigkeit zu, indem sie sich hügelartig gegen die breite Fissura ant. vorwölbt. Es entstehen in ihr Einsenkungen, die durch Piasepten ausgefüllt werden (Abb. 4). Die eine bildet die akzessorische Fissura ant. des linken RM, die andere, rechte, gabelt sich später, wobei die laterale die Fissura ant. des rechten RM bilden wird, während die mediale die Trennungslinie zwischen den beiden RM darstellt.

<sup>1</sup> Die dorso-ventrale Achse ist in der Abbildung um einige Grade im Sinne des Uhrzeigers gedreht, was nicht dem Verhalten am Präparat entspricht.

Zwischen diesen 3 Einsenkungen bilden sich, wie gesagt, aus der Commissura ant. 2 Formationen, die wir weiter unten als 2 akzessorische Hemistelen identifizieren können. Die Höhle nimmt an Weite stark ab, und zwar so, daß die linke Wand an die rechte heranrückt, wodurch eine Art langgestreckten CK zustande kommt. Die HStr sind lateralwärts gerückt und wandern jetzt nach vorn. Dorsal verbleiben grau-gliöse Massen. Der linke Teil der Commissura ant. rundet sich ab und rückt gegen die linke Hemistele.

Zwischen dem linken HStr und der dorsalen Masse bildet sich auf der linkslateralen Seite eine Delle, die der mittleren Einsenkung in der Commissura ant. entgegenwächst, um sich schließlich mit ihr zu vereinigen, wobei auch die Piasepten verwachsen und das linke RM vom rechten trennen, nachdem sich die akzessorischen Bildungen mit der entsprechenden Hemistele vereinigt haben. In der rechten seitlichen Hemistele hat sich eine Cyste entwickelt, die uns hier nicht weiter beschäftigt. Links besteht jetzt ein kleines RM, das verhältnismäßig sehr vollkommen ist (Abb. 5). Rechts besteht ein bedeutend größeres RM, das viel weniger deutlich gezeichnet ist, aber an dem immerhin in der akzessorischen Hemistele folgende Abschnitte erkennbar sind: VH, VStr, SStr, HH, HStr ?, während in der rechten ursprünglichen alle RM-Teile, wenn auch in teilweiser Verunstaltung durch die Cyste, vorhanden sind. Weiter unten schnürt sich die akzessorische Hemistele des rechten RM ab und gleichzeitig setzt eine Atrophie der linken Seite ein, besser gesagt ein Verschwinden. Es bestehen nun drei RM-Teile, die vollständig voneinander getrennt sind und jeder einzelne ist von Pia lückenlos umkleidet (Abb. 6). Nun sehen wir auch das Auftreten von innerhalb des Durasackes befindlichen Spinalganglien. Der dorso-mediale Anteil, der kranialwärts die akzessorische Hemistele des rechten RM gebildet hat, verschmilzt in seinem ventralen Anteil mit den ventralen Hemistelen. Diese rücken aneinander und bilden ein einziges RM, aus dessen Septum post. sich hernienartig der Dorsalanhang vorwölbt (Abb. 9). Dieser wird zunehmend kleiner, um schließlich auf der Höhe von  $D_5$  vollständig zu verschwinden. Es besteht nun wieder ein einziges RM mit etwas unregelmäßigen Bildungen, wie besonders der HStr und HH. Eine Lichtung des Marks der PySStr und der KIHSStr ist sehr deutlich und kann bis zum letzten Dorsalsegment verfolgt werden.

In  $D_{12}$  bildet sich aus dem dorsalen Teil des linken HStr ein wirbelartiger Vorsprung, der gegen den HStr der Gegenseite gerichtet ist, wobei die linke graue Säule stark verzogen wird (Abb. 10).

Wie ist nun diese Verunstaltung des RM zu erklären? Handelt es sich um Bildung von Piasepten, die die Medullarplatte oder das Neuralkanal eingeschnitten haben und so die Teilungen verständlich machen? Diese Theorie ist von den meisten Forschern verlassen worden und man

findet statt dessen die Ansicht vertreten, daß die RM-Teilung und speziell die Diplomyelie auf einen nicht zustande gekommenen Schluß des Neuralrohrs zurückzuführen ist.

Und zwar sollen sich die beiden dorsalen Anteile der Medullarplatte statt zu verwachsen, selbständig einrollen, ein „Bretzel“ bilden.

In vielen Fällen ist das sehr einleuchtend, und zwar dann, wenn die beiden neuen RM durch einen Gewebsstreifen verbunden bleiben, der der Bodenplatte entspricht. Wo aber eine vollständige Teilung vorliegt, ist diese Erklärung schon weniger ausreichend. Denn es fehlt bei diesem Einrollungsvorgang ein Anteil, der nämlich, der die vorgebildete Bodenplatte zur Spaltung bringen würde. Doch kann man annehmen, daß dies ein sekundärer Vorgang sei, der sich erst als Folge der Zweiteilung ausbildet, in dem Sinne, daß es die Dynamik der Umbildung ist, die die Bodenplatte im unabhängigen Wachstum der beiden neuen RM zerreißt und zum Verschwinden bringt.

In meinem Falle müßte aber die Erklärung der Einrollung der dorsalen Medullarplatten eine Modifikation erfahren, betreffend den Vorgang, der die Dreiteilung bewirkt. Es wäre dann so vorzustellen: Die noch nicht vereinigten Deckplattenränder rollen sich ein, und zwar links vollkommen, und hier bildet sich auch ein ausgebildetes RM. Auf der rechten Seite ist die Einrollung nur im oberen Teilungsstück vollkommen, im caudalen bildet sich durch die nur dorsalwärts eingetretene Einrollung eine Art Öse, die die rechte Hemistele bildet, während sich die mediale, akzessorische aus dem ventralen rechten Quadranten entwickeln müßte. Dabei bleibt aber die Frage der vollständigen Trennung der beiden Hemistelen offen und mußte nach demselben Grundsatz erklärt werden wie die Entstehung der vollständigen Zweiteilung. Überdies wären die drei entstehenden Teile im Anfang schon ungleich oder besäßen eine ungleiche Wachstumsneigung, denn nur so könnte man die verschiedene Größe erklären.

In der oben gegebenen Beschreibung des RM schilderte ich die Vorgänge absteigend, d. h. vom kranialen Anteil gegen den caudalen. Es könnte dadurch den Anschein erwecken, als ob die unteren Formationen eine Folge der Vorgänge in den oberen Teilen wären. Das ist natürlich nicht richtig, denn das RM entwickelt sich gleichzeitig und nicht absteigend. Dennoch ist es aufgefallen, daß im 2. Dorsalsegment die Commisura ant. Abweichungen von der Norm zeigt, indem sich hier graue und weiße Massen entwickeln. Dies könnte man damit erklären, daß die Vereinigungsstelle noch nicht vollständig ihre Wucherungsfähigkeit verloren hat. Dasselbe müßte man dann auch für den Dorsalanhang, der aus der Commissura post. austritt, annehmen. Könnte man nun aber nicht viel einfacher annehmen, daß die Deckplatte und die Bodenplatte nicht, wie normal, ihre Wucherungsfähigkeit verloren, sondern sie ebenso be-

wahren wie die seitlichen Teile? Diese Ansicht wurde schon ähnlich von *Sibelius* vertreten und ich glaube, daß mein Fall am ehesten mit ihr in Einklang zu bringen wäre. *Kino* hinwider glaubt, daß die Mehrbildung auf ein abnormes Wachstum der Seitenteile zuzückzuführen ist.

Allerdings bleibt in meinem Falle noch die Verlagerung der Spinalganglien zu erklären. Diese Tatsache spricht nun wieder vielmehr für die besonders von *Henneberg* vertretene Anschauung, daß an der Myeloschisis Vorgänge schuld sind, die auf ein gesondertes Einrollen der seitlichen Medullarplattenteile zurückzuführen sind.

Die CK, deren Mannigfaltigkeit, Anzahl und wechselndes Auftreten eine Systematisierung fast unmöglich machen, dürften wohl von versprengten Ependymkeimen abstammen und bieten keine Handhabe zur Erklärung des Teilungsvorganges. Ich will die Erörterung nicht weiter verfolgen, denn es erscheint klar, daß noch viele Fälle eingehend untersucht werden müssen, bevor wir zu einer größeren Klarheit auf diesem Gebiet gelangen.

Auch stand mir leider nicht das gesamte Schrifttum zur Verfügung, um Einzelheiten verglichen zu können.

---

#### Literaturverzeichnis.

*Dionisi*, Patogenesi d. siringomelia bulbare. Riv. sper. d. Freniatria **25**, (1899). — *Henneberg*, Rückenmarksbefunde bei Spina bifida. Mschr. Psychiatr. **47** (1920). — *Holland*, Zwei Befunde von Zweiteilung des Rückenmarkes. Mschr. Psychiatr. **61** (1926). — *Keiller*, Anatomy of Spina bifida. Brain **45** (1922). — *Kino*, Zur Lehre von der Verdoppelung des Rückenmarkes. Z. Neur. Orig. **65**, (1921). — *Schwalbe, Ernst*, Mißbildungen des Zentralnervensystems. 1909.

---