

XXII.

Ueber den Eigenapparat des Conus terminalis¹⁾.

Von

Prof. Dr. med. **Gierlich**, Wiesbaden.

(Hierzu Tafeln XV—XVI und 1 Textfigur.)

Die untersten Rückenmarkssegmente sind erst im letzten Jahrzehnt Gegenstand eingehender histologischer und funktioneller Untersuchungen gewesen. Als Conus terminalis wird heute wohl allgemein nach L. R. Müller's Vorschlag das Rückenmarksende von der Grenze des II. zum III. Sakralsegment abwärts bezeichnet. Ihm aufgelagert ist der sogenannte Epiconus (Minor), welcher das II. und I. Sakralsegment sowie das V. und VI. Lumbalsegment umfasst. Die Zusammenfassung dieser Segmentgruppen ist bedingt in einer gewissen klinischen Selbständigkeit. Speziell der Conus terminalis zeigt nun auch in seinem anatomischen Aufbau ein von den höher gelegenen Rückenmarkssegmenten sehr abweichendes Verhalten, wie L. R. Müller in seiner grundlegenden Bearbeitung dieses Gebietes zeigen konnte. Der Eigenapparat des Conus, wie Edinger sehr trefflich die Gesamtfunktion nennt, wurde bisher studiert bei klinischer oder experimenteller Zerstörung der Segmente oberhalb des Conus oder Erkrankung der Cauda equina. Einen besonderen Einblick in diese Verhältnisse gewähren Fälle mit Zerstörung des Trägers der Gesamtfunktion, d. i. der grauen Substanz. Die experimentelle isolierte Ausschaltung der grauen Substanz durch Unterbindung der Aorta (Ehrlich, Brieger u. a.) oder durch Einspritzung von aseptischen Lycopodiumaufschwemmungen in die Gefäße des unteren Rückenmarksabschnittes (Rothmann) erstrecken sich auf das ganze Lumbosakralmark, nicht auf den Conus isoliert. Es dürfte daher nicht ohne Interesse sein, die klinischen und anatomischen Befunde an einem Falle zu studieren, bei welchem ein Trauma die graue Substanz des Conus total und isoliert zerstört hatte.

1) Vortrag, gehalten auf der 39. Wanderversammlung der südwestdeutschen Neurologen und Irrenärzte zu Baden-Baden am 24. Mai 1914.

W. V., 30 Jahre, ledig, Jockeyreiter. Familienanamnese ergab nichts Besonderes. Lues negiert.

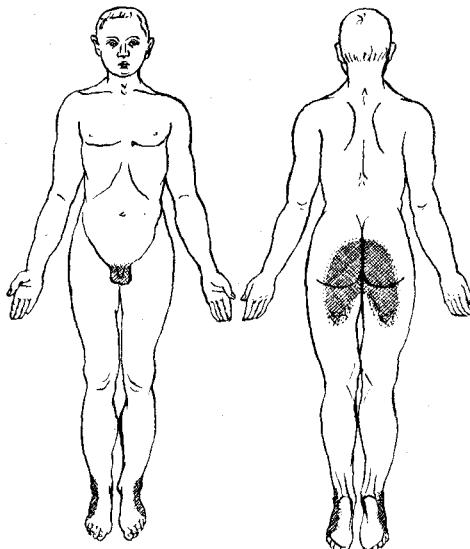
Vor $3\frac{1}{2}$ Jahren erlitt Pat. einen Unfall, indem er beim Rennen mit stark nach vorn gebeugtem Oberkörper und hoch an den Leib angezogenen Knien rücklings vom Pferde abrutschte und direkt aufs Gesäß stürzte. Er war nicht besinnungslos, aber sofort auf beiden Beinen gelähmt. Ausserdem bestand Gefühlslosigkeit vom Nabel abwärts, sowie Stuhl- und Urinverhaltung, so dass die Blase katheterisiert werden musste. An der Wirbelsäule keinerlei Deformität, Skoliose, Lordose oder Kyphose. Pat. lag 9 Monate im Krankenhouse. In dieser Zeit besserte sich der Zustand sehr wesentlich. Die Urin- und Stuhlretention liess allmählich nach und wich innerhalb 3—4 Wochen einer automatischen Regelung. Der Umfang der Gefühlsstörung schränkte sich nach und nach mehr ein, und die Bewegungsstörung zeigte einen derartigen Rückgang, dass Pat. wieder ohne Unterstützung gehen konnte. Seit Verlassen des Krankenhauses ist der Zustand ohne wesentliche Änderung konstant derselbe geblieben.

Status praesens 7.5.11: Kräftiger, mittelgrosser, muskulöser Mann, ohne besonderes Fettpolster. Schleimhäute etwas blass. Nirgends eine Deformität der Wirbelsäule oder am Kreuzbein, nirgends druckempfindliche Stellen dieser Teile. Kein Harnträufeln. Ausgesprochene Krallenstellung beider Füsse. Innere Organe ohne Befund, Wirbelsäule nirgends auf Druck oder Beklopfen empfindlich. Kein abnormer Befund bei Röntgenuntersuchung.

Motilität: Gesichts-, Rumpf- und Armmuskulatur funktionieren völlig normal, Störungen der Bewegungen finden sich nur in den unteren Extremitäten und zwar beiderseits ohne erkennbaren Unterschied. Die Zehen stehen in ausgesprochener Krallenstellung: Dorsalflexion des ersten, Plantarflexion des II. und III. Gliedes. Willkürliche Dorsalflexion der I. Glieder der Zehen möglich, Plantarflexion der II. und III. sehr gering, Spreizen der Zehen unmöglich. Die Spatia interossea des Fussrückens stark vertieft. Der Muskelbauch des Extensor dig. brevis ziemlich gut erhalten. Die Füsse können kräftig dorsalflektiert sowie auch adduziert und gut abduziert werden, desgleichen erfolgt Heben des äusseren Fussrandes kräftig, dagegen ist die Plantarflexion des Fusses sowie Senken des äusseren Fussrandes deutlich abgeschwächt. Die Muskelgruppe an der vorderen Fläche des Schienbeins, M. tibialis ant., extensor hall. long., extensor dig. com., peronaeus long. et brev. ist kräftig entwickelt, dagegen haben die Wadenmuskeln an Umfang sichtlich abgenommen. In diesen Muskelbäuchen sieht man, namentlich bei längerem Blossliegen, also bei Kälteeinwirkung, deutlich fibrilläre Zuckungen. Die Füsse stehen in leichter Calcaneusstellung, doch ist dieselbe nicht sehr ausgesprochen. Pat. kann mit der ganzen Fusssohle auftreten und den Fuss beim Gehen normal abwickeln, doch ermüdet er sehr leicht, da das Abstossen der Zehenballen sehr mühsam ist. Im Kniegelenk sind die Beuger geschwächt, in der Hüfte die Strecker. Alle anderen Bewegungen: Beugen der Hüfte, Ab- und Adduktion, Rotation der Beine, sowie Streckung im Knie erfolgen kräftig. Die elektrische Untersuchung ergibt in den Interossei und Lumbricales der Füsse bei erträglichen Strömen sowohl galvanisch wie faradisch keine Zuckungen, die Mm. gastrocnemii und solei zeigen herabgesetzte elektrische

Erregbarkeit, ohne Zeichen von Ea.R. Die Dorsalflektoren: M. tib. ant., ext. hallucis long., ext. dig. long. und brevis, peron. long. und brevis ergeben normale elektrische Reaktionen.

Sensibilität: Der Ausfall der Sensibilität betrifft einmal den Damm und hat hier die sogenannte Reithosenform, erstreckt sich hinten aufwärts bis zum Ende des II. Dorsalfortsatzes des Kreuzbeins und übersteigt aber die Glutäalfalte etwa handbreit nach abwärts. Ausserdem besteht ein Gefühlsausfall am äusseren Fussrand und Knöchel beiderseits. In diesen Partien ist das Gefühl für Nadelstiche, Wärme und Kälte aufgehoben mit geringer Uebergangszone zum Normalen, desgleichen ist taktile Berührung geschwunden, jedoch in etwas



Grenzen der Temperatur- und Schmerzempfindung.

engeren Grenzen und breiterer Uebergangszone. Die Tiefensensibilität: Druckgefühle, sowohl Abstufungen wie Lokalisation desselben, desgl. Weber'sche Tastkreise bei Druck erscheinen in den analgetischen Zonen im Vergleich mit gesunden Personen ohne erkennbare Störung. Die äusseren Genitalien sind völlig gefühllos bei Stichen und Berührung, bei Druck aber normal empfindlich. Anästhetisch ist die Schleimhaut des Anus bei Einführung des Fingers und die Urethra und Blase beim Katheterisieren.

Reflex: Analreflex fehlt völlig, sowohl bei Einführung des Fingers, wie Reizung der Umgebung des Afters mit der Nadel. Von den Sehnenreflexen ist der Achillessehnenreflex nicht auszulösen; alle anderen Sehnenreflexe, speziell der Patellarsehenreflex, erscheinen normal. Von den Hautreflexen fehlt der Plantarreflex, dagegen sind Cremaster- und Bauchdeckenreflexe vorhanden. Kein Clonus, kein Babinski, Bechterew-Mendel. Einführung des Katheters in die Blase ohne Widerstand.

Miktionsstörungen: Die gleich nach dem Unfall eingetretene Retentio urinae verschwand während einiger Wochen, und es stellte sich nach und nach die sogenannte automatische Regelung der Urinentleerung ein. Alle $2\frac{1}{2}$ bis 3 Stunden, je nach der Flüssigkeitsaufnahme, zeigt ein Spannungsgefühl im Leibe dem Patienten an, dass Urinentleerung in kurzer Zeit sich einstellt. Pat. kann dann gewöhnlich noch die Toilette aufsuchen und nun erfolgt ohne Willen des Pat. und ohne dass er es hindern könnte, eine Entleerung der Blase in ziemlich kräftigem Strahle. Pat. kann wohl mit Hilfe der Bauchpresse etwas nachdrücken. Auch während der Nacht stellt sich dieser Mechanismus etwa zweimal ein. Harnträufeln besteht nicht. Der Urin enthält mikroskopisch viele Leukozyten.

Defäkation: Pat. leidet von jeher an chronischer Obstipation. Alle 2 bis 3 Tage hat er nach Einlauf Stuhlgang, dessen Durchtritt durch den Anus er nicht empfindet. Ab und zu stellt sich Stuhlgang von selbst ein. In diesem Falle pflegt ein Druckgefühl in der Sakralgegend kurze Zeit der Entleerung vorzugehen.

Genitalfunktionen: Es besteht Libido, und es stellen sich hie und da Erektionen ein. Dagegen kommt es nicht zur Ejakulation des Samens und zum Orgasmus.

Pat. starb am 12. 6. 1911 infolge einer infektionären fieberhaften Erkrankung.

Die Sektion (Herr Prof. Herxheimer), soweit sie in Frage kommt, ergab chronische Cystitis mit Balkenblase. An der Wirbelsäule keine Deformität, speziell die lumbosakralen Partien völlig ohne Bruch oder Infraction eines Wirbels. Das Rückenmark ist im allgemeinen etwas klein. Auf Querschnitten tritt die schmetterlingsförmige Zeichnung der grauen Substanz in allen Höhen deutlich hervor. In den untersten Partien des Markes sind Einzelheiten in demselben nicht zu erkennen, vielmehr macht es hier den Eindruck einer homogenen Masse. Im Hinterstrang des Lumbosakralmarks tritt eine Lichtung hervor. Die Wurzeln der Cauda haben kein makroskopisch abnormes Aussehen und sind nicht verdickt.

Das Rückenmark wurde zum Zwecke der weiteren Verarbeitung in Formol gehärtet und in seinen untersten Segmenten serienweise geschnitten. Die Färbung erfolgte nach Weigert auf Markscheiden und Glia, nach van Gieson, Bielschowsky und Nissl.

Der mikroskopische Befund war folgender: Von der Grenze des I. zum II. Sakralsegment abwärts ist die gesamte graue Substanz durch ein faseriges dichtes Gliagewebe ersetzt. Dieses ist mit vielen neugebildeten Blutgefäßen durchzogen, welche strotzend mit Blut gefüllt sind. Rings um die Gefäße sieht man einzelne Rundzellen liegen. In den Gliamaschen einzelne gitterzellähnliche Gebilde, dagegen findet man hier keine roten Blutkörperchen oder Derivate derselben. Dieser Ersatz der grauen Vorder- und Hinterhörner durch gliöses Narbengewebe findet sich aufwärts bis zur Grenze des II. zum I. Sakralsegmente und macht hier ziemlich plötzlich ohne Uebergang normalen Verhält-

nissen Platz. Im I. Sakralsegment zeigt die graue Substanz keine Abweichungen von der Norm. In der Höhe des II. Sakralsegmentes sind an den lateralen Rändern des Vorder- und Hinterhorns einzelne anscheinend normale Ganglienzellen zu finden. Das ganze Glianarbengewebe endet nach oben in kurzer Kuppel. Nirgends erscheint die Konfiguration der einzelnen Schnitte durch Schrumpfung oder dgl. verändert. Das Narbengewebe ist präzise auf die graue Substanz beschränkt und bis in das Filum terminale gleichmässig zu verfolgen. Hier und da sieht man am inneren oder meist äusseren Rande eine Ganglienzelle liegen, welche aber auf Bielschowsky- und Nissl-Bildern als funktionsunfähig sich erweist.

Die weisse Substanz und die Wurzeln ergeben in den verschiedenen Höhen des untersten Rückenmarksabschnittes folgenden Befund:

Endabschnitt des Conus terminalis (Fig. 1, Tafel XV).

Die ganze Zeichnung des Conus ist völlig erhalten, an keiner Seite zusammengedrückt oder verschoben. Hinterstränge und Hinterhörner sind in normaler Weise bereits aufgelöst und durch Bindegewebe ersetzt. Die Ependymzellen des Zentralkanals sind stark vermehrt, das Lumen desselben nicht sichtbar. Solche Nester von Ependymzellen sind namentlich dorsalwärts vom Zentralkanal gelagert. Die Vorderstränge erscheinen etwas plump und dick. Die Seitenstränge laufen nach hinten spitz zu. Beide Stränge enthalten sehr dünn gesäte Markscheiden, der Vorderstrang mehr als der Seitenstrang. Diese Fasern zeigen im Längsschnitt keine besonderen Zeichen von Degeneration, Aufquellungen oder Rosenkranzform. Von einer vorderen Kommissur ist auf diesen Bildern nichts zu sehen. Rückenmarksgrau wie oben beschrieben. Auffallend dicke Gefässe im Glianarbengewebe. Von Nervenzellen keine Spur. Rückenmarkshäute nicht besonders dick.

Höhe des V. Sakralsegmentes (Fig. 2, Tafel XV).

Rückenmark ziemlich kreisförmig, dorsal geschlossen; jedoch stellt das Septum posterius einen besonders dicken Bindegewebstreifen dar. Seitlich von diesem Septum in seiner hinteren Hälfte liegt beiderseits ein völlig faserloses etwa dreieckiges Feld, dessen Spitze ventralwärts gelegen ist, während die breite Basis dem äusseren Rande des Hinterstranges entlang sich erstreckt. Am Rande dieses marklosen Feldes finden sich in den hinteren und seitlichen Partien des Hinterstranges eine Gruppe von quergetroffenen Nervenfasern, etwa 25—30 an der Zahl, und es ziehen an der medialen Begrenzung dieser Fasergruppe etwa 10—12 längsgetroffene Fasern in leichtem Bogen zur Hinterhornbasis, um hier in die graue Substanz einzubiegen. Die Lissauer'sche Randzone lässt nur spärliche Faserquerschnitte erkennen. Eine hintere weisse Kommissur fehlt völlig. Vorder- und Seitenstränge sind mit ziemlich reichlichen, jedoch gegen die Norm sehr rarefizierten Fasern versehen, die in den dorsalen Partien des Seitenstranges eine deutliche Lichtung erkennen lassen. Längsgetroffene Fasern, wie im normalen Conus, sieht man in diesen Partien nirgends, nur einzelne Bruchstücke mit perl schnurartigen Aufreibungen sind bei genauem Studium

aufzufinden. Die vordere weisse Kommissur ist in dieser Höhe bereits angelegt, und lässt glatte schwarze Fasern erkennen. Der Zentralkanal erscheint als länglicher Spalt mit zerklüfteter Wandung und stark vermehrter Ependymschicht.

Höhe des IV. Sakralsegmentes (Fig. 3, Tafel XV).

Die Figur hat eine breitere Gestalt bekommen. In den Hintersträngen sind die Faserquerschnitte sehr vermehrt. Sie haben ihre Lage in den äusseren und lateralen Partien des Stranges. Diese Partien erscheinen tief schwarz im Markscheidenbild. Am inneren Rande dieser Partien ziehen reichlich längsgetroffene Fasern ventralwärts. Zum Teil kommen sie vom lateralen Rande des Hinterstranges, biegen medialwärts im scharfen Bogen fast rechtwinklig ab gegen die Basis des Hinterhorns zu, um hier wiederum in kurzem Bogen sich in die mittleren Partien der grauen Substanz einzusenken. Das im vorigen Schnitte beschriebene dreieckige marklose Feld zu beiden Seiten des Septum posterius hat seine Gestalt insofern geändert, als die ventrale Spitze des Dreieckes mehr ausgezogen nach vorn gelagert ist, und seine Basis am hinteren Rande des Hinterstranges kürzer geworden ist. Beiderseits vom Septum sind in dem vorhin beschriebenen marklosen Feld an der dorsalen inneren Spitze des Hinterhorns eine kleine Gruppe dünner Fasern gelagert. Die Lissauer'sche Randzone enthält spärliche Fasern. Die weisse hintere Kommissur fehlt völlig, die vordere ist gut entwickelt. Die Vorder- und Seitenstränge lassen ringsum dünn gesäte Faserquerschnitte erkennen, die ziemlich gleichmässig verteilt erscheinen, mit Ausnahme der hinteren Partien des Seitenstranges. Hier zeigt sich eine deutliche Lichtung. Auch die normalerweise in diesen Partien stets vorhandenen längs getroffenen Fasern fehlen völlig; nur kleine degenerierte Bruchstücke solcher Fasern sind hier und da zu finden. Auf Längsschnitten ziehen solche schräg abwärts.

Höhe des III. Sakralsegmentes (Fig. 4, Tafel XVI).

Die Faserquerschnitte in den lateralen hinteren Partien des Hinterstranges erscheinen gegenüber dem vorigen Schnitt recht vermehrt und bilden eine tief-schwarze Masse, aus deren medialen Randpartien reichlich Fasern in die graue Substanz einbiegen. Durch das Vordrägen dieser Fasergruppe erhält das oben beschriebene dreieckige marklose Feld zu beiden Seiten des Septum posterius eine immer mehr längliche Gestalt. Die Spitze des Dreiecks reicht nun bis zur grauen hinteren Kommissur, die Basis am hinteren Rande der Hinterhörner ist schmäler. Die Fasergruppe in diesem Felde zu beiden Seiten des Septum hat an Ausdehnung stark gewonnen. Sie umgreift die hintere innere Kuppe des Hinterstrangs als dreieckiges Feld und bildet einen feinen Saum eine kleine Strecke ventralwärts. Die hintere weisse Kommissur fehlt, die vordere enthält reichlich Fasern. Der Zentralkanal ist spaltweise erweitert und von stark gewucherten Ependymzellen umlagert. Die Vorder- und Seitenstränge haben ringsum dünn gesäte Faserquerschnitte mit Ausnahme der Hinterpartien der

Seitenstränge, welche auffallend gelichtet erscheinen und keinerlei längsgetroffene Faserzüge erkennen lassen. Die Lissauer'sche Randzone hat weniger Fasern als normal.

Höhe des II. Sakralsegmentes (Fig. 5, Tafel XVI).

Hier treten zum erstenmale in dem gliösen Narbengewebe der grauen Substanz einzelne Ganglienzellen auf, die auf Nissl- und Bielschowsky-Präparaten ein normales Aussehen haben. Sie gehören der ventralen und lateralen Zellgruppe des Vorderhorns an. Sie sind reichlich eingebettet in längsgetroffene Faserbündel. Der Uebergang zum Narbengewebe ist ein ziemlich schroffer, wenigstens auf Weigertbildern. Es befinden sich meist 2—3 Ganglienzellen in einem Schnitt, kranialwärts wohl auch etwas mehr. Durchweg ist die graue Substanz der Vorder- und Hinterhörner durch feines Glianarbengewebe mit eingelagerten neugebildeten Gefässen ersetzt.

Die Hinterstränge enthalten in ihren hinteren lateralen, dem Hinterhorn angelagerten Feldern reichlich einstrahlende Wurzeln. Medial von diesen liegen tiefschwarz gefärbte Bündel von Faserquerschnitten, aus denen gleichfalls Fasern im Bogen in die graue Substanz ziehen. Durch diese gegen das Septum immer weiter vordringenden Fasermassen erscheint das oben bereits erwähnte marklose Feld zu beiden Seiten des Septum posterius immer mehr ventralwärts gedrängt, so dass nun die der hinteren grauen Kommissur anliegende Seite immer breiter wird und die dem Septum entlang ausgezogene eben noch an den hinteren Rand der Hinterhörner stösst. Die in diesem Felde bereits im vorigen Schnitte beschriebene Fasergruppe bildet in dieser Höhe einen keulenförmigen Streifen feiner Faserquerschnitte, dessen dickes Ende am hinteren Rande anliegt, während die Keulenspitze sich am Septum entlang nach vorn schiebt bis in die vordere Hälfte des Septums hinein. Hintere weisse Kommissur auch hier noch nicht aufzufinden. Lissauer'sche Randzone enthält mehr Fasern, wie in tieferen Schnitten, doch weit weniger als wie normal. Zentralkanal wie im vorigen Schnitt. In den Vorderstranggrundbündeln und Seitenstrangresten reichlich Fasern. Zona sulcomarginalis des Vorder- und Seitenstranges mässig stark gelichtet. Hintere äussere Partien des Seitenstranges gleichfalls lichter als die Grundbündel. Durchziehende Vorderwurzelfäden nirgends zu finden.

Höhe des I. Sakralsegmentes (Fig. 6, Tafel XVI).

Auf den Schnitten von den oberen Partien des II. Sakralsegmentes zu den unteren des I. Sakralsegmentes nehmen die Ganglienzellen und Nervenfasern in der grauen Substanz, in Vorder- und Hinterhörnern zusehends schnell zu, so dass diese nun völlig normal erscheint. Die Ganglienzellen haben allenthalben gut entwickelte Nisslschollen und Fibrillennetze. Das Fasernetz der grauen Substanz ist völlig entwickelt. Die Uebergänge vom Glianarbengewebe zum normalen Grau erscheinen namentlich auf Längsschnitten ziemlich scharf. Die Zone der einstrahlenden hinteren Wurzeln an den lateralen Partien der Hinterstränge ist völlig normal, der Hinterstrang ist völlig mit Fasern ausgefüllt mit

Ausnahme einer Partie längs des Septum posterius. Hier hat das oben beschriebene faserleere dreieckige Feld nunmehr seine Gestalt nicht mehr scharf bewahrt. Die Basis des Dreieckes, welche der hinteren Kommissur anlag, ist mit Fasern übersät, die gegen die Mitte hin dichter liegen als in den lateralen Partien. Die zum hinteren Rande hinziehende breite Spitze des Dreiecks erscheint noch hell und enthält nur wenig Faserquerschnitte. In diesem faserlichten Felde heben sich die bereits geschilderten Faserquerschnitte, welche die mediodorsale Kuppe des Hinterstrangs umsäumen, gut ab. Der mediale Saum reicht hier weiter nach vorn.

Vorderstranggrundbündel normal. Zona sulcomarginalis immer noch etwas gelichtet. Hintere laterale Partien des Seitenstranges vielleicht etwas heller als die Umgebung. Vordere Wurzelfasern deutlich und normal.

Höhe des V. Lumbalsegmentes (Fig 7, Tafel XVI).

Vorder- und Hinterhorn sind völlig normal. Die lichte Zone im Hinterstrang längs der dorsalen Partien des Septum posterius ist noch deutlich erkennbar, wenn auch kleiner und faserreicher als wie im tieferen Segment. Wurzeleintrittszone völlig normal, Lissauer'sche Randzone reichlich mit Fasern angefüllt. Dorsale und mediale Partien des Hinterstranges vollbesetzt mit Fasern, auch die ventrale Zone enthält anscheinend normale Anzahl Faserquerschnitte, die dorsalwärts allmählich in eine lichte Stelle übergehen. Im Vorderstrang weist die Zona sulcomarginalis noch eine geringe Rarefikation der Fasern auf, jedoch bedeutend geringer als im vorigen Schnitt. Sonst kein Abweichen von der Norm.

Verhalten der Segmente vom V. Lumbalsegment aufwärts.

Die lichte Stelle im Hinterstrang längs dem Septum posterius ist im IV. Lumbalsegment verschwunden, d. h. auf Weigertbildern nicht mehr zu erkennen. Die Randzone des Vorder- und Seitenstrangs zeigt gleichfalls im IV. Lumbalsegment ihre normale dunkle Färbung. Eine Erkrankung am grauen Mark des Vorder- und Hinterhorns sowie eine Lichtung in den Strängen ist nirgends aufzufinden.

Verhalten der Wurzeln der Cauda equina (Fig. 1, Tafel XV).

Auf allen Schnitten vom II. Sakralsegment abwärts ist ein stark degeneriertes, mit Bindegewebe reichlich durchsetztes Wurzelbündel beiderseits ventralwärts den Vorderseitensträngen angelagert. Dieses Bündel lässt sich nach Auflösung des Conus noch in den mittleren vorderen Partien der Cauda equina verfolgen. Eine zweite Gruppe deutlich gelichteter degenerierter Nervenbündel ist vom III. Sakralsegment an, also im eigentlichen Conusgebiet beiderseits lateral von den hinteren Seitensträngen anzutreffen. Die Lichtung ist eine weitgehende, dagegen ist Durchwachsung mit Bindegewebe nicht so ausgesprochen, wie bei den oben beschriebenen Bündeln. Diese Bündel sind auf allen Schnitten durch das Conusgebiet und in der Cauda equina caudalwärts vom Conus anzutreffen.

Epikrise. Es handelte sich um einen Jockeyreiter, welcher bei ad maximum nach vorn gebeugter Wirbelsäule und hoch an den Leib angezogenen Knien rücklings vom Pferde aufs Gesäß gefallen war. Die sofort eingetretene Lähmung beider Beine, Incontinentia urinae et alvi sowie Gefühllosigkeit bis in die Nabelgegend aufwärts besserten sich in 9 monatiger Krankenhausbehandlung bis auf einen in der Folgezeit konstant sich erhaltenden Rest von Beschwerden. Es bestand dauernd eine Atrophie der kleinen Fussmuskeln beiderseits mit Krallenstellung der Zehen, ausserdem deutliche Atrophie der Wadenmuskeln und fibrilläre Zuckungen derselben. Ferner war eine Abschwächung in den Beugemuskeln der Knie und Streckern der Hüfte zu konstatieren. Der Ausfall der Sensibilität hatte die sogenannte Reithosenform, überragte dieselbe aber rückwärts nach unten und reichte etwa eine Hand breit unterhalb der Glutäalfalten. Ausserdem fand sich ein Gefühlsausfall am äusseren Fussrand und Knöchel beiderseits. In diesen sensiblen Ausfallsgebieten war das Gefühl für Schmerz, Kälte und Wärme völlig erloschen mit kurzem Uebergang in die normale Umgebung, das Gefühl für einfache Berührung mit Wattebausch oder Pinsel war dagegen in geringerem Umfang geschwunden mit grösserer Uebergangszone. In diesen analgetischen Bezirken ist das Druckgefühl, sowohl Abstufungen wie Lokalisation des Druckes erhalten. Auch zeigen die Weber'schen Tastzirkel bei Druck im Vergleich mit gesunden Individuen in diesen Zonen keinen erkennbaren Unterschied. Die Schleimhaut des Anus ist bei Einführung des Fingers völlig gefühllos, desgleichen wird die Einführung eines weichen Katheters in Urethra und Blase nicht empfunden. Derselbe stösst auf keinen nennenswerten Widerstand. Analreflex fehlt vollkommen. Von den Sehnenreflexen fehlt der Achillessehnenreflex, von den Hautreflexen ist der Plantarreflex nicht auszulösen, während Kremaster-, Bauchdeckenreflexe sowie Patellarsehnenreflexe usw. in normaler Weise vorhanden sind.

Was die Miktionsstörungen angeht, so war die anfängliche Retention des Harnes allmählich der automatischen Entleerung der Blase gewichen, so dass alle $2\frac{1}{2}$ —3 Stunden die Urinentleerung automatisch erfolgte. Der Stuhl war dauernd angehalten und wurde alle 3—4 Tage mit Hilfe von Klysma entleert, ohne dass Pat. den Durchtritt der Fäkalmassen merkte. Pat. hatte Libido und hin und wieder mässig starke Erektionen. Zu Orgasmus und Ejakulation ist es aber nie gekommen. Eine Verletzung der Wirbelsäule, speziell Bruch oder Infektion eines Wirbelsäulen-
körpers, war nicht nachzuweisen. Auch bestand nirgends Schmerzhaftigkeit bei Beklopfen der Wirbelsäule und des Kreuzbeines.

Was die Diagnose anbelangt, so ist der hier vorliegende Symptomenkomplex: Anästhesie in Reithosenform mit Störungen der Blasen-, Mast-

darmfunktionen und der sexuellen Sphäre bei kaum gestörter Motilität nach den Arbeiten von Kirchhoff, Oppenheim, Sarbo, Valentini, Schultze, L. R. Müller u. a. charakteristisch für eine Affektion in dem untersten Abschnitt des Rückenmarks, des sogenannten Conus terminalis bzw. seiner Wurzeln. Die Unterscheidung zwischen Erkrankung der Cauda equina oder des Conus terminalis konnte in unserem Falle keine Schwierigkeiten verursachen. Das Fehlen der sehr charakteristischen Wurzelschmerzen, der Druck- und Klopfschmerzen an der unteren Wirbelsäule und dem Kreuzbein sowie die Doppelseitigkeit der Erkrankung und die Dissoziation der Gefühlsstörung liessen eine Kaudaaffektion ausschliessen und lokalierten den Herd der Erkrankung mit Gewissheit in den Conus terminalis. Der Conus terminalis umfasst nach Müller's Vorschlag, dem sich Raymond und v. Gehuchten anschliessen, die untersten Segmente des Rückenmarks von der Grenze des 2. Sakralsegmentes zum 3. abwärts, also das III., IV. und V. Sakralsegment und das Coccygealsegment. Der Aufbau der Nervenelemente in diesen kaudalsten Rückenmarkabschnitten sowie der Verlauf des in die graue Substanz ein- und von ihr austretenden Nervenfasern zeigt gegenüber den übrigen Rückenmarksegmenten nach den eingehenden Untersuchungen von L. R. Müller eine grundsätzliche Verschiedenheit. Am deutlichsten tritt diese Abweichung in den grauen Vorder- und Hinterhörnern hervor. Die Gruppen grosser Ganglienzellen sind hier nicht mehr im Vorderhorn, sondern in der Mittelzone zwischen Vorder- und Hinterhorn gelagert. Aus diesen Zellgruppen ziehen Fasern in die hinteren Partien der Seitenstränge. Die plumpen breiten Vorderhörner sind ohne jede Ausbuchtung, die Hinterhörner infolge Vermehrung der Substantia gelatinosa sehr verbreitert.

Die Sektion bestätigte unsere Annahme. Es fand sich der Krankheitsherd lokalisiert im Conus terminalis, dessen gesamte graue Substanz, Vorder- und Hinterhörner, zerstört und durch ein narbiges Gliagewebe mit vielen neugebildeten Gefässen ersetzt war. Die äussere Form der Querschnitte war überall gut erhalten, eine narbige Schrumpfung oder Einziehung trat nirgends hervor. Ein Uebergreifen dieses Narbengewebes auf die weisse Substanz war an keiner Stelle aufzufinden, dagegen lagen bei einzelnen Schnitten am Rande des Glianarbengewebes noch hier und da Reste zerstörter Nervenzellen, die aber auf Nissl- und Bielschowsky-Präparaten als völlig degeneriert sich erwiesen. Kranialwärts reichte diese Zerstörung der grauen Substanz bis an die Grenze des II. und I. Sakralsegmentes und endete hier in breiter Kuppelform, so dass im II. Sakralsegment bereits an den Rändern der grauen Substanz in dem Gebiete der ventralen und lateralen Kerngruppen sich einzelne mehr

oder weniger gut erhaltene Ganglienzenlen vorfanden. Die Zellgruppen im I. Sakralsegment liessen keinerlei Degenerationszeichen erkennen und waren nicht rarefiziert. Die Grenze des gliösen Narbengewebes gegen die normale graue Substanz mit ihren Zellen und reichlichen längs und quer getroffenen dunkelblau tingierten Nervenfasern war eine scharfe, sich gut abhebende. Es fand sich kein allmählicher Uebergang. Auch gegen den inneren Rand der weissen Substanz sah man rings eine scharfe Grenze ohne Uebergang. Die Vorder-, Seiten- und Hinterstränge zeigten nirgends dieses gefässreiche Narbengewebe, liessen vielmehr auf Weigert- und Bielschowsky-Bildern die Nervenfasern deutlich hervortreten. Die Lichtung bzw. der Faserausfall in denselben war die Folge sekundärer Degeneration und liess die Merkmale derselben — Rarefikation der Fasern und sekundäre Gliawucherung ohne jede entzündlichen Vorgänge deutlich erkennen. Der Zentralkanal war im Bereiche der befallenen Segmente weiter als normal, bildete hier einen unregelmässig begrenzten, meist rundlichen oder auch ovalen klaffenden breiten Spalt. Die Ependymzellen rings um den Zentralkanal sind vermehrt und zwar tritt am ventralen Ende des Kanals die Proliferation der Zellen am meisten hervor. Oberhalb des Herdes zeigt der Zentralkanal nur eine Ependymschicht, keine Abweichung von der Norm. Die Rückenmarkshäute, sowohl die Pia, Arachnoidea wie Dura lassen keine Vermehrung ihres Bindegewebes oder Veränderung der Gefäßwände erkennen.

Der der Erkrankung zugrunde liegende Prozess erwies sich somit als eine durch Trauma bedingte Myelitis der grauen Substanz der unteren Abschnitte des Rückenmarks. Auf die Pathogenese derselben soll an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden. Dass auch bei unverletzter Wirbelsäule eine solche Zerstörung des Marks erfolgen kann und sich gelegentlich findet, ist auf Grund verschiedener Sektionsbefunde heute bewiesen (Sarbo, Raymond und Cestan, Herter, Benedikt und Bálink, Sibelius). Als Ursache ist wahrscheinlich die forcierte Zugwirkung anzusprechen, welche bei maximal gekrümmtem Rückenmark von dem Filum terminale und den kräftigen hinteren Wurzeln ausgeübt wird und das Rückenmark an seinem nachgiebigstem, zartestem Teile schädigt. Dies sind die kaudalsten Rückenmarkssegmente. Wenn in unserem Falle im Gegensatz zu anderen ähnlichen Beobachtungen die graue Substanz der betreffenden Partien der traumatischen Myelitis anheimfiel, so findet dieser elektive Prozess seine Erklärung ohne Zweifel darin, dass die graue Substanz weit valnerabler ist als die sie umgebenden weissen Stränge.

Es ist daher wohl verständlich, dass bei einer gewissen Abstufung der Heftigkeit des Traumas nur die graue Substanz betroffen wurde,

nicht gleichzeitig auch die sie umgebenden weissen Stränge, wie es bei den Beobachtungen von Sarbo, Raymond und Cestan, Benedikt und Bálint der Fall war. Die anfängliche Ausdehnung der klinischen Symptome, welche sich, wie Müller gegenüber Valentini bereits betont, bei traumatischen Conusaffektionen nicht selten beobachten lässt, findet ihre Begründung in leichten Schädigungen und Fernwirkungen, die durch Druck des entzündlichen Exsudats auf die Umgebung ausgeübt werden.

Der dauernd verbleibende Herd stellt eine mit der Exaktheit eines physiologischen Experiments durch Zerrung bedingte Zerstörung der grauen Substanz der unteren Segmente des Rückenmarks dar und bietet durch das Studium der klinischen Ausfallserscheinungen und der sekundären Degenerationen eine günstige Gelegenheit zur Erforschung des Eigenapparates des Conus terminalis, dem wegen seiner häufigen Verletzung durch Trauma und Geschwülste in letzter Zeit besondere Beachtung geschenkt worden ist.

Was zunächst den Ausfall der Motilität angeht, so finden wir die kleinen Fussmuskeln, welche die ersten Zehenglieder beugen, die 2. und 3. strecken, völlig atrophiert, sodass die Zehen durch Zug der Antagonisten in Krallenstellung stehen. Diese Muskelgruppe empfängt ihre motorischen Impulse zumeist aus dem II. Sakralsegment, zum geringen Teil vielleicht auch aus den tieferen Segmenten (Edinger). Aus den oberhalb S₂ gelegenen Segmenten dürften nur einzelne kleine Muskeln des grossen und kleinen Zehenballens noch Bezüge erhalten, speziell der M. abductor, adductor und flexor brevis hallucis sowie der M. abductor und opponens digiti V, deren Funktion nur geschwächt, nicht erloschen war. Die Atrophie der Wadenmuskulatur sowie die Parese der Kniebeuger und Hüftstrecken ist auf die Ausschaltung des II. Sakralsegments zurückzuführen. Dass die Beuger des Knies und Strecken der Hüfte tiefer, als man gewöhnlich annimmt, ihre Segmentbezüge erhalten und diese bis zur unteren Grenze des II. Sakralsegments reichen, habe ich bereits früher auf Grund einschlägiger Beobachtungen dargelegt und ist von Salomon bestätigt worden. Es sind dies die M. glutaei sowie die M. biceps femoris sowie semitendinosus und semimembranosus. Dass die hinteren Muskeln des Unterschenkels, speziell die M. gastrocnemii, solei, tibialis post. und die langen Beuger der Zehen kaudalwärts noch aus dem II. Sakralsegment motorische Impulse erhalten, entspricht der gewöhnlichen Annahme (Flatau, Oppenheim, Sarbo). Das II. Sakralsegment gehört, wie wir oben sahen, nicht dem eigentlichen Conus terminalis an, sondern einer Segmentgruppe, die dem Conus zunächst liegt und nach Minor eine gewisse Selbständigkeit beansprucht, weshalb sie von demselben Epiconus genannt worden ist.

Der Epiconus umfasst nach Minor das IV. und V. Lumbal- und das I. und II. Sakralsegment. Im II. Sakralsegment ist die Umlagerung der grossen motorischen Ganglienzellen aus den Vorderhörnern in die Intermediärzone noch nicht erfolgt. Es entspricht daher völlig unserer klinischen Beobachtung, wenn wir auf allen mikroskopischen Präparaten vom II. Sakralsegment abwärts beiderseits den ventralen Flächen des Conus anliegend eine Wurzelgruppe in starker Degeneration vorfinden. Es sind dies die aus dem II. Sakralsegment abwärts ziehenden vorderen Wurzeln. Sie liegen nach dem Gesetz der exzentrischen Lage der langen Bahnen direkt dem Conus an, ziehen zum Foramen sacrale secundum und stellen die kaudalsten Segmentbezüge des N. ischiadicus dar. Auf die Zerstörung der grauen Substanz des II. Sakralsegments ist es ferner zurückzuführen, dass die analgetische Zone die gewöhnliche Reithosenform dorsalwärts etwa um Handbreite nach unten überschreitet, da diese Partien ihre sensiblen Fasern ins II. Sakralsegment entsenden (Müller u.a.).

Die gesamten übrigen Ausfallssymptome gehören ganz und gar in das Funktionsgebiet des Conus terminalis. Dieser stellt, worauf bereits L. R. Müller hinweist, ein im Vergleich mit den höheren Rückenmarkssegmenten ziemlich abgeschlossenes Zell- und Fasersystem dar, da sowohl bei Quertrennung des Rückenmarks im oberen Sakralmark, wie andererseits bei Zerstörung der Wurzeln der Cauda equina im Conus terminalis nur geringe sekundäre Degenerationen speziell in den Hintersträngen beobachtet werden.

Versuchen wir nun die anatomischen mikroskopischen Befunde genauer zu analysieren und mit den klinischen Symptomen in Parallelle zu setzen, so erscheinen zunächst die spärlichen zarten, in den lateralen Partien der Hinterstränge eintretenden hinteren Wurzeln auffallend. Wir wissen, vornehmlich durch die Untersuchungen L. R. Müller's, dass in den untersten Partien des Conus zunächst die Hinterstränge und Hinterhörner sich auflösen und an ihre Stelle Bindegewebe tritt. Ferner hat dieser Autor bereits darauf hingewiesen, dass im Conus die in den Hinterstrang eintretenden Hinterwurzelfasern an Zahl gering, fein und zierlich sind. Diese Beobachtungen finden durch unsere Präparate volle Bestätigung. Wir sehen, sobald der Hinterstrang sich gebildet hat, am lateralen Rand desselben spärliche dünne Fäserchen in kreisförmigem Bogen ventralwärts zur Basis des Hinterhorns ziehen, diese durchschreiten, um in dem Zellgebiet der Intermediärzone zu enden. Kranialwärts nimmt die Zahl dieser Fäserchen etwas zu und ist im III. Sakralsegment besonders gehäuft. Dieselben ziehen im IV. Sakralsegment nicht mehr in schlankem Bogen, sondern biegen fast rechtwinklig nach vorn und an der Basis des Hinterhorns ebenso lateralwärts ab. Im

III. Sakralsegment sind die dem dorsalen Rande des Hinterstrangs parallelen Fasern auf Querschnitten nicht mehr sichtbar, da diese hier in schrägem Bogen nach oben ziehen, also quer getroffen sind. Die Gruppe dieser quergetroffenen Fasern in den lateralen Partien des Hinterstrangs erscheint auf Weigertbildern tiefschwarz. Auffallend ist, worauf bereits L. R. Müller hinwies, dass die in die graue Substanz sich ein senkenden Faserzüge am medialen Rand der Wurzelzone des Hinterhorns ihre Lage haben, während die quergetroffenen, also aufwärts ziehenden Wurzelfasern zumeist lateralwärts liegen. In den höheren Segmenten des Rückenmarks ist das Verhalten bekanntlich umgekehrt, indem die in die graue Substanz eintretenden Wurzelfasern dem Hinterhorn direkt lateral anliegen und die aufsteigenden langen Fasern medialwärts gelagert sind. Die aufsteigenden Fasern sind augenscheinlich an Zahl gering, da die überwiegende Mehrzahl in horizontalem oder schräg aufwärts gerichtetem Bogen ins graue Mark zieht. Diese Faserzüge stellen nun hauptsächlich Reflexkollateralen dar, die sensible Einflüsse aus den Beckenorganen, Blase, Mastdarm, Genitalien zentralwärts leiten und innerhalb der Zellgruppen der Intermediärzone sich aufsplittern. Diese Reflexkollateralen zeigen somit in diesen tiefen Rückenmarkspartien eine besonders starke Ausbildung. Dass relativ wenig Fasern zerebralwärts ziehen, beweist der Umstand, dass bei Zerstörung der in die untersten Rückenmarkssegmente eintretenden hinteren Wurzelfäden die aufsteigenden Degenerationen, die oberhalb des Conus dem Septum posterius entlang sichtbar sind, auffallend gering erscheinen (Müller). Beim Menschen kommt es kaum zu einer elektiven Zerstörung des zum Conus ziehenden hinteren Wurzelbündels.

In dem von Wallenberg an Marchischollen genau studierten Fall mit Zerstörung der hinteren unteren Rückenmarkswurzeln, bei dem Degeneration der Hinterstränge bis in die Kerne verfolgt werden konnte, waren außer den sakralen noch die V. und IV. lumbale hintere Wurzel durch Tumormassen zerdrückt, während L. R. Müller einen Fall mitteilt, in welchem bei anscheinend nur durch Geschwulst zerstörten untersten hinteren Sakralwurzeln die Marchischollen längs der hinteren Hälfte des Septum posterius und dem Dorsalrande des Rückenmarks bis in die Halsanschwellung zu verfolgen waren.

Dagegen fand Jakobson experimentell bei Kaninchen nach Durchschneidung hinterer Wurzeln vom S₃ abwärts, dass die im Hinterstrang aufsteigenden Aeste dieser Wurzeln sich nur bis ins Dorsalmark verfolgen lassen, während die Fortsetzung der hinteren Wurzeln schon von S₂ an bis zu den Kernen der Hinterstränge zu verfolgen waren. In diesem Verhalten findet auch wohl der Umstand seine Erklärung, dass

im Conusgebiet und nach meiner Beobachtung auch noch im II. Sakralsegment die hintere weisse Kommissur fehlt. Erst in den kaudalen Partien des I. Sakralsegments war dieselbe in meinem Falle deutlich ausgebildet. Die Genese der markhaltigen Fasern der hinteren Kommissur erscheint zwar noch nicht völlig geklärt, doch sind es nach Lenhossek, Rauber-Kopsch sensible Kollateralen, die dem vorderen Teil des Burdach'schen Stranges entstammen, die Mittellinie überschreiten und in der Hintersäule der anderen Seite ihre Endbäumchen entwickeln. Auch Edinger sagt, dass diese markhaltigen Fasern der hinteren Kommissur sicher den hinteren Wurzeln entstammen. Es erscheint somit begreiflich, dass diese Kommissur bei den relativ spärlichen langen Fasern der hinteren Wurzeln im Conus fehlt.

Es sind aber nun nicht alle in den hinteren Wurzeln ins Rückenmarkgrau sich ein senkende Fasern Reflexkollateralen; doch ist der Verlauf dieser Fasern noch wenig erforscht. Unter diesen befindet sich eine Gruppe, die in den letzten Jahren durch die Arbeiten von Boyce, Horsley und Thiele, Kohnstamm u. a. genauer studiert wurde und auch beim Menschen als gesichert gelten kann (Edinger). Es handelt sich um Fasern, welche sich um Zellen der Hinterhörner aufsplittern, die ihrerseits ihre Fortsätze nach Kreuzung in der vorderen Kommissur in den hinteren lateralen Partien des Seitenstrangs zerebralwärts senden — Tractus spinothalamicus. — Er enthält die Fasern für die Oberflächensensibilität, spez. Schmerz- und Wärmeempfindung, während die Tastempfindung nur zum Teil in diesen Bahnen verläuft, zum anderen Teil im Areal der direkt aufsteigenden hinteren Wurzeln. Es kommt daher bei Zerstörung der Hinterhörner zu Dissoziation der Gefühlsempfindungen, indem die Oberflächenempfindung schwindet und die Tiefenempfindung erhalten bleibt. In unserem Falle war Schmerz- und Wärmeempfindung im ganzen zugehörigen Wurzelgebiet verschwunden, mit schmalem Uebergang zum Normalen, das Ausfallgebiet der Berührungs-empfindung war dagegen weit kleiner mit breiter Uebergangszone. Die Tiefensensibilität ist am Damm und seiner Umgebung nicht in gewohnter Weise zu prüfen, da Lage- und Bewegungsempfindungen einzelner Glieder hier nicht in Frage kommen. Jedoch waren in unserem Falle, wie es auch bei den anderen Autoren meist ausdrücklich bei ähnlichem Krankheitsherden angegeben wird, die Abstufungen der Druckempfindungen vollkommen intakt. Wir haben außerdem gefunden, dass Lokalisation des Druckes, sowie Beurteilung der Spitzen des Tasterzirkels bei Druck völlig der Norm entsprach.

Neben den hinteren Wurzeln sind es vor allem die im Hinterstrang abwärts ziehenden Nervenbündel, welche eine nähere Erörterung

beanspruchen. Im Lumbosakralmark kennen wir 3 Gruppen von absteigenden Fasern, das ovale Feld Flechsig's, das dorsomediale Sakralbündel, und im unteren Sakralmark das dreieckige Feld (Triangle médiane, von Gombault und Philippe). Die beiden anderen im Hinterstrang abwärts ziehenden Fasergruppen, das Schultze'sche Komma und das Hoch'e'sche Feld gehören höheren Rückenmarkssegmenten an und kommen für unsere Präparate nicht direkt in Betracht. Immerhin erscheint es heute noch nicht völlig sichergestellt, ob nicht diese 5 in den dorsomedialen Partien des Hinterstrangs abwärts ziehenden Faserareale funktionell zusammengehören und ineinander übergehen. Was das dorsomediale Sakralbündel angeht, so spricht sich ein grosser Teil der Autoren für die endogene Natur der in diesen Feldern enthaltenen Fasern aus (Marie, Gombault et Philippe, Daxenberger, Tooth, Margulis u. a.), während im Gegensatz hierzu Andere diese Fasergruppe für absteigende Wurzelfasern halten. Nach den eingehenden Untersuchungen Wallenberg's ist das dorsomediale Sakralbündel aufgebaut einmal aus einer relativ geringen Zahl absteigender hinterer Wurzelfasern des Lenden-, Brust- und oberen Sakralmarks, besteht zum grössten Teil jedoch aus endogenen Elementen, die wahrscheinlich von der grauen Substanz dorsal und lateral vom Zentralkanal sowie von der Basis des Hinterhorns in dorsaler Richtung neben dem Septum in das Bündel einstrahlen. Goldstein gelangt zu ähnlichem Schlusse, hält nur ein Ueberwiegen der absteigenden Wurzelfasern in diesem Faserareale für wahrscheinlich. Auch Sibelius bekennt sich zu dieser Ansicht.

Das ovale Feld schwindet beim Uebergang des lumbalen zum sakralen Mark. Es erscheint daher begreiflich, dass auf unseren Präparaten, welche Degenerationen vom S_2 abwärts zeigen, das ovale Feld nicht zur Beobachtung kommt. Dagegen tritt auf den Querschnitten von S_2 , S_3 und S_4 (siehe Fig. 3, 4 u. 5, Taf. XV u. XVI) das Faserareal des dorsomedialen und dreieckigen Feldes recht prägnant hervor. Im II. Sakralsegment ist die Fasermenge noch etwas reicher und ventralwärts vorgeschoben, im III. Sakralsegment erscheint sie etwas kompakter zum hinteren Rande des Hinterstrangs hingedrängt. Im IV. Sakralsegment zeigt sich eine weitere Reduktion dieser Fasermenge. Hier beschränkt sich dieselbe nur auf das dreieckige Feld und im V. Sakralsegment ist auch von diesem nichts mehr wahrzunehmen. Man kann so ganz deutlich verfolgen, wie diese ganze Fasergruppe vom II. Sakralsegment abwärts bis zum Uebergang des IV. zum V. Sakralsegment nach und nach aus dem Gesichtsfeld verschwindet, und zwar erst das Areal des dorsomedialen Sakralbündels und dann die zum dreieckigen Feld zählenden Faserquerschnitte. Es kann wohl keinem Zweifel unter-

liegen, dass die Auflösung der im Hinterstrang abwärts ziehenden dorso-medialen Faserbündel und des dreieckigen Feldes dadurch zu stande kommt, dass die Fasern in den unteren Sakralsegmenten sukzessive ventralwärts abbiegen und an der medialen Seite der eintretenden Hinterwurzelfasern in die basalen Partien des Hinterhorns eintreten (Wallenberg, Müller u. a.), um hier gleich den hinteren Wurzelfasern in scharfem Bogen in die mittleren Partien der grauen Substanz zu gelangen. Sie finden also gleichfalls den Weg zu der in der intermediären Zone zwischen Vorder- und Hinterhorn gelegenen mächtigen Zellgruppe. Müller, welcher auf Grund seiner experimentellen und pathologisch-anatomischen Studien auf diese Verhältnisse bereits hinwies, bemerkt mit Recht, dass bei genauerem Studium der Präparate man leicht erkennt, dass die ins Hinterhorn einströmenden Fasern in ihren medialen Partien besonders dicht gelagert sind und hier Verbindungen mit hinteren Wurzelästen vielfach vermissen lassen. Es handelt sich eben hier um die ventralwärts abzweigenden Aeste des dorsomedialen Sakralbündels und weiter abwärts des dreieckigen Feldes. In unseren Präparaten ist das gesamte Fasermaterial des dorsomedialen resp. dreieckigen Feldes beim Uebergang vom IV. zum V. Sakralsegment erloschen, während Wallenberg dieselben bis ins Coccygealsegment verfolgen konnte. Es erscheint wohl sicher, dass die mit Marchi-Degeneration angestellten Untersuchungen Wallenberg's den Verhältnissen entsprechen, während in unserem Falle die kaudalsten Partien dieses Bündels infolge der Zerstörung der grauen Substanz vom I. Sakralsegment abwärts Ausfälle erlitten haben, welche auf Weigertbildern sich nicht darstellen.

Wir müssen uns nun noch einem Felde innerhalb der Hinterstränge zuwenden, welches, soviel wir sehen, bisher nicht isoliert und beschrieben worden ist. In den untersten Partien des Conus bildet es ein fast gleichschenkliges Dreieck und liegt mit seinen beiden gleichen Seiten dem hinteren Drittel des Septum und dem hinteren Rande des Rückenmarks an, während die etwas längere dritte Seite des Dreiecks gegen die in lateralnen Partien des Hinterstrangs einbiegenden Fasern gerichtet ist. Auf den höher gelegenen Segmenten sieht man dieses Feld seine Gestalt allmählich ändern, indem die Spitze des Dreiecks sich immer mehr am Septum entlang gegen die hintere Kommissur vorschreibt und die Basis des Dreiecks am hinteren Rande sich nach und nach verschmälert. In der Höhe des IV. Sakralsegmentes hat die ventral gerichtete Spitze etwa die Grenze des zweiten zum ersten Drittel des Septum erreicht, im III. Sakralsegment stösst die Spitze bereits an die hintere Kommissur an. Im II. Sakralsegment ist das Verhältnis von Spitze und Basis des Dreiecks bereits völlig umgekehrt. Hier erreicht

die fein ausgezogene Spitze schon nicht mehr ganz den hinteren Rand des Rückenmarks, während die Basis des Dreiecks nun der hinteren Kommissur anliegt. Im I. Sakralsegment ist die mit Fasern bereits ziemlich versehene Basis des Dreiecks noch mehr nach der Seite des Hinterhorns zu verbreitert, die Spitze bereits weit kürzer. Es macht den Eindruck, als ob die im Hinterstrang lateral einstrahlende und sich medial immer mehr verschiebende Fasermasse dieses Feld aus seiner dorsomedialen Lage zur Seite des Septum allmählich in die ventromediale Partie am Septum hinüber schiebt. In der Höhe des V. Lumbalsegmentes ist das Feld fast identisch mit dem sogenannten ventralen Hinterstrangsfield, nur besteht dem Septum entlang noch eine Lichtung. Oberhalb des V. Lumbalsegmentes ist diese Lichtung völlig verschwunden und das oben beschriebene Feld völlig aufgegangen in das ventrale Hinterstrangsfield des Lumbosakralmarks. Es dürfte ohne Zweifel mit diesem Felde identisch sein. Es ist nun bemerkenswert, dass Strümpell auf den Zusammenhang des ventralen Feldes im Lumbosakralmark mit zwei vorderen seitlich gelegenen Feldern im Brust- und Halsmark aufmerksam gemacht hat und auch Redlich die Beschreibung dieses Feldes so darstellt, dass es nach aufwärts lateral dem dorsalen Rande der Hinterhörner entlang vorrückt und einen schmalen Streifen längs der Hinterhörner am ventralen Teile des Burdach'schen Stranges bildet. Goldstein erwähnt diese Verhältnisse, sonst scheinen sie wenig Beachtung gefunden zu haben. Es würde somit das Feld der dorsomedialen Lage in den kaudalsten Partien des Rückenmarks allmählich dem Septum entlang ventralwärts in die der hinteren Kommissur anliegende Kuppe des Hinterstranges im oberen Sakral- und Lumbalmark und von da lateralwärts dem hinteren Rande des Hinterhorns entlang im Brust- und Halsmark als schmaler Streifen längs den Hinterhörnern im ventralen Teile der Burdach'schen Stränge hinüberziehen.

Was nun die Fasern dieses Feldes angeht, so müssen sie in den von uns untersuchten Rückenmarksabschnitten im Wesentlichen endogener Natur sein und zwar dürfte es sich vornehmlich um aufsteigende kurze endogene Fasern handeln, da über das II. Sakralsegment hinaus im I. Sakral- und V. Lumbalsegment noch eine deutliche Lichtung in diesem Felde bestand. Mehr lässt sich aus unseren Präparaten nicht schliessen. Da namentlich die mittleren Partien dieses Feldes noch einzelne Nervenfasern erkennen lassen, so ist es wahrscheinlich, dass auch Wurzelfasern, in geringer Menge freilich, in diesem Areale verlaufen. Ob dieselben aufsteigende oder absteigende Richtung haben, entzieht sich unserer Beurteilung. Diese Auffassung über die Faserherkunft unseres Feldes deckt sich gut mit der Ansicht der meisten Autoren über die Fasern des ventralen

Feldes. Dieses enthält nach Wallenberg, Obersteiner u. A. hauptsächlich endogene Fasern, in seinen medialen Partien auch hintere Wurzelfasern.

Die Aufdeckung dieses in der Hauptsache endogenen Feldes im Conus terminalis löst nun den Widerspruch, welcher sich in dem Umfange der degenerierten Partien des Hinterstranges findet einmal nach Zerstörung der Wurzeln der Cauda, sodann nach Querdurchtrennung des Rückenmarks oberhalb des Conus. Im ersten Falle zeigen Marchi-Präparate nur den Hinterhörnern entlang schmale Degenerationsstreifen (L. R. Müller), im zweiten nur die bekannten spärlichen absteigenden Degenerationen in den mediolateralen Partien zu beiden Seiten des Septum (Wallenberg, L. R. Müller). Den Ausgleich bildet unser Feld mit endogenen Fasern.

Die Lissauer'sche Randzone liess auf unseren Präparaten eine Lichtung in ihrem feinen Fasergehalt deutlich erkennen bis hinauf zum II. Sakralsegment. Nach neueren Untersuchungen von Leszlényi an dem grossen Materiale des Obersteiner'schen Instituts hat sich ergeben, dass im Einklang mit der Ansicht Nageotte's der Fasergehalt der Lissauer'schen Zone nicht, wie man annahm, den dorsalen Wurzeln angehört, sondern im Wesentlichen endogenen Ursprungs ist und zwar aus der Substantia gelatinosa und spongiosa der Hinterhörner sowie den dorsalen Partien der Seitenstränge in die Zone seinen Weg nimmt. Diese Auffassung stimmt mit unseren Befunden gut überein und erklärt den Faserausfall bei Zerstörung des Hinterhorns.

Bei der Analyse unserer Befunde in den Vorder- und Seitensträngen der erkrankten Partien ist zunächst zu berücksichtigen, dass alle langen zentrifugalen sowohl wie zentripetalen Bahnen des Rückenmarks in diesen untersten Segmenten des Rückenmarks nicht mehr vorhanden sind. Die kortikalen und subkortikalen motorischen Bahnen reichen höchstens bis ins obere Sakralmark, da, wie wir oben sahen, aus dem II. Sakralsegment die kaudalsten motorischen Bezüge für die willkürliche Innervation der Extremitäten entspringen. Die Kleinhirnseitenstrangbahnen nehmen erst im unteren Lendenmark ihren Anfang, der Gowarsche Strang freilich etwas tiefer als die direkte Kleinhirnseitenstrangbahn. Der Tractus spinothalamicus ist hingegen von Choroschko bereits bis unterhalb der Lendenanschwellung verfolgt worden. Nach unseren klinischen Erörterungen dürfte er auch im Conus terminalis bereits zur Ausbildung gelangt sein, wie die Dissoziation der Empfindungen bei Conusläsionen erkennen lässt. Er bildet kein geschlossenes Bündel, sondern zerstreute Fasern in den hinteren medialen Partien des Seitenstranges. Ausser diesem Faserzuge dürfte es sich im Vorder- und Seitenstrang des Conus in der Hauptsache um jene Faserzüge handeln,

welche man in den höheren Segmenten des Rückenmarks Vorderstranggrundbündel und seitliche Grenzschicht zu benennen pflegt. In diesen haben wir nach allgemeiner Annahme endogene Bahnen meist von kurzem Verlauf zu suchen. Cajal trennt den ventralen Schenkel der seitlichen Grenzschicht von dem dorsalen. Dieser soll Fasern aus dem Hinterhorn, der ventrale aus dem Nucleus intermedius beziehen. Es ist die Lichtung in diesen Faserzügen in unserm Falle wohl verständlich. Nähere Details über Richtung und Länge der Fasern sind bei Weigert-Präparaten nicht zu erwarten. Im II. Sakralsegment finden wir die Vorderstranggrundbündel und seitliche Grenzschicht gut mit Faserquerschnitten bedeckt, dagegen in der diese Faserzüge umgebenden peripheren Randzone des Vorder- und Seitenstranges eine deutliche Lichtung, welche in den beiden oberhalb gelegenen Segmenten allmählich verschwindet. Die Lichtung dieser Randzone zeigt sich gewöhnlich bei querer Myelitis oberhalb des Herdes (Hoche). Sie entspricht etwa der Anteromarginalzone Oberstciner's und führt wahrscheinlich kürzere aufsteigende endogene Fasern.

Sehr bemerkenswert sind nun schliesslich die lichten, fast faserlosen Stellen in den dorsalen Partien der Seitenstränge. Die Pyramidenseitenstränge reichen, wie oben bereits erwähnt, nach L. R. Müller, dem wir umfangreiche Untersuchungen über die Zell- und Fasergruppen des Conusgebiets verdanken, nur bis zur Grenze des II. und III. Sakralsegments. Im Conus ändert sich das Gesamtbild des Rückenmarksquerschnittes sehr. Die Vorderhörner mit ihren Zellgruppen und austretenden Nervenwurzeln sind nicht mehr vorhanden, dagegen findet sich in der intermediären Zone zwischen Vorder- und Hinterhörnern eine mächtige Gruppe grosser multipolarer Ganglienzellen, aus denen Wurzelfasern in reichlicher Anzahl durch die hinteren Seitenstränge in horizontaler oder schräger Richtung ausstrahlen, sich an den seitlichen hinteren Partien des Seitenstranges zu Wurzelbündeln vereinen und den hinteren Wurzeln anlegen. Dieser Befund L. R. Müller's findet in unseren Präparaten volle Bestätigung. Infolge Zerstörung der grauen Substanz sind die in den hinteren Seitensträngen ausstrahlenden zentrifugalen Wurzelfasern der sekundären Degeneration verfallen und mit ihnen die anliegenden, dem hinteren Wurzelgebiet angehörigen Wurzelgruppen. Es bestätigt sich somit die Annahme, dass im Conus terminalis zentrifugale Fasern aus den multipolaren Zellen des Rückenmarksgraus austreten und in den hinteren Wurzeln peripherwärts ziehen zur motorischen teils willkürlichen, teils automatischen Innervation der Beckenorgane.

Bevor wir auf die Funktion dieser Nerven näher eingehen, erscheint es angebracht, kurz auf die klinische Seite des Falles zurückzukommen und die in letzter Zeit viel diskutierte Innervation der Beckenorgane,

Blase, Mastdarm und Genitalapparat kurz zu besprechen. L. R. Müller hat auf Grund seiner Untersuchungen Zentren für die Entleerung der Blase, des Mastdarms und der Geschlechtsfunktionen im Conus, die man bisher stets annahm, in Abrede gestellt und in die sympathischen Ganglien verlegt. Er wurde zu dieser Auffassung gedrängt hauptsächlich durch die Beobachtung der automatischen Funktion obiger Organe bei völliger experimenteller oder klinischer Ausschaltung des Conus. Bálint und Benedikt, Zimmer u. A. konnten die Beobachtung Müller's bestätigen, während man bisher allgemein der Ansicht war, dass bei Zerstörung des Conus es nicht zu einem Automatismus, sondern stets zu einer völligen Lähmung von Blase und Mastdarm komme. Auch in unserem Falle hatte sich dieser Automatismus eingestellt. Es handelte sich um einen reinen automatischen Akt, willkürliche Hemmung oder Beeinflussung der Funktion war ausgeschlossen. Doch ist im Normalen ein gewisser Einfluss wohl vorhanden. Der aus dem Conus stammende Nerv, welcher allein willkürliche zentrifugale Erregungen zu den Beckenorganen leitet, ist der N. pudendus. Er innerviert die quergestreiften Muskeln: M. sphincter ani ext., compressor urethrae, bulbo- und ischio-cavernosus, levator ani. Mit Hilfe dieses Nerven ist eine willkürliche Zurückhaltung und Regelung der Blasen- und Mastdarmfunktion wohl möglich. Ist der Akt der Entleerung aber eingeleitet, so geht er ohne weiteren willkürlichen Impuls automatisch von statten. In welchen Bahnen die Innervation vom Gehirn zum N. pudendus fortgeleitet wird, wissen wir noch nicht bestimmt. Ob nicht doch Ausläufer der Pyramidenbahn zu seinen Ursprungszellen gelangen? Es könnten nur vorsichtige Marchi-Untersuchungen hierüber Aufschluss geben. Ausser vom N. pudendus erhalten die Beckenorgane nun noch von dem viszeralen Nervensystem Innervationen, welches man neuerdings in seiner Gesamtheit autonomes System nennt, und in das alte sympathische und das ihm vielfach antagonistisch wirkende parasympathische (vagische) System teilt. Die aus den Ganglienzellen der Intermediärzone des Conus stammenden viszeralen Nerven sind präganglionäre Äste des parasympathischen Systems. Sie verlaufen zumeist im N. erigens und innervieren den M. detrusor vesicae, die Corpora cavernosa penis und den M. sphincter ani internus. Ausser diesen vom parasympathischen System ausgehenden Innervationen sind an der Funktion der Beckenorgane auch noch dem N. sympatheticus angehörende Äste beteiligt. Der Zellstrang des N. sympatheticus endet im III. Lumbalsegment. Er sendet seine präganglionären Äste mit den vorderen Wurzeln als Rami communicantes in den Grenzstrang. In diesem ziehen die für die Beckenorgane bestimmten Fasern abwärts zum Ganglion mesentericum inf. und

hypogastricum, gelangen im N. hypogastricus zum Sphincter vesicae int. und senden Vasokonstriktoren zu den glatten Muskeln der Samenbläschen und den Corpora cavernosa penis (Rehfisch). Es zeigt sich also ein Antagonismus in der Innervation der Beckenorgane durch das sympathische und parasympathische viszerale Nervensystem.

Wenn auch die feineren Innervationsvorgänge der Blase, des Mastdarms und der Genitalapparate noch vielfach hypothetischer Natur sind und der Nachprüfung bedürfen, so kann es doch keinem Zweifel unterliegen, dass diese Organe im Wesentlichen eine dem Willen entzogene automatische Regulierung besitzen. Für die Wichtigkeit dieses Automatismus spricht die Phylogenie wie die Ontogenese. Wir wissen, dass bei Wirbeltieren auf niederer Stufe rein reflektorisch die hier in Frage kommenden Funktionen erfolgen und auch der Säugling entleert Blase und Darm rein automatisch. Mit der Zeit erwirbt er den eben beschriebenen Einfluss auf diese Funktionen. Es zeigt sich also ein Fortschritt in der willkürlichen Innervation. Es scheint uns daher zu weit gegangen, wenn man beim Erwachsenen die Zentren für Innervation der Blase, des Mastdarms und der Genitalapparate im Conus terminalis leugnen wollte. Wir sind vielmehr der Ansicht, welche auch Oppenheim und Wimmer vertreten, und der jüngst auch anscheinend Müller zuneigt, dass beim Erwachsenen diese Zentren im Conus wohl existieren, und den viszeralen Zentren überlagert sind. Sind aber diese Zentren im Conus zerstört, so versuchen die phylogenetisch alten autonomen Zentren der viszeralen Ganglien ihre altererbte Funktion wieder aufzunehmen. Aehnlich findet ja heute auch der Prädilektionstyp der hemiplegischen Lähmung seine Erklärung durch Eingreifen der phylogenetisch alten subkortikalen Zentren nach Zerstörung der Pyramidenbahn. Sind die Zentren des Conus ausgeschaltet, dann kommt es bei Blase und Mastdarm zum reinen Automatismus, bei der Genitalsphäre zur Libido und Erektion, aber wegen Lähmung der M. bulbo- und ischiocavernosus nicht zur Ejakulation und zum Orgasmus. Dass nun aber nicht jedesmal nach Zerstörung des Conus dieser Automatismus zustande kommt, hängt wahrscheinlich damit zusammen, dass vielfach gleichzeitig durch Trauma oder Geschwulst die leicht vulnerablen viszeralen Ganglien funktionsunfähig gemacht sind. So sah ich jüngst bei einem Karzinom des Beckens völlige Incontinentia urinae, bei einem Kind mit Spina bifida geringen Grades dagegen Automatismus.

Die Hauptergebnisse sind kurz zusammengefasst:

1. Von den kleinen Fussmuskeln erhalten die M. interossei plant. und dors., sowie die M. lumbricales ihre Innervationen nur aus dem II. Sakralsegment, während die Muskeln des Gross- und Kleinzehen-

ballens — M. abductor, adductor und flexor brevis hallucis, sowie abductor digiti min. und M. opponens dig. min. — auch aus höher gelegenen Segmenten Bezüge empfangen. Das II. Sakralsegment entsendet ferner motorische Impulse zu den Wadenmuskeln — M. gastrocnemii, solei und tib. post., sowie zu den Kniebeugern — M. biceps femoris, semitendinosus, semimembranosus — und Hüftstreckern — M. gluteus max. —.

2. Die im Conus terminalis eintretenden zarten hinteren Wurzelfäden sind zum grössten Teil Reflexkollateralen, nur relativ wenig Fasern ziehen im Hinterstrang aufwärts.

3. Die im Conus terminalis im Hinterstrang absteigenden Faserbündel, das dorsomediale Sakralbündel und das dreieckige Feldbiegen successive im Bogen nach vorn ab, legen sich medialwärts den in die Basis des Hinterhorns einstrahlenden hinteren Wurzelfäden an und gelangen mit diesen zu den multipolaren Ganglienzellen der Intermediärzone.

4. Das lumbosakrale ventrale Hinterstrangfeld ändert in den unteren Rückenmarkssegmenten seine Lage, indem es im I. Sakralsegment dem Septum posterius entlang sich vorschiebt, sodass im II. Sakralsegment die vorgeschoßene Spitze dieses Feldes den hinteren Rand des Rückenmarks erreicht und im III. Sakralsegment in umgekehrter Lage bereits die breitere Seite dem hinteren Rande des Rückenmarks anliegt, während die Spitze des Feldes an die hintere Kommissur stösst. Im IV. Sakralsegment erreicht die Spitze nun nicht mehr die Kommissur, während die Ausdehnung des Feldes am hinteren Rande des Rückenmarks immer mehr zunimmt, bis schliesslich im V. Sakralsegment das Feld ein an der hinteren medialen Kuppe des Hinterstranges gelegenes gleichseitiges Dreieck darstellt, dessen beide gleichen Seiten dem Septum post. und dem hinteren Rande des Rückenmarks entlang sich erstrecken, während die breitere Seite den einstrahlenden hinteren Wurzelbündeln anliegt. Das Feld enthält hauptsächlich endogene kurze, wohl zumeist aufsteigende Fasern, in seinen mittleren Partien auch Wurzelfasern von längerem Verlauf.

5. Die in der Lissauer'schen Randzone des Conus terminalis verlaufenden Fasern gehören nicht allein den hinteren Wurzeln an, sondern sind zumeist endogenen Ursprungs.

6. Vorderstranggrundbündel und Seitenstrangreste führen auch im Conus im Wesentlichen endogene Fasern von kurzem Verlauf.

7. Im Conus terminalis treten aus den multipolaren Zellen der Intermediärgruppe in der grauen Substanz zentrifugale Fasern in den hinteren Partien der Seitenstränge aus, welche mit den hinteren Wurzeln peripherwärts ziehen. Sie führen willkürliche motorische Fasern zum N. pudendum und stellen im Wesentlichen präganglionäre zentrifugale Fasern zu den autonomen Ganglien des Beckens dar.

8. Es besitzt der Conus terminalis einen ziemlich umschlossenen Eigenapparat, welcher zur Innervation von Blase, Mastdarm und der Fortpflanzungsorgane dient.

9. Das Zentrum für den Analreflex liegt im Conus terminalis.

10. Der Conus terminalis enthält beim erwachsenen Menschen Zentren für Blase, Mastdarm und Geschlechtsorgane. Bei Ausschaltung des Conus treten die viszeralen sympathischen Zentren vikariierend ein, und es kommt dann zum Automatismus von Blase und Mastdarm, sowie zur Erhaltung von Libido und Erektion bei Fehlen von Ejakulation und Orgasmus.

Literaturverzeichnis.

- Bálint und Benedikt, Ueber Erkrankung des Conus terminalis und der Cauda equina. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. 1906. Bd. 30. S. 1.
- Choroschko, Sekundäre Degeneration in aufsteigender Richtung bei Rückenmarksverletzungen. Monatsschr. f. Psych. u. Neur. 1909. Bd. 26. S. 534.
- Daxenberger, Ueber einen Fall von chronischer Kompression des Halsmarks mit besonderer Berücksichtigung der sekundären absteigenden Degenerationen. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. Bd. 4. S. 136.
- Edinger, Vorlesungen über den Bau der nervösen Zentralorgane des Menschen und der Tiere. 8. Aufl. Leipzig 1911. Vogel.
- Fischler, Ein Beitrag zur Kenntnis der traumatischen Conusläsionen. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. 1906. Bd. 30. S. 364.
- Flatau, Eduard, Die motorische, sensible und Reflexsegmentierung im Rückenmark. Handb. d. Neurol. Bd. 1. S. 622. Berlin 1910. Springer.
- Gierlich, Ueber isolierte Erkrankung der unteren Lumbal- und I. Sakralwurzeln. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. Bd. 18. S. 322.
- Gombault et Philippe, Arch. expér. de Méd. 1894.
- Goldstein, Die Zusammensetzung der Hinterstränge. Anat. Beitr. u. kritische Uebersicht. Inaug.-Diss. Breslau 1903.
- Herter, New York med. Journ. August 1891.
- Hirschberg, Zur Lehre der Erkrankung des Conus terminalis. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. Bd. 16.
- Jacobsohn, Beiträge zum intramedullären Verlauf von hinteren Wurzeln des Conus medullaris. Neurol. Zentralbl. 1907. Nr. 9.
- Kirchhoff, Zur Lokalisation des Centrum ano-vesicale im menschlichen Rückenmark. Arch. f. Psych. Bd. 15. S. 607.
- Leszlényi, O., Vergleichende anatomische Studien über die Lissauer'sche Randzone des Hinterhorns. Arbeiten aus dem neurol. Inst. a. d. Wiener Univ. Bd. 19. Heft 2. S. 253.
- Marie, Vorlesungen über die Erkrankungen des Rückenmarks.
- Minor, Pathologie der traumatischen Affektionen des untersten Rückenmarkabschnittes. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. Bd. 19. — Zur Pathologie des Epiconus medullaris. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. Bd. 30.

- Müller, L. R., Untersuchungen über die Anatomie und Pathologie des unteren Rückenmarkabschnittes. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. Bd. 14. S. 1. — Klinische und experimentelle Studien über die Innervation der Blase, des Mastdarms und des Genitalapparates. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkunde. Bd. 21. S. 86. — Ueber die Exstirpation der unteren Hälfte des Rückenmarks und deren Folgeerscheinungen. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. Bd. 30. S. 413. — Studien über die Anatomie und Histologie des sympathischen Grenzstranges. Verh. des Kongr. f. innere Med. Wiesbaden 1909. S. 658.
- Müller, L. R. und Dahl, Die Innervierung der männlichen Geschlechtsorgane Deutsches Arch. f. klin. Med. Bd. 107. H. 2—3. S. 113.
- Obersteiner, Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Zentralorgane. 5. Aufl. Leipzig und Wien 1912. Deuticke.
- Oppenheim, Lehrbuch der Nervenkrankheiten. 6. Aufl. Berlin 1913. — Ueber eine auf den Conus terminalis sich beschränkende traumatische Erkrankung. Arch. f. Psych. Bd. 20. S. 289.
- Rauber-Kopsch, Lehrbuch der Anatomie. 7. Aufl. Leipzig 1907.
- Raymond, Erkrankung des Conus medullaris. Handb. d. pathol. Anatomie d. Nervensystems. Berlin. S. Karger.
- Raymond et Cestan, Sur les affections traumatiques du conus terminal de la moelle. Gazette des hôpitaux. Juillet 1902.
- Redlich, Die Pathologie der tabischen Hinterstrangerkrankungen. Jena 1907.
- Salomon, Zur Frage der spinalen Lokalisation der Mm. glutaei. Arch. f. Psych. Bd. 48. S. 776.
- Sarbo, Beitrag zur Lokalisation des Zentrums für Blase, Mastdarm und Erektion des Menschen. Arch. f. Psych. Bd. 25. S. 409. — Die Symptomatologie der Erkrankungen im Bereiche des zweiten Sakralsegmentes. Wiener klin. Wochenschr. 1911. Nr. 30. S. 1086.
- Schultze, Zur Differentialdiagnose der Verletzungen der Cauda equina und der Lendenanschwellung. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. Bd. 5. S. 247.
- Sibelius, Drei Fälle von Caudaaffektion nebst Beiträgen zur topographischen Analyse der Hinterstrangerkrankung. Arb. aus d. path. Inst. d. Universität Helsingfors. Bd. 1. H. 3.
- Strümpell, Beiträge zur Pathologie des Rückenmarks. Arch. f. Psych. Bd. 10. S. 676 und Bd. 12. S. 723.
- Valentini, Ueber die Erkrankungen des Conus terminalis und der Cauda equina. Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 22. S. 245.
- Wallenberg, Adolf, Beiträge zur Topographie der Hinterstränge des Menschen. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. Bd. 13. S. 441.
- Wimmer, A., Hospitalstidende. 1910. Bd. 53. Nr. 3. (Referat i. Jahresbericht über d. Fortschritte auf dem Gebiete d. Neurol. u. Psych. 1910. S. 670).
- Zimmer, Sechs Fälle von traumatischer Erkrankung des untersten Rückenmarksabschnittes. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. Bd. 33.