

XXVII.

Zur Frage der Ursachen der motorischen Störungen bei Läsionen der hinteren Wurzeln und des Verlaufes der Collateralen im Rückenmark¹⁾.

Von

Michael Lapinsky,

Professor an der Universität zu Kiew.

(Hierzu Tafel XI.)

~~~~~

In der Literatur sind Versuche bekannt, bei denen die Experimentatoren, nach Durchschneidung der sensiblen Nervenwurzeln der Versuchstiere, Paresen und sogar Paralysen des anästhesirten Gebietes constatirten.

Claude Bernard<sup>2)</sup>, Brown-Séquard, Stilling<sup>3)</sup> Zion, Anrep<sup>4)</sup> durchschnitten die hinteren Wurzeln des Nervus ischiadicus bei Fröschen und erzielten hierdurch eine Paralyse der Extremität, die durch diese Operation ihre Sensibilität eingebüsst hatte.

Claude Bernard durchschnitt die sechs hinteren Lenden- und Kreuzbeinwurzeln beim Hunde, wonach sich die entsprechende hintere Extremität als paretisch erwies und beim Gebrauch einknickte.

Mott and Sherrington<sup>5)</sup> führten analoge Versuche an Affen aus und durchschnitten bei denselben die hinteren Wurzeln der Brustnerven. Die Folgen dieser Operation wurden im Verlauf von 3 Monaten beobachtet, wobei sich herausstellte, dass bei Durchschneidung einer grossen Anzahl von hinteren Wurzeln eine Parese der Extremitäten auftrat, die

---

1) Mitgetheilt in der Kiewer Physiko-medicinischen Gesellschaft.

2) *Leçons sur la physiologie du système nerveux.* Paris 1863.

3) *Arch. f. physiologische Heilkunde.* 1897.

4) Richet, *Physiol. des muscles et des nerfs.* 1892.

5) Experiments upon the influence of sensory nerves upon movements. *Proceeding of the Royal Society.* 1895.

am stärksten in den distalen Theilen — der Hand und dem Fuss — ausgeprägt war. Wenn hingegen eine geringere Anzahl von sensiblen Wurzeln durchschnitten wurde, trat hauptsächlich eine Ataxie in den Vordergrund.

Kornilow<sup>1)</sup> experimentierte an Hunden und beobachtete eben solche Erscheinungen. Nach Durchschneidung von sieben hinteren Wurzeln der Lendenanschwellung beobachtete er eine vollständige Paralyse der Bewegungen der Zehen und des Fussgelenkes; die übrigen Bewegungen waren in anderen Theilen der Extremität nur paretisch. Die elektrische Reaction war in den paralysirten Muskeln verändert.

Hering<sup>2)</sup> durchschnitt die hinteren Wurzeln bei Affen und fand Atonie und Atrophie der Muskeln der betreffenden Extremität.

Marguliee<sup>3)</sup> durchschnitt die hinteren Wurzeln beim Hunde und constatirte, dass die betreffende Extremität in ihren Bewegungen zurückblieb.

Chauveaux<sup>4)</sup> fand nach Durchschneidung der sensiblen Fasern des Oesophagus eine Paralyse des letzteren und Störungen beim Schlucken.

In einigen von diesen Fällen stellten sich nach einiger Zeit die motorischen Functionen mehr oder weniger wieder her.

Dr. Trgshecesky<sup>5)</sup> experimentirte in dieser Beziehung an Kaninchen, indem er die hintere Wurzel des VI. Lendensegmentes durchschnitt, d. h. also desjenigen Segmentes, dessen Vorderhörner den M. quadriceps motorisch innerviren; er fand hierbei eine gewisse Parese der operirten Seite entsprechenden Extremität und konnte sich davon überzeugen, dass das Thier diese Extremität schont, dieselbe mehr oder weniger gekrümmt hält und dass der M. quadriceps schlaff und entspannt ist. Dennoch kann das Thier den Muskel anspannen; diese Anspannungen sind aber von sehr kurzer Dauer und die Bewegungen sind ruckweise, ungleichmässig und unsicher.

Bei der Untersuchung der Thiere mit dem elektrischen Strom fand der Autor eine gewisse Veränderung der galvanischen Reizbarkeit, die er „atonische Reaction“ nennt. Die Contraction des M. quadriceps zeichnet sich beim Anlegen der Elektrode an den N. cruralis durch ihre Kürze aus und geht nicht in den typischen Tetanus über.

1) a) Ueber die Veränderungen der motorischen Function bei Störungen der Sensibilität. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. 1897. b) Neurol. Centralblatt. 1897. S. 924.

2) Ueber centripetale Ataxie beim Menschen und Affen. Neurol. Centralblatt. 1902. S. 640.

3) Centralbl. f. Physiologie. 1898.

4) Chauveaux, Sur le circuit nerveux. Soc. de Biol. Série 9. Vol. II.

5) Zur Lehre über die Sehnenreflexe. Arch. f. Physiol. 1905.

Mit einem gewissen Recht können hierher auch die in den physiologischen Handbüchern citirten Beobachtungen gerechnet werden, in denen unter den gleichen Bedingungen im Gebiete der Schädelnerven eine Parese eintrat.

Bekannt sind die Versuche von Exner<sup>1)</sup> und Pineles<sup>2)</sup>, die nach Durchschneidung des Nervus laryngeus beim Pferde nicht nur eine Anästhesie des Kehlkopfes, sondern auch eine Paralyse des Stimmbandes der operirten Seite constatirten; die mikroskopische Untersuchung ergab Muskelatrophie der Mm. cricoarytaenoideus und cricothyreoideus.

Filehne<sup>3)</sup> durchschnitt beim Kaninchen den ganzen Trigemini und constatirte hierauf eine Parese der Muskeln auf der anästhesirten Seite — das Ohr war gesenkt und wirkte bei den mimischen Bewegungen des Thieres nicht mehr mit u. s. w.

Ch. Bell, Mayo<sup>4)</sup>, Hall, Pineles<sup>5)</sup>, Schöps und Magendie<sup>6)</sup> durchschnitt den zweiten Ast des N. trigeminus beim Esel und bei anderen Thieren und beobachteten ausser einer Anästhesie der Wange auch noch eine Parese der Lippe auf der operirten Seite.

Poljakow<sup>7)</sup> bestätigte die Beobachtungen dieser Autoren in Bezug auf den Ramus II des N. trigeminus beim Pferde; ausserdem durchschnitt er beim Hunde die Nn. lingualis et glossopharyngeus und sah eine Herabsetzung der Beweglichkeit der Zunge.

Eine analoge Schwächung der Zunge sahen er und Bechterew<sup>8)</sup> nach Cocainisirung (5proc. Lösung) der Zunge und der Wangen bei Thieren und Menschen.

---

Die Ursachen der Störungen in den citirten Versuchen werden von den einzelnen Autoren verschieden erklärt.

---

1) Exner, Ein Paradoxon . . . des Kehlkopfes. Centralbl. f. Physiol. 1889. S. 115.

2) Pineles, Degeneration der Kehlkopfmuskeln. Pflüger's Archiv. Bd. 48.

3) Filehne, Trigemini und Gesichtsausdruck. du Bois-Reymond's Archiv. 1886.

4) Mayo, Anatomy and Physiology. London 1882.

5) Pineles, Lähmungsartige Erscheinungen . . . Centralbl. f. Physiol. Bd. IV.

6) Magendie, Leçons sur les malad. nerveux. Paris 1839.

7) Poljakow, Ueber sensomotorische Erscheinungen. Arch. f. Psych. von Mershejewsky. 1894. No. 2 u. 3 (russisch).

8) Bechterew, Grundzüge der Lehre von den Gehirnfunktionen. p. 75 (russisch).

Leyden<sup>1)</sup>, Rachline<sup>2)</sup>, Kornilow<sup>3)</sup>, Hering<sup>4)</sup>, Bechterew<sup>5)</sup> u. A. sehen hierin einen der höchsten Grade von Ataxie.

Nonne<sup>6)</sup> und Edinger<sup>7)</sup> lassen eine trophische Störung der Muskeln gelten, die nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln in Folge des Verlustes der reflectorischen Reize entsteht; letztere begünstigen ja die Ernährung der Muskeln.

Bruns und Rachline<sup>8)</sup> sehen die Ursache der Paralysen in der Veränderung und dem Verlust der Vorstellungen nach Durchschneidung der sensiblen Leiter.

Pick<sup>9)</sup> setzt voraus, dass die Folge einer solchen Operation in derartigen Fällen eine eitrige Entzündung der vorderen Wurzeln sein kann und in Folge hiervon müssen dann, aus verständlichen Gründen, Paresen und Paralysen entstehen.

Bickel<sup>10)</sup> äussert in dieser Hinsicht eine äusserst originelle Meinung. Er ist der Ansicht, dass nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln der betreffenden Extremität keine richtige Paralyse besteht. Das Thier kann in solch einem Falle mit der anästhesirten Extremität nicht nur Bewegungen ausführen, sondern dieselben besitzen auch noch eine grössere Amplitude als unter normalen Verhältnissen; da das Thier aber noch ausserdem über drei gesunde und völlig normale Extremitäten verfügt, gebraucht es die vierte, operirte Pfote garnicht und lässt dieselbe in Ruhe. Da die Autoren diese Erscheinung nicht genügend analysirt haben, glaubten sie in der Extremität, die das Versuchsthier schonte, eine Paralyse oder Parese zu sehen.

Mit dieser Ansicht Bickel's kann man sich aber schwer einverstanden erklären; es ist wohl kaum möglich, dass atrophirte Muskeln mit veränderter elektrischer Reaction eine grössere Kraft entwickeln sollten als normale Muskeln.

1) Klinik der Rückenmarkskrankheiten. Berlin 1874.

2) Neurolog. Centralbl. 1897. S. 924.

3) l. c.

4) Hering, a) l. c. b) Ueber die nach der Durchschneidung der hinteren Wurzeln auftretende Bewegungslosigkeit. Pflüger's Arch. 1893.

5) Bechterew, Grundzüge der Lehre von den Gehirnfunktionen. S. 75. (russisch.)

6) Arch. f. Psych. Bd. XIX.

7) Neurolog. Centralbl. 1898.

8) Neurolog. Centralbl. 1897. S. 924 u. 925.

9) Neurolog. Centralbl. 1897.

10) Die Bedeutung der Sensibilität für den thierischen Organismus. a) Münchener med. Wochenschr. No. 6. 1898. b) Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. Bd. XIII. 1898.

Trgshecesky fand in seinen Fällen keinen normalen Zustand des M. quadriceps und der Vorderwurzel des VI. Segmentes. Die motorischen Störungen (sowie die Veränderung der elektrischen Reaction) nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln will er durch eine Verletzung derjenigen hemmenden Fasern erklären, die seiner Ansicht nach mit den Vorderwurzeln gemeinsam zum Muskel hinziehen und die Muskelcontraction verlängern. Der Untergang dieser Fasern, nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln, manifestirt sich durch das Fehlen dieses Hemmschubes, die Folge hiervon ist, dass die Muskelcontraction kürzer wird, die Bewegung ruck- und stossweise vor sich geht und der Tonus des Muskels verschwindet.

Diese Verschiedenheit der citirten Ansichten über die Aetiologie der erwähnten Erscheinungen zeigt jedoch, dass diese Frage durchaus noch nicht gelöst ist.

---

Um auch unsererseits die Ursachen der erwähnten motorischen Störungen nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln des Rückenmarkes zu constatiren, wiederholten wir an Hunden die Versuche von Claude Bernard und anderen Autoren. Bei den Versuchen wurde die Operation immer auf der rechten Seite der Lenden- oder Halsanschwellung ausgeführt; meistens wurde nur eine — in seltenen Fällen zwei — hintere Wurzeln zwischen dem Spinalganglion und dem Rückenmark durchschnitten.

Da ein derartiges Experiment in Folge einer Verletzung der motorischen Wurzel während der Operation, von einer Parese gefolgt werden kann, so wurde auf diesen Umstand ganz besonders geachtet; zu diesem Zweck brachen wir, um den Wirbelcanal zu öffnen, (mit der Zange) so lange kleine Knochenstücke aus, bis das Rückenmark bis zum Austritt der hinteren Wurzel bloss gelegt war; hierauf hoben wir mit einer hakenförmig gekrümmten Sonde die Hinterwurzel empor und durchschnitten sie, unter Controle des Auges, mit einer Scheere, wobei wir es auf's Sorgfältigste vermieden, die Vorderwurzel stärker zu berühren, mit der Sonde zu spannen oder einzuklemmen, oder auf irgend eine andere Weise zufällig oder mit Absicht die Fasern derselben zu verletzen. Nachdem auf diese Weise eine oder zwei rechtsseitige hintere Wurzeln reseziert worden waren, wurde die Operationswunde mit physiologischer Kochsalzlösung abgespült, die Muskelwunde wurde geschlossen und in die Ecken Dochte von sterilisirter Jodoformgaze eingeführt; hierauf blieben die Thiere im warmen Zimmer unter Beobachtung und der Verband wurde alle zwei Tage gewechselt.

Von den 16 Hunden, die auf diese Weise im physiologischen Institut des Prof. S. J. Tschirjew operirt worden waren, gingen 10 Thiere aus unbekannten Ursachen am 3., 5. und 7. Tage zu Grunde. Drei Hunde lebten bis

zum Ende der zweiten Woche, wobei zwei von ihnen an gastrischen Störungen litten, die gleich nach der Operation aufgetreten waren. Drei Thiere wurden am Ende der vierten Woche getödtet.

Unter den Erscheinungen, die zu Lebzeiten des Thieres auftraten, beobachteten wir etwaige Anästhesien und Paresen gar nicht, da unserer Ansicht nach dieses Factum einerseits durch die vorübergehenden Arbeiten zur Genüge festgestellt worden ist und da wir es nicht erwarteten, dass unsere Experimente in dieser Hinsicht irgend eine entscheidende Bedeutung haben könnten. Paralyse und Atrophien wurden in derartigen Fällen nur bei Resection von 5 bis 8 hinteren Wurzeln beobachtet; bei Durchschneidung einer Wurzel, wie wir es machten, kann nach dem Sherrington'schen Gesetz von der gegenseitigen Compensation der hinteren Wurzeln, weder eine Paralyse, noch eine Atrophie, noch eine Veränderung der elektrischen Reaction, noch eine Störung der Sensibilität erwartet werden.

Der Zweck unserer Untersuchungen bestand darin, mikroskopisch festzustellen, was für Veränderungen in den Vorderhörnern des Rückenmarkes, in Folge einer Durchschneidung der Hinterwurzeln vor sich gehen können.

Bei der Autopsie der Versuchsthiere fanden wir in keinem einzigen Fall irgend eine Trübung der Rückenmarkshäute und der vorderen Wurzeln, Adhäsionen, Eiteransammlungen oder ähnliche Erscheinungen eines entzündlichen Processes.

In keinem einzigen von unseren Fällen waren die durchschnittenen hinteren Wurzeln wieder zusammengeheilt, obgleich sich bei zwei Thieren die durchschnittenen Enden berührten.

Die bei der Autopsie gewonnenen Objecte wurden nach verschiedenen Methoden bearbeitet.

Die vorderen und hinteren Wurzeln färbten wir mit Carmin und Hämatoxylin, sowie mit  $\frac{1}{2}$  proc. Osmiumsäurelösung.

Das Rückenmark der Thiere wurde nach Nissl und Marchi bearbeitet. Zu diesem Zweck wurden Stückchen des Lenden- oder Halstheiles des Rückenmarkes im Umfange von 4—5 Segmenten derartig ausgeschnitten, dass sich ein Segment unterhalb der durchschnittenen hinteren Wurzeln und 3—5 normale Segmente oberhalb derselben befanden.

Die Untersuchung nach Nissl wurde an querverlaufenden Serienschnitten ausgeführt, zu diesem Zweck wurde das Rückenmark in 2—3 mm dicke Stücke zertheilt und von jedem Stückchen wurden 18—24 Schnitte angefertigt. Letztere wurden auf einen Objectträger gelegt und die normale Mitte jedes einzelnen Schnittes wurde durch einen Nadelstich in die Seitensäule bezeichnet; ausserdem wurde das operirte Segment noch besonders bezeichnet, so dass dasselbe von den oberhalb und unterhalb liegenden intacten Segmenten unterschieden werden konnte. In allen Präparaten konnten die Rückenmarkshäute ebenso gut besichtigt werden wie die weisse und graue Substanz.

In den auf diese Weise angefertigten Präparaten waren die Rückenmarkshäute vollständig normal.

In der weissen und grauen Substanz wurden Blutergüsse, Hyperämien,

Entzündungsherde oder irgendwelche pathologische interstitielle Anzeichen nicht constatirt.

Wir fanden aber zweifelloso Veränderungen der einzelnen Zellen der Vorderhörner und der Clarke'schen Säulen in denjenigen Etagen des Rückenmarkes, die den durchschnittenen hinteren Wurzeln zunächstlagen und zuweilen nur auf der operirten Seite; die oberhalb und unterhalb des operirten Segmentes liegenden Zellelemente hingegen waren ebenso wie in der intacten Hälfte der grauen Substanz zweifellos normal.

Im Vorderhorn der operirten Seite hatten hauptsächlich die äusseren und theilweise auch die hinteren Gruppen gelitten. Die hier liegenden Zellen (Fig. I und II) waren aufgetrieben und überhaupt bedeutend vergrössert. Die Ränder dieser Zellen, sowie ihre Ausläufer waren äusserst blass und diffus gefärbt. (Fig. I und II.) Die Zahl der in diesen Ausläufern liegenden Nissl'schen Körner war stark verringert, die Körner hatten eine diffuse, unbestimmte Contur und wurden durch Toluidin äusserst blass gefärbt. Ein grosser Theil der Körner war im Centrum und fast überall an der Peripherie der Zelle zu feinem Staub zerfallen (pericelluläre Chromatolyse); die im Centrum erhalten gebliebenen sehr kleinen Splitter derselben waren recht intensiv gefärbt und gruppirten sich um den Kern (Fig. I u. II). Der regelmässig runde (Fig. I) oder etwas ovale (Fig. II) Kern lag mehr oder weniger im Centrum der Zelle (Fig. I); zuweilen lag er auch an der Peripherie (Fig. II). Das stellenweise normal grosse (Fig. I), stellenweise vergrösserte (Fig. II) Kernkörperchen war ungleichmässig gefärbt und enthielt zuweilen Vacuolen.

Derartige Veränderungen der Zellen fanden wir in demjenigen Segment, zu dem die operirte Wurzel gehörte, jedoch nicht in seiner ganzen Ausdehnung, sondern nur in einem von den entnommenen Stückchen; nur sehr selten liessen sich diese Veränderungen auf zwei Objectträgern verfolgen und auch dann waren einzelne Schnitte normal; der Theil des Rückenmarkes, dem diese Veränderungen angehörten, war also keinesfalls dicker als 2—3 mm.

Auf Grund dieser Daten kann mit Sicherheit behauptet werden, dass die veränderten Zellelemente nur in einer wenig umfangreichen Etage des Rückenmarkes angetroffen wurden, deren Höhe zwischen 2 und 3 mm schwankte; diese Etage entsprach der Eintrittsstelle der operirten Wurzel in das Rückenmark. In den Querschnitten lagen die veränderten Zellen inmitten von normalen Zellen; obgleich die Anzahl der ersteren in den äusseren und hinteren Gruppen der Vorderhörner recht bedeutend war, herrschten auch in diesen Theilen der grauen Substanz die normalen Zellen vor. Nur stellenweise lagen 3—4 veränderte Zellen nebeneinander, so dass von einem herdförmigen Charakter der Affection die Rede sein konnte; in der grössten Zahl der Schnitte hatte die Veränderung einen elektiven Charakter, wobei, wie schon erwähnt, die veränderten Zellen in einer wenig umfangreichen Etage, in Form einer geringen Schicht angetroffen wurden.

Die Zellen der Clarke'schen Säulen waren in einem etwas grösseren Gebiet verändert, als die Zellen der Vorderhörner. Die Veränderungen dersel-

ben wurden nicht nur in der Höhe der Eintrittsstelle der operirten hinteren Wurzel in das Rückenmark constatirt, sondern auch in den unteren Schichten des benachbarten höherliegenden Segmentes. In diesen Etagen waren die Clarke'schen Zellen aufgetrieben; wenn man die Zellen der operirten Seite mit denjenigen der normalen Seite vergleicht, waren die ersteren 2mal grösser als die letzteren. Die ersteren waren blass gefärbt. Ihre Nissl'schen Körner waren klein und zuweilen an einem der Zellränder aufgelöst (seitliche, unipolare Chromatolyse (Fig. III), um den Kern herum lagen sie dichter. Der Kern lag grösstentheils central, in einigen Zellen jedoch lag er an der Peripherie (Fig. III). Das Kernkörperchen färbte sich ungleichmässig: man konnte in demselben stärker gefärbte Sektoren und helle Zwischenräume unterscheiden (Fig. III).

In zwei Präparaten waren auch kleinere Zellen verändert, die im Gebiet der Clarke'schen Säulen lagen (Fig. IV und V). Ihr Umfang war ebenfalls grösser als normal resp. grösser als der Umfang der entsprechenden Zellen der anderen Seite. Ihre Färbungen blass. Die Nissl'schen Körner sind weit von einander entfernt (Fig. V) und entweder gleichmässig über den ganzen Zellkörper vertheilt oder sie verschwinden an der Peripherie und concentriren sich am Kern — an einem Pol desselben (Fig. V). Der Kern war aufgetrieben, hatte eine ovale, schaufelartige (Fig. V) oder dreieckige (Fig. IV) Form, äusserst diffuse Grenzen (Fig. V) und lag zuweilen ganz an der Peripherie (Fig. IV). Der Bedeutung dieser letzteren Zellen, die wahrscheinlich zum vasomotorischen System gehören, wollen wir in einer anderen Mittheilung einige Worte widmen und notiren an dieser Stelle dieses Factum nur um das Protokoll vollständig anzuführen.

Die Bearbeitung des Rückenmarkes nach Marchi wurde in Serien ausgeführt und zu diesem Zweck wurde der zu untersuchende Theil desselben in kleine Querschnitte von 3 mm Dicke zerlegt. Diese Stückchen wurden nach entsprechender Maceration mit dem Mikrotom so zerlegt, dass 10—24 Schnitte herauskamen; auf diese Weise konnte der ganze Theil des Rückenmarkes in der Ausdehnung eines Segmentes unterhalb und 3—5 Segmenten oberhalb der operirten Wurzel in einzelnen Schnitten studirt werden. Auf diese Art konnte die operirte und die normale Hälfte dieser Schnitte besichtigt, der Zustand sowohl der Hinterwurzelfasern, als auch der Vorderwurzelfasern in den einzelnen Segmenten untersucht und die Degeneration derselben in den verschiedenen Etagen des Rückenmarkes oberhalb und unterhalb des operirten Segmentes constatirt werden.

Was die hinteren Wurzeln resp. deren lange Collateralen anbetrifft, so gewann man in diesen Präparaten eine sehr genaue Vorstellung von der normalen Vertheilung der Collateralen der hinteren Wurzeln in den einzelnen Etagen, was, wie es aus dem weiter unten Angeführten ersichtlich ist, für die uns interessirende Frage von grosser Wichtigkeit ist; aus diesem Grunde führen wir auch an dieser Stelle unsere Beobachtung in kurzen Zügen an und hoffen späterhin einmal den Verlauf der Collateralen genauer zu beschreiben. Ferner

wurde gleichzeitig die Richtung und die Localisation der operirten Wurzeln im Rückenmark festgestellt.

Bei der Untersuchung der auf diese Weise hergestellten Präparate gelangten wir zu folgenden Schlussfolgerungen:

Die Collateralen der hinteren Wurzeln sind verschieden dicht und lang.

Sie liegen dichter an der Verzweigungsstelle der hinteren Wurzel in eine ascendirende und descendirende Branche; sowohl oberhalb als auch unterhalb dieser Stelle liegen sie weniger dicht.

Am längsten sind sie in demjenigen Segment, zu dem die betreffende hintere Wurzel gehört, und zwar in derjenigen Etage, in die die hintere Wurzel bei ihrem Eintritt in das Rückenmark, eindringt. In der höher und tiefer liegenden Etage werden die erwähnten Collateralen sehr bald kürzer und werden progressiv umso kürzer, je weiter sie sich von der Eintrittsstelle ihres Stammvaters — der hinteren Wurzel — entfernen. Ihre Verkürzung kann in den Serienschnitten sehr leicht verfolgt werden und hierbei sieht man, dass die Collateralen um so weniger tief in die centrale graue Substanz des Rückenmarkes eindringen, je höher der besichtigte Schnitt über dem operirten Segment liegt.

Der Verlauf der Collateralen der hinteren Wurzel war in derjenigen Etage, in der sie am längsten waren und am dichtesten lagen, d. h. also bei der Eintrittsstelle der betreffenden Wurzel in das Rückenmark, in allgemeinen Zügen folgender:

Die Collateralen bilden eine dichte, dicke Garbe, die in die Clarke'schen Säulen eindringt; nachdem diese Garbe durch die erwähnten Säulen hindurchgegangen ist, wird sie sehr bald weniger dicht und theilt sich in zwei Theile.

Einer dieser Theile ist sehr dick und umfangreich und öffnet sich fächerförmig; indem die Fasern dieselben nach aussen und hinten umbiegen, entsendet dieser Theil dichte und dicke Faserbündel zu den hinteren und äusseren Zellgruppen der Vorderhörner; die äussersten Endigungen dieser letzteren werden in den äussersten Randtheilen der grauen Substanz angetroffen; eine viel geringere Anzahl der Collateralen dieses Falles verläuft sagittal und dringt in die Zellengruppen des vorderen Randes und des äusseren Winkels des Vorderhornes ein.

Der zweite der erwähnten Theile ist sehr dünn und arm an Fasern und zieht durch die vordere Commissur hindurch sowohl zum entgegengesetzten Vorder- als auch Hinterhorn hin.

Solch eine weite Ausbreitung der Collateralen der hinteren Wurzeln und eine so dichte Lagerung derselben ist nur in demjenigen Segment bemerkbar, zu dem die betreffende Hinterwurzel gehört, und zwar bei weitem nicht in allen Etagen desselben; schon in den oberen Theilen desselben Segmentes finden wir eine allgemeine Verkürzung der collateralen Zweige.

In diesen oberen Etagen finden wir keine Fasern mehr, die durch die vordere Commissur hindurch zu dem entgegengesetzten Horn hinziehen; hier reichen die Fasern nur bis zur Mitte der Commissura anterior und gehen über

dieselbe nicht hinaus. In derselben Höhe liegen die sagittalen Collateralen, die im Vorderhorn zwischen den Zellgruppen des vorderen Randes liegen, bedeutend weniger dicht. Im Vergleich mit der unterhalb liegenden Etage verzweigen sich diejenigen collateralen Fasern, die zwischen den äusseren und hinteren Zellgruppen hinziehen, weniger und liegen auch weniger dicht; dasselbe gilt auch theilweise von denjenigen Collateralen, die in den Clarke'schen Säulen endigen.

In dem nächst höher liegenden Segment sind die commissuralen Collateralen noch kürzer; dieselben stützen sich nur auf die Commissur, dringen aber nicht in dieselbe ein; die Zahl dieser Collateralen nimmt stark ab. Die Zahl der sagittalen Zweige der Collateralen hat ebenfalls abgenommen und sie überschreiten die Frontallinie, die durch den Centralcanal führt, nicht. Auch die Collateralen des hinteren äusseren Bündels werden seltener. Auch die Zahl derjenigen Collateralen ist verringert, die nur bis in die Clarke'schen Säulen vordringen.

In den oberen Theilen desselben Segmentes und in den unteren Schichten des folgenden (d. h. des zweiten über dem operirten Segment) finden wir collaterale Zweige hauptsächlich nur im Gebiet der Clarke'schen Säulen; die Zahl dieser Fasern ist sehr gering; in den Vorderhörnern finden wir nur vereinzelte Fasern, und zwar nicht einmal in jedem Schnitt.

Im dritten und vierten (über dem operirten liegenden) Segment verschwinden die Collateralen auch im Gebiet der Clarke'schen Säulen fast vollständig; in den Vorderhörnern sind sie gar nicht mehr zu sehen.

In den Etagen, die unterhalb der durchschnittenen Wurzeln liegen, können diese Collateralen nur in der Ausdehnung eines Segmentes verfolgt werden; dieselben sind äusserst kurz, dringen nur bis zur Mitte des Vorderhornes vor und überschreiten die Frontalebene, die durch den Centralcanal führt, nur äusserst selten; der grösste Theil dieser Collateralen hört schon im Gebiet der Clarke'schen Säulen auf.

Alle diese Collateralfasern, die von der operirten hinteren Wurzel ausgingen, waren degenerirt, ihre Conturen waren aber dessen ungeachtet sehr zart und die Fasern selbst waren nicht breit; die degenerirten Fasern besaßen (bei starker Vergrösserung) übrigens eine unregelmässige etwas knotige Contur und diese Besonderheit unterschied dieselben sehr deutlich von den Axencylinderausläufern, im Speciellen von den Vorderwurzelfasern.

Ein grosses Interesse boten die Vorderwurzelfasern in ihrem spinalen Verlauf zwischen den Zellgruppen des Vorderhornes und an den Stellen dar, wo dieselben durch die vorderen Säulen hindurchziehen.

In den nach Marchi gefärbten Präparaten (Fig. VI) waren diese Theile, die eine Fortsetzung der Axencylinder der Vorderwurzeln darstellten, mit typischen Körnern bestreut — waren also mehr oder weniger in ihrem ganzen Verlauf im Rückenmark afficirt.

Die Veränderungen derselben waren jedoch nur auf der operirten Seite und in der Etage bemerkbar, in der die längsten und am dichtesten liegenden

Collateralfasern der hinteren Wurzeln in bedeutender Ausdehnung nach vorne und nach den Seiten hin zerstört waren.

Ueber und unter dieser Etage waren die Vorderwurzelfasern in ihrem gansen intraspinalen Verlauf normal.

In zwei Fällen fanden wir bedeutende Veränderungen der Vorderwurzelfasern auf der operirten Seite nach ihrem Austritt aus dem Rückenmark (Fig. VIa); gleichzeitig waren auch die Collateralen der hinteren Wurzeln (d) bis tief in das Vorderhorn hinein degenerirt. In diesen Präparaten waren die Vorderwurzelfasern (c), in ihrem Verlauf durch die vorderen Säulen (b) und in der grauen Substanz des Vorderhornes, zahlreich mit schwarzen Körnern bestreut; mit gleichartigen kleinen Krümchen war auch die Scheide der Vorderwurzelfasern nach deren Austritt aus dem Rückenmark (a) besät.

Den freien Theil der Vorderwurzeln ausserhalb des Rückenmarkes und den centralen Abschnitt der operirten hinteren Wurzel jedes einzelnen Falles untersuchten wir mikroskopisch, nachdem wir diese Theile aufgefäsert und mit Karmin-Haematoxylin oder  $\frac{1}{2}$ proc. Osmiumsäurelösung gefärbt hatten.

Was den centralen Theil der hinteren Wurzel anbetrifft, so enthielten die Fasern desselben überall ein vollständig zerstörtes Mark und es konnten nirgends mehr oder weniger erhalten gebliebene oder annähernd normale Fasern aufgefunden werden. In den Vorderwurzeln fanden wir keinen grobkörnigen oder tiefergehenden Zerfall des Myelinmantels; auf der operirten Seite war aber die Myelinscheide der einzelnen Wurzeln überall äusserst blass gefärbt und mit feinen, staubförmigen Körnern bedeckt; dieselbe vordere Wurzel der normalen Seite des Rückenmarkes zeichnete sich durch ihre vorzügliche Färbung aus und auf derselben war nicht der geringste staubförmige Zerfall bemerkbar.

Zellansammlungen, die man durch eine eitrige Infiltration der Vorderwurzel hätte erklären können, wurden nicht ein einziges Mal beobachtet.

---

Wenn wir in kurzen Zügen die Resultate unserer Experimente resumiren, so sehen wir, dass die Durchschneidung der hinteren Wurzeln von einer Affection verschiedener Elemente des Rückenmarkes gefolgt wurde.

1. Die Zellen der hinteren und äusseren Gruppen der Vorderhörner waren auf der operirten Seite des Rückenmarkes verändert und zwar nur in einer wenig umfangreichen Etage desjenigen Segmentes, dem die durchschnittene hintere Wurzel angehörte.

2. Auf der operirten Seite waren auch die Zellen in den Clarke'schen Säulen afficirt und zwar nicht nur in dem dem Experiment unterworfenen Segment, sondern auch in den unteren Schichten des nächsthöher liegenden Segmentes.

3. Alle Fasern des centralen Endes der hinteren Wurzel erwiesen

sich ohne Ausnahme auf der operirten Seite gemeinsam mit ihren collateralen Zweigen als vollständig degenerirt; die stärksten Veränderungen der collateralen Fasern wurden hierbei in den Vorderhörnern, innerhalb einer kleinen Etage von 2—3 mm Höhe in demjenigen Segment bemerkt, in welches die betreffende hintere Wurzel beim Eintritt in das Rückenmark eindringt.

4. Eine Reihe von Veränderungen konnte auch in den Vorderwurzelfasern constatirt werden, die in den Zellen der Vorderhörner ihren Ursprung nehmen. Der Grad dieser Veränderungen war aber im Vergleich zu den Veränderungen der hinteren Wurzeln ein unbedeutender. Hier war der Ton der Färbung etwas verändert und die Myelinscheide war leicht mit Staub bedeckt — dort aber war die Faser vollständig zerstört.

5. Die angeführten Beobachtungen bieten auch noch von einem anderen Gesichtspunkte aus ein gewisses Interesse dar. Hierüber wollen wir an dieser Stelle nur einige Worte sagen und hoffen auf diese Frage noch an anderer Stelle genauer zurückzukommen.

In unseren Präparaten hatten wir die Möglichkeit einige Einzelheiten über die collateralen Zweige der hinteren Wurzeln aufzuklären und zwar was die Länge derselben, die Dichtigkeit der Anordnung und die Beziehung derselben zu den verschiedenen Zellgruppen anbelangt; in dieser Beziehung besteht in der gegenwärtigen Literatur ein fühlbarer Mangel an Kenntnissen.

Theilweise stimmt unsere Beobachtung mit einer Beobachtung von Bechterew<sup>1)</sup> überein; sie bestätigt auch die Untersuchungsergebnisse von Reimers<sup>2)</sup>, der nach Durchseidung der hinteren Wurzeln fand, dass die degenerirten Collateralen bis in das Vorderhorn und in die Commissura anterior hineinreichten.

Andererseits findet unsere Beobachtung eine Bestätigung in der Arbeit von Bickeles<sup>3)</sup>. Dieser Autor exstirpirte auf der einen Seite das Ganglion interspinale bei einer Katze, färbte das Rückenmark nach Marchi und constatirte Folgendes:

Ein Theil der Collateralen der hinteren Wurzeln verläuft, die Clarke'schen Säulen umgehend, in Form von dicken und schwächeren Bündeln in sagittaler

1) Bechterew, Ueber die hinteren Nervenwurzeln. Arch. f. Anatomie u. Entwicklungsgesch. 1887. S. 132.

2) Wissenschaftl. Sitzungen d. Aerzte d. psychiatrischen Klinik d. militärmedizinischen Academie. 1897.

3) Ueber die Localisation der centripetalen (sensiblen) Bahnen im Rückenmark des Hundes und des Kaninchens in der Höhe des obersten Lumbal- und untersten Brusttheiles; sowie Untersuchungen über Anatomie und Function der grauen Substanz. Centralbl. f. Physiol. Bd. XII. 1898. S. 349.

Richtung; ein Theil derselben biegt bogenförmig zum Gebiet der Clarke'schen Säulen um und löst sich hier in weniger feste Bündel auf, die sich von hier aus zu dem Vorderhorn derselben Seite hinbegeben; hier breiten sie sich fächerförmig aus und dringen in die gegenüberliegenden Zellgruppen ein; in einigen Präparaten ziehen die Collateralen hauptsächlich zu den seitlichen Gruppen hin; in anderen dagegen sind sie grösstentheils in der medialen Gruppe sichtbar. Nicht selten ist eine grosse Anzahl von Collateralen sichtbar, die bis zur Commissura anterior vordringen, ohne in dieselbe einzutreten. Das Vordringen der Collateralen in das Gebiet der Vorderhörner ist nur in dem Segment bemerkbar, in dem die hintere Wurzel durchschnitten ist. Im Gebiet des benachbarten, oberhalb und unterhalb des Segmentes wird dieses Vordringen der Collateralen bis zum Vorderhorn in geringerem Maasse beobachtet; noch höher hinauf dringen die Collateralen nur bis zur Substantia gelatinosa und bis zu den Clarke'schen Zellen vor; im Vorderhorn können sie hier nicht einmal bis zur Commissura anterior mehr verfolgt werden.

Veränderte Collateralen fand der Autor während seiner Experimente nur auf der Seite der durchschnittenen Wurzel. Einen Uebertritt der Collateralen auf die andere Seite des Rückenmarkes durch die Commissura grisea hindurch sah Bickeles nicht.

Noch vor diesem Autor beschäftigten sich Lenhossek<sup>1)</sup>, Kölliker<sup>2)</sup>, Ramon y Cajal, Goldscheider und Ziehen mit dieser Frage und verneinten einen Uebertritt der Collateralen in die andere Hälfte des Rückenmarkes; sie beobachteten ein Vordringen der collateralen Zweige der hinteren Wurzeln nur bis zur Commissura anterior.

Was die Länge der collateralen Zweige und die Dichtigkeit ihrer Lagerung anbetrifft, so ist diese Frage, so viel wie wir feststellen konnten, in der Literatur nicht speciell ventilirt worden; im Allgemeinen kann man aber annehmen, dass gewisse Arbeiten den Facta nicht widersprechen, die in den Untersuchungen von Bickeles und uns constatirt wurden.

Die Länge der Collateralen ist in den verschiedenen Abschnitten des aufsteigenden und des absteigenden Zweiges der hinteren Wurzeln bei Weitem nicht gleich. Am längsten sind die Collateralen in demjenigen Segment, in dem die hintere Wurzel in das Rückenmark eindringt und zwar nicht in der ganzen Ausdehnung dieses Segmentes, sondern nur in einer unbedeutenden Etage derselben von 2—3 mm Höhe, in der sich die betreffende Wurzel in einen ascendirenden und einen descendirenden Zweig theilt; die collateralen Zweige, die von dem ascendirenden Zweige der hinteren Wurzel in dieser Etage ausgehen, sind am längsten; alle übrigen, die über oder unter dieser Etage liegen,

1) Der feinere Bau des Rückenmarkes. S. 310.

2) Handbuch der Gewebelehre. S. 92.

sind kürzer und wurden um so kürzer, je höher sie über der Verzweigungsstelle der Wurzel entspringen.

Die Dichtigkeit der Collateralen wird ebenfalls um so geringer, je weiter sie sich von der Stelle entfernen, an der sich die hintere Wurzel in zwei Hauptzweige theilt; die grösste Anzahl von Collateralen entspringt aus dem ascendirenden Ast der Hinterwurzel in der Nähe der Verzweigungsstelle; in den oberhalb und unterhalb liegenden Segmenten nimmt ihre Zahl schnell ab.

Im Segment, in dem die hintere Wurzel in das Rückenmark eindringt, können ihrer Länge nach drei Arten von Collateralen unterschieden werden. Die längsten von ihnen dringen bis zu den vorderen Gruppen der grauen Substanz vor und zerfallen hier in sehr feine Zweige. In Form eines dichten Bündels biegen sie nach aussen hin — in der Richtung zu den hinteren und hinteren-äusseren Zellgruppen — um. Die kürzesten von ihnen bilden ein sehr dickes Bündel und gelangen nur bis zu den Clarke'schen Säulen, wo sie (wahrscheinlich wohl) auch endigen. Die übrigen Collateralen von mittlerer Länge endlich ziehen in Form eines äusserst dünnen Bündels durch die Commissura anterior hindurch in das entgegengesetzte Horn.

Oberhalb und unterhalb dieser Etage werden die Collateralen der betreffenden Hinterwurzel kürzer, nehmen an Zahl ab und verschwinden aus den vorderen Gruppen der Vorderhörner und aus der Commissur; gleichzeitig wird ihre Zahl in den hinteren Zellgruppen und in den Clarke'schen Säulen geringer.

---

Ein ausserordentliches Interesse hatten für uns die Affectionen der Zellen der Vorderhörner und der Clarke'schen Säulen.

Ueber den Grad der Veränderungen derselben konnte man in den nach Nissl gefärbten Präparaten urtheilen. Was den Zustand der Vorderwurzelzellen anbetrifft, so konnte auf denselben ausserdem noch indirect auf Grund der Färbung nach Marchi geschlossen werden, denn die Degeneration der intramedullären Wurzelfasern (die in den nach dieser Methode bearbeiteten Präparaten zu Tage trat) konnte bei intacten vorderen Säulen ihren Grund nur in einer Affection der trophischen Centren dieser Fasern haben, d. h. in der Veränderung der Zellen des Vorderhorns.

Die Veränderungen der Vorderwurzelzellen und der Clarke'schen Zellen waren gleichartig.

Der Umfang dieser Zellen ist vergrössert. Ihr Körper ist aufgequollen. Einzelne Chromatinkörner haben sich an der Peripherie der Zelle, jedoch nicht überall gleichmässig, aufgelöst. Die Aufquellung

und die theilweise Auflösung der Nissl'schen chromatophilen Körner war übrigens in den Zellen der Vorderhörner stärker ausgeprägt. Während wir in den Zellen der Clarke'schen Säulen grösstentheils einen Zerfall der Körner vor uns haben, der nur an einem Zellpol ausgeprägt ist, — ist dieser Zerfall der Körner in den Vorderwurzelzellen fast überall und auch an der ganzen Peripherie gleichmässiger ausgeprägt. In beiden Zellarten ist eine Neigung der Nissl'schen Körner bemerkbar, sich um den Kern zu concentriren. Diese letztgenannten Körner haben jedoch kein normales Aussehen, sind sehr klein und ihre Färbung ist intensiver als in normalen Zellen.

Der Kern sowohl der Vorderwurzelzellen, als auch der Clarke'schen Zellen ist gequollen, vergrössert und ändert seine Configuration; seine Hülle bildet weder Runzeln noch Falten; gefärbt ist er mehr oder weniger diffus; stellenweise ändert sich die Lage des Kernes und er rückt vom Centrum zur Peripherie hin.

Das Kernkörperchen ist stellenweise aufgequollen und die Färbung desselben ist ebenfalls verändert.

Die Localisation dieser Veränderungen ist an recht enge Grenzen gebunden.

Die Veränderung der Vorderwurzelzellen ist nur in demjenigen Segment bemerkbar, zu dem die operirte Wurzel gehört und zwar nur auf der Seite der Operation. Diese Veränderungen treten nur in einem kleinen Gebiet des Segmentes zu Tage, in einer bestimmten Etage, in der die collateralen Zweige der betreffenden Wurzel durch ihre Länge hervortreten und zwar nur in der wenig umfangreichen Schicht, in der sich die grösste Anzahl der veränderten Collateralen der Hinterwurzel befindet. In den höher und tiefer liegenden Etagen derselben (operirten) Seite, in denen ebenfalls degenerirte collaterale Zweige vorhanden sind, die aber weniger dicht liegen und kürzer sind, finden wir keine Veränderungen der Zellen.

Die Veränderungen der Zellen der Clarke'schen Säulen werden auf einem etwas grösseren Territorium angetroffen; sie kommen nicht nur in dem Segment vor, zu dem die operirte Wurzel gehört, sondern auch in den unteren Schichten des oberhalb liegenden Segmentes.

Die afficirten Zellen gehören zu zwei verschiedenen Neuronen. Die hinteren äusseren Zellen des Vorderhornes gehören zum peripheren motorischen Neuron und entsenden ihre Axencylinder in centrifugaler Richtung; die Zellen der Clarke'schen Säulen gehören zum centralen sensiblen Neuron und entsenden ihre Fasern in centripetaler Richtung.

Es wird also die Verwundung der sensiblen Wurzel im gegebenen Fall von einer Veränderung der Zellen nicht nur im System des homologen Neurons, sondern auch des heterologen Neurons gefolgt. Zu der ersteren Kategorie gehören die Veränderungen der Clarke'schen Zellen, zu der zweiten die Veränderungen der motorischen Zellen der Vorderhörner.

Die Veränderungen der Zellen dieser beiden verschiedenen Kategorien gehören zu der Zahl der acuten. Der Process kann in diesen Zellen nicht älter sein als 20—28 Tage.

Die hier beschriebenen Veränderungen der Zellelemente der Clarke'schen Säulen und der Vorderhörner können nicht eine Nekrose der Neuronen genannt werden [Schaffer<sup>1)</sup>]. Die chromatischen Erscheinungen in der Zelle und sogar die Verschiebung des Kernes zur Peripherie hin sowohl im peripheren motorischen Neuron, als auch im centralen sensiblen Neuron der Clarke'schen Säulen geben uns nicht das Recht, eine, wenn auch nicht anatomische, so doch functionelle Restitutio ad normam auszuschliessen; wenn auch der Ausdruck Nekrose im gegebenen Fall nicht anwendbar ist, müssen die erwähnten Veränderungen der Zelle dennoch schweren Veränderungen zugezählt werden und die Function derartiger Zellen muss als stark herabgesetzt anerkannt werden.

Was die Ursachen der beschriebenen Veränderungen anbetrifft, so ist die Erkrankung der motorischen Zellen der Vorderhörner ebenso wie die Veränderung der Zellen der Vorderwurzeln nicht das Resultat einer zufälligen Verletzung der Vorderwurzel während der Operation. Dieser Umstand war berücksichtigt und während der Operation glücklich vermieden werden; wie schon erwähnt, wurde die Vorderwurzel die ganze Zeit über vor einer Verletzungsgefahr geschützt und eine Verwundung, Einklemmung, Spannung u. s. w. kann mit Sicherheit ausgeschlossen werden. Durch eine Verwundung der Vorderwurzel können die Veränderungen der Zellen derselben auch deswegen nicht erklärt werden, weil gleichzeitig mit einer Affection der hinteren äusseren, motorischen Zellen der Vorderhörner hier auch Veränderungen der Clarke'schen Zellen vorhanden sind, die ja zu einem anderen Neuron gehören, ihre Axencylinderfortsätze nach oben zum Kleinhirn hin entsenden und bei einer Verwundung der vorderen Wurzeln nicht unmittelbar verletzt werden können.

Ebenso können die veränderten Zellen der Vorderhörner nicht zu den sogenannten motorischen Zellen der Hinterwurzeln gezählt werden

---

1) Schaffer, Monatsschrift f. Psychiatrie und Neurologie. 1887. S. 47.

und in ihrer Affection kann nicht nur eine *Réaction à distance* (Nissl-Marinesco) gesehen werden. Die motorischen Zellen der hinteren Wurzeln, die in den Vorderhörnern von Lenhossek<sup>1)</sup>, Cajal<sup>2)</sup>, Retzius<sup>3)</sup>, van Gehuchten<sup>4)</sup> und J. Martin<sup>5)</sup> entdeckt wurden und auch von Bechterew<sup>6)</sup>, Poirrier<sup>7)</sup> u. A. erwähnt werden, entsenden ihre Axencylinder in centrifugaler Richtung durch das Hinterhorn zur hinteren Wurzel und müssen, aus naheliegenden Gründen, nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln, Veränderungen — in Form einer *Réaction à distance* — erleiden. Indem wir die Möglichkeit einer derartigen Erklärung, die wir übrigens nirgends angetroffen haben, erwähnen, beeilen wir uns hinzuzufügen, dass die Anzahl derartiger Zellen eine minimale war. Sie liegen im Rückenmark stark verstreut, und zwar immer an der Basis des Vorderhornes, grösstentheils neben dem Centralcanal. Sie sind bisher nur bei Embryonen von Vögeln beschrieben worden. Bei erwachsenen Individuen und bei Säugethieren sind sie nicht beobachtet worden. Singer und Münzer<sup>8)</sup> suchten diese Zellen bei Hunden, fanden sie aber nicht. Sherrington<sup>9)</sup> untersuchte aus analogem Grunde das Rückenmark der Katze, gelangte aber ebenfalls zu einem negativen Resultat. Lenhossek<sup>10)</sup> behauptet ebenfalls, dass er, ausser bei Hähnen, diese Hinterwurzelzellen nirgends finden konnte.

Lenhossek<sup>11)</sup>, Kölliker und Bechterew<sup>12)</sup> erklärten, durch Vorhandensein derselben die bekannten Versuche von Bidder, Stricker und Morat, in denen nach einer Reizung der hinteren Wurzeln eine Gefässerweiterung der Pfote auftrat. Diese Annahme ist jedoch gegenwärtig vollständig widerlegt. Die Frage über die centrifugalen Fasern der hinteren Wurzeln wurde auf dem internationalen Physiologencongress in

1) Anatomischer Anzeiger. 1890. S. 70.

2) Anatomischer Anzeiger. 1890. S. 360.

3) Retzius, Biologische Untersuchungen. 1893.

4) van Gehuchten, Anatomischer Anzeiger. 1893.

5) Martin, La cellule. 1895. p. 62.

6) Bechterew, Leitungsbahnen. Russische Ausgabe. 1897. S. 26 und französische Uebersetzung. 1900. S. 33.

7) Poirrier, Anatomie du système nerveux. Vol. III. p. 215.

8) Denkschrift der Wiener Akademie. 1900. LVII. S. 570.

9) a) Journal of Physiol. 1894. p. 211; b) Journal of Physiol. 1897. p. 289.

10) Der feinere Bau des Nervensystems. 2. Auflage. S. 279.

11) l. c. S. 279.

12) Ibidem. p. 26 resp. 33.

Turin behandelt und Bayliss<sup>1)</sup> bewies, dass die Vasodilatatoren der hinteren Extremität aus dem 5., 6. und 7. Spinalganglion des Lendentheiles entspringen und dass sie auch an derselben Stelle und nicht in der grauen Substanz d. h. also auch nicht in den Vorderhörnern, ihre trophischen Centren haben. Diese Fasern degeneriren nicht nach einer Durchschneidung der Wurzel zwischen dem Ganglion und dem Rückenmark und zerfallen nur nach einer Durchschneidung der hinteren Wurzel unterhalb des Ganglions. Diese Fasern nehmen folglich, obgleich es centrifugale sind, ihren Ursprung nicht aus dem Rückenmark und deswegen kann ihre Durchschneidung im Rückenmark auch keine Réaction à distance hervorrufen.

Wenn in unseren Fällen motorische Zellen der hinteren Wurzeln wirklich vorhanden gewesen wären, so hätten wir, ebenso wie Josephy<sup>2)</sup>, in den operirten hinteren Wurzeln, bei Färbung mit  $\frac{1}{2}$  proc. Osmiumsäurelösung, zwischen den zerstörten centripetalen Fasern wenig veränderte oder intacte centrifugale Fasern finden müssen. Solche Fasern haben wir aber, wie schon erwähnt, nicht gefunden.

Ferner spricht das Aussehen der degenerirten Fasern im Rückenmark, und zwar ihre unbedeutende Dicke, die zarte und knotenförmig aufgetriebene Contur dagegen, dass diese Fasern Axencylinderfortsätze von motorischen Zellen vorstellen könnten; sie entsprechen im Gegentheil vollständig unserer Vorstellung von Collateralen der hinteren Wurzeln.

Wir schliessen also den Gedanken daran vollständig aus, dass die Veränderungen der Vorderwurzelzellen bei unseren Thieren nur eine réaction à distance nach Marinesco-Nissl sein könnte, und dass sie durch eine Verwundung ihrer Axencylinderfortsätze in der hinteren Wurzel entstanden sein könnten.

Aus der Zahl der Ursachen, die eine Affection der Zellen nach sich gezogen haben, können locale entzündliche Processe in den Vorderwurzeln, in den Rückenmarkshäuten und im Rückenmark, selbst in dessen interstitieller grauer Substanz, vollständig ausgeschlossen werden. Bei der Autopsie und bei der mikroskopischen Untersuchung dieser Theile, bei der jedes Segment zusammen mit den Rückenmarkshäuten untersucht wurde, wurden keinerlei Daten für eine solche Erklärung constatirt.

Wir können andererseits annehmen, dass die Zellen der Vorderhörner und der Clarke'schen Säulen, obgleich dieselben zu verschie-

---

1) Neurol. Centralbl. 1902. 180.

2) Poirrier, ibidem. Vol. III. p. 216.

nenen Systemen gehören, durch ein und dieselbe Ursache gelitten haben. Zu Gunsten dieser Annahme spricht die Localisation der Affection.

Die Clarke'schen Zellen waren in einer bestimmten Höhe des Rückenmarkes in derselben Etage verändert, in der die veränderten Zellen der Vorderhörner lagen; da nun diesen Veränderungen nur eine Durchschneidung der hinteren Wurzeln vorangegangen war, da die veränderten Zellen in demjenigen Segment gefunden wurden, zu dem die durchschnittene Wurzel gehörte und zwar auf derselben Seite des Rückenmarkes, zu der die betreffende Wurzel gehörte, und da endlich die veränderten Zellen in derjenigen Etage gefunden wurden, in der die grösste Anzahl der Collateralen der hinteren Wurzeln gelitten hatte, so erscheint es ganz natürlich die Affection sowohl der Clarke'schen Zellen, als auch der Zellen der Vorderhörner durch ein und dieselbe Ursache zu erklären und zwar durch die Durchschneidung der hinteren Wurzeln.

Ueber die nächsten Bedingungen, die in Folge der erwähnten Verletzungen der Hinterwurzeln die Veränderung der Zellelemente begünstigt hatten, kann man sich nur mehr oder weniger hypothetisch äussern.

Bei der Beurtheilung dieses Factums muss in Betracht gezogen werden, dass zwischen den afficirten Theilen der Collateralen der Hinterwurzeln einerseits und den Zellen der grauen Substanz andererseits, eine gewisse functionelle Beziehung besteht, durch deren Vermittelung diese Zellen beständige Reize und Impulse zur Thätigkeit erhalten; von diesem Gesichtspunkte aus kommt der Verlust der collateralen Zweige einer Verminderung der nutritiven Impulse für die Vorderwurzelzellen und die Clarke'schen Zellen gleich, da den bestehenden hypothetischen Ansichten nach die Ernährung der arbeitenden Zellen von ihrer Thätigkeit abhängig ist [Goldscheider<sup>1)</sup>, van Gehuchten<sup>2)</sup>, Marinesco<sup>3)</sup>, Monakow<sup>4)</sup> u. A.], letztere muss aber aufhören oder abnehmen, wenn die hierzu erforderlichen Reize aufhören und dann führt die Verminderung der Thätigkeit zu einer Atrophie der Zellen.

Gleichartige Veränderungen der Zellen in Form von Zellatrophien finden wir in Folge einer Störung der Leitung der Impulse im Gebiet homologer Systeme, so z. B. im Corpus geniculatum externum nach Enucleation des Augapfels, im rothen Kern oder in den Kernen der Goll-

---

1) Ueber die Lehre von den trophischen Centren, Berl. klin. Wochenschrift. 1894.

2) Bulletin de Société de neurol. de d'hypnol. de Bruxelles. 1898. 17. 1.

3) Ein Beitrag zur Nerventrophik. Neurolog. Centralbl. 1892.

4) Gehirnpathologie. 1895. -

schen und Burdach'schen Stränge in Folge einer Zerstörung des Lobus temporalis u. s. w. Analoge Veränderungen finden wir auch im Rückenmark z. B. bei einer Affection der Zellen der Vorderhörner bei Hemiplegikern oder der Zellen der Clarke'schen Säulen bei Tabetikern.

In homologen Systemen muss die Innervation mit absoluter Nothwendigkeit auf bestimmte untergeordnete Zellgruppen übergehen und bei der Erkrankung eines der betheiligten Neuronen wird der Verlauf dieser Impulse stark verändert. Von dieser Ueberlegung liess sich Lenhosseck<sup>1)</sup> leiten, indem er verschiedene Veränderungen in den Gliedern homologer Systeme erklärte. Die Affection des entsendenden Neurons, nach Zerstörung des empfangenden Neurons, hielt er für das Resultat einer Ansammlung von Impulsen, die nicht zu dem empfangenden Neuron gelangen können. Die Degeneration des empfangenden Neurons nach einem Verlust des entsendenden Neurons erklärte dieser Autor durch einen Mangel an Impulsen.

In unseren Experimenten können zu dieser Kategorie — der Veränderungen der Zellen in homologen Systemen — die Affectionen der Zellen der Clarke'schen Säulen gerechnet werden. Die letztgenannten Affectionen besitzen aber gewisse Besonderheiten, die die betreffenden Zellen bei unseren Thieren von den erwähnten atrophischen Formen im Rückenmark und im Grosshirn des Menschen wesentlich unterscheiden.

Beim Menschen werden diese Zellatrophien in den homologen Systemen grösstentheils bei chronischen Leiden gefunden, in denen der Process in der Zelle schon mehrere Monate oder Jahre besteht. Die Zellelemente, die in solchen Fällen als atrophisch befunden werden, sind in all ihren Theilen stark verkleinert; die Nissl'schen Körner derselben sind meist in annähernd normaler Anzahl vorhanden; die letzteren sind aber wenig beweglich und zeigen jedenfalls keine besondere Neigung zum Kern hinüber zu wandern; gleichzeitig weisen sie sehr diffuse Grenzen auf, sind sehr blass und können deshalb zuweilen nur mit Mühe unterschieden werden.

Bei unseren Thieren haben wir es aber mit einer acuten und nicht mit einer chronischen Erkrankung zu thun. Statt einer Verkleinerung der Zelle sehen wir eine Vergrösserung und ein Aufquellen derselben. Eine grosse Anzahl der einzelnen Nissl'schen Körner hat sich aufgelöst und ist verschwunden, einige von ihnen haben sich um den Kern concentrirt.

Diese Bilder entsprechen also den Formen von Atrophie nicht, die für chronische Zellerkrankungen constatirt worden sind und in Folge von Aufhören der Impulse entstanden sind. Wenn wir berücksichtigen,

---

1) Arch. f. Psychiatrie. Bd. XX. S. 350.

dass die Bedingungen, die der Veränderung dieser Zellen vorangingen, den Bedingungen analog sind, die nach langanhaltendem Aufhören des Contactes in homologen Systemen zu Stande kommen, und der andererseits die acuten Formen der Zellatrophie durch ein Aufquellen der Zelle charakterisirt werden, so können wir dennoch die aufgequollenen Zellen in unseren Experimenten ebenfalls als das Resultat einer acuten Atrophie auffassen. Aus diesem Grunde können wir auch gemeinsam mit Lenhosseck und theilweise mit Monakow, Marinesko und anderen Autoren die Affection der Clarke'schen Säulen als das Resultat eines absoluten Mangels von Impulsen und Reizen auffassen, die von der Peripherie ausgehen und als nutritive Impulse dienen.

Etwas anders verhalten sich die Zerstörungen der hinteren Wurzeln zu den Zellen der Vorderwurzeln. Die Beziehungen der Collateralen der hinteren Wurzeln zu diesen Zellen sind nicht so innig, da sie heterologen Neuronen angehören. Die heterologen Systeme functioniren parallel neben einander und die Innervationen, die in einem von diesen Systemen entstehen, werden immer von ihren Homologen in Empfang genommen und weitergeleitet. Die Erkrankung eines Systems kann das andere nicht absolut der Reize berauben, solange zwischen den einzelnen Gliedern dieses letzteren eine ununterbrochene Verbindung besteht. Eine Reihe von Impulsen, die durch die Pyramidenbahnen mit absoluter Nothwendigkeit zu den motorischen Zellen der Vorderhörner gelangen müssen, hatten in unseren Fällen hierzu die vollständigste Möglichkeit, da von irgend einer Unterbrechung des Contactes in dieser Beziehung gar keine Rede war; in Folge dessen bestand auch in Bezug auf die motorischen Zellen der Vorderwurzeln weder ein Fehlen von Impulsen, noch eine übermässige Ansammlung derselben.

Dennoch bestand zweifellos im gegebenen Falle ein Theil von denjenigen Bedingungen, denen die Autoren eine pathognomische Bedeutung zuschreiben; es fehlten eben diejenigen secundären Reize, die vom heterologen System aus zu den Zellen der Vorderwurzeln gelangen und denselben von der Peripherie her bestimmte, gewohnte Reize zuführen.

Hering<sup>1)</sup> gelang es nachzuweisen, dass die motorischen Zellen der Vorderwurzeln oder, richtiger gesagt, einige spinale Centren, die aus solchen Zellen bestehen, ihre Fähigkeit zu einer bestimmten Thätigkeit einbüssen, wenn die hinteren Wurzeln durchschnitten sind. Der

---

1) Hering, a) Ueber die nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln auftretende Bewegungslosigkeit des Rückenmarkfrosches. Pflüger's Arch. 1893. Bd. 54. S. 614. b) Beitrag zur experimentellen Analyse coordinirter Bewegungen. Ibidem Bd. 70. S. 559.

Autor richtete seine Aufmerksamkeit auf das allgemein bekannte Factum, dass ein Frosch nach Abtragung des Grosshirns, wenn er also alle seine Willensacte einbüsst, dennoch einige Bewegungen ausführen kann, die automatische Bewegungen genannt werden; diese Bewegungen äussern sich z. B. darin, dass das Thier nicht liegt sondern sitzt und die hinteren und vorderen Extremitäten hierbei in den grossen Gelenken beugt; wenn man das Thier aus dieser Stellung bringt, kehrt es sehr schnell wieder in dieselbe zurück, wird also offenbar durch irgend welche Reize hierzu angeregt. Diese allgemein bekannte Erscheinung wird von den deutschen Autoren „Beugephänomen“ genannt. Hering fand, dass Reize zu einem solchen Beugephänomen von den hinteren Wurzeln ausgehen und direct (nicht über Grosshirn) zu den Vorderhörnern gelangen; nach Resection der ersteren liegt der Frosch platt ausgestreckt unter Verlust der Bewegungsfähigkeit da und keine Reize vermögen es mehr im Thiere irgendwelche Anzeichen von Beweglichkeit hervorzurufen.

Wenn man diese Beobachtung Hering's berücksichtigt, kann man annehmen, dass diese secundären, heterologen Reize für die motorischen Functionen der Vorderhörner eine wesentliche Bedeutung haben und dass die Zellen der Vorderhörner, nach Verlust derselben in Folge von Zerstörung der hinteren Wurzeln, in einen gewissen apathischen inerten Zustand verfallen.

Wenn wir diese Daten in unseren Experimenten anwenden, können wir annehmen, dass die Durchschneidung der hinteren Wurzeln auch bei unseren Thieren die Zellen der Vorderhörner in Unthätigkeit versetzen musste und dass von diesem Gesichtspunkte aus in den Veränderungen derselben theilweise eine Atrophie in Folge von Unthätigkeit gesehen werden muss. Es ist wahr, dass dieses letztere Moment keine absolute Bedeutung haben konnte, da die Zellen der Vorderhörner ausserdem von Reizen getroffen wurden, die vom Grosshirn aus durch die Pyramidenbahnen zu ihnen gelangten und dieser Umstand verhinderte ihre vollständige Ruhe.

Ausserdem muss den wegfallenden heterologen Reizen noch ein gewisser trophischer Einfluss auf die Zellen der Vorderwurzel zugeschrieben werden, der noch unbekannt ist, aber gegenwärtig von allen Neuro-pathologen für wahrscheinlich gehalten wird. Diese trophischen Einflüsse mussten nach Aufhebung des Contactes zwischen den hinteren Wurzeln und den Zellen der Vorderhörner aufhören.

Man darf auch den gesteigerten Reiz nicht ausser Acht lassen, dem die beschriebenen Zellen von Seiten der degenerirenden sensiblen Wurzeln ausgesetzt waren; auch diese Reize konnten einen schädlichen Einfluss auf die Ernährung der Zellen der Vorderhörner ausüben. Diese

Schlussfolgerung stimmt mit den Versuchen von Mann<sup>1)</sup> und Lambert<sup>2)</sup> vollständig überein, die einen sensiblen Nerven eine bestimmte Zeit hindurch mit dem elektrischen Strom reizten und hierbei eine Veränderung der Structur der motorischen Zelle beobachteten, die sich mit der gereizten Faser in Contact oder in einer anderen Verbindung befand. Eine ebensolche ätiologische Bedeutung schreibt Whiting<sup>3)</sup> dem gesteigerten Reiz der sensiblen Wurzeln zu, indem er durch diese Ursache die Veränderungen der Zellen der Vorderhörner bei Tabes dorsalis erklärt.

Ausser diesen rein dynamischen Ursachen konnte die Ernährung der Zellen der Vorderwurzeln und der Clarke'schen Säulen auch aus mechanischen Ursachen leiden. Die lädirten und degenerirten Collateralen wirkten mit ihrer gequollenen Masse wie ein Keil in den dicht aneinanderliegenden Protoplasmaausläufern der Zellen im Vorderhorne; sie drängten die Zellen auseinander und mussten die Ausläufer comprimiren und abbrechen und unter solchen Bedingungen musste natürlich die Ernährung der Zellen leiden.

Endlich muss auch dem allgemeinen Ernährungszustande des Organismus eine gewisse Bedeutung zugeschrieben werden; in den angeführten Versuchen waren die Zellen der Vorderhörner am stärksten bei zwei Hunden verändert, und zwar gerade bei denjenigen, die während des Lebens an gastrischen Störungen gelitten hatten.

---

Unsere Untersuchung wird von den Beobachtungen Warrington's<sup>4)</sup> und Bräuning's<sup>5)</sup> vollkommen bestätigt, von deren Existenz wir erst erfuhren, nachdem wir unsere Arbeit abgeschlossen hatten.

Wharrington fand ebenso wie wir nach der Durchschneidung der hinteren Wurzeln Veränderungen der Zellen der Vorderhörner, und

---

1) Mann, Histological changes induced in sympathetic motor and sensory nerve cells by functional activity. The Journal of anatomy and physiology. Vol. XXIV. 1895.

2) Lambert, Note sur les modifications produites par l'excitation électrique dans les cellules nerveuses. Soc. de Biologie. 1893. Vol. 31.

3) Whiting, On paralysis and muscular atrophy in tabes dorsalis . . . Brain. 1898.

4) Wharrington: a) On the structural alterations observed in nerve cells. Journ. of physiolog. XXIII. p. 112. b) Further observations on the structural alteration . . . Ibidem. XXIV. No. 6.

5) Bräuning, a) Ueber Chromatolyse der Vorderhornzellen. b) Degenerationsvorgänge im motorischen Teloneuron nach Durchschneidung der hinteren Rückenmarkswurzeln. Archiv f. Physiol. 1903. S. 251, 480.

zwar in der seitlichen und hinteren Gruppe ebenso wie in den Vorderwurzelfasern. Der Autor durchschnitt bei seinen Thieren (8 Katzen und 1 Affe) fünf hintere Lendenmarkswurzeln (V, VI, VII, VIII und IX postthoracic posterior roots), tödtete die Thiere hierauf nach 10, 12, 17, 21, 23, 24 und 28 Tagen und untersuchte bei der Mehrzahl der Thiere das VI., VII. und VIII. Lendensegment. Beim Färben der erhaltenen Präparate nach Nissl fand er starke Veränderungen der Zellen, die am stärksten in der hinteren äusseren Gruppe ausgeprägt waren. Der Zellkörper war blass; die Chromatinkörner schienen aus dem grössten Theil der Zelle verschwunden zu sein und lagen um den Kern gelagert; nur ein Theil der Nissl'schen Körner hatte die ursprüngliche Form beibehalten und war gut gefärbt. Der Kern lag nahe der Peripherie, hatte eine ovale Form, wies eine chromatophile Körnung auf und war etwas aufgequollen.

So sahen die wenig veränderten Zellen aus.

In den stärker ausgeprägten Stadien der Affection hatten sich die Nissl'schen Körner zu feinem Staub verwandelt; einige von diesen zerkleinerten Theilen lagen neben dem Kern. Die Dendriten sind schlecht zu unterscheiden. Der Kern liegt am Rande der Zelle. In den weiteren Stadien ist diese Zerstörung des Kernes gar nicht sichtbar und der Zellkörper schwillt stark an.

Analoge Veränderungen constatirte auch Bräuning<sup>1)</sup>: nämlich hochgradige Chromatolyse und Kernverlagerung in denjenigen Etagen des Lendenmarkes (beim Hunde), wo die lädirten hinteren Wurzeln der Sohle und des Unterschenkels endigten; dagegen sind in den übrigen Theilen des Lendenmarkes keine Veränderungen der Vorderhornzellen nachgewiesen worden. Interessant war in dieser Arbeit auch der Befund einiger alterirten Zellen auch im gegenüberliegenden Vorderhorne, wenn auch in geringem Masse. Die Ursache dieser Zelldegeneration sieht der Verfasser in einer Verminderung der Reflexthätigkeit.

In einer anderen Arbeit<sup>2)</sup> berichtet derselbe Autor über das Verhalten der vorderen Wurzeln an seinen operirten Thieren. In den entsprechenden Lendenmarksetagen auf der Höhe der lädirten hinteren Wurzeln fanden sich degenerirte vordere Wurzelfasern. Auf Grund dieses Befundes schliesst Bräuning, dass der Ausfall der Reflexreize für die motorischen Vorderhornzellen sehr tiefgreifende und dauernde Schädigung bringt.

---

1) Arch. f. Physiolog. 1903. p. 251.

2) Ibidem. p. 480.

Wir sehen auf diese Weise hier einen Uebergang der Erkrankung von einem heterologischen Neuron auf das andere vor uns — ein Umstand, an dem Spiller<sup>1)</sup> so stark zweifelt.

Dieser Autor behauptet, dass ein Uebergang der Erkrankung von von einem heterologen System auf ein anderes nur höchst selten beobachtet wird. Die Vorderhornzellen bleiben, seiner Ansicht nach, nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln grösstentheils normal. Sogar bei homologen Neuronen wird ein Uebergang der Erkrankung von einem Neuron auf das andere nur selten beobachtet. Bei Tabes z. B. sah Spiller Veränderungen der Zellen nur wenige Male.

Knappe<sup>2)</sup> verwirft seinerseits eine Erkrankung der motorischen Zellen in Folge einer Durchschneidung der hinteren Wurzeln und einer Zerstörung der Collateralen derselben vollständig. Dieser Autor suchte aber die Veränderungen der Zellen nicht in demjenigen Segment, in dem die betreffende Wurzel endet, sondern höher oder tiefer.

---

Indem wir zur Erklärung der im Anfang erwähnten Versuche von Claude Bernard, Mott-Sherrington, Kornilow, Hering u. A. zurückkehren, sprechen wir unsere Ansicht auf Grund des oben Gesagten dahin aus, dass die Paresen und Paralysen der Versuchsthiere, ausser in den von Bruns, Kornilow u. A. früher citirten Autoren angeführten Ursachen, auch noch in organischen Veränderungen der Zellen, die bei unseren Thieren constatirt wurden, wurzeln können und sogar müssen.

Wenn wir den auf Etagen beschränkten, elektiven Charakter der Veränderungen der Zellgruppen, die nur in der Höhe der längsten und dichtesten Bündel der hinteren Collateralen zu Tage treten und in einer Affection, wenn auch vieler, so doch bei weitem nicht aller Zellen der hinteren und äusseren Gruppen des Vorderhornes bestehen, mit in Betracht ziehen, wird es uns klar, warum in den Versuchen von Kornilow und Mott-Sherrington die Durchschneidung einer geringen Anzahl hinterer Wurzeln keine Paralyse oder Parese nach sich zog, sondern Ataxien, Anästhesien und andere sensorische Störungen in den Vordergrund traten; die Affection der Zellen beschränkte sich unter diesen Bedingungen auf einige Herde und die compensatorische Thätigkeit der Zellgruppen in anderen benachbart liegenden Etagen vertrat in

---

1) The pathological changes in the neurone in nervous diseases. The journal of nerv. and mental diseases. 1900.

2) Veränderung im Rückenmark nach Resection spinaler Nerven. Ziegler's Beiträge. 1901. S. 292.

genügendem Masse die fehlenden Gruppen und deswegen waren auch die motorischen Störungen in Form von Paresen oder Paralyse nur unbedeutend. Im Gegensatz hierzu konnte die durchschnittene hintere Wurzel in dem Gebiet nicht compensirt werden, in welchem sie sich ausbreitet und das sie allein, ohne Betheiligung der benachbarten Wurzel, bedient; ebenso hörten ihre Zweige und Collateralen, die, mit anderen Elementen des Nervensystems combinirt, die Harmonie der Bewegungen gewährleisten mussten, auf diesem Zweck zu dienen und in Folge dessen war in der dem Experiment unterzogenen Extremität, wenn dieselbe auch keine Anzeichen von Schwäche oder Paralyse darbot, die Sensibilität gestört und bei der objectiven Beobachtung konnte nur constatirt werden, dass an derselben atactische Bewegungen vor sich gingen.

Andererseits ist es vollständig erklärlich, warum bei den Versuchen der oben citirten Autoren so deutlich paralytische Erscheinungen hervortraten, wenn viele hintere Wurzeln auf ein Mal durchgeschnitten wurden.

Unseren Untersuchungen nach muss eine solche Massendurchschneidung der hinteren Wurzeln von einer Veränderung der Zellen der Vorderwurzeln in einzelnen kleinen Etagen des Rückenmarkes gefolgt werden, deren Anzahl der Zahl der durchgeschnittenen hinteren Wurzeln gleich ist. Bei der Durchschneidung vieler Wurzeln musste eine grosse Anzahl von Zellen, darunter auch solche, die einander ersetzen konnten, lädirt und gehemmt werden; in Folge dessen war auch die gegenseitige Compensation der betreffenden Centren und die Function jedes einzelnen von ihnen unmöglich; als Resultat hiervon mussten deutlich ausgeprägte Paresen oder Paralyse in der dem Experiment unterzogenen Extremität hervortreten.

Auf Grund unserer Experimente können wir uns auch die mehr oder weniger vollkommene Wiederherstellung der paralyisirten Extremität, die von den citirten Autoren bemerkt wurde, erklären. Eine solche Restauration der Function ist vollständig möglich, wenn man die Anordnung der veränderten Zellen in Etagen und Herden berücksichtigt, wobei — schichtweise — zwischen veränderten Zellen Gruppen von normalen Zellen lagen. Die Function dieser letzteren war — anfangs nach der Operation — in Folge von Shock, der Narkose, der Verdauungsstörungen und anderer Begleiterscheinungen der Operation deprimirt, nach einiger Zeit jedoch, nach dem diese hemmenden Momente verschwunden sein mussten, stellte sich die deprimirte Function der organisch unveränderten Zellen allmähig wieder her und auf ihre Rechnung konnten diejenigen Centren compensirt werden, deren Zellen organisch gelitten hatten. Wir können andererseits zugeben, dass auch die

organisch veränderten Zellen, deren Veränderungen wir nicht als Nekrose des Neurons qualificiren konnten, nach einem gewissen Zeitraum sich sowohl functionell, als auch vom anatomischen Gesichtspunkte aus, wieder herstellten und in Folge dessen konnte sich die gestörte motorische Fähigkeit des betreffenden Organs noch mehr der Norm nähern.

Unsere Experimente geben eine genaue Erklärung für die pathologischen Veränderungen des Muskelapparates, die Exner-Pineles<sup>1)</sup> in ihren Experimenten mit Durchschneidung des sensiblen Nerven des Kehlkopfes bemerkt hatten. Offenbar waren die organischen Veränderungen der motorischen Zellen in derjenigen Etage vor sich gegangen, die die Ernährung der Muskeln des Kehlkopfes verwaltet.

Unsere Präparate erklären die Ataxie und die Atrophie der Muskeln in den Versuchen von Hering<sup>2)</sup> genau.

Andererseits sind die verschiedenen Atrophien der Muskeln und die Paralysen leicht zu erklären, die bei Tabetikern von Cruveilhier<sup>3)</sup>, Friedreich<sup>4)</sup>, Charcot-Pierret<sup>5)</sup>, Pierret<sup>6)</sup>, Guffer<sup>7)</sup>, Ballet<sup>8)</sup>, Raymond-Artaud<sup>9)</sup>, Braun<sup>10)</sup>, Leyden<sup>11)</sup>, Eisenlohr<sup>12)</sup>, Joffroy<sup>13)</sup>, Schaffer<sup>14)</sup>, mir<sup>15)</sup> und vielen anderen beschrieben wurden. Das Leiden

1) l. c.

2) l. c.

3) Cruveilhier, Atlas d'anatomie pathologique. 32. Livraison. Paris.

4) Friedreich, Ueber degenerative Atrophie der spinalen Hinterstränge. Virchow's Archiv. 1863. Bd. XXVI.

5) Charcot-Pierret, Société biologique. 1871. 22. IV. Altération de la substance grise dans le tabes.

6) Pierret, Essai sur les symptômes céphaliques de tabes. Thèse de Paris. 1876.

7) Guffer, Société biologique.

8) Ballet, De l'hémiatrophie de la langue. Arch. de neurol. 1883. VII.

9) Raymond-Artaud, Note sur un cas d'hémiatrophie de la langue dans le cours d'un tabes. Arch. de Physiol. 1884.

10) Braun, Ueber einen eigenthümlichen Fall v. Tabes dorsalis. Archiv für klin. Med. 1888. Bd. 42.

11) Leyden, Ueber Betheiligung der motorischen Muskeln und Nervenapparate bei Tabes. Zeitschr. f. pract. Med. 1877.

12) Eisenlohr, Bulbäre Complication der Tabes. Deutsche medic. Wochenschr. 1884. S. 554.

13) Joffroy, Du pied bot tabétique. Semaine médic. 1885.

14) Schaffer: a) Ueber Nervenzellenveränderung des Vorderhornes bei Tabes. Monatsschr. f. Psych. 1897. b) Anatomisch-klinische Vorträge aus dem Gebiete der Nervenpathologie. Jena 1901.

15) Lapinsky, Wenig beschriebene Formen der Tabes. Zeitschrift für Nervenheilkunde. 1906. Bd. XXX. S. 178.

der hinteren Wurzeln bei *Tabes dorsalis* hatte offenbar in Folge einer umfangreichen Degeneration der langen Collateralen, eine Affection der Zellen der Vorderhörner nach sich gezogen; die Affection der Vorderhörner aber wurde natürlicher Weise von Paralysen und Muskelatrophie begleitet.

Unsere Versuche erklären ebenfalls die bisher unverständliche Bedeutung der Durchschneidung der VIII. hinteren Halswirbel in den Versuchen von Sherrington.<sup>1)</sup>

Wenn dieser Autor bei Affen die IV., V., VI. und VII. hintere Wurzel der Halsanschwellung oder die I., II., III. und IV. hintere Wurzel des Brustmarkes zerstörte und die VIII. hintere Halswurzel unberührt liess, so blieben die Greifbewegungen des Versuchsthieres erhalten, obgleich sich die Extremität bei verschiedenen coordinirten Bewegungen in mehr oder weniger paretischem Zustande befand; wenn Sherrington im Gegentheil nur die VIII. hintere Halswurzel zerstörte, so waren die groben Bewegungen der oberen Extremität regelrecht, die feineren Bewegungen der Hand dagegen beim Greifen erwiesen sich als nicht mehr vorhanden. Die Resultate seines Versuches erklärte der Autor durch die unumgängliche Betheiligung der sensiblen Fasern bei diesem erwähnten Act; die Störung des Greifactes hielt er für eine Folge von Ataxie der ganzen, dem Experiment unterzogenen Extremität und schrieb der VIII. hinteren Halswurzel in dieser Beziehung eine maximale Bedeutung zu. Seiner Meinung nach enthält die erwähnte VIII. Wurzel sensible Fasern für die ganze obere Extremität und der Ursprung derselben ist dort localisirt, wo die motorischen Fasern der vorderen Wurzeln endigen.

Diese Erklärung Sherrington's kann schon deswegen nicht acceptirt werden, weil die VIII. hintere Wurzel nicht die ganze obere Extremität mit sensorischen Zweigen versorgt, wie es der Autor fälschlich annahm, sondern nur einen Streifen an der Innenseite derselben; die Anästhesie nach der Durchschneidung der VIII. Wurzel umfasst also nur einen geringen Theil der Muskeln, die an der Greifbewegung theilnehmen.

Es ist naturgemässer anzunehmen, dass das auf dem Wege der langen hinteren Collateralen der VIII. hinteren Wurzel liegende Spinalcentrum dieses coordinirten Actes seine Function nach der Durchschneidung dieser Wurzel eingebüsst hatte, da die Degeneration der Collateralen der letzteren, die dieses Centrum durchsetzten, von einer

---

1) Sherrington, Experiments in examination of the peripheral distribution . . . Roy. Society Proceeding. 1897.

Reihe von Störungen in den Zellen begleitet wurde. Die Resection der oberen Brustwurzeln oder der IV., V., VI. und VII. Halswurzel hingegen übte auf dessen Function keinen hemmenden Einfluss aus, weil die Bündel der Collateralen dieser Wurzeln über oder unter diesem Centrum verlaufen; wenn dieselben nach der Durchschneidung degeneriren, hemmen sie andere Centren der oberen Extremität und lassen den Greifact unberührt. Die Localisation des erwähnten Centrums aber wird sowohl durch experimentelle, als auch durch klinische Beobachtungen in Bezug auf Affectionen des VIII. Halssegmentes, die von Muskelatrophien begleitet wurden, vollständig bestätigt.

Theilweise erklären unsere Beobachtungen in Bezug auf motorische Störungen auch das von Privatdocent Trgshecesky Beobachtete. Weitere physiologische Untersuchungen werden wohl die Erklärung für die originelle Form der elektrischen Degenerationsreaction liefern, die von Trgshecesky beschrieben wurde und theilweise durch eine organische Veränderung der Vorderhörner bedingt wird. Die neuen Ansichten, die von diesem Autor in dieser Frage aufgestellt werden, verlangen selbstverständlich noch weitere specielle und ausführliche Untersuchungen.

---

Wir erlauben uns auf Grund unserer Arbeit folgende allgemeine Schlussfolgerungen zu ziehen:

1. Die collateralen Zweige der einzelnen hinteren Wurzeln sind ungleich lang und ungleich dicht gelagert und sind in ihrem Rückenmarkstheil ungleich vertheilt. Die bedeutendste Länge und Dichtigkeit besitzen sie in derjenigen Etage, in der sich die betreffende hintere Wurzel, nachdem dieselbe in das Rückenmark eingedrungen ist, in zwei Arme theilt; die ersten, vom aufsteigenden Arm ausgehenden Branchen erweisen sich als die längsten und die am dichtesten angeordneten. In der Richtung nach oben und unten hin nimmt die Zahl und die Länge der Collateralen schnell ab.

2. Die Durchschneidung der hinteren Wurzeln zwischen dem Spinalganglion und dem Rückenmark kann von einer Reihe von Veränderungen im homologen sensiblen System in den Zellen der Clarke'schen Säulen und im heterologen System im Neuron der Vorderwurzelzellen gefolgt werden. Diese Veränderungen zeichnen sich durch acute Entstehung aus und bestehen in einem Aufquellen der Zellen, in einer Auflösung der Nissl'schen Chromatinkörner, in einem Zerfall des anderen Theiles derselben und in einer Concentration der Bruchstücke dieser Körner am Kern der Zelle. Der Kern ist aufgequollen und ändert seine Configuration; zuweilen nähert er sich der Peripherie der Zelle.

3. Die beschriebenen Veränderungen der Zellelemente sind in einer wenig umfangreichen Querschicht des Rückenmarkes in derjenigen Etage localisirt, in der die collateralen Zweige der lädirten Wurzel die grösste Länge und Dichtigkeit besitzen.

4. Die Veränderung der Zellen der Clarke'schen Säulen kann einer Verminderung ihrer Thätigkeit zugeschrieben werden, die die Folge eines Mangels von Reizen war, die vor der Operation mit unfehlbarer Sicherheit von den hinteren Wurzeln aus zu denselben hingelangten. Dieses Moment hat in Bezug auf die Zellen der vorderen Wurzeln eine weit geringere Bedeutung; dennoch erhielten auch diese Zellen nach der Operation die secundären Eindrücke von der Peripherie aus nicht mehr, die sie sonst gewöhnlich erhielten und die für dieselben als nutritive Impulse dienten. Eine gewisse ätiologische Bedeutung in Bezug auf die Degeneration dieser Zellelemente muss den gesteigerten Reizen, die dieselben von der verwundeten hinteren Wurzel aus trafen, so wie den mechanischen Momenten zugeschrieben werden, die in einem Aufquellen der zerfallenden Collateralen bestanden, die auf die benachbarten Zellen drückten. Auch die allgemeine Ernährungsstörung des Organismus musste ebenfalls bei dieser Zellmetamorphose eine wichtige Rolle spielen.

5. Durch das Vorhandensein derartiger Veränderungen von Zellen erklären sich vollständig naturgemäss diejenigen Paralysen und Atrophien, die nach der Durchschneidung der hinteren Wurzeln beobachtet wurden und nur für einen höheren Grad von Ataxie bei den Thieren betrachtet wurden.

Der Umstand, dass die erwähnten Paralysen nur nach einer gleichzeitigen Durchschneidung vieler hinterer Wurzeln auftraten — während die Resection einzelner Wurzeln nur sensorische Störungen und Erscheinungen von Ataxie hervorrief — lässt sich leicht dadurch erklären, dass die afficirten Zellen in Etagen angeordnet waren. Die veränderten Zellen wurden, wenn ihre Zahl gering war, von den oberhalb und unterhalb liegenden normalen Zellen vollständig compensirt und die Paralyse trat nicht zu Tage. Bei einer grösseren Anzahl von zerstörten hinteren Wurzeln hingegen war die Zahl der Etagen mit veränderten Zellen äusserst gross und die Zellen, die compensiren konnten, befanden sich ausserdem noch im Zustande von Shock; in Folge dessen traten die Parese und die Paralysen, besonders in den ersten Tagen nach der Operation, so deutlich zu Tage.

Wenn wir zugeben, dass die Ursache der paralytischen Erscheinungen complicirt war, und dass das Auftreten der Paralyse, ausser durch sensorische Störungen, auch durch den Zustand von Depression

und Shock post operationem begünstigt wurde, wird uns die schnelle Wiederherstellung der Functionen in den paralysirten Theilen verständlich; der Shock- und Depressionszustand konnten offenbar nach kurzer Zeit verschwinden. Vielleicht trat auch eine gewisse Wiederherstellung im Organismus der einzelnen, veränderten Zellen ein und es konnte gleichzeitig hiermit ihre functionelle Fähigkeit in grösserem oder geringerem Grade wieder eintreten.

6. Die beschriebenen Veränderungen der Zellgruppen des Vorderhornes dürfen nicht zu der Kategorie der Nekrosen des Neurons gerechnet werden. Analog gleichartigen Erscheinungen bei chronischen Erkrankungen des Nervensystems in Folge von Unthätigkeit, müssen dieselben als acut entstandene Atrophien, in Folge ungenügender Function durch Verringerung der Impulse, angesehen werden. Diese Impulse kommen in Form von trophischen Reizen von homologen und heterologen Systemen her und ziehen gewohnheitsgemäss zu einem bestimmten Neuron hin.

---

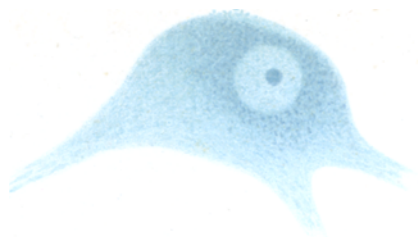


Fig. 1.

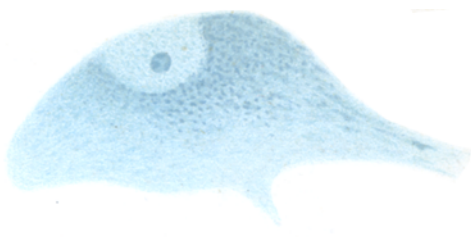


Fig. 2.

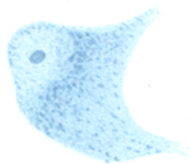


Fig. 4.

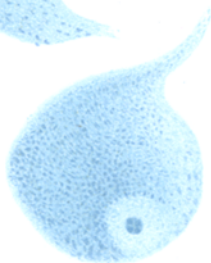


Fig. 3.

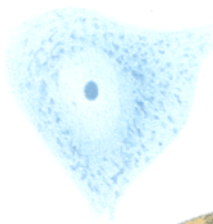


Fig. 5.

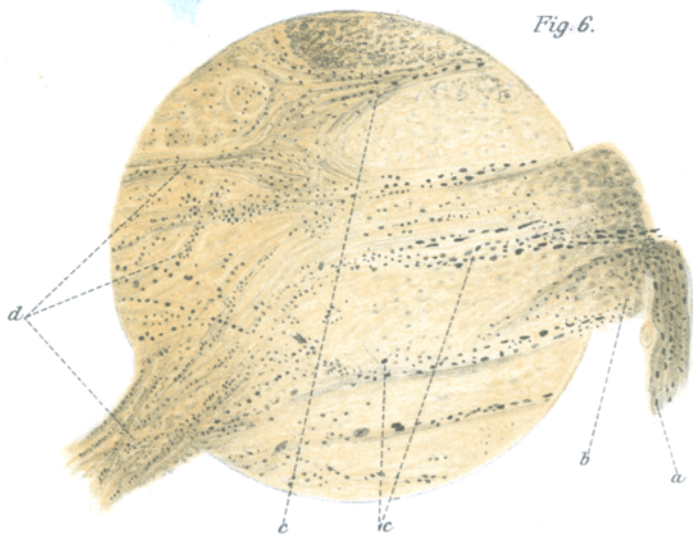


Fig. 6.