Aus dem physiolog. Institut (des Prof. Dr. Beck) der Universität Lemberg.

Zur Kenntnis der retrograden Veränderungen nach Durchschneidung vorderer (event. auch hinterer) Wurzeln.

Von

Prof. Dr. G. Bikeles.

(Mit 8 Abbildungen.)

Inhalt: I. Zur Kenntnis der anatomischen Veränderungen nach Durchschneidung vorderer Rückenmarkswurzeln. — A. Veränderungen nach Durchschneidung vorderer Rückenmarkswurzeln ohne jedwede nervöse Wiedervereinigung. — B. Veränderungen nach Durchschneidung einer vorderen Wurzel bei verzögerter Restitution. — II. Verhalten der motorischen Vorderhornzellen nach Durchquetschung oder Durchschneidung von hinteren Wurzeln. — Anhang betreffend die Regeneration hinterer Wurzeln a) nach Durchquetschung derselben; b) nach Durchquetschung derselben und hoher Amputation der korrespondierenden Extremität.

I. Zur Kenntnis der anatomischen Veränderungen nach Durchschneidung vorderer Rückenmarkswurzeln.

In den hier mitzuteilenden Versuchen wurden die Tiere (Hunde), nach Durchschneidung vorderer unterer lumbaler Rückenmarkswurzeln durch drei Monate am Leben erhalten. Der Zweck dieser längeren Erhaltungsdauer war der, um anstatt der akuten, frühzeitigen Veränderungen gerade die späteren kennen zu lernen. Um in der ziemlich langen Zwischenzeit eine Vereinigung zwischen den getrennten Stümpfen der durchschnittenen vorderen Wurzel zu verhindern, wurde von der in dieser Gegend langen vorderen Wurzel — nachdem dieselbe sehr vorsichtig vom Rückenmark abgetrennt wurde — ein ziemlich grosses Stück ausgeschnitten und mitunter auch noch der distale Stumpf mittelst Ligatur unterbunden.

Als vorzüglichste Färbemethode kam an Stelle der Nisslschen Methylenblau- oder Thioninfärbung das altbekannte Verfahren nach Böhmer — von dem wir uns überzeugten, dass es die Nisslschen Schollen resp. deren etwaigen Zerfall in einer mit der Nisslschen Methode identischen Weise zur Darstellung bringt — in Anwendung.

Ursache, weshalb an Stelle der bewährten Nisslschen Methode, welche für akute Veränderungen wohl auch die einzig zu empfehlende bleibt, ein Ersatz gesucht wurde, war der Umstand, dass es in diesen Fällen wünschenswert erschien, nebst der Struktur der Zellen zugleich

das Verhalten der Achsenzyylinder zu konstatieren¹⁾; auch sollten Schnitte für Markscheidenfärbung nach Weigert-Pal gewonnen werden²⁾. Dementsprechend wurden zur Härtung zunächst Formalin, dann Müllersche Flüssigkeit und endlich Alkohol verwendet.

A. Veränderungen nach Durchschneidung vorderer Rückenmarkswurzeln ohne jedwede nervöse Wiedervereinigung.

Versuch 1. In diesem Versuche wurde rechterseits die lumbale 6. vordere Wurzel extradural, $3\frac{1}{2}$ cm von der Eintrittsstelle ins Rückenmark entfernt, durchschnitten. Bei der nachherigen Obduktion (drei Monate

Fig. 1³⁾ links (normal).

nach stattgehabter Durchschneidung) fand sich der proximale Stumpf der durchtrennten vorderen Wurzel, mit einem mässigen Neurom endigend, an der Dura mater angewachsen; mit dem peripheren Stumpf war gar keine Verbindung vorhanden.

Mikroskopische Befunde in diesem Fall.

Zellen: In den, wie bereits erwähnt, vor allem nach Böhmer behandelten Schnitten aus dem 6. Lumbalsegment zeigen die Vorderhorn-

1) In den nach Böhmer behandelten Präparaten erscheinen auch die Achsenzyylinder (und Kerne) sehr schön gefärbt. Ein grosser Vorteil dieser Färbungsweise ist auch die bedeutende Haltbarkeit der darnach behandelten Präparate im Gegensatz zu Nisslpräparaten.

2) Nebstdem wurden noch Schnitte nach van Gieson gefärbt.

3) Erklärung der Abbildungen s. S. 206.

zellen von motorischem Typus der lateralen, zentralen (und medialen) Gruppen in Bezug auf Grösse einen frappanten Unterschied zwischen der normalen linken und der operierten rechten Seite (vgl. Fig. 1 u. 2). Diese Zellen erscheinen nämlich in allgemeinen rechts ausgesprochen kleiner¹⁾ als die identischen Zellen links. Dieser Unterschied wechselt dem Grade nach von Schnitt zu Schnitt. Während in manchen Schnitten diese Zellen rechts häufig wenigstens die mittlere Grösse von links erreichen, sind dieselben in anderen Schnitten, sei es in grosser Anzahl, sei es überwiegend oder sogar ausschliesslich, rechts kleiner selbst als die korrespondierenden Zellen mittlerer Grösse links. Rechtsseitige grosse motorische Zellen — den linksseitigen motorischen grossen Zellen gleichend —

Fig. 2 rechts (pathologisch).

finden sich nur in minimaler Anzahl, und bloss in 5 (auf 80) Schnitten waren dieselben zahlreicher vorhanden.

Bezüglich Tinktion erscheinen die motorischen Vorderhornzellen in den nach Böhmer gefärbten Schnitten rechts bedeutend blässer als die entsprechenden Zellen links. Bei stärkerer, manchmal auch schon bei schwächerer Vergrösserung lässt sich konstatieren, dass die chromatophile Substanz in den blass tingierten rechtsseitigen²⁾ Vorderhornzellen nicht —

1) Die Verkleinerung betrifft sowohl den Zelleib als auch den Kern.

2) Im linken Vorderhorn finden sich zwar auch etwa in einem $\frac{1}{4}$ aller Schnitte blass tingierte Zellen, doch mit Ausnahme von 5 Schnitten nur in sehr geringer Anzahl. Die chromatophile Substanz in den linksseitigen blassen Vorderhornzellen ist nur ziemlich selten eine deutlich feinkörnige; auch er-

wie gewöhnlich — eine grobschollige, sondern eine feinkörnige ist. Größere Schollen finden sich nicht selten einzig an der äussersten Peripherie der Zellen.

Zellen vom Aussehen einer typischen Chromatolyse sind jedoch nur ganz ausnahmsweise anzutreffen.

Hervorzuheben ist noch, dass die erwähnten blass tingierten rechtsseitigen Vorderhornzellen sehr fortsatzarm erscheinen und dass in denselben die Neuronophagie, d. i. Vorhandensein von Gliakernen (Marinesco) mit eventueller Rarefizierung des Zellkörpers bei weitem bedeutender ist als links.

Von 1882 gezählten motorischen Vorderhornzellen rechts zeigten im ganzen 83 randständige Kerne, somit in 4,41 Proz.

Eine Zählung der Vorderhornzellen, welche als zum motorischen Typus angehörend befunden wurden, ergab folgendes Verhältnis zwischen rechts und links.

	Rechts	Links
in 20 Schnitten der 1. Serie	367	443
" 20 " " 2. "	493	638
" 30 " " 3. "	767	841
" 10 " " 4. "	255	254

Zusammen (in 80 Schnitten) rechts 1882, links 2176

oder die Anzahl der motorischen Vorderhornzellen rechts beträgt 86,49 Proz. der Anzahl von links.

Im Vorigen war ein Grössenunterschied zwischen den motorischen Zellen im rechten und linken Vorderhorn angegeben. Es schien nun zweckentsprechend, für diesen Unterschied einen annäherungsweisen numerischen Ausdruck zu gewinnen. Zu diesem Zwecke wurden in 6 Schnitten die motorischen Zellen rechts und links mittelst Okular-Mikrometers (bei Objekt. 3, Okular 3 Reichert) gemessen und zwar in zwei Richtungen: erstens entlang der längsten Ausdehnung der betreffenden Zellen und zweitens in darauf senkrechter Richtung.

Das auf diese Weise erhaltene Ergebnis stellt sich folgendermassen dar:

a) Bezüglich der relativ grössten Zellen beiderseits.

	In der Längsrichtung		In der zweiten gemessenen Richtung	
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
Links (normal) in je einem Schnitt	I. 102,9 μ	I. 73,5 μ	I. 73,5 μ	I. 44,1 μ
" " " "	II. 88,2 "	II. 73,2 "	II. 54,12 "	II. 29,4 "
" " " "	III. 88,2 "	III. 73,5 "	III. 58,8 "	III. 44,1 "
" " " "	IV. 88,2 "	IV. (73,5)—58,8 μ	IV. 58,8 "	IV. (58,8)—44,1 μ
" " " "	V. 88,2 "	V. 58,8 μ	V. 63,2 "	V. 44,1 μ
" " " "	VI. 73,5 "	VI. 73,5 "	VI. 51,54 "	VI. 51,54 "

scheinen die Fortsätze dieser Zellen deutlicher, eventuell auch zahlreicher als in den blassen Zellen rechts.

	In der Längsrichtung		In der zweiten gemessenen Richtung	
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
Rechts (pathologisch) in je einem Schnitt	I. 88,2 μ	I. 58,8 μ	I. 58,8 μ	I. 34,05 μ
" " " "	II. 73,5 "	II. 66,15 "	II. 58,8 "	II. 29,4 "
" " " "	III. 73,5 "	III. 58,8 "	III. 58,8 "	III. 51,45 "
" " " "	IV. 73,5 "	IV. 58,8 "	IV. 44,1 "	IV. 36,75 "
" " " "	V. 73,5 "	V. 44,1 "	V. 51,45 "	V. 44,1 "
" " " "	VI. 58,8 "	VI. 58,8 "	VI. 44,1 "	VI. 40,43 "

b) Bezüglich der motorischen Zellen von relativ durchschnittlicher (mehr weniger mittlerer) Grösse beiderseits.

Links (normal) in je einem Schnitt	I. 73,5 μ	I. 58,8 μ	I. 44,1 μ	I. 36,75 μ
" " " "	II. 73,5 "	II. 58,8 "	II. 44,1 "	II. 29,4 "
" " " "	III. 73,5 "	III. 51,45 "	III. 44,1 "	III. 40,43 "
" " " "	IV. (66)—58,8 "	IV. 51,45 "	IV. 55,12 "	IV. 36,75 "
" " " "	V. 58,8 "	V. 51,45 "	V. 48,95 "	V. 36,75 "
" " " "	VI. 58,8 "	VI. 44,1 "	VI. 44,1 "	VI. 29,4 "
Rechts (pathologisch) in je einem Schnitt	I. 58,8 "	I. 44,1 "	I. 44,1 "	I. 36,75 "
" " " "	II. 58,8 "	II. 44,1 "	II. 44,1 "	II. 29,4 "
" " " "	III. 58,8 "	III. 36,75 "	III. 51,45 "	III. 29,4 "
" " " "	IV. 51,45 "	IV. 44,1 "	IV. 44,1 "	IV. 29,4 "
" " " "	V. 44,1 "	V. 44,1 "	V. 44,1 "	V. 36,75 "
" " " "	VI. 44,1 "	VI. 44,1 "	VI. 44,1 "	VI. 34,05 "

Die obigen Zusammenstellungen illustrieren wohl die Grössenunterschiede der beiderseitigen Zellen im allgemeinen; die Differenz im speziellen hinsichtlich der einzelnen Zellen dürfte im Folgenden veranschaulicht sein:

Typus a) links (normal)

Zellen von etwa

88,2 μ Länge	Breite	58,8 μ	hänfig;
		54,12 "	
		44,1 "	
		29,4 "	

Typus a) rechts (pathologisch)

Zellen von

88,2 μ Länge (bei 44,1 μ Breite)
nur einmal.

Typus b) links (normal)
sehr häufig Zellen von etwa

73,5 μ Länge	Breite	73,5 μ	} häufig
		63,2 "	
		58,8 "	
		51,45 "	
	Breite	44,1 "	
		40,43 "	
		36,75 "	
		29,4 "	

Typus b) rechts (pathologisch)
Zellen von etwa

73,5 μ Länge	Breite	58,8 μ	} häufiger
		51,45 "	
		44,1 "	
		34,05 "	
		29,4 "	

weniger häufig als Typus a) links.

Typus c) Zellen von etwa 58,8 μ Länge bei ungefähr gleicher Breite links wie rechts sehr häufig (rechts verhältnismässig etwas weniger).

Typus d) Zellen von

44,1 μ Länge	Breite	44,1 μ	
		40,43 "	
		33,1 "	
		36,75 "	
	Breite	34,05 "	
		29,4 "	

Nur rechts und zwar überaus häufig, $\frac{2}{3}$ der Zellen durchschnittlicher Grösse dieser Seite in diesen 6 Schnitten umfassend.

Motorische Nervenfasern. Achsenzyylinder: In allen, sei es nach Böhmer, sei es nach van Gieson gefärbten Schnitten zeigt sich konstant und ausnahmslos ein sehr auffallender Unterschied im Verhalten der motorischen Achsenzyylinder beiderseits, vor allem während ihres intramedullären Verlaufes. Im linken Vorderhorn gewahrt man innerhalb der Zellgruppen und in deren Nähe, besonders an dessen vorderer Grenze, anstossend an den Vorderstrang, eine grosse Anzahl breiter (motorischer) Achsenzyylinder. Im rechten Vorderhorn vermisst man dieselben, eventuell erscheint das Geflecht motorischer Achsenzyylinder an der vorderen Grenze des Vorderhorns bedeutend weniger dicht und die einzelnen motorischen Achsenzyylinder daselbst viel feiner (vgl. Fig. 3 u. 4, auch Fig. 1 u. 2).

Links führen die den Vorderstrang sagittal durchsetzenden Vorderwurzelbündel ebenfalls sehr dicke Achsenzyylinder; rechts enthalten dieselben nur sehr feine, locker gelagerte Achsenzyylinder (vgl. Fig. 3 u. 4). Eine Messung mittelst Okularmikrometers (bei Okular 3, Objekt. 8a Reichert) ergab bezüglich der Breite der einzelnen Achsenzyylinder der den Vorderstrang durchsetzenden Vorderwurzelfasern Folgendes: Links (normal) beträgt dieselbe wenigstens 2 kleine Teilstriche = 4,54 μ , überwiegend bis 3 solchen kleinen Teilstrichen = 6,81 μ , manchmal sogar 4 kleine Teilstriche = 9,08 μ . Rechts (pathologisch) sind die entsprechenden Achsenzyylinder überwiegend so fein, dass man dieselben bei dieser Vergrösserung gar nicht messen kann; nur manche erreichen stellenweise die Breite eines kleinen Teilstriches = 2,27 μ ; eine Dicke von über einem kleinen Teilstrich findet man überhaupt nur ausnahmsweise.

Während intramedullär der Unterschied in der Breite der motorischen Achsenzylinder schon bei sehr mässiger Vergrösserung ein ungemein auffallender ist, erscheint derselbe beträchtlich geringer, jedenfalls aber vorhanden, auf dem Querschnitt der dem Rückenmark vorne anliegenden beiderseitigen Vorderwurzeln¹⁾. Diese Achsenzylinderquerschnitte links haben weiters eine rundliche oder ovale Form, während dieselben rechts wie abgeplattet erscheinen.

Markscheidenfärbung (Weigert-Pal). Bei Färbung nach Weigert-Pal sind die Veränderungen intramedullär rechts viel weniger ausgesprochen als bei Achsenzylinderfärbung. Der Reichtum

Fig. 3 links (normal).

des Vorderhorns an Nervenfasern ist im allgemeinen rechts ebenso wie links. Das Nervenfasergeflecht an der vordersten Grenze des Vorderhorns und die den Vorderstrang durchsetzenden Vorderwurzelbündel erscheinen in fast der Hälfte der Schnitte — somit gar nicht konstant — rechts im allgemeinen quantitativ schwächer entwickelt. Die einzelnen Nervenfasern der den Vorderstrang passierenden Vorderwurzelbündel sind hingegen nur in wenigen Schnitten (der untersten Serie) rechts etwas schmaler. Eventuell ist eine solche Verschmälerung nur bei sehr starker Vergrösserung zu konstatieren.

1) Bei Messung mittelst Okularmikrometers (bei Objekt. 8a, Okul. 3) wurde erhalten für den grössten Durchmesser dieser Achsenzylinderquerschnitte links 2—3—4 (häufig) — 5 kleine Teilstriche, rechts 2—3 (häufig) — 4 kleine Teilstriche.

Extramedullär ist die rechtsseitige vordere Wurzel am Querschnitt blässer¹⁾ tingiert als die linksseitige. In der linken Vorderwurzel erreichen die Nervenfasern eventuell auch eine etwas beträchtlichere Dicke. Bei Messung mittelst Okularmikrometers (allerdings nur einer geringen Anzahl von Nervenfasern) beträgt der grösste erhaltene Durchmesser eines Nervenfaserschnittes links $18,16 \mu$, rechts nur $15,98 \mu$.

Die Breite der Nervenfaserschnitte in zwei zu einander senkrechten Durchmessern zeigt in der rechten Vorderwurzel jedenfalls eine diesbezügliche ausgesprochenere Differenz²⁾ als links.

Sehr augenfällig ist folgendes Verhalten der rechtsseitigen Vorder-

Fig. 4 rechts (pathologisch).

wurzel: Während de norma (wie übrigens hier in der linken vorderen und beiden hinteren Wurzeln) bei Weigertscher Markscheidenfärbung eben nur die Markscheide — keineswegs aber die Gegend des Achsenzylinders — sich tingiert, zeigen in der rechten Vorderwurzel fast alle Nervenfasern mit winzigen Ausnahmen auch die Achsenzylinder dunkel gefärbt (selbstverständlich trotz sorgfältigster Ent-

1) Im nachfolgenden Versuch 2 keine blässere Tinktion.

2) Links fand sich in 7 (auf 12 gemessene) Nervenfasern identische Breite zweier Durchmesser, in 4 schwankte die Differenz zwischen $1,13-2,27 \mu$ (nur einmal mehr); rechts zeigte sich identische Breite nur in einer (auf 12 gemessene) Nervenfaser, in 6 eine Differenz von $1,13-2,22 \mu$, in 5 ist die Differenz bedeutender.

färbung). Das Bild der Nervenfaserschnitte innerhalb der rechten Vorderwurzel präsentiert sich als dunkler Kreis, in dessen Zentrum (oder nicht selten auch exzentrisch gelagert) sich ein dunkler Punkt befindet (vgl. Fig. 5). Diese Färbungsweise auch der Achsenzylinder (der rechten Vorderwurzel) hat noch statt, wenn auch viel weniger häufig und fast schon sporadisch, während des intrapialen Verlaufes dieser Nervenfasern; intramedullär konnte ein solches Verhalten nicht mehr konstatiert werden.

Versuch 2. In diesem zweiten Versuche wurde rechts ebenfalls die lumbale 6. vordere Wurzel extradural, 3 cm von der Eintrittsstelle ins Rückenmark entfernt, durchschnitten; ausserdem wurde links ein Teil der lumbalen 6. hinteren Wurzel durchtrennt. Bei der nachherigen Obduktion (3 Monate und 2 Tage nach stattgehabter Durchschneidung) zeigte sich der proximale Teil der durchschnittenen rechtsseitigen Vorderwurzel mit einem stark entwickelten Neurom endigend und daselbst in einer längs der Hinterwurzel auf langer Strecke sich hinziehenden bindegewebigen Hülle eingelagert, jedoch ohne jedwede nervöse Verbindung mit dem peripheren Stumpf. (Auch in dem durchschnittenen Teil der linksseitigen hinteren Wurzel erfolgte keine Verwachsung.)

Mikroskopische Befunde in diesem zweiten Falle. Zellen: Auch in diesem Falle zeigt sich in Schnitten aus dem 6. Lumbalsegment in Bezug auf Grösse der motorischen Vorderhornzellen der lateralen, zentralen (und medialen) Gruppen ein sehr ausgesprochener Unterschied zwischen der linken und der rechten (der durchtrennten Vorderwurzel

Fig. 5.

korrespondierenden) Seite. Auch hier nämlich sind diese Zellen rechts im allgemeinen evident kleiner und betrifft dieselbe sowohl Zelleib wie Kern. Diese Differenz zwischen rechts und links bezüglich der Zellengrösse ist sehr auffallend oder sehr deutlich in 59 (auf 80 nach Böhmer gefärbten) Schnitten; ausserdem ist eine solche Differenz jedenfalls konstaterbar, wenn auch weniger hochgradig, in weiteren 11 Schnitten; zusammen also ist der erwähnte Unterschied in 70 (auf 80) Schnitten = 87,5 Proz. vorhanden. Nur in 10 (auf 80) Schnitten, in denen auch links die Vorderhornzellen nur mittlerer oder unter mittlerer Grösse sind, ist ein wesentlicher Unterschied nicht bemerkbar.

In 10 Schnitten¹⁾ wurden die motorischen Vorderhornzellen rechts wie links mittelst Okularmikrometers (bei Okular 3, Objekt. 3 Reichert) gemessen. Es ergab sich Folgendes:

1) Diese 10 Schnitte wurden sowohl den mit stärkerer als auch den mit geringerer Differenz (bezüglich Grösse der beiderseitigen Zellen) entnommen und geben dementsprechend einen Durchschnittsausdruck.

a) Links (in allen 10 Schnitten zusammen)	Rechts
Zellen von einer 6—7 kleine Teilstriche ¹⁾ betragenden Länge — 1 0	
Zellen von einer 6 kleine Teilstriche betragenden Länge — 4 0	
b) Links (in allen 10 Schnitten zusammen)	Rechts (in allen 10 Schnitten zusammen)
Zellen von 5—6 (kleiner Teilstriche) Länge — 7	je eine
Zellen von 5 (kleiner Teilstriche) Länge — 18	
c) Zellen von 4—5 (kl. Teilstr.) Länge.	
Links	Rechts

4—5	Breite	4* ²⁾	4—5	Breite	3*
		3—3,8*			2,8*
		3**			2**
Länge		2,5* + 2,33* + 2—2,66***	Länge		1,2* + 1,5*
	Breite	2***			1*
		1,8* + 1,33*			
		1**			

Zusammen (in allen 10 Schnitten) — 16, Zusammen (in allen 10 Schnitten) — 7,
 von einer Breite über 2 kl. Teilstr. von einer Breite über 2 kl. Teilstr.
 in 56,25 Proz. in 28,57 Proz.

d) Zellen von 4 (kl. Teilstr.) Länge.

Links

Rechts

4	Breite	4 (4 mal)	4	Breite	3,5*
		3—4*			3**
		3 (10 mal)			2,6**
		2,5—3** + 2,66**			2 (5 mal)
Länge		2,5* + 2,33* + 2,25**	Länge		1,66* + 1,5—2***
		2—2,8* + 2—2,6* +			1,2* + 1—1,66*
		2—2,5*			1 (4 mal)
	Breite	2 (4 mal)			
		zwischen 1—2 (5 mal)			
		1*			

Zusammen (in allen 10 Schnitten) — 36, Zusammen (in allen 10 Schnitten) — 20
 von e. Breite bis 3 kl. Teilstr. von e. Breite bis 3 kl. Teilstr.

in 47,2 %	in 15 %
„ „ „ über 2 „ „	„ „ „ über 2 „ „
in 72,2 „	in 25 „
„ „ „ gleich 1 „ „	„ „ „ gleich 1 „ „
in 2,77 „	in 20 „

1) Ein kleiner Teilstrich beträgt 14,7 μ (von einer Umrechnung wurde abgesehen, da auch so die Differenz sehr deutlich ist.

2) * bedeutet hier wie weiter unten einmal, ** = zweimal, *** = dreimal.

e) Zellen von 3—4 (kl. Teilstr.) Länge.

Links		Rechts
	Breite	Breite
	— 3,5* + 3,33* + 2—3,5*	— 3* + 2—3*
	— 3 (8 mal)	— 2,8** + 2,33—2,8*
	— 2,8* + 2,66** + 2,5**	— 2,33** + 2,2*
3—4	— 2,33** + 2,2* +	
	— 2—2,5***	Länge
Länge	— 2 (4 mal)	— 1,8** + 1,66 (4 mal)
	Breite	Breite
	— zwischen 1,5—2 (7 mal)	— 1—1,5—(1,6) (4 mal)
	— 1—1,5—(2)***	— 1***
	— 1**	

Zusammen (in allen 10 Schnitten) — 38, Zusammen (in allen 10 Schnitten) — 21

von e. Breite bis 3 kl. Teilstr.

von e. Breite bis 3 kl. Teilstr.

in 28,94 %

in 9,52 %

" " " über 2 " " in 57,89 „

" " " über 2 " " in 38,09 „

" " " gleich 1 " " in 5,26 „

" " " gleich 1 " " in 14,28 „

f) Zellen von 3 (kl. Teilstr.) Länge.

Links		Rechts
	Breite	Breite
	— 3 (8 mal)	— 3**
	— 2,66* + 2,5—3* +	— 2,66** + 2—2,66* +
	— 2—3*	— 2—2,5* + 2—3**
	— 2,5 (5 mal) + 2,33** +	
3	— 2,25*	— 2 (17 mal)
Länge	— 2 (17 mal) + 2—2,5**	Länge
	Breite	Breite
	— 1,5—2 (6 mal) +	— 1,5—2 (12 mal)
	— 1—2***	— 1—2 (6 mal)
	— 1—1,5 (5 mal)	— 1 (7 mal)
	— 1** (weitere 3 unsicher)	— unter 1*

Zusammen (in 10 Schnitten) — 57, Zusammen (in 10 Schnitten) — 51

von e. Breite über 2 kl. Teilstr.

von e. Breite über 2 kl. Teilstr.

in 36,84 %

in 15,68 %

" " " gleich 1 " " in 3,5 „

" " " gleich oder unter

(event. 8,77 „)

1 kleinem Teilstrich in 15,68 „

Während also bezüglich Vorderhornzellen, die länger als drei kleine Teilstriche sind, einer Anzahl von 120 links nur 50 rechts gegenüberstehen, ist die Zahl der Zellen von 3 kleinen Teilstrichen Länge nur um ein Geringes links grösser.

Vorderhornzellen, deren Länge weniger als 3 kleine Teilstriche beträgt und die als motorische anzusehen sind, wurden rechts (in diesen

10 Schnitten) in einer enormen Anzahl¹⁾ von 87 gezählt = 46,28 Proz. aller motorischen Zellen dieser Seite.

Was anbelangt Tinktion der rechtsseitigen motorischen Vorderhornzellen in den nach Böhmer gefärbten Schnitten aus dem 6. Lumbalsegment, so erscheinen dieselben im allgemeinen ziemlich dunkel gefärbt, eventuell fast ebenso dunkel wie die korrespondierenden linksseitigen Zellen. Nur ist der Farbenton der rechtsseitigen pathologischen Zellen ein anderer, mehr hell-blau oder grau-blau und häufig von einer glänzenden Nuance. Auch vermisst man in den rechtsseitigen pathologischen Zellen die Tigroidanordnung; vielmehr sind dieselben diffus gleichmässig gefärbt. Unter stärkerer Vergrösserung zeigt sich, dass die chromatophile Substanz innerhalb der rechtsseitigen pathologischen Zellen zwar auch ziemlich dicht gelagert, jedoch von feinkörniger Struktur ist.

Blass erscheinende Zellen (vgl. oben Versuch 1) sind hier auch rechts ziemlich selten und in minimaler Anzahl; die etwaigen blassen sind häufiger gerade grosse Zellen.

Kern und Kernkörperchen der dunkelgefärbten rechtsseitigen Zellen verhalten sich tinktionell in manchen Zellen annäherungsweise normal. Überwiegend jedoch färbt sich auch der Zellkern in verschiedenem Grade diffus dunkel. In manchen Zellen erscheint der Kern so sehr dunkel gefärbt, dass bei mässiger Vergrösserung einzig das Kernkörperchen sich abhebt.

Randständiger Kern findet sich in diesem Fall in den rechtsseitigen motorischen Vorderhornzellen ziemlich häufig, nämlich in 249 (auf 1748) Zellen; ausserdem deutliche exzentrische Kernverlagerung in weiteren 36 Zellen; zusammen also erscheint der Kern pathologisch verlagert in 285 (auf 1748) Zellen = in 16,30 Proz.

Die Zellfortsätze der rechtsseitigen Vorderhornzellen sind unzweifelhaft weniger zahlreich als links, besonders ist diese Verringerung der Zellfortsätze ersichtlich an den verkleinerten motorischen Zellen dieser Seite.

Neuronophagie ist innerhalb der rechtsseitigen pathologischen Zellen — sowohl in den dunkelgefärbten als auch in den etwaigen blassen — ausgesprochen intensiver als links.

Endlich soll noch hervorgehoben werden, dass rechts in diesem Segmente motorische Zellen von ungefähr normaler Struktur nur selten und vereinzelt sich finden.

In Gegensatz zum rechten Vorderhorn erscheinen die motorischen Zellen im linken Vorderhorn von einem vom normalen nicht wesentlich abweichenden Aussehen selbst in den Serien, in denen der durchschnittene Teil der linksseitigen Hinterwurzel die ganze Wurzel-eintrittszone okkupiert.

Eine Zählung der Vorderhornzellen, welche als zum motorischen Typus gehörend angesehen wurden, ergab folgendes Verhältnis zwischen rechts und links:

1) Links sind motorische Zellen kleiner als 3 kleine Teilstriche nur rar anzutreffen.

					Rechts	Links
In je 20 Schnitten der 1. Serie					426 Zellen	492 Zellen
"	"	20	"	2. "	444 "	483 "
"	"	20	"	3. "	423 "	435 "
"	"	20	"	4. "	455 "	489 "
Zusammen in 80 Schnitten					1748 "	1899 "

oder die Anzahl der motorischen Zellen rechts beträgt 92,04 Proz. von links.

Motorische Nervenfasern. Sowohl bezüglich Achsenzylinder¹⁾ als auch Markscheiden (intra- wie extramedullär) im grossen und ganzen identisches Verhalten wie im Versuch 1 und kann hier auf die dortigen Befunde verwiesen werden.

Die in den obigen zwei Versuchen angeführten pathologischen Befunde muss man wohl als reine, unkomplizierte retrograde (atrophische) Veränderungen infolge des Durchtrenntseins der korrespondierenden Vorderwurzeln ansehen. Etwaige direkte traumatische Schädlichkeiten als Ursache obiger Veränderungen sind in diesen Versuchen gänzlich ausgeschlossen.

Denn in einem anderen Falle, bei dem die Annahme einer traumatischen Läsion im proximalen Abschnitt der durchtrennten vorderen Wurzel alle Wahrscheinlichkeit für sich hat, ist das Ergebnis ein ganz abweichendes. Es findet sich nämlich daselbst auf der Seite der durchschnittenen Vorderwurzel, kurz zusammengefasst, Folgendes: 1. Intramedullär hochgradiger Ausfall der motorischen (zur Vorderwurzel hinziehenden) Nervenfasern, stark betreffend sowohl Achsenzylinder als auch Markscheide. 2. Extramedullär ist nebst beträchtlichem Nervenfaserausfall starke Kernanhäufung innerhalb der dem Rückenmark anliegenden Vorderwurzel wahrnehmbar.

In beiden im Obigen beschriebenen Versuchen hingegen sind die Veränderungen in der dem Rückenmark direkt anliegenden Vorderwurzel mässige und ist in derselben keine in Betracht kommende Kernvermehrung bemerkbar; intramedullär wiederum sind die bei Weigert-Pal-Färbung jedenfalls sehr leichten Unterschiede betreffend die motorischen Faserbündel (auf dem Durchzug sagittal durch den Vorderstrang) beiderseits nur mit Mühe konstatierbar, nur die Atrophie der motorischen Achsenzylinder ist auf der pathologischen Seite eine sehr auffallende.

Dieses Verhalten, d. i. die so ausgeprägte Verschmälerung der motorischen Achsenzylinder, speziell auf ihrem intramedullären Ver-

1) Die motorischen Achsenzylinder sind intramedullär in diesem Falle auch links nicht von einer solchen Breite wie im Versuch 1, doch bleibt die Differenz zwischen rechts und links eine ebenso auffallende wie im vorigen Versuch.

laufe, und das Vorwalten deren retrograder Atrophie daselbst über die der Markscheiden verleihen eben diesen Befunden ein besonderes Interesse und zwar um so mehr, als in diesen beiden Fällen dieser Atrophie des intramedullären Abschnitts der motorischen Achsenzylinder eine solche der motorischen Vorderhornzellen parallel läuft. In beiden Versuchen findet sich nämlich auf der Seite der durchschnittenen vorderen Wurzel eine ausgesprochene Atrophie der motorischen Vorderhornzellen dieses Segmentes mit Schwund der Nisslischen Schollen, an deren Stelle sich nur noch feinkörnige chromatophile Substanz in grösserer (Fall 2) oder geringerer (Fall 1) Menge findet. Dass die Quantität der feinkörnigen chromatophilen Substanz in beiden Fällen eine verschiedene ist, wird nicht befremden, wenn man erwägt, dass es nicht ohne Einfluss sein dürfte, ob der proximale Teil der durchtrennten Vorderwurzel das eine Mal (Fall 1) mit der Dura verwachsen und ohne jede Möglichkeit einer Regeneration ist, das andere Mal (Fall 2) mit dem peripheren Stumpf wenigstens durch eine bindegewebige Brücke verbunden ist. Massgebend für die Art der Veränderungen ist jedenfalls einzig und allein der Umstand, dass die motorischen Nervenfasern in geringer Entfernung von ihren Ursprungszellen im Rückenmark durchtrennt geblieben sind und dass nur noch ein minimaler Bruchteil von der langen Nervenfaser¹⁾ ihren Zusammenhang mit der Zelle beibehielt.

Retrograde Atrophie von motorischen Ganglienzellen ist in der Literatur²⁾ bereits verzeichnet. Ich erwähne hier nur die diesbezüglichen Befunde von Darkschewitsch (Neur. Zentralbl. 1892) nach Läsion (nach Ausreissen, „ein wenig schwächer“ auch nach Unterbindung oder Resektion) des Facialis und Hypoglossus; besonders aber die schönen Ergebnisse von Marinesco (Neurol. Zentralbl. 1898) nach Ausreissung und (Journal de Neurologie: „Recherches cytométriques“, Separatabdruck 1901) auch nach Resektion des Hypoglossus. Veränderungen nach Nervenausreissung sind allerdings in erster Reihe als direkt traumatische (vgl. Raimann l. c.) und nicht als retrograde aufzufassen; jedenfalls aber dürften wir es mit wirklichen retrograden Folgezuständen zu tun haben in Fällen von Nervenresektion, soweit nicht gewichtige Gründe für deren traumatische Herkunft sprechen.

1) Dieser letztere Umstand wird ebenfalls überall vorausgesetzt, wo im Folgenden von einer Läsion in der Nähe der Ursprungszellen die Rede sein wird.

2) Die Gesamtliteratur, betreffend retrograde Veränderungen, ist ausführlich zusammengestellt von Raimann „Zur Frage der retrograden Degeneration“ (Jahrbücher f. Psychiatrie u. Neurol. Bd. 19) und bereits früher von Klippel und Durante (Revue de Méd. 15).

Völlig ausgeschlossen ist aber jedwede Komplikation — wie bereits auseinandergesetzt — in unseren im Obigen beschriebenen Fällen, und pflichten wir in dieser Beziehung vollständig Marinesco (*Journal de Neurologie* l. c.) bei, dass nämlich für die retrograde Veränderung der Kernzellen der Ort der Durchschneidung von grossem Einfluss ist, „je näher dem Ursprungskern, desto grösser die Chancen einer Atrophie dieser Kernzellen“.

Während eine retrograde Atrophie von motorischen Kernzellen, auch mit Schwund der Nisslschen Schollen (oder wie Marinesco sich ausdrückt, ohne Reparation) also bereits beobachtet und beschrieben wurde, findet sich — soweit mir bekannt — in der diesbezüglichen Literatur keine Angabe über eine so exquisite Atrophie, speziell besonders stark betreffend den intramedullären Abschnitt der motorischen Achsenzylinder bei gleichzeitigem Überwiegen dieser Veränderung daselbst über die der Markscheide bei Anwendung der Weigertschen Färbung. Im Gegenteil hat es den Anschein, als ob retrograde Veränderungen durchgehends vor allem und am auffälligsten die Markscheiden betreffen würden. Ausdrücklich betonen dies Klippel und Durante (l. c., zitiert nach Elzholz), dass nämlich die retrograden Veränderungen (nach eigenem Wortlaute „la dégénérescence retrograde“) charakterisiert ist durch das frühzeitige Ergriffensein der Markscheiden. Dem widersprechen eigentlich auch nicht diejenigen, welche mit Klippel und Durante rücksichtlich eines etwaigen degenerativen Charakters dieses Prozesses polemisieren (Raimann l. c.; Elzholz, *Jahrb. f. Psychiat. u. Neurol.* 1898). Auch eigene Untersuchungen, betreffend retrograde Veränderungen im Hinterstrang nach einer alten Oberschenkelamputation beim Menschen (*Neurolog. Zentralbl.* 1900), ergaben, dass im Hinterstrang (ebenso wie in den in Betracht kommenden vorderen und hinteren Wurzeln) bei sehr mangelhafter oder gar fehlender Färbbarkeit der Markscheiden die Achsenzylinder sich erhalten und gut gefärbt zeigen. Angesichts dessen verdient dies oben erwähnte stärkere Ergriffensein insbesondere des intramedullären Abschnitts motorischer Achsenzylinder und deren daselbst ausgesprochenere Atrophie im Verhältnis zu der der Markscheiden Beachtung.

Es sei hier gleich bemerkt, dass es in Fig. 17 von hoher Oberschenkelamputation¹⁾ beim Tier allen Anschein hat, dass die Atrophie der motori-

1) Überall, wo in dieser Arbeit auf Ergebnisse nach hoher Oberschenkelamputation beim Tiere hingewiesen wird, betrug die Lebensdauer nach der Operation 3 Monate; auch wurden in diesen Fällen die Nerven der entsprechenden Extremität möglichst hoch ausgeschnitten.

schen Achsenzylinder in nächster Nähe der Zellen ihren Anfang nimmt. In solchen Fällen zeigt sich nämlich in gut gefärbten Präparaten ein deutlicher oder sogar auffallender Unterschied in der beiderseitigen Häufigkeit breiter (motorischer) Achsenzylinder gerade innerhalb wie in der nächsten Nähe der motorischen Zellgruppen (d. h. dieselben erscheinen daselbst auf der Amputationsseite an Zahl verringert, auch eventuell — so weit dieselben dem Verlaufe nach noch erkennbar sind — als direkt verschmälert).

Die in beiden Fällen mit grosser Sorgfalt vorgenommene Zählung der motorischen Vorderhornzellen ergab auf der Seite der durchtrennten Vorderwurzel einen Ausfall an motorischen Zellen, der in je 80 Präparaten im Fall 1 13,51 Proz., im Fall 2 7,96 Proz. der Gesamtzahl der motorischen Zellen auf der zweiten Seite beträgt. Dieser Zellausfall ist im Vergleiche mit dem Zellenuntergang nach hoher Oberschenkelamputation bei ebensolanger, d. i. 3 monatlicher Lebensdauer des Versuchstieres kein so beträchtlicher. Denn in Fällen von hoher Oberschenkelamputation — obwohl die motorischen Achsenzylinder intramedullär viel weniger gelitten haben und auch die motorischen Vorderhornzellen keine derartige Atrophie zeigen — haben wir auf der Amputationsseite einen ebensolchen oder sogar einen noch grösseren Ausfall (einmal 17,56 Proz. betragenden) an motorischen Zellen festgestellt. Der Umstand aber, dass in den in Rede stehenden zwei Fällen der Ausfall an motorischen Zellen kein beträchtlicherer ist als nach Amputation, beweist wiederum, dass jegliche traumatische Komplikation in diesen zwei Fällen von Vorderwurzeldurchschneidung aufs entschiedenste ausgeschlossen ist. Es sei hier noch darauf hingewiesen, dass schon nach jeder Nervendurchschneidung fast allgemein ein gewisser Ausfall an Zellen eingeräumt wird.

Trotzdem dass in beiden beschriebenen Versuchen so auffallende atrophische Veränderungen bezüglich Zellen und deren Achsenzylinder konstatiert wurden, ist der trophische Einfluss dieser Zellen als weiter bestehend anzusehen. In beiden Fällen findet sich nämlich am Ende des proximalen Stumpfes ein Neurom, welches im Versuch 2 sogar stark entwickelt erscheint.

B. Veränderungen nach Durchschneidung einer vorderen Wurzel bei verzögerter Restitution.

In dem, im vorigen erwähnten zweiten Versuche wurde rechts ausser der 6. auch noch die 7. lumbale vordere Wurzel durchschnitten und zwar extradural in einer Entfernung von etwa 3 cm von der Eintrittsstelle ins Rückenmark. Bei der nachherigen Obduktion (3 Monate und 2 Tage nach stattgehabter Durchschneidung) fand

sich auch hier am proximalen Stumpfe ein sehr stark (beträchtlicher, als selbst in A. II) entwickeltes Neurom, von welchem regenerierte Nervenfasern sich peripherwärts in den distalen Stumpf einer benachbarten Vorderwurzel (nämlich in den der 6.) fortsetzten.

Mikroskopische Befunde in dem hinzugehörigen (7.) Lumbalsegment:

Zellen. Auch in diesem Segment zeigen die motorischen Zellen im rechtsseitigen Vorderhorn ausgesprochene pathologische Veränderungen und finden sich daselbst motorische Zellen von ungefähr normalem Aussehen nur in minimaler Anzahl. Während aber bei dauerndem Durchtrenntbleiben einer Vorderwurzel die Veränderungen in den hinzugehörigen motorischen Zellen fast monotone waren, findet sich hier diesbezüglich eine recht bedeutende Mannigfaltigkeit vor, die im Folgenden der Reihe nach ausführlicher beschrieben werden soll.

1. Grosse¹⁾ Zellen mit deutlicher, typischer Chromatolyse — bei dauerndem Durchtrenntbleiben der Vorderwurzel nach 3 Monaten überhaupt nicht beobachtet — finden sich hier im rechten Vorderhorn in 68 (auf 80 durchmusterte) Schnitten, überwiegend in je einem Schnitt in einer Anzahl von 1—6 (am häufigsten 3), seltener bis 10. Die Gesamtzahl dieser sehr ausgesprochen chromatolytischen Zellen beträgt 229, ausserdem in 41 Zellen Chromatolyse mässigen Grades; zusammen im Verhältnis zur Zahl aller in 80 Schnitten gezählten rechtsseitigen motorischen Zellen = 9,18 Proz. Exquisit exzentrische Kernverlagerung zeigt sich in diesen Zellen ungemein häufig u. zw. ist der Kern²⁾ randständig in 121 Zellen, sehr exzentrisch in 15 Zellen und nur in 4 Zellen ist die Kernverlagerung eine mässige; in den restierenden chromatolytischen Zellen ist der Kern meist überhaupt am Schnitt nicht sichtbar. Die Zellfortsätze der chromatolytischen Zellen scheinen an Zahl verringert.

2. Grosse oder ziemlich grosse Zellen mit feinkörniger, aber dicht gelagerter chromatophiler Substanz (in über der Hälfte aller Schnitte) auf je einem Schnitt in relativ geringer Zahl (1—2—3, selten mehr) auffindbar. In manchen von diesen Zellen findet sich an der äussersten Peripherie der Zelle grobkörnige chromatophile Substanz. Exquisit exzentrische Kerne sind in diesen Zellen seltener, als in den zuvor sub 1 erwähnten, doch relativ häufiger als in der weiter unten nachfolgenden Kategorie 4.

3. Mehr oder minder grosse Zellen, in manchen Schnitten auffindbar, partiell (in einem kleineren oder grösseren Abschnitt, manchmal auch fast den ganzen Zellleib umfassend) pyknotisch, d. i. deren grobkörnige oder -schollige chromatophile Substanz erscheint daselbst sehr dicht gelagert. Solche Zellen zeigen häufig unregelmässige Konturen und haben ein fetziges Aussehen. Der Anzahl nach sind diese Zellen

1) Hierher gehören eigentlich die grössten Zellen.

2) In manchen von diesen Zellen mit randständigem Kern hebt sich der Kern vom Zellleib bloss durch einen äusseren Kontur ab, indem sonst Zellleib und Kern gleichmässig schwach tingiert erscheinen.

in einem Schnitte entweder ganz vereinzelt oder man findet höchstens deren einige.

4. Sehr häufig, in jedem Schnitte zahlreich oder sogar überwiegend vorhanden, finden sich verkleinerte, sehr pyknotische und stark dunkel gefärbte motorische Zellen. Bei mässiger Vergrösserung vermisst man in diesen Zellen jede Tigroidanordnung. Bei stärkerer Vergrösserung ist die Struktur der chromatophilen Substanz eine verschiedene: in manchen Zellen feinkörnig, in anderen grobkörnig, wieder in anderen grobschollig (immer aber dicht verlagert). Unregelmässige äussere Konturen sind auch da anzutreffen. Dunkel gefärbt ist gewöhnlich auch der Kern dieser Zellen, nicht selten so intensiv dunkel wie der Zelleib. Exzentrische Kernverlagerung ist bei diesen Zellen verhältnismässig ziemlich selten; in 60 darauf durchmusterten Schnitten fanden sich bloss 66 Zellen mit randständigem und 20 Zellen mit ausgesprochen exzentrischem Kern. Die Zellfortsätze dieser Zellen scheinen nicht vermindert.¹⁾

5. Endlich sei noch der Komplettheit wegen erwähnt, dass in einer grossen Anzahl von Präparaten vereinzelt oder einige blasstingierte Zellen sich finden.

Eine Zählung der motorischen Vorderhornzellen in 80 Schnitten ergab als Verhältnis zwischen rechts und links in diesem Segment:

		rechts	links
in je 20 Schnitten der	1. Serie	720	747
" " " " "	2. "	724	776
" " " " "	3. "	729	753
" " " " "	4. "	767	777
zusammen in 80 Schnitten		2940 Zellen	3053 Zellen,

oder die Anzahl der motorischen Zellen rechts beträgt 96,3 Proz. von links.

Im linken Vorderhorn haben die motorischen Zellen bei weitem überwiegend ein normales Aussehen, Nur ein geringer Bruchteil der linksseitigen Zellen zeigt analoge Veränderungen wie rechterseits und zwar relativ am häufigsten in Form der dort sub 4 beschriebenen als verkleinert und pyknotisch²⁾; nicht selten sieht man am Präparat auch linkerseits einige blass tingierte Zellen; Zellen mit deutlicher Chromatolyse fanden sich links im ganzen drei, deren Kern war nicht sichtbar.

1) Von den verkleinerten pyknotischen grobscholligen Zellen zu den partiell pyknotischen grösseren (unter 3 beschriebenen) einerseits, dann von den verkleinerten feinkörnigen zu den unter 2 angeführten grossen oder ziemlich grossen feinkörnigen andererseits lässt sich ein allmählicher Übergang auf finden.

2) In 40 (:80) Schnitten; in je einem Schnitte einige Zellen, in manchem mehr, sogar etwas zahlreicher. Bei stärkerer Vergrösserung sieht man, dass die chromatophile Substanz dieser linksseitigen, pyknotischen Zellen entweder grobschollig oder grobkörnig ist, während feinkörnige trotz genauester Durchmusterung nur überaus rar (nur in 4 Zellen) anzutreffen ist. Ausgesprochen exzentrischer Kern wurde links überhaupt nicht beobachtet.

Hinsichtlich Neuronophagie besteht kein prägranter Unterschied zwischen rechts und links.

Bezüglich Nervenfasern ist auch da intramedullär der Unterschied in der Breite der motorischen Achsenzyylinder beiderseits durchgehends ein sehr markanter. Rechts, d. i. auf der Seite der durchschnittenen vorderen Wurzel erscheinen die motorischen Achsenzyylinder bedeutend verschmälert, jedoch ist der Grad der Verschmälerung ein geringerer als in den unter A beschriebenen Versuchen. Hier trifft man nämlich viel häufiger motorische Achsenzyylinder an, die eine Breite von einem kleinen Teilstrich erreichen.

Die rechtsseitige motorische Vorderwurzel zeigt auch da bei Weigert-Pal-Färbung (bei guter Färbbarkeit der Markscheide) eine ganz identische Veränderung wie sub A bezüglich Mitfärbung¹⁾ der Achsenzyylinder.

Während Atrophie von motorischen Zellen einhergehend mit Schwund der Nisslschen Schollen samt Reduktion der Zellfortsätze als durchgreifende Veränderung nach Amputation von mir niemals beobachtet wurde, fanden sich hingegen Befunde analog denen in diesem letzteren Fall (d. i. Zellen mit protrahierter Chromatolyse, grosse oder kleine pyknomorphe Zellen, dann manchmal Zellen wie sub 2, besonders perinukleär) auch nach hoher Oberschenkelamputation²⁾. Obwohl aber nach hoher Amputation jede Möglichkeit einer Wiedervereinigung mit dem peripheren Stumpf von vornherein gänzlich genommen wurde und nebst den motorischen auch die sensiblen Nervenfasern betroffen sind, sind die nach hoher Amputation konstatierten analogen Veränderungen dem Grade nach leichter als in dem letzteren Fall von Vorderwurzeldurchschneidung mit nachfolgender Regeneration. Denn gerade im letzteren Falle sind die chromatolytischen Veränderungen samt Kernverlagerung im allgemeinen ausgeprägter und auffälliger,

1) In Fällen von hoher Oberschenkelamputation zeigt die dem Rückenmark anliegende Vorderwurzel (in den entsprechenden Segmenten auf der Amputationsseite) in einer beträchtlichen Minderheit der Nervenfaserschnitte innerhalb des dunkelgefärbten Markscheidenringes noch die Achsenzyylinder ebenso tief dunkel gefärbt; in den korrespondierenden hinteren Wurzeln analoger Befund, jedoch manchmal weniger Nervenfasern betreffend.

2) Es sei hier gleich bemerkt, dass in manchen Fällen von hoher Amputation die konstatierten Zellveränderungen ganz anderer Art waren, nämlich hochgradiger Mangel der chromatophilen Substanz bei gar nicht reduzierter Grösse der motorischen Zellen. Der Mangel an chromatophiler Substanz ist dann so bedeutend, dass solche Zellkörper sich eventuell sehr blass vom dunkel gefärbten Grund des Präparats abheben; die Fortsätze solcher Zellen sind zahlreich und deutliche exzentrische Kernverlagerung relativ selten. Da aber der Grund dieser verschiedenen Reaktionsweise der Zellen nach Amputation noch nicht vollständig (gewisse Bedingungen scheinen allerdings massgebend) festgestellt ist, sei nur vorläufig darauf hingewiesen.

und selbst in den pyknotisch verkleinerten Zellen erscheint die chromatophile Substanz nicht selten noch feinkörnig, während dieselbe nach Amputation in den verkleinerten pyknotischen Zellen eine grobschollige (oder wenigstens eine grobkörnige) Struktur zeigt.

In Anbetracht der so bedeutenden und sehr fortgeschrittenen regenerativen Vorgänge in dem in Rede stehenden Falle von Vorderwurzeldurchschneidung ist gewiss jedweder sich in einiger Distanz geltend machende Einfluss (wie jede andere Komplikation) von vornherein gänzlich ausgeschlossen. Wenn trotzdem in diesem Fall die Zellalteration eine beträchtlichere ist als nach hoher Amputation, beweist dies wiederum, dass für den Grad der retrograden Kernveränderung die grössere oder geringere Entfernung der stattgehabten Läsion von den Ursprungszellen an und für sich schon (vergl. oben) von massgebender Bedeutung ist.

Andererseits spricht der Umstand, dass nach hoher Oberschenkelamputation die überwiegendste Veränderung sich in Form pyknotischer — grobschollige (seltener grobkörnige) chromatophile Substanz führender — auch grosser Zellen präsentieren kann, entschieden zu gunsten der Ansicht von van Gehuchten u. a., wonach der Reparationsprozess nach stattgehabter Chromatolyse von dem nachfolgenden Regenerationsvorgang des Axons, d. i. von der Wiedervereinigung mit dem peripheren Stumpf prinzipiell unabhängig ist.

Es braucht dabei gewiss nicht erst hervorgehoben zu werden, dass pyknomorphe Zellen von grobscholliger Struktur und mit zahlreichen Fortsätzen, wenn auch verkleinert, nicht der Ausdruck einer eigentlichen Atrophie sind; wahre Zellenatrophie charakterisieren ausschliesslich Veränderungen, wie sie oben (sub A) beschrieben wurden, d. i. Verkleinerung der Zelle bei Schwund der Nisslschen Schollen und Verringerung der Zellfortsätze.

In einer interessanten Arbeit aus dem Obersteinerschen Institut („Arbeiten“ Bd. XIII: „Rückenmarksbefunde nach Amputationsfällen“) erwägt Orzechowski unter anderem auch die Bedeutung einer protrahierten Chromatolyse für den weiteren Fortbestand der Zelle und ist geneigt, solchen Zellen Lebensfähigkeit abzuspochen. In unseren Versuchen nun nach Durchschneidung von vorderen Wurzeln fanden sich geschwellte Zellen mit protrahierter und exquisiter Chromatolyse gerade in dem Falle, in welchem die Regenerationsvorgänge vom zentralen Stumpfe aus einen sehr bedeutenden Grad erreichten. Bei der grossen Anzahl solcher — über 9 Proz. der Gesamtzahl betragenden — Zellen würde, falls die zuvor erwähnte Annahme zutreffend wäre, die Anzahl der einer Vernichtung endlich anheimfallenden Zellen auf eine enorme Quote von etwa 13 Proz. ansteigen und dies

trotz des unzweifelhaften weiteren Fortschreitens der bereits vorhandenen Regeneration, oder der Ausfall an Zellen müsste fast denselben Grad erreichen wie im Falle I (A) nach Verwachsung des proximalen Stumpfes mit der Dura; dies ist aber von vornherein sehr unwahrscheinlich.

Das Vorkommen von grossen Zellen mit dichtgelagerter, aber feinkörniger chromatophiler Substanz ist mir sonst aus der Literatur — soweit zugänglich gewesen — nicht bekannt.

Der Umstand, dass in manchen dieser Zellen der periphere Rand grobschollige Struktur zeigt (wie auch, dass bei ähnlichem Befund nach hoher Amputation die feinkörnige Substanz — wie erwähnt — eine perinukleäre Lage einnimmt), weist darauf hin, dass derartige Zellen gelegentlich auch einen Übergang von dem chromatolytischen zu dem pyknotischen Stadium darstellen können. Manchmal gehen aber diese grossen Zellen von dichter und feinkörniger Struktur — statt sich in grosse pyknotische umzuwandeln — in verkleinerte feinkörnige über.

Im Widerspruch mit der im Obigen vertretenen Behauptung, wonach für die Schwere retrograder Veränderungen (= Atrophie) eine Unterbrechung der Nervenfasern in der Nähe des Kernes besonders massgebend ist, scheint eine Beobachtung von C. Mayer¹⁾ (Jahrb. f. Psychiatr. u. Neurolog. 1893) zu stehen. In diesem Falle entstand ante mortem allmählich eine totale Lähmung des linken Oculomotorius (Gesamtdauer über 10 Monate); bei der Obduktion zeigte sich der Nerv an seinem Austritt aus dem Hirnschenkel eingebettet in eine schwielige Neubildung; das periphere Stück des Nerven makroskopisch platt und grau, mikroskopisch auf dem Querschnitt „nicht eine einzige markhaltige Faser“. Die intramedullären Nervenfasern zeigten sich in diesem Falle links „von derselben Mächtigkeit wie rechts“; die Kernzellen waren sehr pigmentreich beiderseits und einzelne Zellen scheinen zugrunde gegangen zu sein. „Diese Veränderungen sind links etwas ausgesprochenener als rechts.“ Jedoch beweist dieser Fall in angeführter Richtung eigentlich nichts. Schon Klippel und Durante (l. c., zit. nach Raimann) heben mit Recht die langsame Entwicklung des Prozesses in diesem Falle hervor, und müssen deren Folgen tatsächlich nicht identisch sein mit denjenigen nach rascher Unterbrechung. Weiter

1) Raimann (l. c. S. 54) führt dieselbe als Widerlegung der Autoren an, welche den Ort der Durchtrennung als entscheidend dafür ansehen, ob zentrale Degeneration auftrete oder nicht. Ob Raimann den Ort der Durchtrennung für hochgradige und rasche atrophische Vorgänge als ausschlaggebend anerkennt, ist nicht zu ersehen. Beim Lesen hat man den Eindruck, dass dieser Autor dem Umstande gar keine Bedeutung beilegt.

ist hervorzuheben, dass der gänzliche Mangel an markhaltigen Nervenfasern bei der Obduktion (bei einem schleichenden und nicht gar alten Kompressionsprozess) nichts darüber aussagt, wie lange schon dieser gänzliche Mangel besteht. Nebenbei sei noch bemerkt, dass die besondere Betonung des Mangels an „markhaltigen“ Fasern gar nicht geeignet ist, davon zu überzeugen, dass infolge der Kompression das Nervengewebe gänzlich (Markscheide wie Achsenzylinder) unzweifelhaft vernichtet wurde.

II. Verhalten der motorischen Vorderhornzellen nach Durchquetschung oder Durchschneidung von hinteren Wurzeln.

Das diesbezügliche Material stammt ebenfalls von Tieren (Hunden), welche die Operation an der hinteren Wurzel 3 Monate überlebten, und betrifft zunächst Versuchstiere, bei denen auf der zweiten Seite, sei es eine Durchschneidung vorderer Wurzeln, sei es u. zw. überwiegend eine hohe Amputation, vorgenommen wurde. Der Zweck dieser Kombination war der, um bei einem und demselben Tiere das Verhalten der motorischen Vorderhornzellen nach der einen und der anderen Läsion miteinander zu vergleichen.

In zwei Fällen wurden je zwei lumbale hintere Wurzeln (6. und 7.) durchquetscht u. z. beiderseits (auf der einen Seite hohe Amputation der hinteren Extremität).

In einem Falle wiederum wurden auf der einen¹⁾ Seite 3 aufeinander folgende hintere Wurzeln (6. und 7. lumb. und 1. sakr.) durchschnitten. Endlich wurde in einem Fall auf der einen²⁾ Seite ein Teil der 6. lumbalen hinteren Wurzel durchschnitten.

Das Endergebnis dieser Versuche lässt sich in Kürze folgendermassen zusammenfassen: Sowohl nach Durchquetschung als auch nach Durchschneidung von hinteren Wurzeln fehlen manchmal in den korrespondierenden Rückenmarkssegmenten jedwede Veränderungen an den Vorderhornzellen dieser Seite; während in manchen, den lädierten hinteren Wurzeln entsprechenden Segmenten sich eine verhältnismässig sehr geringe Anzahl veränderter Vorderhornzellen dieser Seite zeigen.

Beachtenswert erscheint es, dass in dem Falle von teilweiser Durchschneidung — oder Durchschneidung eines der zwei diese Hinterwurzel bildenden Bündel — der 6. lumbalen hinteren Wurzel der

1) Auf der zweiten Seite hohe Amputation der hinteren Extremität samt Nervenresektion.

2) Auf der zweiten Seite wurde die korrespondierende vordere Wurzel durchschnitten.

einen Seite die motorischen Vorderhornzellen dieser Seite gerade in diesem Segment sich überall gar nicht alteriert zeigen, selbst in der Serie, in welcher die Fortsetzung des durchschnittenen Bündels die ganze Wurzeleintrittszone einnimmt. Hingegen weisen dieselben im tieferen (7. lumbalen Segment) — in welchem die hintere Wurzel dieser Seite intakt blieb — einige Veränderungen auf. (Durchschnitten waren in diesem Fall, wie bereits erwähnt, rechts die 6. und 7. lumbalen vorderen Wurzeln, links ein Teil = ein Bündel der 6. lumbalen hinteren Wurzel.)

Mit der Frage, ob Läsionen von hinteren Wurzeln in den motorischen Vorderhornzellen desselben Segments und derselben Seite Veränderungen in Form einer Nisslschen Reaktion verursachen, befassten sich bereits mehrere Forscher, und ist das von denselben gewonnene Ergebnis ein sehr differentes. Spiller (*Journal of nerv. and mental disease* 1900), Knappe (*Zieglers Beiträge* 1901) und neulich Kopeczynski (*Polnisches Archiv f. biolog. Wissensch.* Bd. 3, 1907) vermissten nach Durchschneidung von hinteren Wurzeln bei Anwendung der Nisslschen Methode jedwede Veränderungen in den Vorderhornzellen. Hingegen fanden Veränderungen in den Vorderhornzellen Warrington (*Journal of physiology*, XXIII und XXIV), Bräunig (*Arch. f. Physiol. und Anat., physiol. Abt.* 1903) und Lapinsky (*Arch. f. Psychiatrie*, Bd. 42, 1907), jedoch in einer voneinander sehr abweichenden Weise. In den Versuchen Warringtons zeigten sich die Veränderungen der Vorderhornzellen nach Durchschneidung hinterer Wurzeln nicht konstant und betrafen speziell die posterolaterale Gruppe, während nach Lapinsky hauptsächlich die äusseren, teilweise auch die hinteren Gruppen in einem Stückchen des Segments „in einer Etage“ leiden.

Unsere Versuchstiere wurden, wie eingangs erwähnt, einerseits viel länger am Leben erhalten, als es zur Erlangung typischer chromatolytischer Veränderungen wünschenswert ist, andererseits waren dieselben kompliziert durch das Vorhandensein sehr ausgeprägter Zellveränderungen auf der zweiten Seite (infolge von hoher Amputation, event. Vorderwurzeldurchschneidung), weshalb auch unsere diesbezüglichen Resultate (nach Läsion hinterer Wurzeln) nicht ohne weiteres mit denen erwähnter Forscher verglichen werden können.

Trotz jeder Reserve aber kann hier die Bemerkung nicht unterdrückt werden, dass man nämlich beim Vorfinden von Chromatolyse motorischer Vorderhornzellen nach Hinterwurzeldurchschneidung mit der Deutung derselben als Folge der eben intendierten Hinterwurzelläsion nicht genug vorsichtig sein kann. Bei jedem Eingriff an der hinteren Wurzel können unbeabsichtigte Komplikationen an der an-

liegenden¹⁾ vorderen Wurzel auch bei grösster Vorsicht mit unterlaufen. Dies zeigt am besten folgende nachträgliche Beobachtung: Bei einem — sonst intakten — Hunde wurde eine lumbale hintere Wurzel links durchschnitten, und als das Tier 3 Monate später getötet wurde, fand sich die korrespondierende vordere Wurzel verschmälert (jedoch von gewöhnlichem Aussehen) und mikroskopisch am Rückenmark ein pyknotischer Zustand der linksseitigen Vorderhornzellen dieses Segments (bei gleicher Breite der beiderseitigen motorischen Achsenzylinder). Hätte man dieses Tier rechtzeitig getötet, würde man unzweifelhaft ausgedehnte Chromatolyse der motorischen Zellen vorgefunden haben, die man dann sehr leicht als Effekt der Hinterwurzelläsion betrachtet hätte.

Jedenfalls scheint, auch die von manchen Autoren vertretene Ansicht von der grossen Bedeutung der Reizzuleitung für den unversehrten Fortbestand selbst motorischer Zellen eine sehr übertriebene zu sein.

Selbst die interessanten Ergebnisse von Marinesco und seinen Schülern Parhon und Goldstein (Rev. neurolog. 1905, zit. nach Neurol. Zentralbl. 1905, S. 355), wonach die Veränderungen der Vorderhornzellen nach Durchschneidung des peripheren Nerven und des Rückenmarks weiter cerebralwärts (in der oberen Lumbalregion) besonders rasche und hochgradige sind, könnten möglicherweise mehr die Folge einer doppelt gesetzten Läsion (wenigstens in funktionell aufs engste zusammengehörenden Nervenfasern) als eines blossen Ausfalles an Reizen sein.

Anhang.

Im Obigen wurden zwei Versuche erwähnt, in denen die 6. und 7. lumbalen hinteren Wurzeln beiderseits durchquetscht wurden und ausserdem noch auf der einen Seite eine hohe Oberschenkelamputation samt Nervenaussschneidung statt hatte. Hauptzweck dieses Versuches war die Eruierung, ob die in den durchquetschten hinteren Wurzeln gewöhnlich zu erwartende Regeneration auf der Amputationsseite — auf welcher die Zuleitung von peripheren Reizen verhindert war — irgend wie beeinträchtigt werde. Diese Eruierung schien deshalb interessant, da auf der Amputationsseite die entsprechenden Intervertebralganglien sowohl von der Peripherie als auch vom Zentrum infolge der starken

1) Bräunig will (in einer 2. Arbeit l. c.) die von ihm gefundenen degenerativen Veränderungen in der Vorderwurzel nach Hinterwurzeldurchschneidung als Folge der Chromatolyse der motorischen Zellen hinstellen, während auch eine geradezu umgekehrte Deutung nicht von der Hand zu weisen ist.

Durchquetschung der Hinterwurzeln gleichsam ausgeschaltet worden waren und eine derartige Ausschaltung anderswo nicht leicht ausführbar ist. Das Ergebnis war aber, dass — trotz dieser Aus-

Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

schaltung und trotz einer ausgesprochenen Atrophie der Spinalganglienzellen auf der (vgl. Fig. 6 und 7) Amputationsseite — die Regeneration innerhalb der hinteren Wurzel beiderseits,

ohne jedweden Unterschied statt hat. Ausdrücklich hervorzuheben ist noch, dass diese Versuchstiere ausgewachsene, ältere Hunde waren.

Zugleich ersieht man daraus, wie vorsichtig man mit der Deutung selbst sehr ausgesprochener Veränderungen innerhalb der Spinalganglienzellen bezüglich der Pathogenese von *Tabes dorsalis* sein muss.

In den korrespondierenden Spinalganglien liess sich auf der Seite der stattgehabten Amputation ausser einer sehr fortgeschrittenen Atrophie der Zellen auch beträchtlicher Schwund (vgl. Fig. 8) der Nisslschen Schollen (besonders grössere Zellen betreffend) mit häufig exzentrisch oder randständig gelagertem Kern konstatieren; nebstdem daselbst stärkere Bindegewebswucherung und Kernanhäufung. Nichtsdestoweniger erfolgte in deren durchquetschter hinterer Wurzel eine ebensolche Regeneration wie auf der zweiten Seite und ist der trophische Einfluss derartig veränderter Spinalganglien als weiter vorhanden anzusehen.

Erklärung der Abbildungen.

Figur 1 und 2 photographische Reproduktionen¹⁾ von nach Böhmer gefärbten Präparaten, etwa 80fach²⁾ vergrössert. Dieselben zeigen Grössen- und Tinktionsunterschiede der motorischen Vorderhornzellen der linken (normalen, Fig. 1) und der rechten (pathologischen, Fig. 2) Seite im Versuch A.I.

Figur 3 und 4 photographische Reproduktionen¹⁾ von nach van Gieson gefärbten Präparaten, etwa 69fach²⁾ vergrössert. Dieselben zeigen den Unterschied bezüglich Breite der motorischen Achsenzylinder auf der linken (normalen, Fig. 3) und der rechten (pathologischen, Fig. 4) Seite in Versuch A.I.

Figur 5. Aussehen der rechtsseitigen (pathologischen) Vorderwurzel am Querschnitt bei Weigert-Päl-Färbung. Gezeichnet unter Okul. 4, Objekt. 5, Reichert. (Gezeichnet wurden zwei beieinander liegende Bündel dieser Vorderwurzel.)

Figur 6 und 7. Halbschematische Zeichnungen von nach van Gieson gefärbten Längsschnitten aus identischen Spinalganglien (6. lumbalen) desselben Tieres u. z. Fig. 6 nach Durchquetschung der entsprechenden Hinterwurzel, Fig. 7 nach Durchquetschung der korrespondierenden Hinterwurzel und hoher Amputation (samt Nerven ausschneidung). Die dunkeln Inseln bedeuten Bindegewebe. Gezeichnet unter Okul. 4, Objekt. 1 Reichert.

Figur 8. Längsschnitt aus einem Spinalganglion (7. lumb.) nach Durchquetschung dessen hinterer Wurzel und hoher Amputation (samt Nerven ausschneidung) von einem zweiten Versuchstiere. Färbung nach Böhmer, zeigt sehr blasse, verkleinerte Zellen und Kernanhäufung. Gezeichnet unter Okul. 3, Objekt. 2 Reichert.

1) Die photographische Reproduktion wurde von H. Hinterberger in Wien ausgeführt.

2) Die angegebene Vergrösserung betrifft die Originalreproduktionen, dieselben wurden aber für den Text bedeutend verkleinert.