

Über das Verhalten der Gesamtquerschnittareale der Nervenfasern im Verlauf des Nerven.

Von

Tosikazu AOKI. (青木 聰和)

Aus dem II. Anatomischen Institut der Medizinischen Fakultät zu Nagasaki.

(Direktor: Prof. J. Takagi.)

(Eingegangen am 27. Juli 1942.)

Einleitung.

Das Problem der Zahlen- und Kaliberschwankungen der Nervenfasern im Verlauf des Nerven, die schon am Stammteil des peripheren Nerven vorzufinden sind, wurde zuerst von Kashiwamura⁷⁾ (1934) unter der Leitung von Prof. Takagi zu den seitherigen eifrigen Untersuchungen unseres Instituts eingeführt. Kashiwamura⁷⁾ wies bei mehreren Nerven der Maus nach, daß die markhaltigen Nervenfasern in ihrem Verlauf immer eine ziemliche Zahlzunahme nach der Peripherie hin aufweisen. Die distalwärtige Zunahme beträgt nach ihm im Verlauf von 1 mm Länge ca. 10% von den sämtlichen Fasern. Die Vermehrung betrifft aber meist die Fasern mit kleineren Kalibern. Doch konnte er damals noch nicht die umgekehrten Verhältnisse bei den dickeren Fasern feststellen, was erst später durch Komatsu⁹⁾ (1934) und Odachi^{8) 12)} (1936) geschah. Durch die letzteren wurde die Sache in klareres Licht gebracht: nämlich erfahren die Nervenfasern in ihrem Verlauf immer wiederholte Aufteilungen und gleichzeitige Verschmälerung derselben. Ein ähnlicher Befund wurde vorher schon von Eccles und Sherrington³⁾ (1930) berichtet, obzwar die Sache etwas anders zu bewerten ist. Nämlich handelt es sich bei uns um die fortwährenden Kaliber- und Zahlenschwankungen im Nervenstamm, weit proximal vom Endorgan entfernt, während Eccles und Sherrington³⁾ das Schwergewicht auf den Unterschied zwischen dem Nervenstamm und dem Eintrittsort ins Endorgan gelegt hatten. Die letzteren bemerkten ferner, daß die Telodendrienaufzweigungen vor dem Eintritt ins Endorgan hier vorbereitet sind, während dieselbe Sachlage von den ersteren weit proximaler im Stammteil des Nerven hinaufgehoben festgestellt wurde. Die zuerst von Freud⁴⁾ (1878) und dann von Gaule⁵⁾ und Lewin⁵⁾ (1896), Bühler¹⁾ (1898), Hardesty⁶⁾ (1899), Dale²⁾ (1900) ferner untersuchten sogenannten Distalexzesse — die Faserzunahme distal vom Spinalganglion gegenüber den Wurzelfasern jenseits des Ganglions — wurde auch von Komatsu⁹⁾ (1934) bei der Katze, von Odachi und Kashiwamura⁸⁾ (1936) beim Affen genaueren Untersuchungen unterzogen; in der Folge kamen sie aber zum Schluß, daß der von Freud⁴⁾ so bezeichnete Distalexzeß auch größtenteils von der Auf-

teilung der Fasern abhängig sei, die im allgemeinen in den ganzen peripheren Bahnen nachzuweisen sind.

Das Problem wurde von Mihara¹⁰⁾ (1937) bei einigen Hirnnerven, deren Wurzel- bzw. Stammgegend, betrachtet, und zu demselben Resultat gelangt. Bei einigen Nerven wurden aber die Verhältnisse in umgekehrter Sachlage aufgefunden, nämlich wurde dabei kaum eine distalwärtige Vermehrung nachgewiesen, wie Tomonaga¹⁵⁾ (1939) beim N. vagus und Otuka¹³⁾ (1940) beim N. splanchnicus festgestellt haben. Diese Divergenz der Resultate wurde aber durch genauere mikrometrische Untersuchungen von Nisimoto¹⁴⁾ (1939) und Sasaoka¹⁴⁾ (1939) zum selben Sinne versöhnt. Die letzteren untersuchten die Variationskurve der sämtlichen Fasern von verschiedenem Kaliber bzw. deren Schwankung im Verlauf des Nerven und gaben an, daß die Zahlenschwankung — Distal- oder Proximalexzeß — nichts anderes sei als die Folge der eigentümlichen Formenschwankung der Variationskurve oder eine sekundäre Nebenerscheinung derselben. Das Prinzip ist einzig, die Folge im Zahlenwert kann jedoch einmal Ab-, ein anderes Mal Zunahme sein. So drang die Forschung immer genauer und eingehender vorwärts; inzwischen blieb aber das Verhalten der gesamten Querschnittareale der Nervenfasern, sozusagen der effektive Querschnitt der Leitungselemente, bis heute noch dahingestellt.

Die vorliegende Arbeit — vergleichende Betrachtung der gesamten Querschnittareale der sämtlichen Nervenfasern an den beiden Enden einer astlosen Strecke des Nervenstammes oder der Nervenäste — nahm ich vor, um diesem Problem näher zu treten.

Werkstoffe und Untersuchungsweisen.

Direkt nach dem Töten wurde das Tier als Ganzes mit Formalin fixiert (Injektion von 10% Formalinlösung aus A. femoralis bei der Katze, vom Herzen beim Frosch), alsdann die unten genannten Nerven in einer möglichst langen Strecke ohne Abzweigungen ausgeschnitten, an den Glasstab gebunden, weiter fixiert eine Woche lang in 10% Formalin mit Zusatz von Eisessig 2%. Dann 2 Tage gelegen in 1% Osmiumsäure. Das osmierte Stück wurde in Paraffin eingebettet und in 6 μ dicken Schnitten zubereitet.

Die tingierten Markscheiden wurden zuerst mit dem Abbeschen Zeichenapparat auf dem Papier abgezeichnet, an dem für die einzelnen Markscheiden deren innerer und äußerer Durchmesser mit Tastzirkel gemessen wurde. Unten in der Tabelle sind die äußeren Durchmesser als die Faserdicke, die inneren als die Achsenzylinderdicke angegeben.

Eigene Befunde.

Die Daten der Untersuchung stelle ich unten in Tabellenform auf.

Nerv (Tier)	Abstand zw. d. unter- suchten Punkten (cm)	zentral (z.) peripher (p.)	Anzahl d. sämtl. Fasern	Schwan- kung (%)	Gesamt- quer- schnitts- areale ($q \mu$) d. markhalt. Fasern	Schwan- kung (%)	Gesamt- quer- schnitts- areale ($q \mu$) d. Achsen- zylinder	Schwan- kung (%)
N. radialis (Katze)	4,3	z.	4600		874317		445850	
		p.	4755	+3	836802	-4.2	432046	-3
Hautast	3	z.	2517		785783		326139	
		p.	2763	+9	784212	-0.2	318964	-2,2
N. musculocut. (Katze)	4,2	z.	1065		236483		129456	
		p.	1092	+2,5	231165	-2.2	128909	-0,3
N. cut. antebr. rad.	1	z.	512		168258		87586	
		p.	555	+8	162369	-3.5	86185	-1,6
Ast f. M. biceps brach.	5,7	z.	1945		267845		155341	
		p.	2019	+3,6	263124	-1.8	152870	-1,5
N. cut. antebr. uln. (Katze)	4,4	z.	4852		1117998		480017	
		p.	5472	+12	1091169	-2.4	475217	-1
N. ulnaris (Katze)	4	z.	2015		262385		177619	
		p.	2220	+10	269310	+2.1	177264	-0,2
N. femoralis (Katze) Hautast (N. saphenus)	1	z.	3278		842962		402485	
		p.	3528	+7	824417	-2.2	400071	-0,6
Muskelast	0,6	z.	313		45687		29328	
		p.	326	+4	45510	-1	29158	-0,6
N. radialis (Frosch) Hautast	0,6	z.	175		63540		36096	
		p.	187	+6,8	62566	-3.7	35984	-1,3
Muskelast	1,3	z.	1140		186758		113037	
		p.	1191	+4,4	184517	-1.2	111229	-1,6
N. VIII (Frosch)		z.						
		p.						

(gegen d. Peripherie zu +, ab -)

Zusammenfassung mit Schlußwort.

Wie in der Tabelle ersichtlich ist, nehmen die Fasern bei allen untersuchten Nerven distalwärts in Zahl an. Der Distalüberschuß pro Längeneinheit des Nervenverlaufes ist beim Muskelast immer viel beträchtlicher als beim Hautast, was schon von Komatsu⁹⁾ u. a. bemerkt worden ist. Jedenfalls ist im Distalüberschuß keine Ausnahme vorzufinden, inzwischen nehmen die Querschnittsareale immer distalwärts ab. Eine Ausnahme ist beim N. saphenus zu ersehen, wo jedoch das Verhältnis der Vermehrung nicht mit

dem der Fasern zu vergleichen ist; die distalwärtige Zahlenzunahme erreicht bei diesem Nerven beträchtliche Werte, und infolgedessen ist der Abnahmewert nur etwas erhöht worden. Im allgemeinen betrachtet betragen die Abnahmewerte beim Achsenzylinder etwas weniger als bei den Fasern samt Markscheide. In dieser Hinsicht ist fast keine Ausnahme aufgewiesen. Man kann also die Sache mit Recht so auffassen, daß die Markscheide distalwärts sich verdünnt.

Vor allem hervorzuheben ist der merkwürdige Umstand, daß die Querschnittsareale der sämtlichen Fasern distalwärts keine Zunahme erkennen lassen, trotzdem ihre Zahl immer einen Distalüberschuß in beträchtlichem Maß aufweist. Die Abnahme des Gesamtkalibers gegen die Peripherie hin kann teilweise dem möglichen Ausfallen der Faser während des Verlaufs des Nerven — nämlich dem Vorkommen der mikroskopischen Abzweigung oder dem der interfazikulären Endigung der Fasern — zugeschrieben werden. Im Ganzen kann aber diese Annahme schwer eine allgemeine Geltung finden. Die Abnahmewerte sind bei den einzelnen Fällen nicht gleich, sie weisen unregelmäßige Schwankung auf.

Als Schluß kann man nur soviel behaupten, daß der Gesamtquerschnitt der Nervenfasern oder sozusagen das effektive Kaliber der Nerven während ihres Verlaufes keine merkliche Veränderung zeigt, trotzdem inzwischen die Faserzahl eine unverleugbare und zwar in beträchtlichem Maß eine fortwährende distalwärtige Zunahme aufweist. So teilen sich die Nervenfasern in ihrem Verlauf im Nervenbündel immer mehr und mehr, was aber im Allgemeinen keine Ab- oder Zunahme des Gesamtquerschnittes der leitenden Elemente zur Folge hat. Das effektive Kaliber des Nerven bleibt in seinem Verlauf hindurch unverändert bzw. indekreszent.

Schrifttum.

- 1) Bühler, A.: Untersuchung über den Bau der Nervenzellen. Verh. physik.-med. Ges. Würzburg **31** (1898): 285.
- 2) Dale, H.H.: On some numerical comparisons of the centripetal and centrifugal medullated nerve fibres arising in the spinal ganglia of the man. J. Physiol. **25** (1900): 196.
- 3) Eccles, J.C. and Sherrington, C.S.: Numbers and contraction-values of individual motor-units examined in some muscles of the limb. Proc. roy. Soc. Lond. Ser. B. **106** (1930): 326.
- 4) Freud, S.: Über Spinalganglien und Rückenmark der Petromyzon. Sitzber. Akad. Wiss. **78** (1878). zit. n. Hardesty.
- 5) Gaule, J. und Lewin, Th.: Über die Zahlen der Nervenfasern und Ganglienzellen in den Spinalganglien des Kaninchens. Zbl. Physiol. **15-16** (1896).
- 6) Hardesty, I.: The number and arrangement of the fibres forming the spinal nerves of the frog (*rana virescens*). J. comp. Neur. **9** (1899).
- 7) Kashiwamura, T.: Über die Zahlenschwankungen der Nervenfasern im Verlauf des peripheren Nerven. Jap. J. med. Sci., Anat. **5** (1934): 163.

- 8) Kashiwamura, T. und Odachi, R.: Zahlenverhältnisse der markhaltigen Nervenfasern in den spinalen Wurzelgegend beim Formosa-Affen. *Jap. J. med. Sci., Anat.* **6** (1936):113.
- 9) Komatsu, H.: Über den Überschuß und Ausfall der Wurzelfasern beim Zusammenfließen der vorderen und hinteren Wurzel. *Jap. J. med. Sci., Anat.* **5** (1934):183.
- 10) Mihara, T.: Über die Zahlen- und Kaliberschwankung der markhaltigen Nervenfasern im Verlauf der Kaumuskelnerven (Japanisch). *Nagasaki Igk. Z. (Jap.)* **15** (1937):10.
- 11) Nisimoto, K.: Über die Kaliber- und Zahlenschwankung der markhaltigen Nervenfasern im Verlauf der peripheren Nervenäste. *Jap. J. med. Sci., Anat.* **7** (1939):373.
- 12) Odachi, R.: Über das Verhalten der Markscheide bei einigen Nerven (Japanisch). *Kaibô. Z. (Jap.)* **9** (1936):568.
- 13) Otuka, I.: Mikrometrische Studien über die Myelinisation des N. splanchnicus major bei der Katze. *Jap. J. med. Sci., Anat.* **8** (1940):111.
- 14) Sasooka, S.: Charakteristika in den Kaliberverhältnissen der Markscheide bei den Muskel-, Haut- und Gelenkäten. *Jap. J. med. Sci., Anat.* **7** (1939):323.
- 15) Tomonaga, T.: Über die Kaliber- und Zahlenverhältnisse der markhaltigen Nervenfasern in den verschiedenen Teilstrecken des N. vagus. *Jap. J. med. Sci., Anat.* **7** (1939):1.