

Aus dem Pathologischen Institut der Universität Erlangen
(Direktor: Prof. Dr. E. MÜLLER).

Zur Frage der afferenten vegetativen Fasern.

Von

H.-F. PAARMANN.

Mit 6 Textabbildungen.

(Eingegangen am 20. Januar 1950.)

Während Ursprung und Verlauf der efferenten, vegetativen Fasern weitgehend geklärt ist, herrscht in der Frage, ob es eigene afferente, vegetative Fasern gibt, noch keineswegs Klarheit.

In Übereinstimmung mit den mehr physiologisch eingestellten Autoren vertritt R. GREVING in der letzten Auflage von L. R. MÜLLERS „Lebensnerven und Lebenstriebe“ die Ansicht, daß die schmerzempfindenden, visceralen Bahnen nicht dem sympathischen, sondern dem animalen Nervensystem zuzurechnen seien. Dafür sprächen insbesondere die physiologischen Untersuchungen von SCHILF, DENNIG und STEIN, die feststellten, daß sowohl die Leitungsgeschwindigkeit als auch die Chronaxie der Schmerzfasern im N.splanchnicus die gleiche wie die cerebrospinaler, dickmyelinisierter Fasern ist. Die neurochirurgisch-klinischen Autoren dagegen, insbesondere O. FOERSTER und O. GAGEL, treten auf Grund klinischer Beobachtungen dafür ein, daß der Sympathicus auch eigene afferente, marklose Fasern führt. Hierfür sprechen besonders die starken Schmerzen, die bei mechanischer oder faradischer Reizung des Grenzstranges auftreten, das gute Ansprechen des Kausalgieschmerzes auf Resektion des Grenzstranges, ferner das Vorkommen von Neuralgien vegetativer Genese, z. B. der Ciliarneuralgie. In die gleiche Richtung weisen auch die bekannten physiologischen Ergebnisse, insbesondere O. FOERSTERS, die das Vorkommen afferenter Fasern in den vorderen Wurzeln, die zum großen Teil wohl vegetativer Natur sein dürften, sehr wahrscheinlich machen. Wenn auch ihr sicherer anatomischer Nachweis noch aussteht, so sind doch als eine wichtige Stütze hierfür die von O. GAGEL gefundenen Spinalganglienzellen in der Austrittszone der vorderen Wurzeln und in den vorderen Wurzeln selbst anzusehen.

Um diese wichtige Frage einer Klärung näherzubringen, untersuchte ich auf Veranlassung von Herrn Prof. O. GAGEL sympathische Grenzstrangganglien auf Zellen vom Spinalganglienzelltyp, d. h. also auf pseudounipolare Zellen, wie sie in spinalen Ganglien vorkommen.

Die bisherigen Beobachtungen ergaben kein sicheres Resultat, lediglich wurden selten einmal uni- oder bipolare Zellen gefunden. Ob es sich hierbei um Zellen eines bestimmten Typs handelt oder um jugendliche Elemente (STÖHR jr.), ist nicht sicher zu sagen. PALUMBI sieht in ihnen Zellen von unvollkommener Differenzierung, da er sie in fortgeschrittenem Alter seltener antraf; in höherem Alter könnte es sich seiner Ansicht nach um Zellen im Involutionsstadium handeln. Seiner Meinung nach lassen sie sich stets von Zellexemplaren des Spinalganglientyps unterscheiden.

Eine morphologische Trennung efferenter, vegetativer und sensibler Zellen suchte KISS in den cerebrospinalen und sympathischen Ganglien mit Hilfe der Osmiummethode durchzuführen. Er stellte in den ersteren 1. dunkle, kleine, multipolare Zellen fest, denen er autonome, efferente Funktion zusprach, sowie 2. helle Zellen, von denen die größeren somatosensibel und die kleineren viscerosensibel sein sollten. In den autonomen Ganglien fand er nur die dunklen, multipolaren und die kleinen, hellen, viscerosensiblen Zellen. Bestätigung fanden diese Beobachtungen durch GELLÉRT und BACSICH (1933), sowie BLAIR und DAVIES. BACSICH (1932) nahm wegen der verschiedenen Reaktionsweise der Zellen auf Osmiumverbindungen eine besondere biochemische Konstitution an. Die dunklen Zellen seien lipoidreicher und färben sich daher dunkler. Diese Ansicht stieß jedoch auf starke Kritik, insbesondere von LEVI, FISHER und RANSON, TERNI u. a. Diese Autoren weisen darauf hin, daß es bei der Osmiummethode zu Schrumpfungen kommt und die unregelmäßige Form der Zellen der wahre Grund für die Multipolarität sei; ferner, daß eine Unterscheidung der Zellen nach Größe und Tönung nicht möglich sei. Letztere sei vielmehr durch verschiedene Anordnung der neurofibrillären Substanz und des Tigroids bedingt und lasse keinen Schluß auf die Funktion zu.

Eigene Beobachtungen.

Grenzstrangganglien.

Zur Untersuchung gelangten sympathische Grenzstrangganglien des Menschen im Alter von 8 bis 53 Jahren aus verschiedenen Höhen, besonders das Ganglion stellatum, ohne Rücksicht auf Geschlecht, klinische Befunde und Sektionsbefund. Die Fixierung erfolgte in neutraler Formalinlösung 1:6. Es wurden 20–30 μ dicke Gefrierschnitte angefertigt und nach der Methode von BIELSCHOWSKY-GROS behandelt.

Bei der systematischen Durchsicht der Schnitte konnten ebenfalls gelegentlich uni- und bipolare Ganglienzellen gefunden werden. Es handelte sich dabei öfters um relativ kleine, birnförmige Elemente, wie sie Abb. 1 zeigt, deren Fortsatz mit kräftigem Ursprungskegel entspringt und gelegentlich eine Strecke weit in geradem Verlauf zu verfolgen ist. Auch größere rundliche Zellen dieser Art wurden festgestellt.

Außerdem gelang es, in außerordentlich seltenen Fällen einwandfrei Zellen zu beobachten, die durch ihre große Ähnlichkeit mit Spinalgang-

lienzzellen auffielen. Sie besitzen einen rundlichen Zelleib, der von einer dichten Lage von Scheidenzellen und einer bindegewebigen Kapsel umgeben ist. Ein einziger Fortsatz entspringt mit deutlichem Ursprungskegel

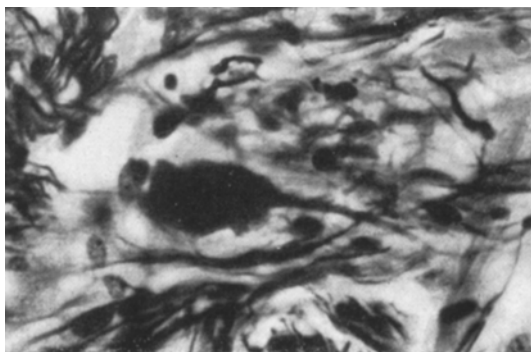


Abb. 1. Unipolare sympathische Ganglienzelle aus Sympath. Gangl. D4 (BIELSCHOWSKY-GROS, 600 \times).

und umschlingt außerhalb der Kapsel die Zelle, wie Abb. 3 zeigt. Der hier sichtbare mit kräftigem Ursprungskegel abgehende Fortsatz bildet eine hinter der Zelle liegende Schlinge, wie mikroskopisch einwandfrei feststellbar ist. Sicher handelt es sich hier nicht um eine grobe Schlinge,

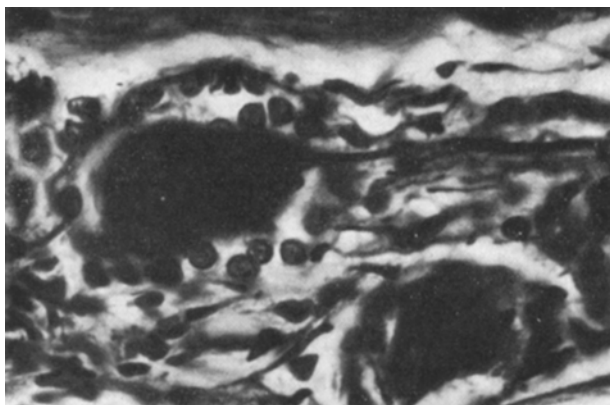


Abb. 2. Gleicher Zelltyp wie Abb. 1 aus Spinalganglion L1. (BODIAN, 600 \times).

wie sie von R. GREVING als Endgeflecht einer präganglionären Faser beschrieben wird.

Es sei betont, daß diese Befunde nur an Schnitten erhoben wurden, die eine gute und vollständige Imprägnation feinsten Fasern erkennen ließen, sodaß auch zarteste Fasern nicht übersehen werden konnten. Ferner handelt es sich um Zellen, die weder durch Faserbündel, noch durch

andere Zellen überlagert waren, so daß sie in allen Ebenen ungehindert beobachtet werden konnten. Dies sprach bei der beträchtlichen Schnittdicke sehr dafür, daß keine weiteren Fortsätze übersehen wurden und es sich um unipolare Zellen handelte.

Beurteilung.

Wenn auch dieser Befund gering ist und nicht für das gewöhnliche Vorkommen von sensiblen Ganglienzellen vom spinalen Typ spricht, so doch für die Annahme, daß derartige sensible Ganglienzellen über den Ramus communicans albus bis in den Grenzstrang gelangen können. Es erscheint uns sehr unwahrscheinlich, daß sensible Ganglienzellen vom spinalen Typ in das Grenzstrangganglion vordringen würden, wenn in diesem Abschnitt nicht auch afferente Fasern verliefen. Somit möchten wir diesen Befund als einen Hinweis für Beziehungen zwischen dem Spinalganglion und den vegetativen Ganglien deuten. Nur so ist es erklärbar, daß an dieser Stelle vereinzelte sensible Ganglienzellen vom spinalen Typ vorkommen.

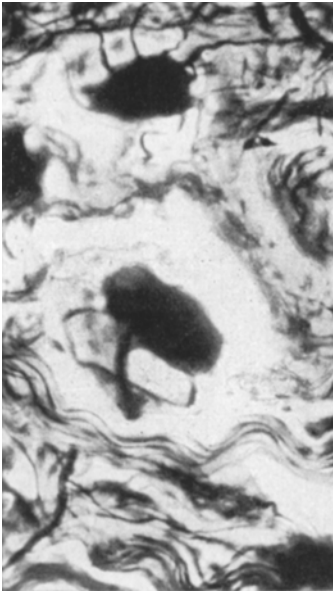


Abb. 3. Unipolare Ganglienzelle vom spinalen Typ aus dem Gangl. stell. (BIELSCHOWSKY-GROS, 400 ×).

Die daneben selten zu findenden uni- und bipolaren Ganglienzellen können sicher nicht als sensible Exemplare anerkannt werden, wenn auch gelegentlich ähnliche Elemente in Spinalganglien zu beobachten sind, wie Abb. 2 zeigt. Sie müssen als sympathische Ganglienzellen, eventuell jugendliche Elemente angesehen

werden. Wir sind dieser Fragestellung nicht besonders nachgegangen, hatten aber doch den Eindruck, daß diese Zellen, besonders die kleinen birnförmigen Elemente, in fortgeschrittenem Alter seltener sind. Dafür sprechen auch die zahlreichen Beobachtungen, daß die Zahl der Fortsätze der sympathischen Ganglienzelle keineswegs unveränderlich ist. Sie nehmen im Alter (AMPRINO, HERZOG, LASOWSKY, PALUMBI, SLAVICH, PH. STÖHR, u. a.) und auch unter pathologischen Bedingungen, wie besonders PH. STÖHR zeigte, zu und verzweigen sich; ein Vorgang übrigens, der in ähnlicher Weise an Spinalganglienzellen beobachtet wurde. Darauf soll später noch eingegangen werden. Wenn es also bei einer solchen Betrachtungsweise auch schwer fällt, von einem bestimmten Zelltyp zu sprechen, und STÖHR die sympathische Ganglien-

zelle mit ihren Fortsätzen eher als ein augenblickliches Zustandsbild ihres Entwicklungsprozesses auffaßt, so glauben wir doch, daß sich Zellen mit derartig typisch spinalem Bau nicht ohne weiteres unter die sympathischen Ganglienzellen einreihen lassen.

Spinalganglien.

Gleichzeitig wurden Spinalganglien des Menschen zum Studium der hier vorkommenden Zelltypen mit gleicher Methodik untersucht. Dabei wurde besonders auf das Vorkommen von multipolaren Zellen geachtet, um gleichzeitig noch ungelösten Problemen des spinalen Parasympathicus näherzukommen.

O. FOERSTER stellte zuerst beim Menschen fest, daß es nach Durchschneidung der hinteren Wurzel und faradischer Reizung des distalen Wurzelabschnittes zu einer Vasodilatation, Schweiß- und Piloarrektionshemmung in einem umschriebenen Hautbezirk, dem zugehörigen Schmerzdermatom, kommt. Anatomisch wurde der Beweis, daß in der hinteren Wurzel efferente, dünnmyelinisierte Fasern verlaufen, von KEN KURÉ und O. GAGEL geliefert. Letzterer konnte beim Menschen selbst bis zu 5 Jahren nach Durchschneidung der hinteren Wurzel im proximalen Wurzelabschnitt noch gut erhaltene dünne Markfasern mit deutlicher Fischflossenstruktur nachweisen. Außerdem untersuchte er den distalen Abschnitt der hinteren Wurzel bereits 1—2 Monate nach Hinterwurzel durchschneidung. Es ließen sich dabei mit der MARCHI-Methode rosenkranzförmig angeordnete, relativ kleine MARCHI-Schollen, sowie mit Scharlachrotfärbung eine deutliche, kettenförmig angeordnete, feintropfige Fettbildung nachweisen. Gleichartige Ergebnisse hatte KEN KURÉ nach Hinterwurzel durchschneidung bei Hunden, wenn auch das Intervall zwischen Durchschneidung und Tod hier nur einige Monate betrug und diese Ergebnisse deshalb nicht als so beweiskräftig angesehen werden können.

Daß die spinalen Ursprungszellen nun in der Intermediärzone zu suchen sind, wie KEN KURÉ und seine Schule auf Grund der tigrolytischen Reaktion der Zellen dieses Bereiches nach Hinterwurzel durchschneidung annehmen, ist zwar wahrscheinlich, aber noch nicht völlig gesichert. Die Untersuchungen von O. GAGEL und O. FOERSTER zeigten nämlich, daß es nach Durchschneidung außerdem noch zu einer gleichen Veränderung der motorischen Vorderhornzellen und namentlich der CLARKESchen Säule 2 Segmente oral kommt. Besonders letzteres ist dafür beweisend, daß hier eine transneuronale Degeneration vorliegt, und läßt die Frage, ob es sich bei der Veränderung der Intermediärzellen wirklich um eine retrograde Reaktion handelt, noch offen, denn ein Zug an den vorderen Wurzeln kann sich nicht an diesen Zellen auswirken.

Die weitere Frage ist nun, ob diese über die hintere Wurzel austretenden Fasern direkt zu ihrem Erfolgsorgan ziehen, oder ob sie im Spinal-

ganglion eine Synapse haben. Ist letzteres der Fall, so könnte man hier für derartige vegetative, efferente Funktionen multipolare Zellen vom autonomen Typ erwarten.

Spinalganglienzellen mit mehreren fadenförmigen Fortsätzen, die mit einer kugelförmigen Anschwellung endigen, sind von HUBER bei Amphibien entdeckt worden. CAJAL hat sie beim Menschen gefunden und näher beschrieben. Darauf sind sie von vielen Autoren bestätigt worden.

Bei diesen atypischen Ganglienzellen handelt es sich, wie auch STÖHR jr. schreibt, um Zellen mit mehreren kurzen, teils dicken, teils sehr feinen Fortsätzen, die noch innerhalb der Kapsel enden. Sie fanden sich bei Zählungen im Alter (BIELSCHOWSKY), als auch unter pathologischen Bedingungen (DÖRING) vermehrt. BIELSCHOWSKY weist auf die in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle feststellbaren regressiven Veränderungen der Form und Struktur ihrer Zellkörper hin, denen wie bei den sogenannten „gefensterten Zellen“ progressive Erscheinungen an den Kapselzellen gegenüberstehen. Auch STÖHR jr. sieht hierin eine gleichartige pathologische Erscheinung, wie er sie unter ähnlichen Bedingungen an sympathischen Ganglienzellen beschreibt und die er als Fortsatzdisharmonie bezeichnet. Die KISSschen Ansichten, daß die mit Osmium darstellbaren dunklen, multipolaren Spinalganglienzellen efferenter, vegetativer Natur seien, wurde von BLAIR, DAVIES und BACSIÖH dahingehend modifiziert, daß sich ein Teil derselben bei Vergleich mit anderen Methoden als vieleckig („multiangular“) erwiesen hätte. Trotzdem kämen, wenn auch in wesentlich geringerer Zahl, wirkliche multipolare Zellen vor. Gegenteiliger Ansicht sind PALUMBI, der die gleichen oben erwähnten atypischen Spinalganglienzellen beschreibt, und TRUEx, der besonders ihren degenerativen Charakter hervorhebt. Diese beiden Autoren sind der Ansicht, daß im Spinalganglion keine sicheren multipolaren Zellen vom autonomen Typ vorkommen.

Auf Grund der morphologischen Untersuchungen spinaler Ganglien unter experimentellen Bedingungen sind Zellen mit vegetativen Funktionen höchstwahrscheinlich unter den kleinen Spinalganglienzellen zu suchen (O. GAGEL). Nach Durchschneidung des Ramus communicans sowie nach partieller Durchschneidung des Spinalnerven fand HIRT im Spinalganglion Zellen verschiedenster Größe tigrolytisch. Er schreibt in erster Linie den kleinen und kleinsten Zellen, wenigstens in Höhe von D₁₂ und L₁ vasokonstriktorische Einflüsse zu. KEN KURÉ, MURAKAMI und OKINAKA nehmen an, daß die kleinen Zellen, die nach Durchtrennung der hinteren Wurzel unverändert bleiben, dagegen nach Durchtrennung des peripheren Nerven oder des N. splanchnicus oder Grenzstrangresektion sich rasch verändern, als Zwischenschaltganglienzellen des Spinalparasymphicus aufzufassen sind.

Eigene Beobachtungen.

Menschliche Spinalganglien verschiedener Höhen wurden in $12\text{--}30\ \mu$ Dicke geschnitten und nach den Methoden von BIELSCHOWSKY-GROS und BODIAN behandelt. Es wurde keine Rücksicht auf klinische Beobachtungen und Sektionsbefund genommen, sondern lediglich Erkrankungen des Nervensystems, insbesondere solche der hinteren Wurzel oder des Spinalganglions selbst ausgeschlossen.

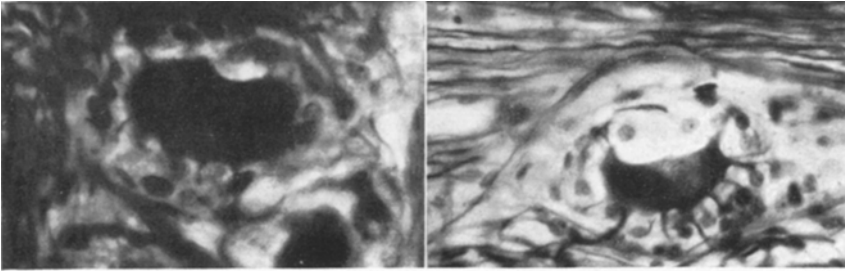


Abb. 4a.

Abb. 4b.

Abb. 4a. Atypische Spinalganglienzelle aus Spinalganglion D 9. (BIELSCHOWSKY-GROS, $600\times$).

Abb. 4b. Sympathische Ganglienzelle aus Sympath. Ganglion D 4. (BIELSCHOWSKY-GROS, $600\times$).

Die morphologischen Einzelheiten der erwähnten atypischen Zellen sind zur Genüge bekannt, so daß auf eine nähere Schilderung verzichtet werden kann. Wir fanden sie namentlich in Spinalganglien eines 57jährigen und eines 62jährigen Mannes gelegentlich. Die Zellfortsätze waren hier teils sehr dünn (Abb. 4a) und endigten zuweilen in einer feinen

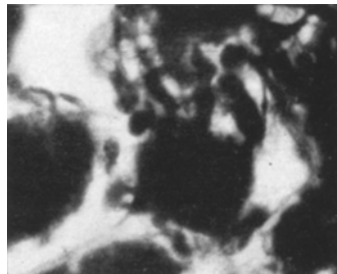


Abb. 5. Atypische Spinalganglienzelle aus Spinalganglion D 9 (BIELSCHOWSKY-GROS, $600\times$).

keulenförmigen, oder auch größeren kugelförmigen Anschwellung, teils waren es auch dicke, plumpe Fortsätze mit Varicositäten (Abb. 5). Sie wurden meist von reichlichen Kapselzellen umgeben, was besonders auffällig war, wenn sie nur von einem Pol der Zelle ausgingen, wie in Abb. 5.

Die Unterscheidung dieser Zellformen von multipolaren Zellen sympathischer Ganglien ist im allgemeinen nicht schwierig, wenn auch zugegeben werden muß, daß man in sympathischen Ganglien, namentlich

älterer Leute, oder auch unter pathologischen Bedingungen Zellen begegnet, die ganz ähnlich gestaltet sind. Abb. 6 zeigt eine derartige Zelle aus einem sympathischen Grenzstrangganglion eines 53jährigen Mannes mit Taboparalyse. Sie hat mit ihren kurzen, kolbig verdickten Fortsätzen ohne fibrilläre Differenzierung und der Kapselzellwucherung in diesem Bereiche sicher degenerativen Charakter. Ihre Ähnlichkeit mit der in Abb. 5 abgebildeten Spinalganglienzelle ist bemerkenswert. Der-

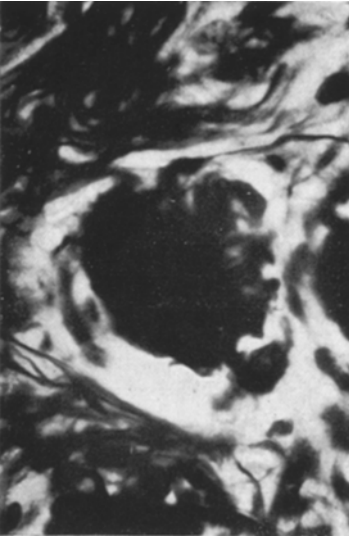


Abb. 6. Sympathische Ganglienzelle aus
Sympath. Gangl. D 2.
(BIELSCHOWSKY-GROS, 600 \times).

artige Zelltypen mit deutlichen Zeichen der Degeneration können jedoch nicht zum Vergleich herangezogen werden. Eine sympathische Ganglienzelle vom Grenzstrang des gleichen Falles (Abb. 4b) zeigt ebenfalls mit ihren zahlreichen dünnen, innerhalb der Kapsel endigenden Fortsätzen Ähnlichkeit mit der in Abb. 4a dargestellten Spinalganglienzelle. Sichere multipolare Zellen mit langen, die Kapsel durchquerenden Fortsätzen, wie sie in sympathischen Ganglien zu sehen sind, konnten wir dagegen niemals beobachten.

Zusammenfassung.

Die Untersuchung menschlicher sympathischer Grenzstrangganglien, die nach der Methode von BIELSCHOWSKY-GROS behandelt wurden, zeigt, daß hier außerordentlich selten

Zellen vorkommen, die in jeder Weise den typischen pseudounipolaren Zellen spinaler Ganglien ähneln. Dieser Befund läßt vermuten, daß derartige sensible Ganglienzellen über den Ramus communicans albus in den Grenzstrang gelangen können. Das spricht für die Annahme, die insbesondere O. FOERSTER und O. GAGEL auf Grund der klinischen Beobachtungen vertreten, daß in diesem Abschnitt wahrscheinlich auch eigene afferente, vegetative Fasern verlaufen.

In gleicher Weise wurden menschliche Spinalganglien verschiedener Höhen untersucht und hier besonders auf das Vorkommen multipolarer Zellen vom autonomen Typ geachtet. Es konnten jedoch lediglich die bekannten atypischen Spinalganglienzellen bestätigt werden. Sie können, wie gezeigt wird, sympathischen Ganglienzellen besonders älterer Leute, oder unter pathologischen Bedingungen sehr ähnlich sein. Sichere multipolare Zellen vom autonomen Typ konnten jedoch niemals gefunden

werden. Damit ist in den Spinalganglien rein morphologisch kein Anhalt für das Vorhandensein von Zellen mit efferenter vegetativer Funktion gegeben.

Literatur.

AMPRINO: C. r. Assoc. Anat. **33**, 1 (1938) (Zit. nach Stöhr). — BACSICH, P.: Mitteilungen aus dem Institut f. Anat. u. Hist. der Königl. Ungarischen Franz-Josef-Universität, Szeged (Ungarn) 1932, S. 27. — Annales d'Anat. Pathol. T. X. No. 8, p. 1117 (1933), (Zit. nach PALUMBI). — BIELSCHOWSKY, M.: Handb. d. Neurol. Bd. 1 (Springer 1935). — BLAIR, D. M., and F. DAVIES: The Lancet V. I. for 1933 p. 1113. (Zit. nach PALUMBI). — BLAIR, D. M., P. BACSICH, and F. DAVIES: Journ. of Anat. V. 70, p. 1 (1936). (Zit. nach PALUMBI). — BUMKE, O. u. O. FOERSTER: Handb. d. Neurol. Bd. 3 (Springer 1937). — CAJAL: Ergebn. Anat. Entw. **16**, 177 (1906). — DENNIG u. STEIN: Z. Biol. **88**, 404 (1929). — DÖRING: Dtsch. Z. f. Nervenheilk. **156**, 243 (1944). — FISHER, C., and S. W. RANSON: Journ. of Anat. V. 68, p. 1, (1934), (Anat. Bericht 31, 1925). — FOERSTER, O., und O. GAGEL: Z. mikr. anat. Forsch. **36**, 567. — GAGEL, O.: Z. Neur. **126**, 405 (1930); **130**, 371 (1930); **138**, 263 (1932). — GELLÉRT, A.: Annales Anat. Pathol. V. X. p. 1113, 1933. (Zit. nach PALUMBI). — GREVING, R.: Z. Anat. u. Entw. **61**, 1 (1921). — HERZOG: Klin. Wschr. 1948 Bd. 41—42. — HIRT, A.: Z. Anat. u. Entw. **87**, 275 (1928). — HUBER, G. C.: Anat. Anz. **12**, 417 (1896). — KEN KURÉ, YOSHIO NITTA, MORIMASA TSUJI, KENSAKU SHIRAISHI u. BINJI SUENAGA: Pflügers Arch. **218**, 5/6. — KEN KURÉ, MURAKAMI, OKINAKA: Z. Zellf. **22**, 54 (1935). — KISS, F.: Journ. of Anat. V. 66, p. 488, (1932) und V. 68, 131 (1933). — (Anat. Ber. **42**, 25 (1939)). — Ziegl. Btr. **92**, 127 (1933). — LASOWSKY: Virchows Arch. **279**, 464. — LEVI, G.: Anat. Anz. **75**, 287 (1932). — MÜLLER, L. R.: Lebensnerven und Lebenstrieb (Springer 1931). — PALUMBI, G.: Anat. Anz. **87**, 292 (1939). — SLAVICH, E.: Z. Zellf. **15**, 688 (1932). — STÖHR, PH.: Handb. d. mikr. Anat. d. Menschen. Bd IV/1 (1928). — Ergebn. Ant. Entw. **33**, 135 (1941). — Z. Zellf. **32**, 587 (1943); **33**, 109 (1943). — SZANTROCH, Z.: Z. Zellf. **23**, 464 (1935). — TRUEx: Amer. J. Path. **17**, 211 (1941).

Prof. Dr. O. GAGEL, (13a) Nürnberg, Lange Zeile 33 I.