

SITZUNGSBERICHTE DER DEUTSCHEN AKADEMIE
DER WISSENSCHAFTEN ZU BERLIN

Klasse für Medizin
Jahrgang 1965 Nr. 1

S. A. SARKISSOW

ÜBER EINIGE NEUE
FORSCHUNGSERGEBNISSE DER STRUKTUR
UND FUNKTIONEN DES HIRNS



AKADEMIE-VERLAG · BERLIN

1965

SITZUNGSBERICHTE DER DEUTSCHEN AKADEMIE
DER WISSENSCHAFTEN ZU BERLIN

Klasse für Medizin
Jahrgang 1965 Nr. 1

S. A. SARKISSOW

ÜBER EINIGE NEUE
FORSCHUNGSERGEBNISSE DER STRUKTUR
UND FUNKTIONEN DES HIRNS

Mit 5 Abbildungen im Text

AKADEMIE-VERLAG · BERLIN

1965

Dieser Vortrag wurde auf der Klassensitzung vom 25. Februar 1965 gehalten.
Zum Druck genehmigt am gleichen Tage, ausgegeben am 30. Oktober 1965

Erschienen im Akademie-Verlag GmbH, 108 Berlin, Leipziger Straße 3—4

Copyright 1965 by Akademie-Verlag GmbH, Berlin

Lizenz-Nr. 202 · 100/405/65

Gesamtherstellung: VEB Druckhaus „Maxim Gorki“, 74 Altenburg

Bestellnummer 2010/65/IV/1 · ES 17 C 2/3 · Preis: 2,60

SITZUNGSBERICHTE DER DEUTSCHEN AKADEMIE
DER WISSENSCHAFTEN ZU BERLIN

Klasse für Medizin
Jahrgang 1965 Nr. 1

S. A. SARKISSOW

ÜBER EINIGE NEUE
FORSCHUNGSERGEBNISSE DER STRUKTUR
UND FUNKTIONEN DES HIRNS

Mit 5 Abbildungen im Text

AKADEMIE-VERLAG · BERLIN

1965

Dieser Vortrag wurde auf der Klassensitzung vom 25. Februar 1965 gehalten.
Zum Druck genehmigt am gleichen Tage, ausgegeben am 30. Oktober 1965

Erschienen im Akademie-Verlag GmbH, 108 Berlin, Leipziger Straße 3-4

Copyright 1965 by Akademie-Verlag GmbH, Berlin

Lizenz-Nr. 202 · 100/405/65

Gesamtherstellung: VEB Druckhaus „Maxim Gorki“, 74 Altenburg

Bestellnummer 2010/65/IV/1 · ES 17 C 2/3 · Preis: 2,60

Sehr geehrte Kollegen und Freunde!

Meine Damen und Herren!

Gestatten Sie mir vor allem, meinen tiefempfundenen Dank der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin auszusprechen für die lebenswürdige Einladung sowie für die Möglichkeit, hierher zu kommen und mit einem Vortrag vor den Akademiemitgliedern der Klasse für Medizin aufzutreten.

Meine Freude und Genugtuung bei dieser Danksagung sind desto größer, weil ich in den ersten Jahren meiner wissenschaftlichen Tätigkeit auf dem Gebiete der Hirnforschung und Hirnarchitektonik sowie meine Kollegen oft in das Berliner Institut für Hirnforschung kamen, wo wir die uns interessierenden Fragen unter Leitung des hervorragenden deutschen Gelehrten O. VOGT erforschten.

Hochverehrte Kollegen! In der modernen Auffassung von komplizierten neuro-psychischen Vorgängen der Tiere und des Menschen gewinnt die Untersuchung von Struktur und Funktionen eine besondere Bedeutung im Aspekte der Hirnlokalisation sowie der Zusammenhänge zwischen der Großhirnrinde und den subkortikalen Bildungen in der Rolle eines Arbeitssystems der Sinnesorgane oder, nach I. P. PAWLOW, eines Arbeitssystems der Analysatoren. Diese Fragen gewinnen immer mehr an Bedeutung nicht nur für theoretische Konzeptionen über das Gehirn und seine Tätigkeit im allgemeinen, sondern auch für die Praxis der Kliniker und vor allem der Neuropathologen und Psychiater.

Die Fortschritte der modernen experimentellen Technik, die neuen Methoden der komplexen morphologischen, physiologischen, elektroenzephalographischen Untersuchungen haben unsere Möglichkeiten zur Erforschung der komplizierten Mechanismen der Hirntätigkeit wesentlich erweitert.

In der Auffassung der dynamischen Hirnlokalisation ändern sich unsere alten Vorstellungen über Hirnlokalisation und über sogenannte streng begrenzte „Zentren“. Das wird durch heutige Untersuchungen der experimentellen Physiologie, Elektroenzephalographie und Histochemie gefördert. Zum richtigen Verständnis des Problems der Hirnlokalisation tragen in bedeutendem Maße vieljährige Untersuchungen im Moskauer Institut für Hirnforschung auf dem Gebiete der Evolutionsmorphologie des Zentralnervensystems bei. Selbstverständlich gibt es keine Möglichkeit, alle diese Fragen in einem Vortrag anzuschneiden; deshalb habe ich meine Aufgabe beschränkt und möchte Ihnen nur einige Aspekte unserer Forschungen darlegen.

1. Über individuelle Variabilität der zytoarchitektonischen Rindenfelder der Großhirnhemisphären des Menschen;
2. über einige kortikale-subkortikale Bildungen und ihre Zusammenhänge;
3. über Versuche der funktionellen Interpretation einiger Neuronenstrukturen der Großhirnrinde.

Gestatten Sie mir, vor allem die Ergebnisse der vieljährigen Untersuchungen unserer Mitarbeiter des Instituts für Hirnforschung der Akademie der Medizinischen Wissenschaften der UdSSR anzuführen, die der Erforschung der Variabilität der architektonischen kortikalen Formationen der Großhirnrinde des Menschen gewidmet sind. An dieser großen Arbeit beteiligten sich I. N. FILIMONOW, S. A. SARKISSOW, E. P. KONONOWA, M. O. GUREWITSCH, G. I. POLJAKOFF, N. S. PREOBRASHENSKAJA, L. A. KUKUJEW, I. A. STANKEWITSCH, W. M. MINAJEWA, N. I. ZINDA und andere.

Es sei daran erinnert, daß wir bekanntlich vor diesen Untersuchungen die architektonische Karte gebraucht haben. Dieses Schema der Großhirnrinde wurde von BRODMANN, ECONOMO und den hervorragenden Gelehrten CECILIE und OSKAR VOGT in der Zyto- und Myeloarchitektonik gearbeitet und ist die Grundlage unserer und vieler anderer Untersuchungen auf diesem Gebiet. Ich möchte auch hier in Anerkennung die besonderen Verdienste von C. und O. VOGT bei der Organisation und Entwicklung der besagten Untersuchungen im Moskauer Institut für Hirnforschung mit Dankbarkeit hervorheben.

Unsere Ergebnisse gründen sich auf die Untersuchungen zahlreicher serienweise bearbeiteter Menschenhirne, was uns gewisse individuelle Besonderheiten der architektonischen Felder sowie die zwischen den Rindenfeldern bestehenden Formationen nachzuweisen ermöglichte. Die Struktur dieser Formationen als phylogenetisch Neues bietet bei der Erforschung der funktionellen Besonderheiten der Großhirnrinde gewisses

Interesse. Diese Befunde geben uns Veranlassung, über eine individuelle Variabilität der Großhirnrinde, über die strukturelle Anordnung der Rinde im Aspekt der individuellen Besonderheiten der höheren Nerventätigkeit, deren Bedeutung I. P. PAWLOW mehrmals betonte, zu sprechen.

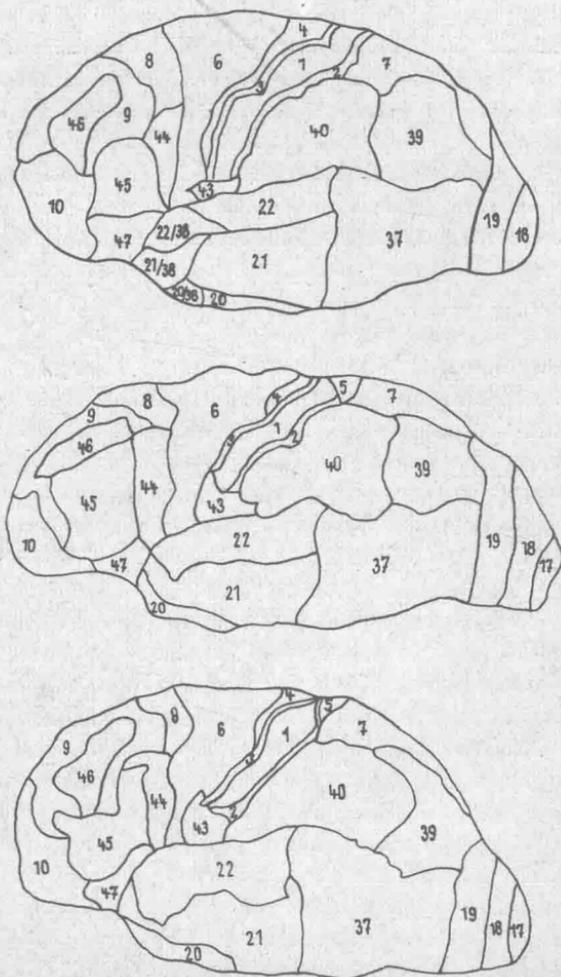


Abb. 1. Variabilität der cytoarchitektonischen Felder der Großhirnrinde des Menschen.
Laterale Oberflächen

Die Befunde der Variabilität der Rindenformationen des Gehirns haben in der Neurologie nicht nur theoretische, sondern auch praktische Bedeutung. Sie ermöglichen, quantitative und qualitative Besonderheiten der zytoarchitektonischen Felder und deren Übergangsgrenzen festzustellen.

Diese Befunde über die Variabilität der Rindenformationen haben auch unter dem Aspekt der modernen biohistochemischen Untersuchungen große Bedeutung.

Die im Moskauer Institut durchgeführten Untersuchungen über den Entwicklungsprozeß des Neokortex des menschlichen Gehirns auf verschiedenen Stufen der Ontogenese weisen auf die Gesetzmäßigkeiten der progressiven Rindenfaltung und der Entfaltung verschiedener Rindengebiete hin.

In der Ontogenese konnten auch verschiedene Entwicklungsgeschwindigkeiten der architektonischen Formationen festgestellt werden. Eine besonders komplizierte Entfaltung der Rindenstruktur findet in den phylogenetisch neuen Formationen des Kortex der Großhirnhemisphären statt. Je nach der Entwicklungsstufe der verglichenen Tierreihen sind die zentralen Teile der Analysatoren nach der Kompliziertheit der architektonischen Struktur und deren Fläche verschieden.

So beträgt z. B. die Occipitalregion bei niederen Affen im Verhältnis zur Gesamtoberfläche der Hemisphären 24% (nach FLIMONOW), bei höheren Affen 21%, bei dem Menschen 12%. Die untere Parietalregion, die in Beziehung zu den komplizierten Formen der Gehirntätigkeit steht, beträgt (nach J. SCHEWTSCHENKO) bei niederen Affen 0,4%, bei höheren Affen 3,3%, beim Menschen 7,7%. Die Frontalregion (nach E. KONONOWA) beträgt bei niederen Affen 10%, bei höheren Affen 13,5% und beim Menschen 24%.

Demgemäß wird eine Mannigfaltigkeit der architektonischen Strukturen dieser Regionen beobachtet, was selbstverständlich auf Unterschiede hinsichtlich funktioneller Mechanismen der Hirntätigkeit hinweist.

Die Resultate der in dieser Richtung durchgeführten vieljährigen Erfahrungen der Forschungsarbeiten gestatten eine neue Klassifikation der zytoarchitektonischen Rindenformationen der Großhirnhemisphären und legen damit die morphologische Basis der Interpretation komplizierter Mechanismen der dynamischen Hirnlokalisation zugrunde, indem sie sowohl gegen die englokalisierten Vorstellungen von den klassischen „Zentren“ der Hirntätigkeit als auch gegen die Konzeption der sogenannten „Äquipotentialität“ der Hirnrinde sprechen.

Zusammen mit den sehr wichtigen und umfangreichen Forschungsarbeiten über die Wechselbeziehungen zwischen den inneren Organen und der Hirnrinde des verstorbenen K. M. BYKOW, seiner Mitarbeiter und Nachfolger, haben sich zur Zeit viele experimentelle, klinische und morpholo-

gische Befunde ergeben, welche unsere Vorstellungen von den kortiko-subkortikalen Wechselbeziehungen erweitern.

Ich möchte hier mit großer Befriedigung betonen, daß die Forschungsrichtung von M. K. BYKOW und seines Arbeitskreises sehr erfolgreich auch in der DDR im Institut für kortiko-viszerale Pathologie und Therapie der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin-Buch unter Leitung des bekannten Prof. R. BAUMANN weiterentwickelt wird. Davon zeugt die vor kurzem in Berlin von diesem Institut organisierte Konferenz, an welcher Gelehrte aus verschiedenen Ländern, darunter auch aus der Sowjetunion, teilgenommen haben.

Eine kennzeichnende und wichtige Besonderheit der heutigen Entwicklungsperiode der Wissenschaft vom Gehirn ist, daß zahlreiche experimentell-morphologische und klinische Forschungen und Beobachtungen anhand objektiver Methoden allmählich erlauben, Konstruktion und Mechanismen der Tätigkeit einzelner Sinnesorgane bzw. nach PAWLOW einzelner Analysatoren wie auch die Rolle und Stellung verschiedener Hirnstrukturen, peripherer Nerven, subkortikaler Formationen und die Bedeutung der Hirnrinde bei den Lernprozessen festzustellen. Wir verfügen über zahlreiche Befunde von Struktur und Konstruktion des Analysatorensystems und seiner Verbindungen.

Die derzeitige experimentelle Technik erlaubt mit Hilfe der elektroenzephalographischen Methode (durch Anwendung chronisch eingeeilter Makro- und Mikroelektroden) bioelektrische Erscheinungen bei den Versuchstieren während der Bildung und Ausarbeitung und später beim Ablauf des gefestigten bedingten Reflexes zu registrieren.

In der letzten Zeit z. B. zeigten die Versuche an Hunden und Katzen von N. N. LJUBIMOW im Institutslaboratorium für Elektroenzephalographie, daß eine Erhöhung der Potentialfrequenz in einigen Rindenwindungen (gyr. orbitalis, sylvius anterior, cruciatus posterior und coronarius) sowie in bestimmten Kerngebieten des Hypothalamus bei der Futteraktion auftritt. Während der Futteraufnahme lassen sich diese Potentiale nur in den Rindenformationen der orbitalen und vorderen Sylvischen Windung beobachten. Mit Hilfe derselben Methode wurden Veränderungen der Potentiale unter entsprechenden Bedingungen der Reflexe sowohl im motorischen als auch im akustischen und optischen Analysator und in einzelnen Rindenschichten festgestellt (L. TROFIMOW, M. RABINOWITSCH, T. MOCHOWA und andere).

Einen bedeutenden Abschnitt nehmen die Untersuchungen der sogenannten *Formatio reticularis* und ihrer Verbindung mit einzelnen Analysatoren ein. Strukturelle Besonderheiten der retikulären Formation waren vielen

physiologischen und anatomischen Laboratorien werden die Untersuchungen der *Formatio reticularis*, ihrer Verbindungen und ihres Einflusses auf hormonale und vegetative Funktionen durchgeführt.

Trotz der recht positiven Resultate dieser Untersuchungen und ihrer Perspektivität bei der Aufdeckung der komplizierten Mechanismen der Hirnfunktionen darf man mit einer ganzen Reihe von Schlußfolgerungen nicht einverstanden sein, welche von einigen Autoren über die Rolle und Stellung der retikulären Formation in der höheren Nerventätigkeit geäußert werden. Sie sind sogar der Meinung, daß man die *Formatio reticularis* als Sitz der Seele, des Bewußtseins und des menschlichen Denkens anerkennen muß. Es besteht keine Notwendigkeit, hier nochmals Schlußfolgerungen solcher Art zu widerlegen, über die wir schon anhand unserer Resultate seinerzeit in einer vom Hirnforschungsinstitut organisierten und diesem Problem gewidmeten Konferenz gesprochen haben.

Mit Befriedigung muß man darauf hinweisen, daß in der letzten Zeit immer wieder Abhandlungen erscheinen, welche derartig fehlerhafte Konzeptionen kritisch analysieren und das Nichtvorhandensein wissenschaftlich begründeter Argumente für solche Anschauungen aufzeigen. Aber wir möchten hier dennoch eine von unserem Standpunkt aus wichtige und leider von einigen Forschern ignorierte Frage der Evolutionsgesetzmäßigkeit hervorheben. Die Erforschung der Hirnentfaltung zeigt, daß das Rindewachstum der Vervollkommnung der Verhaltensformen in der Evolution und der Komplizierung von Analyse und Synthese der auf den Organismus treffenden Reize entspricht, während sich die subkortikalen und Stammformationen im Vergleich zu diesen Prozessen bei weitem weniger ändern. Vom Standpunkt der Gesetzmäßigkeiten der Bildung der Hirnstrukturen aus stellen natürlich die subkortikalen Abschnitte ein niedriges Niveau der Integration dar, worunter auch die retikuläre Formation fällt, die zugleich für die lebenswichtigen vitalen Funktionen und für die Durchführung viszeraler und protopathischer Impulse eine erhebliche Bedeutung hat. Es ist ganz natürlich, daß eine Zerstörung oder Verletzung der *Formatio reticularis*, welche den Zugang von sehr starken Impulsen zur Rinde blockiert, zur Desorganisierung der Rindentätigkeit und zur Störung höherer Nervenfunktionen, darunter auch zur Störung des Bewußtseins, führen muß.

Aber es wäre naiv, die *Formatio reticularis* aus diesem Grunde als suprakortikales Niveau der Integration zu betrachten, wie es einige Experimentatoren zu behaupten versuchen. Die oben erwähnten und auch andere Untersuchungen heben die Wichtigkeit hervor, die retikuläre Formation (auch die anderen Formationen des zentralen Nervensystems) sowie ihre morphologischen und funktionellen Besonderheiten erstens im Aspekt der

Evolution des ZNS und zweitens im engen Zusammenhang mit dem Analytorensystem und dessen Strukturen zu betrachten. Die Ergebnisse der letzten Zeit warnen vor einer einseitigen Festlegung der Stellung der Formatio reticularis im Koordinations- und Regulationsmechanismus des zentralen Nervensystems.

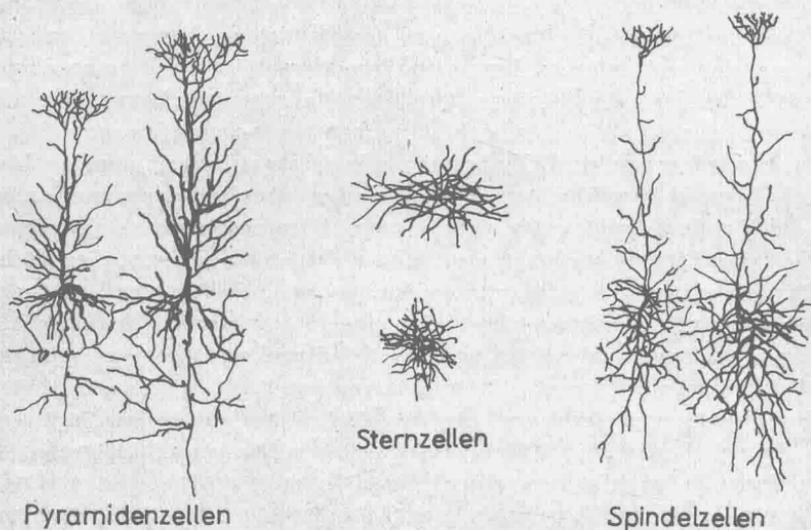


Abb. 3. Neuronen der Großhirnrinde des Menschen

Ich möchte schließlich noch eine wichtige Frage zur Erforschung und Erklärung der Mechanismen der Hirntätigkeit über feinste neuronale Strukturen und zwischenneuronale Verbindungen aufwerfen. Die Frage ist natürlich nicht neu. Sie bekommt aber in letzter Zeit, wenn man sie im Spiegel modernster und präzisester Forschungsmethoden betrachtet, eine besondere Bedeutung. Schon SCHERRINGTON nannte Verbindungen zwischen den Zellen „Synapse“, indem er die Frage dieser Verbindungen behandelte. In den letzten Jahren haben sich unsere Vorstellungen von den synaptischen Verbindungen wesentlich erweitert.

Die größte Vollkommenheit hinsichtlich der quantitativen und auch der qualitativen Vielgestaltigkeit erreichen die Neuronen in der Hirnrinde. Die Rindenzellelemente bestehen aus pyramidalen, sternförmigen und spindelförmigen Zellen. Eine wesentliche Besonderheit der Rindenzellelemente der Großhirnhemisphären besteht nicht nur in ihrer Form (pyramidal, sternförmig, spindelförmig), sondern auch in ihrem Reichtum an dendritischen

und axonischen Verzweigungen, die die höchste Vollkommenheit und Mannigfaltigkeit im menschlichen Kortex erreichen.

Unsere eigenen Resultate zeigen, daß das Dendritensystem der Neurone des Rückenmarks, die subkortikalen Abschnitte und besonders der Kortex über sogenannte „dornförmige Vorsprünge“ bzw. „Dörnchen“ verfügen, wie sie von uns genannt werden. Wir sind der Meinung, daß diese „Dörnchen“ an den Dendriten Beziehungen zu den rezeptorischen Apparaten der Zelle haben und zur Verbreitung der Kontakte zwischen den Neuronen dienen. Die Nervenzellen verschiedener Schichten sind auch durch die Besonderheiten der „Dörnchen“ an den Dendriten gekennzeichnet.

Die Neuronengeflechte in höheren Schichten der Rinde (besonders in der dritten Schicht) zeichnen sich durch größte Feinheit und Zartheit gegenüber den tieferen Schichten aus. Die oberen Schichten, die hauptsächlich zu dem Rindenassoziationssystem im Verhältnis stehen, sind phylogenetisch die neuesten, wie wir bereits weiter oben erwähnt haben. Damit im Zusammenhang haben die Neuronenelemente der oberen Rindenschichten, allen Angaben nach, eine viel feinere und viel kompliziertere strukturelle Organisation der zwischenneuronalen Verbindungen.

Erforschungen der Neuronen in der Phylo- und Ontogenese weisen ein progressives Wachstum ihrer Quantität und eine Verkomplizierung der Struktur in bezug auf die Vielgestaltigkeit der Neuronenelemente nach, welche die größte Mannigfaltigkeit in der menschlichen Hirnrinde erreichen. Einen besonderen Abschnitt dieser Untersuchungen stellen Erforschungen der Neuronenstruktur des menschlichen Gehirns in der prä- und postnatalen Ontogenese dar.

Heute kann man die Tatsache für gesichert halten, daß es zwei Haupttypen der interneuronalen Verbindungen im zentralen Nervensystem gibt; die sogenannten axo-somatischen oder terminalen und die axo-dendritischen oder kollateralen Verbindungen.

Es sei erwähnt, daß in letzter Zeit verschiedene Abhandlungen erschienen sind, in denen von dendro-dendritischen, axono-axonalen (H. VAN DER ZOOS) und axo-vasalen (B. A. DOLGOSABUROW) Verbindungen die Rede ist.

Die axo-somatischen Verbindungen sind recht gut durch eine Reihe von Fixations- und Färbemethoden untersucht (CAJAL, LEWRENTJEW, SMIRNOW, RASUMOW und andere).

Neue Untersuchungen über die Besonderheiten der Zellenstruktur und ihrer interneuronalen Verbindungen bestätigen die von uns früher festgestellten Befunde, daß es im Rückenmark und in den Stammformationen vorwiegend axo-somatische, in der Rinde aber axo-dendritische Verbindungen für die Impulsweiterleitung gibt.

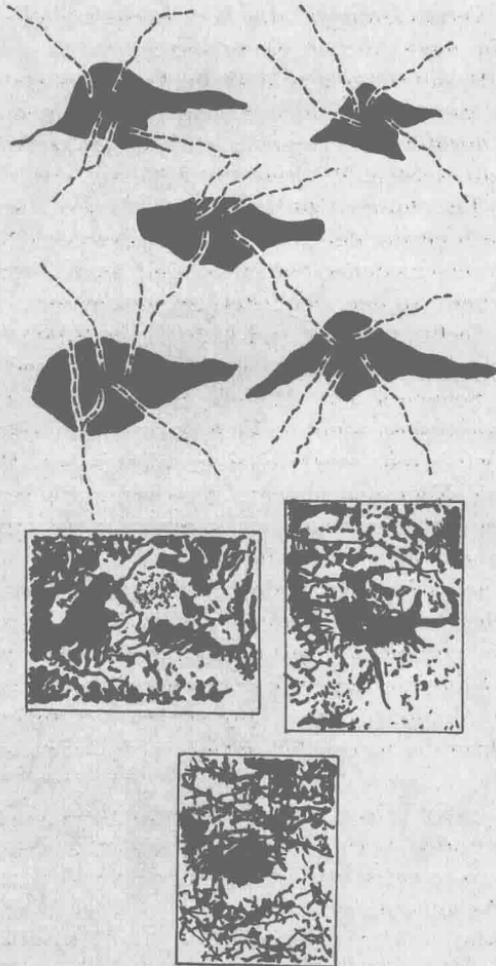


Abb. 4. Axo-somatische (terminale) Synapsen der Großhirnrinde

Diese Besonderheiten sind von uns in der Monographie „Einige Besonderheiten der Struktur der Neuronenverbindungen in der Großhirnrinde“ (1948) und auch im Referat auf dem Internationalen Physiologenkongreß in Brüssel (30. Juli bis 4. August 1956) dargelegt worden.

CHANG, GRUNDFEST und PURPURA sind der Ansicht, daß die axo-somatischen Verbindungen in der Hirnrinde Endigungen spezifischer Strukturen und die axo-dendritischen Verbindungen Endigungen unspezifischer retikulärer For-

mationen seien. Unsere Beobachtungen bestätigen diese Schlußfolgerungen noch nicht.

Die Resultate der modernen Erforschung der zwischenneuronalen Verbindungen und unsere Beobachtungen an pathologischen Fällen lassen keinen Zweifel daran, daß ohne Berücksichtigung des Charakters und des Grades der Veränderungen dieser interneuronalen Verbindungen die patho-histologischen Untersuchungen einzelner Gehirnkrankheiten nicht vollständig sein können.

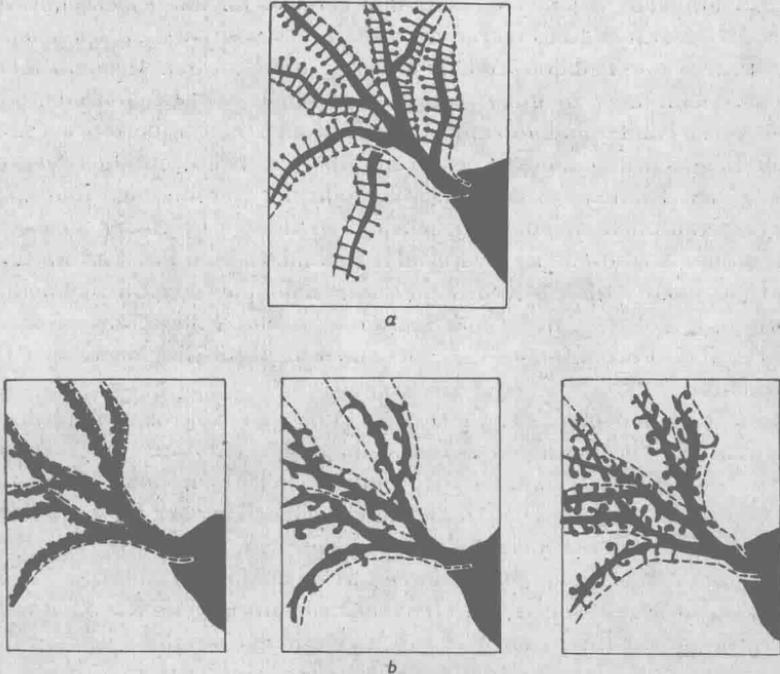


Abb. 5. Axo-dendritische (kollaterale) Verbindungen (Dendriten der Neuronen und Endigungen der Axonen auf den Dendriten der Neuronen: gestrichelt) a-Normal; b-Pathologisch

Im Lichte der modernen histo-chemischen Erforschung feinsten Neuronenstrukturen des zentralen Nervensystems gewinnen experimentelle Befunde besondere Bedeutung. Nach dem englischen Gelehrten DICKSON sind die glykolytischen Vorgänge in den Dendriten aktiver als in den Zellkörpern. Damit stimmen auch unsere Erkenntnisse überein, daß die Zellkörperoberfläche bei den an Dendriten reichen Neuronen etwa 10% der Gesamtfläche beträgt und die übrigen 90% an Dendriten selbst entfallen.

Zuletzt möchte ich sie auf die Interpretation der physiologischen Mechanismen der Spurenprozesse anhand morphologischer Angaben der Neuronenstrukturen aufmerksam machen. Den physiologischen Mechanismen der Spurenprozesse und des Gedächtnisses sowie ihrer Rolle in der Tätigkeit von Tier und Mensch widmete I. M. SETSCHENOW große Aufmerksamkeit.

Die Erforschung der strukturellen Besonderheiten der Neuronen und der interneuronalen Verbindungen in der Großhirnrinde gestatten, über die morphologische Basis von jener „außerordentlichen Reaktivität und Einprägungsfähigkeit, welche eine stete und kennzeichnende Eigenschaft dieses Teiles des zentralen Nervensystems ist“ (I. P. PAWLOW), zu sprechen.

Am Prozeß der Rindentätigkeit und vor allem an den Mechanismen der Spurenerscheinungen nehmen selbstverständlich alle Rindenzellen (pyramidale, stern- und spindelförmige) teil. Zu seiner Zeit äußerten wir anhand eigener Beobachtungen eine Vermutung über die Rolle einzelner Neuronentypen in den Rindenprozessen. Das System der pyramidalen und spindelförmigen Neuronen spielt offensichtlich in diesen Prozessen eine bedeutende Rolle. Außerdem ist es aus den Besonderheiten ihres Axon-Systems ersichtlich, daß diese Neuronen wahrscheinlich hauptsächlich den Übertragungsvorgang der Gehirnimpulse zu den Effektorensystemen der subkortikalen Formationen und zu anderen Rindenregionen der Hemisphäre leiten.

Unsere Beobachtung über die Entwicklung der Neuronenstrukturen der Rinde und der Verbindungen zwischen ihnen gestatten uns, die bedeutende Rolle der Sternzellensysteme in den funktionellen Mechanismen der Spurenprozesse hervorzuheben. Diese haben offensichtlich bei der Engrammbildung der Rinde eine wesentliche Aufgabe.

Diese unsere Vermutungen basieren auf folgenden Faktoren:

1. Die Kompliziertheit des Systems der sternförmigen Neuronen mit den breitesten dendritischen Verzweigungen in den Rindenteilen der Analytoren, besonders in der menschlichen Hirnrinde, vergrößert sich in der Phylo- und Ontogenese progressiv.
2. Die sternförmigen Neuronen bilden einen beträchtlichen Teil aller Zellelemente der Großhirnrinde des Menschen. Sehr verschiedenartig und reich an Verzweigungen sind dendritische und axonische Zellendigungen besonders in den oberen Schichten der Rinde, das heißt, in den phylogenetisch neuesten Gehirnteilen.
3. Die Axone der sternförmigen Neuronen gehen gewöhnlich nicht über die Grenzen der Rinde der Großhirnhemisphäre hinaus. Zum Unterschied zu den Axonen der pyramidalen und spindelförmigen Zellen bleiben sie oft nur im Bereich einer Schicht.