

Die funktionelle Organisation des extrapyramidalen Systems und der Prädilektionstypus der Pyramidenlähmung.

Von

Professor G. Stertz, München.

Die Frage, auf welche Weise ein Ersatz für die verloren gegangene motorische Funktion nach vollständiger Unterbrechung der Pyramidenbahn zustande kommt, hat sich bis in die letzten Jahre ein reges Interesse bewahrt. Bezüglich der Literatur kann auf die Arbeiten von Rothmann (Deutsche Zeitschrift. f. Nervenheilkunde, 50. Bd. 1914), sowie von Auerbach (Monatsschrift f. Psychiatrie u. Neurologie, Bd. 47, 1920) verwiesen werden.

Bekanntlich geht diese Restitution nur unvollkommen und nach einem gesetzmäßigen, zuerst 1889 von Wernicke erkannten, dann von Mann genauer analysierten Typus vor sich, dem sogen. Prädilektionstypus, der am Bein vor allem die Strecker (Verlängerer), am Arm die Beuger betrifft. Zugleich wurde nachgewiesen, daß gerade diejenigen Muskelgebiete, die sich in ihrer Leistungsfähigkeit erholen, von Kontrakturen befallen werden, welche ihrerseits der Hemiplegie ihr charakteristisches Gepräge verleihen. Der Wiederaufbau der Funktion ist von Mann darauf zurückgeführt worden, daß den für das Gehen und Stehen besonders wichtigen Verlängerern des Beines in größerem Umfange als den anderen Muskelgruppen Leitungsbahnen zur Verfügung ständen und daß vor allem die Extremitätenregion der gesunden Hemisphäre auf dem Wege der ungekreuzten Pyramidenbahn den Ersatz übernehme. Allein versucht man von diesem Gesichtspunkte aus die Phänomene der Pyramidenlähmung zu erklären, so ergeben sich unfehlbar Widersprüche, zu deren Überbrückung allerlei Hilfhypothesen erforderlich werden, und vollends kann diese Theorie experimentell für widerlegt gelten, nachdem Munk gezeigt hat, daß beim Affen die halbseitigen

Ausfälle nach Exstirpation einer motorischen Region keinen Zuwachs erhalten, wenn nach Eintritt der Restitution auch die andere motorische Region abgetragen wird. Ähnliche Beobachtungen kann man auch nach doppelseitiger Läsion der vorderen Zentralwindung beim Menschen machen. Es fand daher die schon 1872 von Hitzig angebaute, später von Wernicke, v. Monakow, Redlich, Förster u. a. vertretene, insbesondere von Rothmann experimentell ausgebauten Lehre Anerkennung, welche dem Eintritt subkortikaler Gehirnmechanismen die partielle Funktionswiederkehr nach Ausschaltung der Pyramidenbahn zuschreibt. Auf Einzelheiten der hieran sich anknüpfenden Kontrollversen soll hier nicht eingegangen werden. Es soll vielmehr untersucht werden, inwiefern unsere, in den letzten Jahren erweiterten Kenntnisse über die Funktion des extrapyramidalen Systems auch zur Erklärung seiner Ersatzleistung für den Ausfall des motorischen Hauptsystems beitragen können. Zu diesem Zweck sei zunächst ganz kurz die Funktion bei Pyramidenläsion und intaktem subkortikalem Mechanismus dem umgekehrten Verhältnis einer Schädigung des extrapyramidalen Systems bei unversehrter Pyramidenbahn gegenübergestellt.

Pyramidenläsion.

Anfängliche Lähmung.

Dauernder Verlust der Einzelbewegungen (Munk).

Das Wiederauftreten motorischer Leistungen betrifft Massenbewegungen, bestimmte Synergien, führt zu „Mitbewegungen“.

Die Innervationsstörungen stehen in Beziehung zu Lähmung und Spasmen.

Erhöhung der peripherogenen Reflexerregbarkeit mit Ausbildung sog. reflektorischer Spasmen, die gewisse Muskelgruppen befallen, deren Antagonisten frei bleiben.

Auftreten gewisser normal nicht vorhandener Reflexe: Babinski, Oppenheim usw.

Extrapyramidale Läsion.

Unbedeutende Einbuße an motorischer Kraft.

Erhaltenbleiben der Einzelbewegungen.

Es bestehen selbständige Innervationsstörungen: Verlangsamtes Ansprechen der Innervation, Nachdauer der Kontraktion, Adiadochokinesis, pseudokataleptisches Verhalten (alles gesteigert durch vorhandene Hypertonie), Akinese und Spontanbewegungen.

Steigerung des „formgebenden“ Tonus, die Agonisten und Antagonisten gleichmäßig betrifft.

Fehlen derselben.

Periphere Extremitätenteile, besonders Hand, am schwersten betroffen und am wenigsten der Restitution zugänglich.

Bei Entwicklung von Kontrakturen: aufrechte Haltung, Streckkontraktur des Beines, Beugekontraktur des Armes.

Bei allgemeiner Verbreitung der Läsion gleichmäßigere Beteiligung aller Muskelgebiete an den wesentlichen Innervationsstörungen. Gebeugte Rumpfhaltung, Beugung im Ellbogen und Handgelenk (in letzterem zuweilen auch Überwiegen der Strecker), häufige Streckkontraktur in den Endphalangen, Beugekontraktur im Knie.

Die gleichzeitige akute Zerstörung beider Systeme z. B. durch umfangreiche Herde in der Gegend der inneren Kapsel scheint dauernde Lähmungen zu bedingen, die den anfänglich schlaffen Charakter bewahren.

Was läßt sich nun aus dieser Gegenüberstellung auf die physiologische Funktion der beiden Systeme schließen?

Die motorische Rinde und die ihre Erregung fortleitende Pyramidenbahn ist das Organ der isolierten Willkürbewegungen und aller Synergien, die in der Hauptsache durch Erlernen erworben werden. Willensimpulse können aber auch von anderen Rindenstellen ausgehen, eine notwendige Schlußfolgerung, die vor allem v. Monakow näher ausgeführt hat. Die motorische Kraft ist, die Intaktheit der ausführenden Organe vorausgesetzt, wohl ausschließlich eine kortikale Leistung. Die bei Erkrankung des extrapyramidalen Systems festzustellenden Paresen sind meines Erachtens durch die ungünstigen Innervationsbedingungen zu erklären, unter die das periphere Neuron gerät. Die Rinde bewirkt auf dem Wege der Pyramidenbahn eine Hemmung des reflektorischen Muskeltonus. Diese theoretische Schlußfolgerung, von manchen Autoren (Rothmann, Auerbach) abgelehnt, ist meines Erachtens doch am ehesten geeignet, die nach Pyramidenläsion auftretenden spastischen Phänomene zu erklären, wenn auch Hilfhypothesen dabei nicht ganz zu entbehren sind (so angesichts des Vorkommens schlaffer Lähmung bei totaler Querläsion des Rückenmarks). Von dem hemmenden Einfluß der phylogenetisch jüngsten Bahn befreit, treten auch gewisse phylogenetisch alte, primitive Reflexe wieder in Erscheinung, zu denen das Babinskische und Oppenheimsche Phänomen gehören, sowie ebenfalls alte, wohl mit der Fortbewegung zusammenhängende Synergien ursprünglich tiefen Sitzes im Zentralnervensystem, wie das Strümpfellsche Tibialisphänomen und Andeutung ursprüng-

licher Reflexübertragungen auf die andere Seite (z. B. der gekreuzte Adduktorenreflex).

Die schwere und irreparable Hand- und Fingerbewegungsstörung weist darauf hin, daß es sich hier um einen phylogenetisch ganz neuen, in engster Beziehung zum Großhirn stehenden, ontogenetisch jeweilig zum größten Teil erlernten Erwerb handelt, der durch tiefere Hirnteile nicht ersetzt werden kann.

Die Kontrakturen lassen wieder auf den Verlust der gleichen Hemmungen schließen, der auch zur Reflexsteigerung führt. Im einzelnen wird hierauf noch zurückzukommen sein.

Das extrapyramidale System stellt ein Regulationsorgan für den vom Cerebellum vermittelten, sogen. formgebenden Muskeltonus dar. Es dient ebensoviel der Statik wie der Dynamik der Bewegung und ist insofern Bestandteil des gesamten motorischen Innervationsmechanismus. Die Funktion dieses Organs ist eine reflektorische, die genauere Analyse bei der Totalnekrose (Wilson) läßt vermuten, daß darin enthalten ist die Sherringtonsche reziproke Antagonistenhemmung, der zufolge die Innervation eines Agonisten zugleich die Erschlaffung seines Antagonisten bedingt, ein Reflex, den wir bei Läsion des motorischen Hauptsystems erhalten, bei vielen extrapyramidalen Störungen aber durchbrochen finden, ferner ein für die Statik bedeutungsvoller Fixationsreflex, der die agonistisch-antagonistischen Muskelgruppen im jeweiligen gegenseitigen Kontraktionszustand im Augenblick der Beendigung einer Bewegung zu fixieren strebt. Die Steigerung dieses Reflexes kann als wesentliche Ursache des amyostatischen Syndroms v. Strümpells angesehen werden.

Eine motorische Eigentätigkeit besitzt das Organ normalerweise beim erwachsenen Menschen nicht. Es bedarf zu seiner Ingangsetzung der Großhirnimpulse. Daß diese nicht ausschließlich von der „motorischen“ Rindenregion ausgehen, vielmehr auch extrarolandische Erregungen dafür in Betracht kommen, wurde schon erwähnt.

Inwieweit beim Neugeborenen bzw. Säugling die motorischen Äußerungen rein subkortikaler, etwa von niederen Sinneszentren angeregter Natur sind, oder vielleicht doch schon durch Mitwirkung allgemeiner Rindenimpulse in Gang gesetzt werden, mag dahingestellt bleiben. Später läßt jedenfalls eine autochthone, von der Rinde unabhängige Erregung der subkortikalen Gebiete lediglich eine ungeordnete und unzweckmäßige Bewegungsunruhe hervortreten.

Wie kann man sich nun unter der Voraussetzung der Unversehrtheit der genannten subkortikalen Systeme ihre Ersatzleistung beim Ausfall des motorischen Hauptsystems vorstellen?

v. Monakow hat zuerst den Gegensatz zwischen phylogenetisch alten und jungen Mechanismen in dem Sinne betont, daß mit der Entwicklung der letzteren sich eine Rückbildung der ersteren vollzöge. Nur gewisse lebensnotwendige Funktionen behalten auch ihre subkortikale Vertretung, die sich nach Verlust des motorischen Hauptsystems durchzusetzen vermag. Zugleich nahm v. Monakow an, daß infolge des Ausfalls der Pyramidenbahn der sensible Zustrom von der Peripherie nicht seinen adäquaten Abfluß finde und somit allmählich die subkortikalen Zentren in Erregung und Funktion versetze.

Auf Grund gewisser Ähnlichkeiten der besonders bei infantilen Hemiplegien und Diplegien hervortretenden Haltungen und Bewegungen mit den Kletterbewegungen der Affen bildete ferner O. Förster die interessante Theorie aus, daß mit dem Verlust der in der Tierreihe spät zur Bedeutung gelangten und erst beim Menschen ausschlaggebenden Pyramidenbahn die alten Synergien der stammesgeschichtlichen Vorfahren der Menschen wieder zum Vorschein kommen.

Ist der Monakowsche Gedanke trotz des richtigen Kernes nicht ohne weiteres imstande den Prädilektionstypus der Extremitätenlähmung zu erklären, so lassen sich gegen die Förstersche Theorie manche Bedenken erheben. Bereits Rothmann macht gegen sie geltend, daß der Affe schon viel zu sehr ein Großhirntier sei, als daß bei ihm alle diese Synergien rein subkortikal angelegt wären. Dem ist meines Erachtens zuzustimmen, und wenn auch bei dem für die Affen uralten Besitz so wichtiger Leistungen wie des Kletterns subkortikale Dispositionen ererbter Art vorhanden sein mögen, so müssen diese doch jeweils erst unter Großhirneinfluß entwickelt werden. Es ist daher nicht einzusehen, wie beim Menschen derartige vollentwickelte Synergien zum Vorschein kommen sollten. Es ist ferner gegen die Fälle, von denen Förster seine Theorie ableitete, einzuwenden, daß zu jener Zeit die Differentialdiagnose der kortikalen und extrapyramidalen spastischen Diplegien noch nicht so weit fortgeschritten war, daß jeweils der Verlust der Pyramidenbahn und bei Unversehrtheit der subkortikalen Zentren mit genügender Sicherheit angenommen werden konnte. Der Prädilektionstypus beim erwachsenen Menschen wird übrigens durch diese Theorie nicht erklärt.

Der Weg zu einem besseren Verständnis der Vorgänge ist meines Erachtens durch Rothmann angebahnt worden, der den festen Er-

werb des aufrechten Ganges mit der Eigenart der Lähmungsrückbildung in Beziehung brachte. Für das Bein wird danach die Strecksynergie von überwiegender Bedeutung und für den Arm, der seine Funktion als Stützorgan verloren hat, eine Beugesynergie, die einer einfachen Greifbewegung entspricht. Diese funktionell bedeutungsvollsten Synergien sind subkortikal fixiert und vermögen, wie Rothmann in Übereinstimmung mit v. Monakow annimmt, unter dem Einfluß des vom Cortex abgeleiteten sensiblen Zustroms aus der Peripherie in Tätigkeit zu treten, wobei allerdings die Möglichkeit offen gelassen wird, daß ein kortikaler Reiz allgemeiner Herkunft bei der Ingangsetzung der Mechanismen mitwirken kann.

Letzteres ist nun meines Erachtens, wo überhaupt willkürliche Bewegungen auftreten, eine unerläßliche Bedingung. Nichts spricht dafür, daß beim Menschen von subkortikalen Teilen motorische Willensimpulse ausgehen. Hingegen wissen wir, daß autochthone Erregungen in diesen Gebieten Spontanbewegungen zur Folge haben, die auch in der Form nichts mit Willkürbewegungen zu tun haben.

Es ist aber nach meiner Überzeugung auch der Hypothese zu widersprechen, daß bei Fortfall der Pyramidenbahn die peripheren sensiblen Reize gewissermaßen in ein neues Bett strömen und eine verstärkte Ladung von subkortikalen Gebieten bedingen. Die Bedeutung der sensiblen Reize für das Psychomotorium ist nicht so einfach zu denken, daß die erstere sich etwa unmittelbar auf das letztere übertragen. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß sie auch bei Unterbrechung der Pyramidenbahn den gewohnten Anteil an der Auslösung intrapsychischer Vorgänge nehmen, als deren Teil dann Bewegungsabsichten auftauchen und nach Vermögen verwirklicht werden. Wenn daher überhaupt eine Übererregbarkeit in subkortikalen Gebieten auftritt, so ist jedenfalls nicht ein verstärkter Zufluß sensibler Erregungen dafür verantwortlich zu machen. Die oben erwähnten Theorien gehen nun von der Voraussetzung aus, daß beim Menschen der subkortikale Apparat nur noch einige im Laufe der Phylogenese erworbene, besonders wichtigen Synergien enthalte, im übrigen unter dem Einfluß der neuentwickelten kortikalen Leistungen verkümmert sei. Demgegenüber ist hier die Anschauung vertreten, daß das subkortikale motorische System nicht verkümmert, sondern als ein Hilfsapparat in den Dienst des motorischen Hauptsystems tritt.

Diese Auffassung stimmt gut mit gewissen morphologischen Tatsachen überein. Denn obgleich wir wissen, daß das extrapyramidale

System mit der phylogenetischen Entwicklung aufhört ein Bewegungsorgan zu sein, das auch nach Ausschaltung der Großhirnrinde die Funktion aufrecht erhält, sehen wir es beim Menschen doch nicht in seinem Hauptteil degenerieren. Eine morphologische Änderung betrifft zwar nach Rothmann den roten Kern insofern, als sein großzelliger Anteil sich zugunsten des kleinzelligen vermindert, womit gleichzeitig ein teilweiser Schwund des Monakowschen Bündels verbunden ist. Demgegenüber sehen wir aber das Kleinhirn-Thalamus-Linsenkern-Haubensystem, das wir uns in engen Beziehungen zu extrapyramidalen Funktionen vorzustellen haben, keineswegs verkümmert.

Auf der anderen Seite widerstrebt es auch dem Entwicklungsgedanken, daß diese phylogenetisch älteren Teile auf einmal irgendwelche qualitativ neue Funktionen angenommen haben sollten. Es wird auch von diesem Gesichtspunkt aus wahrscheinlich, daß der gleiche komplizierte Reflexmechanismus, welcher bei den Tieren den motorischen Hauptapparat darstellt, in seinen Elementen auch bei den höchsten Tieren und beim Menschen erhalten bleibt, indessen sich in das neu entstehende und allmählich ausschlaggebende Pyramidensystem einfügt und damit seine selbständige Funktionsfähigkeit verliert. Gerät er, wie bei der Erkrankung der Stammganglien und ihrer Verbindungen in Unordnung, so wird die gesamte willkürliche Innervation in der oben angedeuteten Weise in Mitleidenschaft gezogen.

Schon deshalb, weil bei den phylogenetisch älteren Arten der subkortikale Apparat fast die gesamte Motilität vertritt, ist eine topische Lokalisation nach Gliedabschnitten daselbst eine notwendige Forderung, und neuere Forschungen haben ergeben, daß nicht nur dem Kleinhirn, sondern auch dem Striatum (Vogt) diese topische Lokalisation bis zum Menschen hinauf erhalten geblieben ist. Tatsächlich lehrt die Pathologie, daß die oben genannten extrapyramidalen Innervationsstörungen ebenso wie die Spontanbewegungen (Chorea, Myoclonie, Athetose, Tremor) auf einen Gliedabschnitt, ja selbst einzelne Muskeln beschränkt auftreten können, andererseits zeigt sich aber auch, besonders bei der Chorea, der jactatoïden Unruhe und manchen athetotischen Bewegungsformen, daß auch hier simultane und sukzessive Zusammenordnungen von Muskelgruppen zu komplizierten Bewegungsakten und -folgen stattfinden können.

Der wechselnde und ungeordnete, von den Zweckbewegungen abweichende Charakter dieser Spontanbewegungen beweist aber, was

schon oben angedeutet wurde, daß hier im Gegensatz zur Großhirnrinde keine Fixierung von Synergien mehr eintritt.

Eine Ausnahme machen nur solche, die immer wieder in der gleichen Form auftreten, weil sie von dominierender Bedeutung für die Art geworden sind, dazu gehört von doppelseitig innervierten Funktionen das Saugen, Schlucken, die elementaren Ausdrucksbewegungen, von einseitig innervierten gewisse grobe, mit der aufrechten Haltung und dem aufrechten Gang zusammenhängende Synergien. Am Bein handelt es sich dabei, wie gesagt, vor allem um die Strecksynergie, am Arm um die einer primitiven Greifbewegung entsprechende Beugung der Gliedabschnitte (während die an sich schwächer entwickelten antagonistischen Synergien zunächst noch zurückstehen müssen). Ihrer Fixierung kommen sicherlich auch ererbte Dispositionen besonderer Art entgegen, die im Laufe der Phylogenese erworben wurden. Wir können das daraus schließen, daß sie zum Teil schon beim Neugeborenen sich zeigen und daß auch bei doppelseitigen angeborenen Defekten der motorischen Region das Stehen und Gehen in roher Form erlernt werden kann. Ob außer den genannten Willkürbewegungen noch andere als subkortikale Ersatzleistungen zustande kommen, erscheint fraglich.

Diese subkortikal fixierten Synergien sind es nun, welche nach der anfänglichen Lähmung in Erscheinung treten und damit die Form der Restitution bestimmen.

Ihre Auslösung geschieht, wie oben auseinandergesetzt wurde, nicht durch peripheren Einfluß, sondern durch extrarolandische Rindenreize. Da diese beim erwachsenen Menschen normalerweise nicht mehr von Bedeutung für die motorische Funktion sind, so vergeht, ehe sie wirksam werden, naturgemäß einige Zeit, und diese entspricht der Wochen und selbst Monate dauernden Latenzperiode, die nach der Unterbrechung der Pyramidenbahn bis zum Auftreten der ersten Bewegungen sich einschiebt.

Im Augenblick ihres Auftretens stoßen sie aber alsbald auf eine Behinderung. Infolge des Fortfalls der hemmenden Wirkung der Pyramidenbahn ist das periphere motorische Neuron bei unvermindertem sensiblen Zustrom in einen Zustand von Übererregbarkeit geraten, die sich schon während des Stadiums der vollkommenen Lähmung in der Reflexsteigerung zu erkennen gibt. Sobald nun willkürliche Impulse dem peripheren Neuron wieder zugehen, addieren sie sich mit dem bereits vorhandenen Erregungszustand und da zugleich die antagonistischen Impulse noch unentwickelt sind, so besteht eine Neigung zur

Fixierung der einmal eingetretenen Bewegung: Die Kontraktion führt zur Kontraktur. Im Gegensatz zu Förster stimme ich also Lewandowski und Rothmann bei, welche das Zustandekommen von Kontrakturen in noch völlig gelähmten Muskelgebieten der Hemiplegiker in Abrede stellen. Es ergibt sich nun ferner eine Erklärung dafür, daß gerade die Muskeln der Kontraktur verfallen, die zuerst eine gewisse Bewegungsfähigkeit wiedererlangen.

Sobald diese eingetreten ist, bildet sie ihrerseits ein Hindernis für die Restitution antagonistischer Synergien, da hier das Sherringtonsche Gesetz der reziproken Antagonistenhemmung sich wirksam erweist, wonach jeder Innervation eines Muskels die Erschlaffung seiner Antagonisten vorangeht. Ist z. B. eine Beugekontraktur eingetreten, so bleiben daher die Strecker von der Wiederherstellung dauernd ausgeschlossen. Wird die Kontraktur beseitigt (z. B. durch die Förstersche Operation), so kann, sofern sich eine zentrale Restitution der Strecker überhaupt angebahnt hat, diese nun auch in Erscheinung treten.

Ein Gesichtspunkt, der von Auerbach im einzelnen zur Erklärung der Restitutionsvorgänge herangezogen worden ist, ist zweifellos nicht außer acht zu lassen, nämlich die Bedeutung der schon normalerweise bestehenden Kraftunterschiede, auf die bereits Hering hingewiesen hat. Man darf wohl annehmen, daß *ceteris paribus*, d. h. unter der Voraussetzung keiner allzu großen funktionellen Unterschiede, auch die zentrale Organisation eines Bewegungsapparates je nach seiner Kraft, die sich im Umfang bzw. Gewicht des Muskels ausdrückt, verschieden ist. Bei gleichen zentralen Schädigungsbedingungen wird also der schwächere Muskel mehr leiden als der stärkere, der letztere dem ersteren in der Restitution vorangehen. Das trifft besonders für das Kräfteverhältnis von Agonisten und Antagonisten zu. Gewisse Besonderheiten der Lähmungsverteilung: das Überwiegen der Adduktion über die Abduktion des Beines, der Wadenmuskulatur über den *Tibialis anticus*, des letzteren über den *Extensor communis*, am Arm der Vorrang der Einwärts- über die Auswärtsroller, der Pronatoren über die Supinatoren, der Fingerbeuger über die Strecker u. a. m. dürfen damit in Zusammenhang gebracht werden.

Es liegt in der Natur der Sache, daß diese Verhältnisse sich mehr bei der allmählichen Entwicklung von Lähmungen, z. B. auf Grund von degenerativen Prozessen an den Pyramidenbahnen geltend machen, als bei ihrer vollständigen apoplektischen Unterbrechung. In letzterem

Falle führt die Theorie zwar nicht zu Widersprüchen, trifft aber nicht den Kern des Problems.

Ausnahmen von dem Prädilektionstypus der Rückbildung kommen zuweilen vor. Zum Teil sind sie wohl darauf zurückzuführen, daß auch im Bereich des Pyramidensystems sich einzelne Teile erholen. Woran es liegt, daß gelegentlich anstatt einer Streck- eine Beugekontraktur des gelähmten Beines sich entwickelt, erscheint nicht sichergestellt, vielleicht käme eine Mitbeteiligung des extrapyramidalen Systems an der Läsion in Betracht. Diese Erklärung trifft auch für den Fall zu, daß im Verlauf einer Rückenmarkskompression die Streckkontraktur mit zunehmender Lähmung in die Beugekontraktur übergeht. Ist das periphere motorische Neuron von allen zentralen Impulsen abgeschnitten, so können primitive Reflexe die zur Kontraktur führende Anziehung des Beines hervorrufen. Daß auch die von ihrer Hemmung befreiten Reflexe das Bild der wiederauftretenden Willkürbewegungen in Form von Mitbewegungen beeinflussen können, ist von Strümpell und Förster mit Recht betont worden. Die seltenen Fälle, in denen isolierte Bewegungen nach vollständiger Pyramidenläsion wieder auftreten (sekundäre Bewegungen Munks) sind nach Rothmanns Ansicht durch das Eintreten gleichseitiger Impulse zu deuten. Dafür spricht, daß dergleichen Bewegungen zunächst als Mitbewegungen der gesunden Seite auftreten.
