

Deutsche Medizinische Wochenschrift

Begründet von Dr. Paul Börner

HERAUSGEBER:

Geh. San.-Rat Prof. Dr. Schwalbe

Berlin-Charlottenburg, Schlüterstr. 53

VERLAG:

GEORG THIEME · LEIPZIG

Rabensteinplatz 2

Nr. 14

BERLIN, DEN 3. APRIL 1913

39. JAHRGANG

Zur Funktion des Kleinhirns.¹⁾

Von Ludwig Edinger.

M. H.! Gestatten Sie, daß ich zunächst dem Herrn Vorsitzenden des Vereins für innere Medizin dafür danke, daß er mich zu dem folgenden Vortrage aufgefordert hat. Er gibt uns so Gelegenheit, einmal manche Kleinhirnfrage zu diskutieren, eine willkommene Gelegenheit, denn niemand empfindet so sehr und so oft den unbefriedigenden Zustand, in dem unser Wissen von den Kleinhirnfunktionen ist, wie der Arzt. Wir alle wissen, wie schwer die sichere Diagnose von Zerebellaraffektionen ist, wie leicht uns dabei ganz grobe Fehler vorkommen können, und frisch genug stehen in unser aller Gedächtnis die Fälle, wo man nach einem Kleinhirntumor gesucht und eine Stirnlappenaffektion gefunden hat. Außer einer gewissen, kaum ganz charakteristischen Unsicherheit der Bewegungen, der zerebellaren Ataxie, kennen wir als Symptome nur noch die Asynergie, die sich auch auf die Sprache erstrecken kann, dann gelegentlich Schwindel und Nystagmus. Zittern und die Adiadochokinesie sind wohl nur Teile dieser Symptome. Also wenig genug für so viel eifrige Arbeit, wie sie gerade hier geleistet wurde.

Hier ist ein mächtiges Organ, verbunden mit den übrigen Teilen des Gehirns durch die allerdicksten Faserzüge, die das Nervensystem überhaupt besitzt. Es muß wichtige Funktionen haben, und doch verstehen wir offenbar noch nicht, sie zu sehen. Vielleicht liegt es an dem unbefriedigenden Zustand, in dem die Physiologie die Lehre vom Kleinhirn bis heute gelassen hat. Mit relativ groben Verletzungen hat sie Ausfallserscheinungen erzeugt, und es hat lange gedauert, bis sie diese einigermaßen von den gleichzeitig gesetzten Reizerscheinungen und wieder von den durch die Ungleichheit der Innervation beider Seiten entstehenden zwangsweisen Bewegungen unterscheiden lernte. Wenn man die lange Reihe ihrer Versuche durchmustert, so ist man erstaunt, als Endergebnis immer ziemlich dasselbe zu finden, einerlei ob eine Hemisphäre teilweise, ganz oder der Wurm mit abgetrennt war, ja ob ein halbes oder ein ganzes Kleinhirn entfernt wurde. Im wesentlichen entsteht ein Zustand größter Unsicherheit und Schwäche aller Bewegungen. Die Tiere können sich nicht mehr auf den Beinen halten oder taumeln doch stark, sie setzen ihre Glieder ungeschickt, und nur die Bewegungen des Kopfes scheinen weniger gelitten zu haben. Bekanntlich herrschen über die Deutung dieser Störung die mannigfachsten Meinungen.

Die Beurteilung der Folgen von Kleinhirnverletzungen ist besonders durch zwei Umstände erschwert. Einmal gilt es, die Zwangsbewegungen, deren Entstehungsweise sehr kompliziert sein könnte, auszuschalten, und damit ist viel Arbeit verbracht worden. Wir werden im folgenden sehen, daß man an ihre Deutung erst wird herantreten können, wenn die Funktion der einzelnen Kleinhirnteile näher bekannt ist. Besonders in die Augen fallend, haben sie lange die allergrößte Rolle in der experimentellen Kleinhirnphysiologie gespielt. Dann aber ist immer auffallend gewesen, wie bald sich einseitige Kleinhirnausfälle ausgleichen. In den letzten Jahren hat man wiederholt den ausgleichenden Apparat in den Groß-

hirnverbindungen zu finden geglaubt. Auch daran wurde gedacht, daß Apparate in der Oblongata hier eintreten könnten.

Es ist gewiß hier nicht der Ort, alle diese Dinge heute kritisch zu besprechen, aber es ist klar und wird auch allgemein zugegeben, daß Krankenbeobachtung und physiologischer Versuch uns noch kein klares Bild gegeben haben. Eine Durchsicht der physiologischen und klinischen Literatur ergibt, daß das, was wir brauchen, vor allem neue Fragestellungen sind. Man hat immer den Eindruck, daß die Beobachter noch suchen, was und wie sie sehen sollen, und wenigen ist entgangen, wie unvollkommen solches Sehen bisher ist. Darauf weisen vor allem auch die geringen Differenzen hin, die im Erfolg sehr großer und relativ kleiner Operationen bestehen.

Wenn unsere besten Männer in so eifriger Arbeit bisher zu so wenig befriedigenden Resultaten gekommen sind, dann ist man berechtigt, sich nach einem anderen Wege umzusehen, der mit ihrem Schaffen vereint vielleicht weiter führt.

Man kann die Frage aufwerfen, wieweit etwa die genauere Kenntnis des Kleinhirnmechanismus Licht werfen könnte auf das, was er leisten mag. Die Anatomie des Kleinhirns hat in den letzten zehn Jahren mich und meine Mitarbeiter ständig beschäftigt. Wir sind allmählich dahin gekommen, die Cerebella einzelner Tiere Faser für Faser kennen zu lernen. An der Hand dieser Arbeit, deren Gesamtheit natürlich nicht allein von uns geschaffen wurde, möchte ich versuchen, der oben aufgeworfenen Frage näher zu treten.

Die vergleichende Anatomie. Zunächst haben wir erfahren, daß durchaus nicht alle Wirbeltiere ein Kleinhirn haben, und daraus dürfen wir schließen, daß es für den Gesamtbewegungsapparat nicht absolut nötig ist. Es sind immer weiche Tiere, solche ohne besondere Muskelspannungen, wie Myxine, Proteus und regenwurmartig lebende Salamandrinchen. Ganz minimal ist das Kleinhirn bei allen Salamandern, aber auch bei der planktonisch herumgeworfenen Fischbrut, ja selbst bei erwachsenen planktonisch lebenden Fischen (V. Franz). Mit der Menge der zu dirigierenden Muskelmassen und ganz besonders mit der Notwendigkeit besonderer Versteifung sehen wir das Organ zunehmen, und wir erkennen, daß es bei den Haien mit mächtigem Schwimmapparat, bei den Krokodilen mit ungeheurem Ruderschwanz ganz andere Dimensionen erreicht als bei diesen sonst nahe stehenden Arten.

Dann wissen wir, daß der Kleinhirnapparat, der im Mittelstück, dem Wurm, gegeben ist, das Wesentliche des ganzen Organismus enthalten muß. Denn er allein findet sich überall; besonders gut ausgebildet ist er in den Kleinhirnen der Vögel. Kleinhirnhemisphären treten erst bei den Säugern zu ihm. Damit müssen neue Fähigkeiten ermöglicht werden.

Hier sind gewiß schon mancherlei Anregungen zur Erforschung der Funktion enthalten. Aber viel mehr bringt die Betrachtung des Kleinhirnaufbaues selber.

Die Rezeptionen, die efferente Bahn und die Kleinhirnrinde. Am besten gehen wir ganz von der Peripherie aus (Demonstration). Die hintere Wurzel enthält, wenn sie in das Rückenmark tritt, Fasern mindestens viererlei Art: 1. solche, die bald kreuzend Tast-, Temperatur- und Schmerzempfindung vermitteln. Von diesen wissen wir, daß sie im Thalamus enden. 2. Fasern, die, in das Bereich der Vorderhornzellen gelangend, wohl die Unterlagen für die sogenannten

¹⁾ Vortrag, gehalten im Verein für innere Medizin und Kinderheilkunde in Berlin am 24. Februar 1913. (Diskussion siehe S. 674.)

kurzen Reflexe bilden. 3. Die Hauptmasse der rezipierenden Fasern stammt aus den Muskeln und den Gelenken. Von da verlaufen sie als Hinterstränge zu den Hinterstrangkernen und dann zum Thalamus. Bei Früchten ohne Rückenmark sind sie oft allein auf dem ganzen Verlaufe erhalten; man ist erstaunt an solchen zu sehen, wieviel Nerven die Muskeln enthalten, zu denen keine einzige motorische Faser gelangen konnte. Die Klinik und das Experiment lehren, daß die Hinterstränge irgendwie der Lageempfindung und der Raumwahrnehmung — Zirkelspitzenversuch — dienen müssen, dem, was man auch als Muskelsinn bezeichnet hat. Die Hinterstrangkern haben einen kleinen direkten Anschluß an das Cerebellum, mindestens bei den Säugern. 4. Schließlich ist in den Hinterwurzeln ein Bündel vorhanden, das in den Clarkeschen Säulen endet und von dort direkt als Tractus spino-cerebellaris (ventralis et dorsalis) in das Kleinhirn hinaufzieht. Unterbrechung dieser Bahn in den Seitensträngen ist mehrfach, zuletzt von Marburg und Bing vorgenommen worden. Es entstanden etwas Unsicherheit im Stehen und Gehen, ungeordnete Bewegungen der Glieder und eine starke Herabsetzung der gleichseitigen Muskelspannung.

Die Klinik hat längst erkannt, daß Degenerationen in den Hinterwurzeln zu schweren Veränderungen der Muskelspannung und zu Unsicherheit aller Bewegungen führen, und jeder Fall von Tabes lehrt, daß dies durch Störung der beiden zuletzt erwähnten Faserkategorien geschieht.

Da nun die Rückenmarkskleinhirnbahn die einzige ist, die bei allen Tieren, den Fischen sogar, direkt bis ins Cerebellum führt, so soll sie zunächst verfolgt werden. Wir wissen, daß ihre Fasern in der Rinde des Wurms gleichseitig und gekreuzt enden. Untersuchungen von Ramon y Cajal und solche aus meinem Laboratorium von Shimazono lehren mit aller Sicherheit, daß diese Enden auf das feinste an dem Körper und den Ästen der Purkinjeschen Zellen aufzweigen. Dahin also gelangen die Rezeptionen aus den Muskeln und Gelenken zunächst. Die Kleinhirnrinde ist ein rezipierender Apparat. In diesem besteht eine gewisse Lokalisation dadurch, daß bei Affen wenigstens (Horsley und Macnalty), die Rezeptionen aus den Armen und Nackenmuskeln via ventrale Spinalbahn in die frontalen Wurmabschnitte treten, während die aus dem Rumpf und den Beinen kommenden Rezeptionen durch die ventrale Bahn, die dorsaleren und kaudaleren Vermisteile erreichen. Damit stimmt gut überein, daß die in den letzten Jahren vielfach vorgenommenen Exstirpationen der Kleinhirnrinde bei frontalen Verletzungen Muskelschwäche in Bereiche des Kopfes, des Nackens und der Arme, bei

kaudaleren solche im Rumpf und der Hinterextremitäten ergaben.

Die Kleinhirnkern und ihr efferenter Apparat. Alle Achsenzylinder der Purkinjeschen Zellen ziehen hinab zu den Kernen des Cerebellums. Das läßt sich an Tauben mit Versilberung und auch mit der Degenerationsmethode zeigen. Zerstört man durch Formolauflösung die Rinde, so entarten nur in die Kerne hinein Fasern. Silberpräparate lehren, daß diese Tractus cortico-nucleares sich außerordentlich fein um die zahlreichen Zellen der Kleinhirnkern aufzweigen. Wir kennen mediale und laterale Kerne. Die letzteren entwickeln sich erst ordentlich, wenn zu der Wurmform die Hemisphären treten. In sie, die Nuclei dentati, senden dann die Purkinjeschen Zellen, besonders der Hemisphären, ihre Achsenzylinder. Reizung der Kleinhirnkern erzeugt — Horsley — die heftigsten homolateralen Muskelkrämpfe. Wenn man diese anatomischen Verhältnisse übersieht, verliert die viel erörterte Frage, ob die Kleinhirnrinde selbst Bewegungen auslöse, durchaus an Interesse: es wird wohl nur darauf ankommen, ob die angewandten Reize ausreichen, die Tractus cortico-nucleares zu erregen. Bei Tauben kann man schon nach Auflegen eines in Strychnin getauchten Papierses die Muskeln der gleichen Seite in größere Spannung geraten sehen (Shimazono).

Das ist in groben Zügen das Bild des zerebellaren Eigenapparates, dem noch beizufügen wäre, daß sowohl in der Rinde selbst als ganz besonders in der Körnerschicht Apparate existieren, die nach ihrer Anordnung sehr wohl geeignet sind, alle einzelnen Teile der Rinde in ganz bestimmten Richtungen des Raumes untereinander zu verknüpfen.

Der motorische Haubenkern und seine Beziehungen. In den letzten Jahren habe ich auch den Weg kennen gelernt, auf dem dieser zerebellare Eigenapparat auf die Körpermuskulatur wirkt.

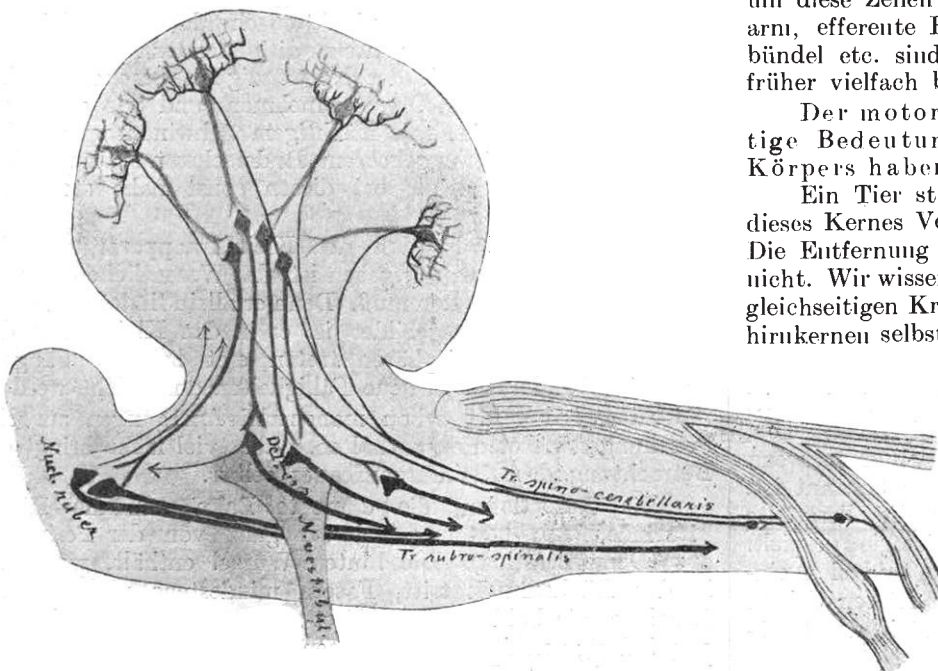
In der Oblongata, im oberen Rückenmark, aber auch in der Haube der Brücke und des Mittelhirns liegen überall große multipolare Ganglienzellen, die sich an zwei Stellen als roter Kern der Mittelhirnhaube und als Deiterskern zu besonderen Massen anhäufen. Die vergleichende Anatomie lehrt, daß diese Anhäufungen nicht alle immer vorhanden sind. Bei Fischen ist z. B. die Mittelhirngruppe noch recht zerstreut, die Gruppe des Deiterskerns, über deren Bedeutung gleich zu sprechen sein wird, ist allerdings eine durch die ganze Tierreihe durchgehende. Zu diesem Apparat, den man in seiner Gesamtheit als motorischen Haubenkern bezeichnen könnte, treten nun die Fasern aus den Kleinhirnkernen, und sie endigen — für die erwähnten Gruppen ist das ganz sicher nachzuweisen, für die zerstreuten Zellen sehr wahrscheinlich geworden — um diese Zellen herum mit feinen Endplättchen. Als Bindearm, efferente Brückenbahn, Kleinhirn-Deitersfasern, Hakenbündel etc. sind die Teile dieser efferenten Kleinhirnbahnen früher vielfach beschrieben.

Der motorische Haubenkern muß eine sehr wichtige Bedeutung für die Gesamtmuskelspannung des Körpers haben.

Ein Tier stürzt erst dann schlaff zusammen, wenn man dieses Kernes Verbindungen zu dem Rückenmark unterbricht. Die Entfernung irgendeines anderen Hirnteils hat diese Folge nicht. Wir wissen auch, daß Reizung der Oblongata zu schweren gleichseitigen Krämpfen führt, ganz wie man sie von den Kleinhirnkernen selbst her erzeugen kann. Deshalb legt man ja seit

Nothnagels und anderer Arbeiten dorthin ein Krampfzentrum. Auch die einzelnen Teile des Haubenkerns sind schon gereizt worden. Als Thiele den Deiterskern reizte, traten sehr heftige Krämpfe auf, und ebenso, als er die Gegend der Mittelhirnansammlung faradisierte, auch als er die zu jenen aus den Kleinhirnkernen führenden Bindearmfasern reizte. Es waren tonische Kontraktionen in den Muskeln des Stammes, des Schulter- und des Beckengürtels, doch auch etwas in den Kopfmuskeln.

Fig. 1.



Schema des Kleinhirneigenapparates und seiner Verbindungen.

So wird man annehmen dürfen, daß der im Kleinhirn enthaltene Apparat durch den motorischen Haubenkern auf die Muskelspannung wirkt. Damit steht es auch in befriedigender Uebereinstimmung, daß Wegnahme der Rinde (Rothmann u. a.) gerade die Muskelspannung schädigt und daß nach Operationen an den Kleinhirnnarven zunächst heftigste Muskelspasmen auftreten.

Einfluß des Labyrinthes auf den Haubenkern. Das optostatische System. Der motorische Haubenkern vermag auch nach Wegnahme des Cerebellums bis zu gewissem Grade die Gesamtmuskelspannung anrecht zu erhalten, und hier liegt einer der Gründe, warum nicht zu große Kleinhirnausfälle sich etwas ausgleichen können. Der Kern erhält nämlich nicht nur aus dem Kleinhirne Erregungen. Sein Oblongataabschnitt, der Deiterskern, wird vom Labyrinth her erregt. Alle die dort entspringenden Vestibularisfasern gehen, ehe sie im Vestibulariskerne enden, Kollaterale an die großen Zellen des Deiterskernes ab. Ein Teil der Wurzelfasern gelangt auch, wenigstens bei den niederen Vertebraten, bei den Vögeln und Säugern ist das noch nicht einwandfrei festgestellt, zu unbekannten Endstätten im Kleinhirn selbst.

Die Gesamtmuskelspannung des Körpers steht in hervorragendem Maße unter dem Einfluß des Labyrinths: Wegnahme desselben setzt sie sehr herab. Das wissen wir seit Ewalds und anderer Untersuchungen. Sherrington speziell hat gezeigt, wie die Bogengänge auf die Muskelspannung der einzelnen Beinpaare wirken, und hat zuerst geschlossen, daß das Labyrinth ein Apparat ist, der die Muskelspannung für die einzelnen Körper- und Kopflagen adaptiert. Die schönen Studien von Magnus und de Kleyn aus den letzten Jahren haben schließlich gezeigt, in welcher Weise mit jeder Veränderung der Kopf Lage die Spannung der Nackenmuskulatur und von dieser ausgehend, die Spannung der Körpermuskulatur sich ändert. Die Änderung der Kopfstellung ändert die Spannung der Körpermuskulatur. Jedes Labyrinth wirkt auf die Muskulatur beider Nackenhälften.

Hier liegt ein Ausgangspunkt für interessante klinische Untersuchungen, und Magnus und de Kleyn haben auch bereits gezeigt, daß bei Kindern mit einseitigen Spasmen diese wuchsen und abnahmen, je nachdem man den Kopf lagerte. Wenn Beck und Biach auf der Seite, wo sie das Labyrinth durch heiße Ausspülungen reizten, Steigerungen der Schreflexe bekamen, so ist das mehr als eine interessante Tatsache, vielleicht geradezu der Ausgangspunkt für Studien über die Leistungen im optostatischen System.

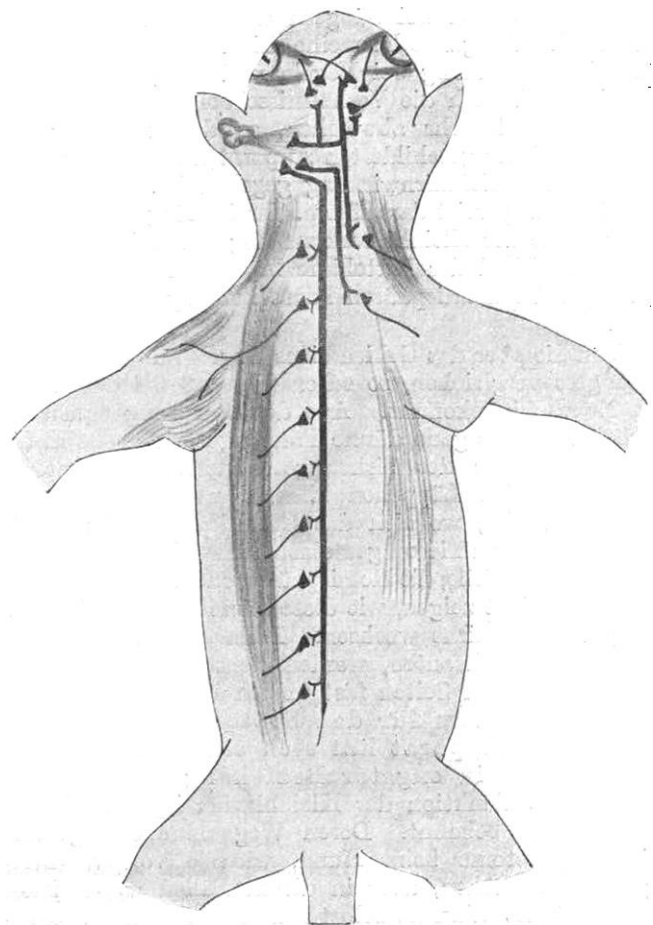
Die Anatomie zeigt in vollendet klarer Weise den Apparat, durch den solche Zusammenordnung der Muskelspannung vermittelt wird. Aus den Zellen des Deiterskernes kommen Bahnen, die als dorsales Längsbündel zu den Augenmuskeln hinauf, zu den Nackenmuskeln hinab ziehen und deren längste Ausläufer das ganze Rückenmark durchsetzen. Dieser Apparat, der also auch die Spannung der Augenmuskeln mit der Spannung der Körpermuskeln, die Augenstellung mit der Körperstellung in Uebereinstimmung bringen könnte, ist bei den Säugern verhältnismäßig klein, aber bei den Vögeln und vor allen Dingen bei den Fischen, bei denen in ganz anderer Weise ständige Schwankungen im Raum reflektorisch durch Veränderung der Augen- und Körperstellung ausgeglichen werden müssen, bildet das dorsale Längsbündel einen der mächtigsten Apparate des ganzen Gehirns. Diese Tätigkeit der Optostatik ist so wichtig, daß bei einem großen Hai die Augenmuskeln die sechsfache Dicke von derjenigen eines gleichlangen Menschen haben. Sie sehen aus etwa wie unsere kleinen Handmuskeln, und die zur Schwanzmuskulatur verlaufenden Anteile des dorsalen Längsbündels sind die dicksten Nervenfasern des ganzen Körpers. (Siehe Fig. 2.)

Die Fasern des dorsalen Längsbündels legen sich mit feinen Endplatten an die Ursprungszellen der Augenmuskelnerven. Für die zum Rückenmark ziehenden Anteile ist dieser histologische Punkt noch nicht sichergestellt, aber doch sehr wahrscheinlich geworden.

Der Mittelhirnabschnitt des motorischen Haubenkernes, der rote Kern, entsendet seine Bahnen gekreuzt in die Haube der Oblongata und als Monakowsche Bündel in die Haube.

Er gerät bei den Säugern unter den Einfluß des Großhirnes, das ihm erregende Bahnen zusendet. Reizung ruft Krämpfe hervor, Zerstörung scheint bis zu gewissem Grade (Rothmann) durch die Pyramiden ausgeglichen werden zu können. Im wesentlichen aber ist die Funktion erst noch zu ermitteln.

Fig. 2.



Schema des Nucleus motorius tegmenti und seiner Verbindungen.

Das Cerebellum Hauptapparat für den Statotonus. So sehen wir ein anatomisch vollkommen durchgearbeitetes System vor uns und erkennen, daß, wo immer es gereizt wird, sei es in den Kleinhirnkernen, sei es in deren Ausläufern, sei es im Teil des motorischen Haubenkernes, daß dann immer Muskelspannungserhöhungen auftreten, die man leicht zu Krämpfen steigern kann. Andererseits haben wir erkannt, daß Unterbrechungen dieses Systems, sei es im Zufuhrteil im Rückenmark, sei es im Uebermittlungsteil der Kleinhirnrinde, sei es gar in der Oblongata selbst, schwere Tonusverluste der Muskulatur erzeugen.

Tiere ohne Kleinhirn liegen schlaff da, vermögen sich kaum zu erheben und stürzen aufgehoben leicht wieder hin. Trennt man aber außer dem Cerebellum auch den motorischen Haubenkern durch einen Schnitt am oberen Rückenmarkende total ab, so stürzen die Tiere schlaff zusammen und vermögen nie wieder zu stehen.

Was hier so schwer geschädigt und was da vernichtet wird, das will ich bezeichnen als den Statotonus. Es ist diejenige wohl zusammengeordnete Muskelspannung, die aus Muskeln und Gelenken, aus dem Labyrinth angeregt und variiert, uns das Stehen und Gehen erst ermöglicht. Das meiste, was wir von Symptomen nach Wurmerkrankungen kennen, scheint mir auf dieser wichtigen Funktion des Kleinhirnes zu beruhen. Vielleicht gar erschöpft sich in ihr die Bedeutung dieses Zerebellarabschnittes.

In das Mittelstück des Kleinhirns mündet vom Mittelhirn her ein mächtiger Faserzug, der Tractus tecto-cerebellaris. Er scheint in der Rinde und in den Kernen zu enden. Trennt man das Cerebellum vom Mittelhirn, so tritt augenblicklich gleichzeitig eine enorme Spannungserhöhung der Körpermuskulatur auf, eine Spannungserhöhung, die durch Be-

wegungen in den Gelenken sofort noch gesteigert wird. Dies Phänomen, der „decerebrate rigidity“ Sherringtons, weist darauf hin, daß der Gesamtapparat des Kleinhirns, wohl durch jenen Faserzug, vom Mittelhirn her ständig eine Hemmung erfährt.

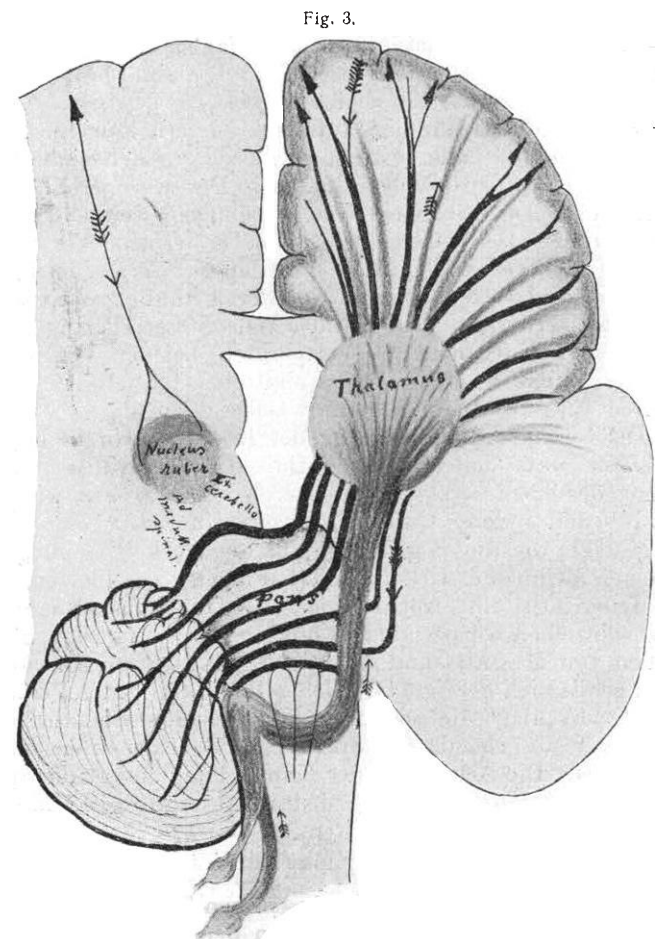
Die Hemisphären des Kleinhirns. Alles, was bis jetzt mitgeteilt wurde, bezieht sich auf das Mittelstück des Kleinhirns, das, was man bei Säugern den Wurm nennt. Es ist allein durch die ganze Tierreihe hindurch vorhanden, und da die Faseranordnung bei Vögeln und Säugetieren ganz die gleiche ist und auch die Verhältnisse bei den anderen Vertebraten nicht allzusehr abweichen, so darf man annehmen, daß in dem bisher geschilderten Apparat die Unterlage für das Essentielle der Kleinhirnwirkung gegeben ist. Auch die klinische Erfahrung weist darauf hin. Ihr ist längst bekannt, daß die Symptome der Kleinhirnerkrankung um so intensiver sind, je näher der Herd der Mittellinie liegt, und daß kleinere Erkrankungen der Hemisphären heute noch symptomlos bleiben können.

Wenn Sie aber das Gehirn eines Vogels mit dem eines kleinen Säugers vergleichen, so sehen Sie, daß bei dem letzteren etwas Neues hinzukommt. Aus den Brückenganglien treten z. B. bei der Maus ganz dünne Faserzüge beiderseits in die lateralen Abschnitte des bisher geschilderten Apparates und wölben sie, kleine Lappchen bildend, nach den Seiten aus. Es entstehen hier, wo sich das Großhirn mächtig ausbildet, an dem alten, allen Tieren gemeinsamen Kleinhirn, dem Paläocerebellum, neue Teile, die Hemisphären oder das Neocerebellum. Es läßt sich leicht zeigen, wie diese Hemisphären mit der Ausbildung des Großhirns wachsen. Beim Menschen, aber auch bei Walen und Elefanten, werden sie so groß, daß das alte Kleinhirn von allen Seiten fast überdeckt wird und fast verschwindet. Zu dem für den Statotonus in Anspruch genommenen Apparat hat sich ein weiterer gesellt, und dieser ist in engster Beziehung zum Großhirn.

Ueber die Funktion der Kleinhirnhemisphären ist bisher nichts Sicheres bekannt. Deren Wegnahme erzeugt allemal ähnliche Symptome beim Hund, wie sie von Wurmverletzungen aus entstehen, aber in diesen Fällen wurde jedesmal der Apparat des Wurmes selbst schwer mitverletzt. Kleinere Verletzungen machen überhaupt keine deutlichen Symptome. Erst die Lokalisationsversuche in den letzten Jahren zeigen, daß wenigstens von den frontalen Abschnitten der Kleinhirnhemisphären her ein die Muskulatur am Kopf und den Extremitäten verstärkender Einfluß ausgeht, weil Wegnahme dieser Teile die Bewegungen unsicher und schlaffer werden läßt.

Auch auf diesem Gebiete scheint nun die Anatomie weiter zu führen. Wir haben einen großen Teil der aus den Muskeln und Gelenken stammenden Fasern, alle die, welche im Hinterstrang verlaufen, bisher nicht weiter verfolgt. Diese Bahnen dienen *communis consensu omnium* irgendwie dem Muskelsinn. Ihr Untergang zieht Verlust der Raumwahrnehmung und Unsicherheit der Bewegungen nach sich, Muskelspannungsveränderungen treten danach nicht auf. Alle diese Fasern enden in den Hinterstrangkernen der Oblongata, und diese Kerne sind durch kleinere Bahnen mit dem Cerebellum, weitaus durch die Mehrzahl der da entspringenden Züge aber mit dem ventralen Abschnitt des Thalamus opticus verbunden. Head und Holmes haben nachgewiesen, daß Unterbrechungen dieser zentralen Bahn an irgendeiner Stelle ziemlich die gleichen Erscheinungen machen wie die Hinterstrangzerstörung. Sie haben in neun Fällen isolierter Thalamuserkrankung auf das sorgsamste alle Sinnesqualitäten untersucht. Es kommen da, wohl abhängig von der Ausdehnung der Herde, die mannigfachsten Ausfälle im Empfindungsgebiete vor, aber konstant ist nur der Verlust des Lagegefühles und die damit immer verbundene Ataxie. Bei allen Tieren, die wir kennen, endet die muskelsensorische Bahn so im Thalamus, und dieser Gesamtapparat muß für gewisse Grade der Stabilität der tierischen Bewegungen ausreichen. Bei den Säugern aber treten aus ihm heraus als „Thalamusstiele“ große Fasermassen, die in der Rinde des Stirn-, des Schläfen- und des Scheitellapens enden. Gerade dort aber entspringen mächtige Faserzüge, die durch das ganze Gehirn hinab zu den Brückenganglien ziehen, und

aus diesen Ganglien ziehen die dicken Brückenarme in die Kleinhirnhemisphären hinein. Ihre Fasern scheinen sich da um die Purkinjeschen Zellen zu verzweigen, und die Achsenzylinder aller dieser Zellen gelangen in den Nucleus dentatus cerebelli. Durch ihn erlangen die Großhemisphären Anschluß an den



Schemata der Leitung aus den Hintersträngen zu der linken gleichseitigen Kleinhirnhälfte via Pons.

oben geschilderten Apparat des Nucleus motorius tegmenti. Bei Säugern werden auch die Bindearme, die dahin führen, stärker, und die roten Kerne der Haube gewinnen erst jetzt ihre mächtige Ausdehnung. Es hypertrophiert mit dem Auftreten der Hemisphären der Mittelhirnteil des Nucleus motorius tegmenti.

Der Apparat, der sich als Hemisphären dem alten Kleinhirn beigesellt, kann sich effektorisch nicht anders betätigen wie das Paläocerebellum, selbst aber erhält er seine Erregung von anderer Seite als jenes.

Hat uns die Verfolgung der spinozerebellaren Bahnen zu der Vermutung gebracht, daß das Paläocerebellum wesentlich ein Apparat für den Statotonus ist, so erlaubt die Verfolgung der Hinterstrangbahnen via Thalamus, Hirnrinde und Brückenbahn in die Kleinhirnhemisphären, auszusagen, daß die Hemisphären von Rezeptionen aus den Muskeln, die dem Lagegefühl dienen, erregt werden. Etwas Neues, was bei den niederen Vertebraten nicht vorhanden war, wird so dem Mechanismus des Bewegungsapparates zugeführt, und die sensorischen Störungen, die bei Kleinhirnaffektionen immer wieder behauptet werden, die Ataxie der Bewegungen, die bei Kleinhirnverlust eintritt, kommen der Erklärung näher.

Klinisch dürften wir bei Vermiserkrankungen mehr die Atonie und die dadurch bedingten Schwankungen der Bewegungen, bei Hemisphärenenerkrankungen mehr die Störungen auf sensorischem Gebiete, die echte Ataxie, erwarten, die doch etwas anderes ist als die von Muskelschwäche ausgehende Unsicherheit.

Aufgabe der Klinik wird es nun mehr als bisher werden, die Unterschiede in den Störungen festzustellen, die durch

Unterbrechung oder Reizung der Bahnen im Großhirn, in den Brückenbahnen oder in den Kleinhirnhemisphären erzeugt werden. Warum wir bisher schon den Kleinhirnerkrankungen scheinbar ähnliche Symptome bei zerebralen bekamen, das liegt auf der Hand, aber es muß möglich werden, diese besser als bisher abzuscheiden. Was wir brauchen, sind neue Untersuchungen über die Sensibilität, speziell auch über die Raumorientierung, dann aber auch über deren Einfluß auf die Motilität. Mir scheinen die Anregungen und Untersuchungen von Anton und von Kleist, die das Symptom der Akinesie — alle Bewegungen langsam, wie gehemmt oder verträumt — auf Störung der Großhirnbrückenbahnen zurückführen wollen, aller Beachtung wert. Vielleicht sind die Symptome der Adiadochokinesis, die langsamere Ausführung bestimmter Bewegungen auf der Seite, wo das Kleinhirn geschädigt ist, und die Asynergie Teilerscheinungen dieses Komplexes oder führen uns doch weiter in dessen Analyse.

Hier liegt offenbar eine große Aufgabe noch vor uns, eine Aufgabe, die möglicherweise ins Gebiet des Psychologischen (Bewegungsvorstellungen) hineinführt.

Ich habe hier nur das Wesentlichste von dem vortragen können, was über die Kleinhirnfaserung bekannt ist. Auf vieles Strittige konnte ich nicht eingehen, und so mächtige Apparate wie die Olive, die auch im wesentlichen Anschluß an die Kleinhirnhemisphären gewinnen, sich erst bei Säugern ordentlich entwickeln, konnte ich garnicht besprechen. Worauf es mir ankam, das ist zu zeigen, daß die sorgsame Verfolgung der Kleinhirnfaserung manches in der Funktion verstehen und daß sie neue Fragen aufwerfen läßt, und vor allem, daß bei den geringen Resultaten, die bisher das Tierexperiment erbracht hat, es Aufgabe der Klinik sein muß, unter Leitung der Anatomie an die zahlreichen Aufgaben, die hier liegen, mit der feinen Beobachtung heranzutreten, die sie allezeit ausgezeichnet hat.