

XXXIV.

Ueber experimentelle Läsionen des Centralnervensystems am anthropomorphen Affen (Chimpansen)¹⁾.

Von

Dr. Max Rothmann,

Privatdocent in Berlin.

(Hierzu Tafel XVI und XVII.)

~~~~~

Die Entwicklung der experimentellen Erforschung des Centralnervensystems, die vor allem nach der bedeutungsvollen Entdeckung von Fritsch und Hitzig von der electrischen Erregbarkeit der Grosshirnrinde einen gewaltigen Aufschwung nahm, brachte es nothwendig mit sich, dass auch an den dem Menschen nächst stehenden Thieren, den Affen, Versuche angestellt wurden. Zeigten doch anatomische und physiologische Betrachtung völlig übereinstimmend, dass sowohl in Bau und Leistung der Grosshirnrinde als auch in dem Aufbau der niederen Centren des Centralnervensystems und den alle diese Theile verbindenden „Leitungsbahnen“ eine aufsteigende Reihe vorhanden ist, die von den niederen Säugethieren über Hund, Katze etc. zum Affen und über diesen hinaus zum Menschen führt. Um also die vor allem bei Hunden gewonnenen experimentellen Ergebnisse, wie sie bei Reizung und Exstirpation bestimmter Theile der Hirnrinde, bei Durchschneidungen tieferer Abschnitte des Gehirns und des Rückenmarks, bei möglichst isolirten Durchtrennungen bestimmter Faserbahnen gewonnen wurden, auf ihre Gültigkeit beim Menschen zu prüfen und weiterhin auch für die practische Anwendung in der Diagnostik und chirurgischen Behandlung von Hirn- und Rückenmarkserkrankungen nutzbar zu machen, ging

---

1) Die Arbeit ist mit Unterstützung der Königl. Preussischen Akademie der Wissenschaften und des Curatoriums der Gräfin Bose-Stiftung ausgeführt worden.

man dazu über, alle diese Experimente auch am Affen zu wiederholen. So gelang es denn auch, eine Reihe physiologisch und practisch medicinisch wichtiger Fragen durch sorgfältige Untersuchungen an Affen so weit zu fördern, dass es auf Grund der hier gewonnenen Aufschlüsse nun auch möglich war, aus den verwickelten pathologischen Befunden beim Menschen die physiologischen Verhältnisse des Centralnervensystems in immer grösserem Umfange zu erschliessen. Aber neben der weitgehenden Uebereinstimmung, die sich vielfach zwischen Affen und Mensch constatiren lässt, giebt es doch eine ganze Reihe ziemlich beträchtlicher Unterschiede, welche die grosse Kluft erkennen lassen, die anatomisch und physiologisch das Gehirn des Affen von dem des Menschen trennt. So giebt das Oberflächenrelief der Grosshirnrinde des Affen nur die allergröbsten Windungen und Furchen des menschlichen Grosshirns wieder und ist daher auch weder in der Feinheit der Ergebnisse der Hirnrindenreizung noch in der Schwere der Ausfallserscheinungen nach Rindenextirpation mit den bei Menschen gemachten Beobachtungen übereinstimmend. Aber auch in den Gehirn und Rückenmark verbindenden Leitungsbahnen, so weitgehend auch ihre Uebereinstimmung bei Mensch und Affen sind, haben sich, je weiter ihre Erforschung in der letzten Zeit vorgeschritten ist, Differenzen im anatomischen Aufbau herausgestellt, denen bestimmte Unterschiede in der Function entsprechen dürften.

Unter diesen Umständen ist die Uebertragung der beim Affen gewonnenen Ergebnisse auf den Menschen nur unvollkommen möglich, da bei anscheinenden Differenzen zwischen den Erfahrungen der menschlichen Pathologie und den experimentellen Befunden am Affen immer der Einwand gegeben ist, dass der Mensch ganz andere Leistungen seines Centralnervensystems aufweist wie der Affe. Es lag demnach der Gedanke nahe, die Versuche auf die kleine Gruppe von Thieren auszudehnen, die in der Entwicklung ihres Gehirns noch weit über dem Affen stehen, und dem Menschen so nahe kommen, dass sie vielfach mit letzterem als eine Gruppe zusammengefasst werden, auf die Anthropoïden. Solchen Versuchen stellen sich rein äusserlich grosse Schwierigkeiten entgegen, die in der Seltenheit, grossen Empfindlichkeit und dem sehr hohen Preis dieser Thiere bestehen. Bis vor kurzem gab es daher auch nur einen Versuch dieser Art, den 1890 Beevor und Horsley an einem Orang-Utan angestellt hatten,<sup>1)</sup> indem sie bei dem-

1) Charles E. Beevor and Victor Horsley, A record of the results obtained by electrical excitation of the so-called motor cortex and internal capsule in an orang-outang (*simia satyros*). Philosoph. transactions of the Royal Society of London. Vol. 181. (1890) B. p. 129—158.

selben die sogenannte motorische Region der Hirnrinde reizten und hier im Wesentlichen dieselben erregbaren Stellen in derselben Vertheilung der Centren für Bein, Arm und Kopf feststellten, die sie auch bei niederen Affen erhalten hatten. Die Ausbildung der einzelnen Reizstellen mit ihren combinirten Bewegungseffecten war nur eine noch feinere als bei letzteren. Die hier erzielten Ergebnisse haben lange als sicherer Anhaltspunkt für die Bestimmung der Reizstellen am menschlichen Gehirn bei operativen Eingriffen im Gebiet der Centralwindungen gedient und bis in die feinsten Einzelheiten hinein durch die Reizungen am menschlichen Gehirn ihre Bestätigung gefunden. Erst in den letzten Jahren haben Grünbaum und Sherrington<sup>1)</sup> solche Versuche an einer grösseren Reihe anthropomorpher Affen (Chimpanse, Orang und Gorilla) angestellt, Versuche, die insofern von dem Resultat des Beevor-Horsley'schen Experiments abweichen, als sie nur den Gyrus centralis anterior erregbar fanden, bei Unerregbarkeit des Gyrus centralis posterior. Grünbaum und Sherrington haben aber weiterhin auch Rindenabtragungen vorgenommen und die Folgen ein- und doppelseitiger partieller Exstirpationen der Armregion eingehend studirt.<sup>2)</sup> Rein anatomisch konnten sie die wichtige Thatsache feststellen, dass die anthropomorphen Affen, ganz wie der Mensch, neben der Pyramidenseitenstrangbahn im Rückenmark eine ungekreuzte Pyramidenvorderstrangbahn besitzen, die bald sehr stark entwickelt, bald nur angedeutet nachweisbar ist.

Beziehen sich diese Versuche an anthropomorphen Affen sämmtlich auf das Gebiet der Fühlspäre der Grosshirnrinde, so führten mich meine an Hunden und Affen ausgeführten Ausschaltungen der Pyramidenseitenbahnen dazu, ähnliche Versuche an Anthropoiden ins Auge zu fassen. Starlinger<sup>3)</sup> war es zuerst gelungen, Hunde, denen er die Pyramiden in der Medulla oblongata durchschnitten hatte, am Leben zu erhalten und an ihnen nachzuweisen, dass ihre motorische Funktion durch diese Ausschaltung der einzigen ununterbrochen von der Hirnrinde zum Rückenmark ziehenden, als eigentliche motorische Leitungsbahn be-

1) Grünbaum and Sherrington, Observations on the physiology of the cerebral cortex of some of the higher Apes. Proceed. of the Royal Society Vol. 69. p. 206. Dec. 24. 1901.

2) Grünbaum and Sherrington, Observations on the physiology of the cerebrum cortex of the Anthropoid Apes. Proceed. of the Royal Society Vol. 71. 1903.

3) Joseph Starlinger, Die Durchschneidung beider Pyramiden beim Hunde. Jahrbücher f. Psychiatrie Bd. XV. S. 1. 1896.

kannten Fasergruppe in keiner Weise gelitten hatte. Durch Zerstörung der Pyramidenkreuzung bei Hunden und Katzen konnte ich die Richtigkeit dieser Angaben voll bestätigen und nachweisen, dass die Erregbarkeit der Extremitätenregion der Grosshirnrinde durch diese Ausschaltung der Pyramidenleitung nur eine ganz minimale Herabsetzung bei völliger Erhaltung aller Reizeffekte erfährt. Weit wichtiger war aber der Nachweis, dass auch beim Affen, dessen Pyramidenbahnen an Mächtigkeit nicht hinter denen des Menschen zurück zu stehen scheinen, die völlige Ausschaltung der Pyramidenbahnen durch ihre Zerstörung in der Kreuzung nicht von Lähmungen gefolgt ist. Der der Pyramidenleitung beraubte Affe ist in vollem Besitz aller seiner Bewegungen; auch der feinsten isolirten Finger- und Zehenbewegungen, nur dass die Bewegungen etwas langsamer verlaufen, der Affe im ganzen einen etwas plumperen Eindruck macht als ein normales Thier<sup>1)</sup>.

Diese Ergebnisse, die bei einer neuen Versuchsreihe am Affen soeben wiederum ihre volle Bestätigung gefunden haben, stehen nun in einem absoluten Widerspruch zu den beim Menschen zuerst theoretisch construirten, dann aber anscheinend auch durch klinische und pathologisch-anatomische Befunde gestützten Anschauungen über die Folgen des Ausfalls der Pyramidenbahn-Leitung. Darnach führt die Erkrankung und das allmähliche Zugrundegehen der Pyramidenbahnen allein im Rückenmark zu einer spastischen Parese, ein Symptomenkomplex, den Erb unter dem Namen der spastischen Spinalparalyse als selbständigen Krankheitsbegriff eingeführt hat. Die Unterbrechung der Pyramidenbahn im Grosshirn im Gebiet der inneren Kapsel ist ferner nach diesen Anschauungen die Ursache der halbseitigen Lähmung, der Hemiplegie. Bei der weitgehenden Uebereinstimmung der motorischen Leitungsbahnen des Menschen und Affen, neben denen die geringen Differenzen zurücktreten, bei der grossen Aehnlichkeit in der Benutzung der Arme, vor allem in den feinen Greifbewegungen der Finger hatte man hier keine wesentlichen Unterschiede in der Funktion der Pyramidenbahn erwartet. Ergiebt es sich nun aus den oben geschilderten Versuchen mit Bestimmtheit, dass beim Affen die Leitung durch die Pyramidenbahnen die ihr bisher zugeschriebene Bedeutung nicht hat, jedenfalls fast augenblicklich von anderen Gehirn und Rückenmark verbindenden Bahnen ersetzt werden kann, so bleiben für den Menschen nur zwei Möglichkeiten übrig. Entweder sind die bisherigen Anschau-

---

1) M. Rothmann, Die Erregbarkeit der Extremitätenregion der Hirnrinde nach Ausschaltung cerebrospinaler Bahnen. Zeitschr. für klin. Medicin. Bd. 44. H. 3 und 4.

ungen über die Funktion der Pyramidenbahnen beim Menschen gleichfalls irrig und müssen auf Grund der beim Affen gewonnenen Ergebnisse revidirt werden, oder die hier obwaltenden Verhältnisse sind beim Affen und Menschen grundverschieden, die beim Affen erhaltenen Resultate lassen sich daher nicht auf den Menschen übertragen. Wäre die letztere Annahme richtig, so müsste das die Bedeutung der vielfachen durch Experimente am Affen gewonnenen Kenntnisse hinsichtlich der Funktion des Centralnervensystems für die menschliche Pathologie beträchtlich herabsetzen. Dagegen schliesst die Annahme weitgehender Uebereinstimmung durchaus nicht aus, dass eine Fortentwickelung beim Menschen stattgefunden hat, derart, dass die physiologische Bedeutung der Pyramidenbahnen bei ihm eine grössere geworden ist, die Ersatzfähigkeit derselben durch andere Bahnen eine entsprechend geringere.

An der Hand der aus der menschlichen Pathologie gewonnenen Erfahrung unterzog ich diese Fragen daher einer ernsthaften Prüfung<sup>1)</sup> und konnte dabei feststellen, dass beim Menschen allerdings die acute Zerstörung der Pyramidenbahn von einer Parese der entsprechenden Extremitäten gefolgt ist, welche aber weitgehender Rückbildung fähig ist, dass der chronische, sich allmählich entwickelnde völlige Ausfall der Pyramidenbahnen ohne nennenswerthe Lähmungen und auch ohne stärkere Spasmen der Extremitäten bestehen kann. Trotzdem lässt es sich nicht verkennen, dass es schwierig ist, aus den Ergebnissen der menschlichen Pathologie zu sicheren Schlüssen zu gelangen; die einschlägigen Fälle sind gewöhnlich im klinischen Verlauf und anatomischen Befund allzu complicirt, sie betreffen in der Regel ältere, auch sonst kränkliche Individuen, bei denen sich die Restitution der Function naturgemäss schwerer vollzieht, als bei den gesunden, kräftigen, jungen Thieren, die wir bei unseren Experimenten verwenden.

Um daher ein Urtheil zu gewinnen, in welcher Weise sich über den Affen hinaus die Bedeutung der einzelnen für die motorische Function in Betracht kommenden cerebo-spinalen Leitungsbahnen insbesondere der Pyramidenbahnen gestaltet, erschien es nothwendig die am Affen ausgeführten Experimente am Anthropoiden zu wiederholen. Von den 4 verschiedenen Species derselben — Gorilla, Chimpanse, Orang-Utan und Gibbon — kommen Gorilla und Gibbon für die praktische Ausführung der Versuche nicht in Betracht, der Gorilla seiner

---

1) M. Rothmann, Ueber die Ergebnisse der experimentellen Ausschaltung der motorischen Function und ihre Bedeutung für die Pathologie. Zeitschrift f. klin. Med. Bd. 48. H. 1 und 2. 1903.

Seltenheit und des dadurch bedingten enormen Preises wegen, der Gibbon, weil er in vielen Punkten den niederen Affen allzu nahe steht, sehr selten im Handel vorkommt und bereits im normalen Zustand so empfindlich ist, dass die Chancen des Erfolges bei einer eingreifenden Operation offenbar minimale sind. Es bleiben also Orang-Utan und Chimpanse, die beide verhältnissmässig häufig nach Europa gebracht werden, sich wenigstens in einer Reihe von Individuen ganz gut acclimatisieren und bisweilen selbst Jahre lang in Zoologischen Gärten gehalten werden.

Um nun festzustellen, welche dieser Thierformen für die vorzunehmende Operation dem anatomischen Bau nach am geeignetsten wäre, wandte ich mich an den Director des Zoologischen Museums in Berlin, Herrn Geh. Rath Moebius und konnte, mit seiner Erlaubniss, unter liebenswürdiger Unterstützung des Herrn Prof. Matschie, eine Reihe von Knochen- und Spirituspräparaten von Anthropoiden auf die hier obwaltenden Verhältnisse hin untersuchen. Beiden Herren spreche ich auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank aus.

Die Durchtrennung der Pyramidenkreuzung ist von mir bei den niederen Affen derart ausgeführt worden, dass vom Nacken her die zwischen Hinterhauptsrand und Atlas ausgespannte Membrana obturatoria post. freigelegt und geöffnet wurde, eine Operation, die ohne jede Schwierigkeit und ohne nennenswerthe Blutung zu machen ist. Alsdann liegt die dorsale Peripherie der Medulla oblongata von dem im oberen Theil der Oeffnung in der Regel eben noch sichtbaren Kleinhirnwurm bis zur oberen Hälfte des 1. Halssegments frei; ein im oberen Theil des Gesichtsfeldes in der Mittellinie der Medulla senkrecht eingestochenes Messerchen wird nun bis zum Atlasrande nach abwärts in der Mitte durchgezogen und durchschneidet so die in diesem Abschnitt der Medulla gelegene Pyramidenkreuzung. Die Gefahr der Blutung ist dabei, selbst bei Gebrauch eines spitzen Messerchens, eine sehr geringe, da sich die Vereinigung der beiden A. vertebrales zur A. basilaris erst im obersten Theil der Medulla oblongata vollzieht und daher im Schnittgebiet die ventrale Oberfläche der Medulla frei von Arterien ist.

Was nun die Ausführung dieser Operation bei den Anthropoiden betrifft, so ergiebt bereits eine oberflächliche Betrachtung der Scelettverhältnisse, dass dieselben hier für diesen Zweck wesentlich ungünstigere sind. Denn erstens ist das Hinterhaupt bei den Anthropoiden wie beim Menschen viel stärker nach hinten vorgewölbt, sodass die Oeffnung zwischen Hinterhauptsknochen und Atlas viel tiefer und daher schwerer zugänglich liegt. Zweitens aber ist der Kopf bei den Anthropoiden weit mehr nach vorn überhängend als bei den niederen Affen und auch

beim Menschen, balancirt daher weit weniger auf der Wirbelsäule und muss durch besonders starke Bandapparate und Muskelmassen festgehalten werden. Dadurch erklärt es sich, dass die Spinalfortsätze der Halswirbelsäule, die Ansatzpunkte dieses Band- und Muskelapparats, bei den Anthropoiden, vor allem im ausgewachsenen Zustande, eine sehr starke Entwicklung zeigen, wodurch die Membrana obturatoria post. noch mehr in die Tiefe rückt und daher weit schwerer zugänglich wird. Nach dieser Richtung besteht nun aber ein beträchtlicher Unterschied zwischen Gorilla und Orang einerseits und Chimpansen andererseits, indem letzterer, vor allem im jugendlichen Alter, in der Entwicklung der Spinalfortsätze und dementsprechend auch in dem Ueberhängen des Kopfes weit hinter den beiden anderen Anthropoiden zurücksteht. Da nun dadurch der Chimpansen für die Freilegung der Membrana obturatoria post. viel günstigere Verhältnisse darbietet als die anderen Menschenaffen, sich ferner auch durch eine geringere Grösse und seine lebhafteren Bewegungen zur Unterbringung und Beobachtung entschieden besser eignet als der Orang, so entschied ich mich, die Versuche am Chimpansen zu machen.

Zunächst wurde an vollkommen in Spiritus eingelegten Chimpanscadavern die Membrana obturatoria post. frei präparirt. Dieselbe liegt freilich viel tiefer als bei den niederen Affen und — wie ich auf Grund eigener Leichenversuche hier bemerken möchte — auch beim menschlichen Kind. Um sie gut freizulegen, muss der Kopf stark nach vorn flectirt werden; alsdann hat man nach Eröffnung der Membrana obturatoria post. einen viel grösseren Raum frei als beim niederen Affen, da entsprechend der stärkeren Neigung des Kopfes der dorsale Rand des Foramen occipitale magnum mehr nach vorn und oben gerückt ist. Bei Einstechen des Messers in der Mitte der Medulla muss man deshalb am Atlasring genau die Richtung bestimmen, in der eingestochen werden soll, indem man das Messer genau parallel zu demselben stellt. Nur so vermeidet man, dass das Messer zu weit schräg nach vorn in das Gehirn eingestossen wird. Jedenfalls ergaben diese Versuche, dass die Operation am Chimpansen ausführbar sein musste, um so besser, je jünger die Thiere sind.

Betrachten wir die anatomischen hier in Betracht kommenden Verhältnisse der Medulla oblongata beim Chimpansen, so ist zunächst der Verlauf der Arterien an der ventralen Oberfläche ungefähr derselbe wie bei den niederen Affen. Die Vereinigung der beiden A. vertebrales zur A. basilaris findet im oberen Theil der Medulla oblongata statt, so dass die Gegend der Schleifenkreuzung und Pyramidenkreuzung an der ventralen Fläche entweder ganz frei von Arterien ist, oder es zieht doch

nur ein feiner arterieller Ast von der einen Art. vertebralis kurz vor der Vereinigung herab, um etwa in der Mitte des 1. Cervicalsegments die Mittellinie zu erreichen und hier in den Tractus arteriosus spinalis anterior überzugehen. Was die Pyramidenkreuzung selbst betrifft, so liegt dieselbe entschieden etwas höher als bei den niederen Affen, so dass bei senkrechter Durchschniedung der Medulla die Höhe der Pyramidenkreuzung mit den untersten Abschnitten des Cerebellum auf einem Niveau liegt. Die Pyramidenkreuzung selbst ist beim Chimpansen noch weit mächtiger entwickelt als beim niederen Affen; wie sich an Serienschnitten durch dieselben nachweisen lässt, ist sie wesentlich höher und breiter und beginnt weit mehr ventralwärts, so dass ihr ventraler Rand in einigen Schnitten sogar an der ventralen Oberfläche frei zu Tage kommt. Damit hängt es zusammen, dass die sich kreuzenden Fasern weniger steil dorsalwärts verlaufen als beim niederen Affen, daher nicht so scharf an der Basis des Hinterhorns umbiegen müssen, um den Seitenstrang zu erreichen, sondern von der Kreuzung an einen schrägeren dem Seitenstrang zustrebenden Weg einschlagen.

Um weiterhin die auch für die physiologische Betrachtung wichtige Frage zu entscheiden, ob die Chimpansen eine ungekreuzte Pyramidenvorderstrangbahn besitzen, wie der Mensch, oder dieselbe völlig entbehren oder doch nur in Spuren erkennen lassen, wie die niederen Affen, zerlegte ich den die Pyramidenkreuzung enthaltenden Medullaabschnitt eines 8jährigen Chimpansen, den ich dem Entgegenkommen des Privatdocenten Dr. Friedenthal verdanke, in frontale mit der Weigert'schen Markscheidenfärbung behandelte Serienschnitte, in der Hoffnung, auf solchen Bildern die Abzweigung des ungekreuzten Abschnitts der Pyramidenbahn von den sich kreuzenden Fasern zu sehen. Es strahlen aber einerseits viele Fasern aus den dorsalen Abschnitten der Kreuzung in den medialen Theil des Vorderstrangs ein, anderseits rücken die nicht der Pyramidenbahn angehörigen Vorderstrangfasern im obersten Halsmark medialwärts an den Sulcus anterior heran, so dass es nicht gelingt, auf Weigert-Präparaten eine ungekreuzte Pyramidenvorderstrangbahn zu isoliren. Ihre Fasern sind jedenfalls mit anderen motorischen und sensiblen Fasern vermischt<sup>1)</sup>. Inzwischen haben die Untersuchungen von Grünbaum und Sherrington die Existenz einer in der Ausdehnung stark schwankenden Pyramidenvorderstrangbahn durch Nachweis frischer Degeneration derselben nach Abtragung der Armregion der Grosshirn-

---

1) Zu demselben negativen Resultat führte die Untersuchung der ebenso behandelten Pyramidenkreuzung eines *Hylobates Siamang*, die mir Herr Geheimrath Fritsch freundlichst überliess.

rinde mit Sicherheit festgestellt. Scheint dieselbe auch nach den Erfahrungen der menschlichen Pathologie im Allgemeinen von geringer Bedeutung für die Function zu sein, so erfordert ihr Vorhandensein doch Berücksichtigung. .

Jedenfalls ergab die Untersuchung der anatomischen Präparate, dass beim Chimpansen, vor Allem bei jugendlichen Exemplaren, der Ausführung der Durchtrennung der Pyramidenkreuzung keine unüberwindlichen Schwierigkeiten im Wege stehen. Durch die Unterstützung der Königl. Preussischen Akademie der Wissenschaften und der Gräfin Bose-Stiftung wurde es mir nun ermöglicht, an die Operation am lebenden Chimpansen heranzutreten. Dabei war von vornherein zu erwägen, dass, entsprechend dem hohen Preise und der schweren Erhältlichkeit der Chimpansen, nur an einer kleinen Zahl von Thieren operirt werden konnte; doch war ja bei dieser Operation der Durchtrennung der Pyramidenkreuzung ein einziger gelungener Versuch für eine Reihe wichtiger Fragen hinsichtlich des Einflusses der Pyramidenbahnen auf die Motilität, auf den Tonus der Muskulatur u. s. w. von entscheidender Bedeutung.

Bisher ist von mir an drei Chimpansen operirt worden. Leider bin ich nicht in der Lage, über einen vollgelungenen Versuch zu berichten. Wenn ich trotzdem jetzt daran gehe, die von mir gewonnenen Ergebnisse mitzutheilen, so ist die Veranlassung, dass in der nächsten Zeit ohne allzu grosse Opfer geeignetes Material kaum zu erlangen sein wird, da die Anthropoiden in Folge der neuen Mittheilungen über die Ueberimpfbarkeit der Syphilis auf dieselben gegenwärtig ausserordentlich begehrt und im Handel kaum erhältlich sind. Die von mir gemachten Erfahrungen werden aber vielleicht Veranlassung geben, an günstiger gelegenen Arbeitsplätzen die Versuche zu wiederholen.

Ehe nun die Experimente selbst geschildert werden, ist es nothwendig, um sichere Schlüsse hinsichtlich der grösseren oder geringeren Störung der Motilität machen zu können, zunächst die normalen hier beim Chimpansen obwaltenden Verhältnisse zu besprechen. Bekanntlich haben sich bei den Menschenaffen hinsichtlich der Ausbildung ihrer Extremitäten eigenthümliche Abweichungen vom Verhalten sowohl des Menschen als auch des niederen Affen entwickelt, Abweichungen, die grösstentheils auf das sehr intensive Baumleben dieser Thiere zurückzuführen sind. So fällt vor Allem die ausserordentliche Verlängerung der Arme auf, die beim Orang und Gibbon geradezu groteske Formen annimmt, aber auch beim Gorilla und Chimpansen sehr beträchtlich ist. Damit eng verbunden ist nun die Umgestaltung der Hand, die vor Allem in einer bedeutenden Verkürzung des Daumens und starken

Verlängerung der übrigen 4 Finger der Hand besteht. Dadurch entsteht eine Greifhand, wie sie beim Schwingen von Ast zu Ast entschieden von grossem Vortheil ist. Entsprechend dieser veränderten Bildung der Arme haben auch die unteren Extremitäten eine Umgestaltung erfahren, indem sie verhältnissmässig kurz und in ihrer Muskulatur schwach entwickelt sind. Der Fuss zeichnet sich durch die starke Abducirbarkeit der grossen Zehe gegenüber den menschlichen Verhältnissen aus.

Was zunächst den Gang des Chimpansen betrifft — die anderen Anthropoiden brauchen wir hier nicht weiter zu berücksichtigen — so kommen bei demselben Arme und Hände zu beträchtlicher Verwendung bei verhältnissmässig geringer Inanspruchnahme der Beine. Der Chimpasen steht in der Regel auf der vollen Fusssohle, die Zehen bald breit auf die Erde setzend, bald eingeschlagen, sodass er auf der dorsalen Fläche der Zehen steht. Der Rumpf ist nach vorwärts geneigt, die Arme werden mit eingeschlagenen Fingern auf die Erde aufgestützt. Nur selten steht der Chimpasen auf den hinteren Extremitäten allein, wobei es noch fraglich ist, ob dabei nicht stets Dressur obwaltet. Es ist ja bekannt, dass solche dressirten Thiere bisweilen lernen, völlig aufrecht, ohne Benutzung der Arme zu stehen und zu gehen. Der Gang zeigt nun in der Regel zwei verschiedene Formen. Am häufigsten geht der Chimpasen derart, dass er die Arme fest auf die Erde aufsetzt und nun mit den Füßen einfach durchhangelt, beide Beine ungefähr gleichzeitig abstossend und wieder aufsetzend; vor Allem beim schnellen Laufen benutzt er diese Gangart. Beim langsam Gehen dagegen brauchen die Chimpasen bald fortdauernd, bald zeitweise den schreitenden Gang auf allen Vieren, bei dem sie zwar in Folge der Länge der vorderen Extremitäten eine halb aufrechte Stellung bewahren, sich im Uebrigen aber nicht allzu sehr von dem Gang der niederen Affen unterscheiden. Dabei wird die Fusssohle breit aufgesetzt; die Zehen sind bald gestreckt, bald in die Planta pedis eingeschlagen. Lernen die Chimpasen endlich einige Schritte aufrecht ohne Aufstützen der Arme zu gehen, so bewegen sie die Beine in der Regel mit völlig durchgedrückten Knieen, die Arme bisweilen zum Balanciren etwas seitwärts emporhebend.

Sehen wir demnach, dass der Gang des Chimpansen seine Besonderheiten aufweist, dass vor allen Dingen die unteren Extremitäten beim schnellen Laufen weit weniger benutzt werden als beim niederen Affen, vom Menschen ganz zu schweigen, so ergiebt auch eine Betrachtung der Greifbewegungen der oberen Extremitäten wesentliche Abweichungen. Entsprechend der oben geschilderten eigenthümlichen Handbildung greift

der Chimpanse nicht in der Weise mit opponirtem Daumen und Zeigefinger bei leicht pronirtem Unterarm, wie das der Mensch und im Wesentlichen auch der niedere Affe thut. Sondern, da ihm das An-einanderbringen der Fingerspitzen von Daumen und Zeigefinger bei der weiten Entfernung derselben von einander grosse Schwierigkeiten macht, so greift er in der Regel mit dem Daumen und der radialen Fläche des Metacarpus und der 1. Phalanx des Zeigefingers unter stärkster Pronation des Unterarms, so dass der Daumen dabei nach unten sieht und nicht wesentlich opponirt zu werden braucht. Wenn diese Greifbewegung für unser Auge zunächst auch ungeschickt und *plump* aussieht, so kann man sich doch bald überzeugen, dass der Chimpanse auf diese Weise sehr geschickt greift, auch kleinste Stückchen vom Boden aufnimmt und jedenfalls keine Einbusse in den feineren Leistungen der Hand erlitten hat. Viel seltener als dieser Modus der Greifbewegung ist nun ein zweiter zu beobachten, bei dem der Chimpanse den Unterarm nicht in stärkste Pronation bringt, sondern ihn kräftig supinirt, um im Uebrigen gleichfalls mit Daumen und radialem Rand des Zeigefingers zu greifen. Während bei unserem menschlichen Greifen der Daumen von innen, die übrigen Finger von aussen den Gegenstand umgreifen, legt sich beim Chimpansen bei beiden Arten des Greifens stets der Daumen von aussen um den zu fassenden Gegenstand herum. Dabei ist zu betonen, dass in Grösse, Muskelentwickelung und Kraft des Daumens bei den einzelnen Chimpansen sehr beträchtliche Abweichungen vorkommen, von Fällen, wo derselbe beinahe menschliches Verhalten zeigt, bis zum Herabsinken zum fast völlig kraftlosen Anhängsel der Hand. Bei dressirten Chimpansen kann man sogar beobachten, dass sie sich das menschliche Greifvermögen vollkommen angeeignet haben, also durch starkes Vorschieben des Daumens das Greifen mit Daumen und Zeigefingerspitze bei nur mässiger Pronation des Unterarms fertig bringen. Eine besondere Bevorzugung des rechten oder linken Armes bei den Greifbewegungen liess sich bei keinem der von mir beobachteten Chimpansen constatiren.

Die Untersuchung der Sehnenreflexe ergiebt die auffällige Thatsache, dass die Patellarreflexe entweder nur ganz schwach oder garnicht auslösbar sind trotz wiederholter Prüfung unter allen Cautelen. Auch die Plantarreflexe sind nicht deutlich zu erhalten; bei Streichen am äusseren Fussrand sieht man bisweilen eine schwache Bewegung der grossen Zehe, bald eine Plantar-, bald eine Dorsalflexion, zu Stande kommen, ohne feste Ordnung dieser Reflexe. Hinsichtlich der feineren Hautsensibilität zeigen die Chimpansen eine wesentlich stärkere Abstumpfung als der Mensch und gleichen hierin vollkommen den niederen Affen.

Was die Art der activen Bewegungen betrifft, so ist der Chimpasen in denselben ausserordentlich langsam und gemessen; sie machen fast stets den Eindruck des Ueberlegten, Beabsichtigten. Daher gelingt es auch nicht, in der Weise, wie man bei den niederen Affen durch hingehaltene Nahrung beinahe reflexartig Bewegungen auslöst, den Chimpasen zu activen Bewegungen zu veranlassen. Die Beobachtung des Chimpasen, vor Allem, wenn man nach der Operation pathologische Veränderungen feststellen will, erfordert viel Zeit. Die Bewegungen der Arme sind aber bei allen Handlungen denen des Menschen ungemein angenähert und offenbar im weitesten Umfange von der Grosshirnrinde abhängig. Störungen, die durch den Ausfall bestimmter motorischer Bahnen, vor Allem der Pyramidenbahnen, der directen motorischen Grosshirn-Rückenmarksleitung, zu Stande kommen, müssen sich beim Chimpasen an den Armen mit grosser Deutlichkeit zeigen, während allerdings die unteren Extremitäten bei ihrer verhältnissmässig geringen functionellen Inanspruchnahme in ihrem Verhalten denen des Menschen nicht gleichgesetzt werden dürfen.

#### Versuch No. I.

Den ersten Chimpasen — ein schwarzgesichtiges Weibchen von ca.  $2\frac{1}{2}$  Jahren — erhielt ich am 11. Februar 1902. Es hängt beim Gehen fast immer mit den Beinen durch, greift stets in der oben beschriebenen Weise mit Ueberpronation des Vorderarms. Nachdem sich der Chimpasen 8 Tage lang völlig normal verhalten hatte wurde am 18. Februar 1902 zur Operation geschritten.

Die Aethernarkose des von dem Diener mit stark auf die Brust gebeugtem Kopfe gehaltenen Thieres gelang ausserordentlich leicht. Die Membrana obturatoria post. wurde freigelegt und ausgiebig nach allen Seiten gespalten ohne nennenswerthe Blutung. Im oberen Theil der Oeffnung kam auf jeder Seite ein kleiner Kleinhirnabschnitt, die Tonsille, unter der Hinterhauptsschuppe hervor, während im Uebrigen die dorsale Fläche der Medulla in grosser Ausdehnung im Spalt freiliegt. An den freiliegenden Kleinhirnpartien war die Mitte genau zu bestimmen, und es wurde nun ein kleines spitzes Messerchen etwas schräg nach vorn zur Verlaufsrichtung des Atlas im oberen Theil der freiliegenden Medulla eingestochen und nach unten gezogen. Sofort trat eine heftige, arterielle, unstillbare Blutung ein. Nach wenigen unregelmässigen Atemzügen Exitus.

Die Section ergab, dass in diesem Fall die Vereinigung der A. vertebrales zur A. basilaris ganz abnorm tief von statten ging, sodass das Messer an der ventralen Fläche der Medulla, wo es im obersten Theil etwas von der Mittellinie nach rechts abgewichen ist, die rechte A. vertebralis unmittelbar vor der Vereinigungsstelle von unten her etwas angeritzt und so die tödtliche Blutung herbeigeführt hatte. Wenn auch in keinem der vielen von mir geprüften Chimpasen-Gehirne eine ähnliche Abnormität vorgekommen ist, hier also wirklich

ein ganz besonders unglücklicher Zufall anzunehmen ist, so habe ich doch in der Folge ein an der Spitze abgerundetes und im obersten Theil der Schnittfläche nicht geschärftes Messer gewählt, sodass es die Pia an der ventralen Fläche der Medulla beim Schneiden nicht durchtrennt, daher mit den arteriellen Gefässen an der ventralen Oberfläche keinesfalls in Berührung kommt.

An dem verunglückten Chimpansen wurde nun die Schnittführung genau an Serienschnitten der nach Marchi behandelten Medulla festgestellt.

Die Schnittführung beginnt im untersten Abschnitt der Medulla oblongata dicht oberhalb der Pyramidenkreuzung am ventralen Rande der lateralen Hälfte der rechten Pyramide. Im obersten Abschnitt der Pyramidenkreuzung dringt der Schnitt durch den lateralen Theil der rechten Pyramide und dorsale Abschnitte des Vorderstrangrestes bis an die graue Substanz heran, ist bereits wenige Schnitte tiefer in die rechtsseitige graue Substanz eingedrungen und durchtrennt hier die zum rechten Seitenstrang ziehenden von der linken Pyramide kommenden Pyramidenstrangfasern unmittelbar nach der Kreuzung, wobei vielleicht vereinzelte ganz oben kreuzende Fasern dem Schnitt entgangen sind. In dem oberen Drittel der Pyramidenkreuzung geht der Schnitt dann ein wenig rechts von der Mittellinie durch die Mitte der rechten Pyramide und die rechtsseitige graue Substanz bei völliger Durchtrennung der rechten Py.S. und dringt lateral vom rechten Goll'schen Kern in den rechten Hinterstrang ein. Von der Mitte der Pyramidenkreuzung an geht der Schnitt von der ventralen bis zur dorsalen Peripherie und zwar durch die Mitte der rechten Pyramide, medial am rechten Vorderhorn vorbei, durch die rechte Py.S., die dorsale graue Substanz rechts vom Centralcanal und durch den rechten Hinterstrang lateral vom Goll'schen Kern. Die Pyramidenkreuzung selbst, neben der der Schnitt ganz scharf rechts vorbeigeht, ist auffallend breit und reicht mit den am meisten ventral gelegenen, sich kreuzenden Pyramidenfasern bis an die ventrale Peripherie, unbedeckt von den eigentlichen Pyramiden, heran (Tafel XVI, Figur 1).

Auch im unteren Drittel der Pyramidenkreuzung geht der Schnitt von der ventralen bis zur dorsalen Peripherie durch, rückt aber allmälig etwas mehr nach links herüber, sodass er in den untersten Theilen der Kreuzung nur noch minimal nach rechts von der Mittellinie abweicht, sodass in diesen Abschnitten die von der rechten Pyramide zur linken Py.S. ziehenden Fasern unmittelbar vor der Kreuzung, die von der linken Pyramide zur rechten Py.S. ziehenden Fasern unmittelbar nach beendeter Kreuzung durchtrennt sind.

In dieser Höhe wird in der linksseitigen hinteren Wurzel (1. Spinalw.) eine kleine Ansammlung von Spinalganglienzellen festgestellt.

Unmittelbar unterhalb der Pyramidenkreuzung geht der Schnitt noch immer unmittelbar rechts vom Centralcanal vom medialen Theil des rechten Vorderstranges bis zum medialen Theil des rechten Hinterstranges von der ventralen bis zur dorsalen Peripherie.

Wenige Schnitte tiefer weicht der Schnittkanal von der ventralen Peripherie zurück und hört im mittleren Theil des 1. Halssegmentes vollkommen auf.

Der Schnitt war also in diesem Fall genau im beabsichtigten Niveau und in genügender Ausdehnung geführt worden, nur dass er in seinem ganzen Verlauf etwas nach rechts von der Mittellinie abgewichen war und daher nicht durch die Pyramidenkreuzung selbst, sondern unmittelbar rechts an derselben entlang gegangen war. Es war daher die rechte Pyramidenseitenstrangbahn total durchtrennt worden; die von der rechten Pyramide zur linken Pyramidenseitenstrangbahn ziehenden Fasern kreuzten in der oberen Hälfte der Pyramidenkreuzung ungeschädigt, während die in der unteren Hälfte der Kreuzung zur linken PyS. ziehenden Fasern theils unmittelbar vor der Kreuzung durchtrennt waren, theils bereits durch den Schnitt in der rechten Pyramide selbst zerstört wurden. Von den Pyramidenvorderstrangbahnen war die rechte total zerstört, die linke völlig frei geblieben. Von den von der linken Pyramide stammenden Fasern war also die rechte Pyramidenseitenstrangbahn total zerstört, die linke Pyramidenvorderstrangbahn aber intact geblieben; von den von der rechten Pyramide kommenden war nur der in der unteren Hälfte der Pyramidenkreuzung zur linken PyS. ziehende Theil zerstört, die rechte Pyramidenvorderstrangbahn aber total vernichtet. War also auch keine völlige Zerstörung der Pyramidenbahnen erreicht, so würde doch eine so beträchtliche Aufhebung der Pyramidenleitung genügt haben, um über Function der Pyramidenseitenstrangbahn, der Pyramidenvorderstrangbahn etc. weitgehende Auskunft zu geben. Eine Variation der Schnittführung ist bei derartigen Versuchen gewiss unvermeidlich.

Immerhin liess sich nach diesem Befund, so unglücklich auch das Ergebniss dieses ersten Versuchs war, hoffen, dass ein Erfolg beim Chimpansen zu erzielen sein würde, zumal auch die mikroskopische Untersuchung zeigte, dass die Verletzung der Arterie nicht etwa die Folge einer zu weit nach oben gehenden Messerführung, sondern einer ganz abnorm tiefen Vereinigung der Art. vertebrales zur A. basilaris war. Trotzdem ist es nicht gelungen, in den zwei folgenden Versuchen das Ziel völlig zu erreichen.

#### Versuch II.

Am 9. Mai 1902 erhielt ich einen kleinen  $1\frac{3}{4}$  Jahre alten männlichen Chimpansen, der die ersten Zähne, bis auf die gerade durchbrechenden Eckzähne sämmtlich besass. Er ist sehr beweglich, läuft in der Regel schreitend mit voll aufgesetzter Sohle, kann aber auch auf die Hände gestützt und mit den Beinen durchhangelnd laufen. Er kann, ohne Unterstützung der Arme, kurze Zeit aufrecht stehen und auch einige Schritte mit den Beinen allein machen. Die Patellarreflexe sind ganz schwach, oft gar nicht zu erzielen; bei Streichen der Fusssohle kommt es zu einer Dorsalflexion der grossen Zehe, bei

Streichen des Fussrückens zur Plantarflexion derselben. Die Arme benutzt der Chimpanse beim Greifen beide gleichmässig; er greift niemals in Pronation des Unterarms, sondern in leicht supinirter Stellung desselben mit Daumen und Zeigefingerrand, während die anderen Finger eingeschlagen sind. Der Daumen ist wesentlich länger und kräftiger als beim ersten Chimpansen. Das Thier fängt an, schlecht und unlustig zu essen, magert dabei stark ab, hat oft diarrhoischen Stuhl. Da das Allgemeinbefinden sich nicht bessert, sich im Stuhlgang sogar etwas Schleim zeigt, wird am 24. Mai Mittags 12 Uhr, nach 14 tägigem Warten zur Operation geschritten.

Bei diesem Chimpansen wird der Kopf möglichst wenig abgebogen, um das Abweichen des Schnittes durch die Medulla am ventralen Rande zu weit nach vorn zu verhindern. Dadurch kommt es aber dazu, dass nicht die Membrana obturatoria post., sondern der Raum zwischen Atlas und Epistropheus freigelegt wird, wie später die Section ergab und vorher schon bei der Operation die völlige Unsichtbarkeit der Tonsillen des Kleinhirns hätte erkennen lassen müssen. In dem so freigelegten und eröffneten weiten Raum zwischen den Knochenrändern wird das Messer möglichst weit oben in der Mitte eingestochen und ausgiebig nach oben und unten geführt, ohne jede Blutung, ohne Athemstockung. Muskel- und Hautnaht. Auch in diesem Fall Athernarkose ohne jede Störung.

Unmittelbar nach der Operation kommt der Chimpanse, gut in Wolldecken gehüllt, in den Käfig; gleich danach zeigt er Bewegungen in den Fingern beider Hände. Nach 20 Minuten Schlaf versucht er sich zu erheben, fällt aber dabei um. Einige Minuten später richtet er sich auf, greift mit der linken Hand gut an die Stange, fällt jedoch leicht nach rechts um. Dabei zeigt er sich wütend und schreit viel. Abends 6 Uhr ist das Thier völlig munter, kommt auf den Arm, wobei er mit beiden Händen fest zufasst. Auf die Erde gesetzt, läuft er, die Beine dabei über den Boden schlürfend und etwas schleudernd. Er wird mit Beeftea und Wein gefüttert, nimmt aber spontan nichts zu sich.

25. Mai Vormittags. Nachts ruhiger Schlaf. Er liegt gern viel, kommt jedoch von selbst aus dem Käfig, läuft stark breitbeinig mit eingeknickten Knieen, die Fussrücke beim Gehen oft über den Boden schleifend. Er steht ziemlich sicher allein auf den Beinen, streckt die Arme gut aus, greift mit den Fingern fest und sicher zu, beim Greifen stets die linke Hand bevorzugend. Mit dem Zeigefinger derselben juckt er sich z. B. die Nase. Er klettert gut auf einen Stuhl, wenn auch merklich ungeschickter als vor dem Eingriff. Puls 140, Temp. 37,2. Stuhlgang breiig mit etwas Schleim.

Die Patellarreflexe sind nur ganz schwach auslösbar. Die Hautreflexe an der Fusssohle genau wie vor der Operation. Die Pupillen gleichweit, reagiren auf Lichteinfall und Accommodation.

Abends  $1\frac{1}{2}$  Uhr. Affe munter, zeigt dieselben Störungen wie früh. Nahrungsaufnahme ungenügend, nur mit Zwang.

26. Mai Vormittags. Affe ziemlich matt, dünne schleimige Entleerung. Der Gang zeigt dieselben Symptome wie gestern; bisweilen tritt deutliches

Schwanken nach rechts auf. Er klettert gut am Gitter mit sicherem Greifen von Händen und Füßen. Um kleine Stücke Banane, das einzige, was er gern nimmt, zu fassen, stellt er sich allein auf die Hinterbeine, wobei er leicht nach rechts schwankt und macht einige Schritte mit den Beinen allein, ohne Hülfe der Arme. Legt man ganz kleine Bananenstücke auf den Boden, so wird es ihm sichtlich schwer, dieselben mit den Händen aufzuheben; er fasst sie mit Vorliebe direct mit dem Mund, dagegen nimmt er grössere Stücke völlig sicher. Temperatur normal. Stuhlgang unter Tannigen-Gaben breiig.

27. Mai. Affe munter, Nachts guter Schlaf. Er bewegt sich seit der Operation spontan entschieden weniger, klettert z. B. im Käfig von selbst nicht mehr. Doch kommt er willig auf den Arm, bewegt Arme und Finger genau so sicher wie vor der Operation, bevorzugt aber stets den linken Arm beim Greifen. Beim Laufen geht er breitbeiniger und knickt tiefer mit den Beinen ein als vor der Operation. Dabei setzt er die Hacken etwas stampfend auf und schleift beim Vorziehen der Beine in der Regel den Fussrücken über die Erde, rechts stärker als links. Der Gang ist entschieden etwas unsicher; auch ist auffallend, dass dabei das linke Bein stets nach aussen vom linken Arm gesetzt wird. Doch kann der Affe unter geringem Schwanken aufrecht stehen und einige Schritte gehen. Beim Herauf- und Herunterklettern vom Stuhl ist er entschieden ungeschickter als früher. An den Extremitäten sind keine Spasmen vorhanden. Die Patellarreflexe sind ganz schwach zu erzielen. Im dünnen Stuhlgang unverdaute Bananenstückchen.

28. Mai. Der Affe ist sehr matt, fiebert etwas (Morgens 38,2, Mittags 37,6, Abends 38,6). Er läuft ungern und starktaumlig. Stark schleimiger Stuhl.

29. Mai 11 Uhr Morgens. Exitus. Lebensdauer nach der Operation 5 Tage.

Die Section ergiebt, dass der Schnitt in dem Zwischenraum zwischen Atlas und Epistropheus geführt worden ist, daher auch nicht die Pyramidenkreuzung getroffen hat, sondern das Niveau des 1.—2. Halssegments. In diesem Falle liegt die Vereinigungsstelle der A. vertebrales normaler Weise im oberen Theil der Medulla oblongata; die ventrale Fläche des Marks im Gebiet der Pyramidenkreuzung ist völlig frei von Arterien. Die Meningen zeigen an der Operationsstelle leichte entzündliche Reizung. An den Därmen finden sich alte Verwachsungen, daneben frische enteritische Veränderungen.

Dieser Versuch ist schon darum nicht in dem beabsichtigten Umfange gelungen, weil irrthümlicher Weise statt der Membrana obturatoria post. der Raum zwischen Atlas und Epistropheus eröffnet wurde. Es war das die Folge der nicht ausreichenden Vorwärtsbiegung des Kopfes; alsdann liegt der obere Atlasrand in der Tiefe so dicht dem Occiput an, dass die Lücke zwischen denselben leicht übersehen wird, und der tastende Finger den unteren Atlasrand mit dem Hinterhauptsrand verwechselt. Allerdings zeigt gerade das Ergebniss dieses Versuches in Verbindung mit den beiden anderen, dass ein Irrthum nicht möglich ist, wenn man daran festhält, dass im oberen Theil der ge-

schaffenen Oeffnung die Tonsillen des Kleinhirns regelmässig beim Chimpansen sichtbar sind. Bei mangelnder Erfahrung hatten wir bei der Operation geglaubt, dass hier Varianten vorkommen, indem das Kleinhirn bald unsichtbar, bald sichtbar wird, wie das bei den niederen Affen der Fall ist. Es besteht in diesen Verhältnissen aber beim Chimpansen offenbar absolute Constanz.

Immerhin ist auch eine solche Durchschneidung in den höchsten Abschnitten des Halsmarks bei ausführlicher klinischer Beobachtung von Interesse, zumal bei genauer mikroskopischer Feststellung der Läsion und ihrer Folgen.

Die kurze Lebensdauer von nur 5 Tagen nach der Operation kann nicht überraschen, da der Eingriff bei dem Affen, der sich leider bald nach der Ankunft als darmleidend herausstellte, nur deshalb unternommen wurde, weil bei den andauernd dünnen, später schleimigen Stühlen, der Fressunlust und der rasch fortschreitenden Abmagerung auch ohne Operation das Leben auf's höchste gefährdet war. Immerhin gelang es ja in den ersten Tagen nach der Operation, den zuerst völlig munteren, von dem Eingriff gar nicht geschwächten Chimpansen in allen seinen Bewegungen genau zu beobachten, und es ist bei der Beurtheilung der Ausfallserscheinungen nur hervorzuheben, dass die schon so geringen Störungen nach den Erfahrungen, die uns aus der menschlichen Pathologie und den Experimenten an Affen zur Verfügung stehen, bei längerer Lebensdauer immer mehr zurückgegangen, vielleicht ganz verschwunden wären.

Am bedauerlichsten ist die kurze Beobachtungszeit mit Rücksicht auf die anatomische Untersuchung. Wäre der Chimpanse nur 4—5 Tage länger am Leben geblieben, so hätte man mit Hülfe der Marchi'schen Osmiummethode die in Folge der gesetzten Verletzung sich entwickelnden secundären Degenerationen genau untersuchen können und damit auch für die in diesen Regionen des Centralnervensystems mit denen des Chimpansen fast identischen menschlichen Verhältnisse eine Fülle wichtiger Ergebnisse zu Tage gefördert. Bei einer Lebensdauer von knapp fünf Tagen war ein solches Resultat nicht möglich; immerhin konnte man hoffen, wenigstens einige der degenerirten Bahnen bereits in einem Stadium der Degeneration anzutreffen, in dem mit Hülfe der Marchi'schen Methode eine, wenn auch geringe Schwärzung der sich zum Zerfall anschickenden Markscheiden zu erwarten war. Schaffer<sup>1)</sup>

---

1) Karl Schaffer, Ueber die zeitliche Reihenfolge der secundären Degenerationen in den einzelnen Rückenmarkssträngen. Neurol. Centralbl. 1895. S. 386.

hat, um die zeitliche Reihenfolge der in den verschiedenen Rückenmarkssträngen auftretenden mit der Marchi'schen Methode nachweisbaren Degenerationen festzustellen, bei Katzen Rückenmarksdurchschneidungen ausgeführt und nach Tötung am 3., 4., 5. etc. Tage das Rückenmark nach Marchi behandelt. Dabei ergab sich, dass 3 Tage nach der Durchschneidung keine Veränderung der Rückenmarksbahnen ober- oder unterhalb der Durchschneidung zu erkennen war. Am 4. Tage war schwache aufsteigende Degeneration in den Goll'schen Strängen, schwache absteigende im Loewenthal'schen faisceau marginal descendant des Vorderstrangs und in dem intermediären Bündel Löwenthal's im Seitenstrang zu erkennen. Vom 6. Tage an trat zu diesen Veränderungen die aufsteigende Degeneration der Kleinhirnseitenstrangbahn. Erst nach 14 Tagen konnte Schaffer die Degeneration der Pyramidenbahnen constatiren. Diese zeitliche Reihenfolge der secundären Degenerationen hat sich in meinen zahlreichen Versuchen an Affen, Hunden und Katzen im wesentlichen bestätigt, nur dass die Degeneration der Pyramidenbahnen bereits vom 8. Tage an nachweisbar ist. Vor allem haben die verschiedenen Formen der höheren Säugetiere hier keine wesentlichen Differenzen untereinander gezeigt, und auch beim Menschen scheinen dieselben Verhältnisse obzuwalten; wenigstens beginnt die Degeneration der Pyramidenbahnen nach Hirnherden hier gleichfalls ungefähr am 9. Tage. Es ist daher von vornherein wahrscheinlich, dass sich die secundären Degenerationen beim Chimpansen in gleicher Weise entwickeln werden. Demnach konnte man hoffen, in unserem Falle wenigstens einige Faserbahnen bereits mit der Marchi'schen Methode als degenerirt nachweisen zu können.

#### Mikroskopische Untersuchung des Versuchs II.

Im Niveau der Schleifenkreuzung finden sich einige Degenerations-schollen im lateralen Abschnitt des ventralen Theils des rechten Seitenstrangs; im übrigen ist keine Degeneration nachweisbar. Auch im ganzen Gebiet der Pyramidenkreuzung ist keine Degeneration erkennbar mit Ausnahme vereinzelter Schollen im rechten Seitenstrang.

Unmittelbar unter der Pyramidenkreuzung ist im rechten Hinterstrang ein schwacher Degenerationsstreifen erkennbar, der parallel mit dem medialen Hinterhornrand, denselben nicht berührend, im Burdach'schen Strang von dem Gebiet der hinteren Commissur nach der Peripherie hinzieht, letztere aber nicht ganz erreicht. Ein schwächerer Degenerationsstreifen mit gleichem Verlauf liegt im linken Hinterstrang. Im ventralen Theil beider Seitenstränge liegen längs der Peripherie einige grob degenerirte Fasern.

Im oberen Theil des 1. Halssegments werden die Degenerationen in beiden Hintersträngen nach abwärts immer intensiver und greifen rechts auch

auf den ventralen Abschnitt des Goll'schen Stranges über, in dem links nur vereinzelte degenerierte Fasern erkennbar sind.

In der Mitte des 1. Halssegments tritt im ventralen Theil des rechten Hinterstranges ziemlich reichliche Lückenbildung auf. Der laterale Degenerationsstreifen des rechten Hinterstranges liegt jetzt im ventralen Theil des Burdach'schen Stranges dem Hinterhornrand direct an, während er nach der dorsalen Peripherie zu durch normale Fasern von demselben getrennt ist. Im rechten Goll'schen Strang ist Lückenbildung vorhanden, es finden sich aber nur wenige Degenerationsschollen. Im dorsalen Theil, dicht an der Fissura post. tritt ein kleiner Erweichungsherd auf. Der linke Hinterstrang zeigt einen compacten Degenerationsstreifen im ventralen Theil des Burdach'schen Stranges längs des Hinterhornrandes, von dem aus vereinzelte degenerierte Fasern auf den Goll'schen Strang übergreifen. Im ventralen Abschnitt des rechten Vorderstrangs findet sich mässig starke Lückenbildung ohne Degenerationsschollen.

Im unteren Theil des 1. Halssegments zieht sich ein schmaler Erweichungskanal im dorsalen Theil des rechten Goll'schen Stranges von der Peripherie an längs der Fissura post. hin, nur minimal auf den medialen Rand des linken Goll'schen Stranges übergreifend. Der ganze ventrale Theil des rechten Hinterstranges weist reichliche Lückenbildung auf bei stärkster Degeneration im lateralen Abschnitt des Burdach'schen Stranges längs des Hinterhornrandes. Die weit schwächere Degeneration im linken Hinterstrang ist unverändert bei spärlicher Lückenbildung im ventralen Theil desselben. Der rechte Vorderstrang zeigt reichliche Lückenbildung mit spärlichen Degenerationsschollen von der ventralen Peripherie durch die Mitte des Vorderstrangs hindurch bis an die ventromediale Ecke des rechten Vorderhorns heran. Von hier aus ziehen einige degenerierte Fasern durch die vordere Commissur in den dorsalen Abschnitt des linken Vorderstrangs hinein.

Einige Schnitte tiefer nimmt eine breite Erweichungszone den ganzen medialen Theil des rechten Goll'schen Stranges von der Peripherie bis zur ventralen Kuppe ein, während der ventrale Theil des Burdach'schen Stranges reichliche Lückenbildung erkennen lässt. Die Erweichung greift nur wenig auf den medialen Abschnitt des linken Goll'schen Stranges über; der ganze ventrale Abschnitt des rechten Hinterstranges zeigt reichliche Lückenbildung. Von der ventralen Kuppe der Hinterstränge greift dann der Stichkanal unmittelbar rechts vom Centralkanal, der selbst von der Erweichung ergriffen ist, auf die centrale graue Substanz über, nimmt die mediale Hälfte des rechten Vorderstrangs incl. rechtsseitiger Commissura ant. ein und dringt in der Mitte des rechten Vorderstrangs zur ventralen Peripherie vor. Der mediale Theil des rechten Vorderstrangs, soweit er nicht erweicht ist, zeigt reichliche Lückenbildung. Im rechten Seitenstrang findet sich eine schmale feinkörnige Degenerationszone im Grenzgebiet der grauen Substanz. Im dorsomedialen Theil des linken Vorderstrangs zeigen sich spärliche degenerierte Fasern, die um das Vorderhorn herum bis in den linken Vorderseitenstrang zu verfolgen sind.

Am Uebergang vom 1. zum 2. Halssegment reicht der Erweichungs-

kanal vom ventralen Rand im medialen Theil des rechten Vorderstrangs bis zur dorsalen Peripherie im medialen Theil beider Hinterstränge. Die ganze mediale Hälfte des rechten Vorderstrangs ist von der Erweichung eingenommen, ohne dass dieselbe auf den linken Vorderstrang übergreift. Die rechte Hälfte der vorderen Commissur und die mediale Hälfte des rechten Vorderstrangs sind zerstört; der Centralkanal ist zum Theil von der Erweichung ergriffen, die hintere Commissur völlig erweicht. Alsdann greift die Zerstörung auf die ventrale Gruppe beider Hinterstränge über, zieht längs der Fissura post. bis zur dorsalen Peripherie, dabei die medialen Hälften beider Goll'schen Stränge, rechts wesentlich stärker als links, zerstörend. In den erhaltenen Abschnitten des ventralen Theils der Burdach'schen Stränge besteht starke Lückenbildung, die spärlich auch in den dorsolateralen Hinterstrangsgebieten nachweisbar ist. Die Basis des rechten Hinterhorns zeigt gleichfalls Erweichung.

Im obersten Theil des zweiten Halssegments ist noch immer das ganze mediale Gebiet des rechten Vorderstranges zwischen Sulcus anterior, medialem Vorderhornrand und ventraler Peripherie zerstört, ebenso die rechte Hälfte der Commissura ant., ferner die ganze Basis der rechtsseitigen grauen Substanz mit dem ventralsten Theil des Hinterhorns bis an den Seitenstrang heran. Auch der Centralcanal ist derart von der Erweichung ergriffen, dass er dorsalwärts offen ist; die ganze hintere Commissur ist zerstört. Die ventro-medialen Abschnitte beider Hinterstränge sind völlig zerstört, ausserdem rechts die mediale Hälfte des Goll'schen Stranges bis zur dorsalen Peripherie bei reichlicher Lückenbildung und Degeneration in den ventralen Abschnitten des Burdach'schen Stranges, links nur ein schmaler Streifen des Goll'schen Stranges an der Fissura post. bei Lückenbildung und Degeneration in den benachbarten Gebieten. Durch den erhaltenen linksseitigen Abschnitt der vorderen Commissur ziehen degenerirte Fasern in den linken Vorderstrang und das linke Vorderhorn. Beiderseits, rechts stärker als links, besteht Degeneration in den medialsten Seitenstrangabschnitten um die graue Substanz herum.

In der Mitte des 2. Halssegments ist die Erweichung im rechten Vorderstrang und beiden Hintersträngen ungefähr die gleiche geblieben. Von der rechtsseitigen grauen Substanz ist jetzt das rechte Vorderhorn mit Ausnahme des lateralen Drittels, ferner die ganze Basis von Vorder- und Hinterhorn bis in den ventralen Hinterhornabschnitt hinein zerstört. Unmittelbar rechts vom Centralcanal erweitert sich der Schnittcanal zu einer kleinen Erweichungshöhle; ferner hat sich dorsal von dem hier zerstörten Centralcanal eine Höhle gebildet, die auf die ventromediale Kuppe der Hinterstränge übergreift. Die hintere Commissur ist zerstört (Tafel XVI, Figur 2).

Wenig tiefer ist die Erweichung in der rechtsseitigen grauen Substanz noch etwas stärker geworden; rechts vom Centralcanal liegt ein starker Bluterguss. Nach links greift die Erweichung noch etwas über den Centralcanal heraus. Während im rechten Vorder- und Hinterstrang die Erweichung noch die alte Ausdehnung hat, ist im linken Hinterstrang die ventromediale Kuppe jetzt völlig frei von derselben, dagegen stark degenerirt. Nur in der dorsalen Hälfte des Goll'schen Stranges greift die Erweichung noch etwas über die

Fissura post. nach links herüber. Im medialen Theil des linken Vorderstranges besteht starke Degeneration, die nicht an den Sulcus ant. heranreicht.

Im unteren Drittel des 2. Halssegments sind die dorsale Hälfte des rechten Hinterstranges und der ganze linke Hinterstrang frei von Erweichung. Rechts ist noch im ventralen Theil des Hinterstranges längs der Fissura post. und in der ventromedialen Kuppe geringe Erweichung vorhanden. Es besteht starke Degeneration im ventralen Theil des rechten Burdach'schen Stranges, links ist dieselbe nur angedeutet. Auch der laterale Theil der rechtsseitigen grauen Substanz und das ganze Vorderhorn beginnen allmälig von der Erweichung frei zu werden, während dieselbe an der Basis des Vorderhorns bis an den Centralcanal heran noch sehr intensiv ist. Auch im rechten Vorderstrang wird die erweichte Zone am Sulcus ant. allmälig schmäler. Im linken Vorderstrang und Vorderhorn ist noch immer deutliche Degeneration nachweisbar, ebenso beiderseits im Seitenstrang in der Grenzschicht der grauen Substanz.

Am Uebergang vom 2. zum 3. Halssegment sind die Hinterstränge frei von Erweichung; nur in der ventromedialen Kuppe des rechten Hinterstranges besteht noch starke Lückenbildung bei reichlicher Degeneration im ventralen Theil des rechten Burdach'schen Stranges. Im linken Hinterstrang finden sich nur spärliche schwarze Schollen im ventralen Abschnitt. Die Erweichung nimmt immer noch die medialsten Abschnitte der rechtsseitigen grauen Substanz und des rechten Vorderstranges ein, greift im Gebiet des Centralcanals ein wenig nach links herüber, hat vordere und hintere Commissur zerstört. Degenerationen sonst unverändert.

Im obersten Theil des 3. Halssegments ist beiderseits das Gebiet um den Centralcanal incl. der vorderen und hinteren Commissur völlig erweicht; in der rechtsseitigen grauen Substanz ist nur ein ganz schmaler medialer Rand des rechten Vorderhorns und die mediale Hälfte der Basis bis zum ventralen Hinterhornabschnitt von der Erweichung betroffen. Im rechten Vorderstrang ist nur noch ein schmaler Saum am Sulcus ant. und das Gebiet unmittelbar ventral von der Commissura ant. erweicht, während die Erweichung jetzt auch an der ventromedialen Ecke und an der Commissura ant. etwas auf den linken Vorderstrang übergreift. In den erhaltenen medialen Theilen beider Vorderstränge, rechts stärker als links, besteht schwache Degeneration, bei starker Lückenbildung in den von der Erweichung frei gewordenen Theilen des rechten Vorderstranges. Im rechten Seitenstrang besteht immer noch Degeneration in den Grenzgebieten der grauen Substanz; links hat dieselbe aufgehört.

Wenige Schnitte tiefer sind der Centralcanal und die hintere Commissur von der Erweichung frei geworden, die nur noch die mediale Hälfte der Basis der rechtsseitigen grauen Substanz einnimmt, die rechte Hälfte der vorderen Commissur ergreift und in beiden Vordersträngen einen schmalen Streifen am Sulcus ant. unmittelbar ventral von der Commissur umfasst. In dem erhaltenen medialen Theil der Vorderstränge bis an die ventrale Peripherie heran besteht Degeneration und Lückenbildung, rechts stärker als links,

ferner schwache Degeneration um den medialen Rand des Vorderhorns, die rechts auf das Grenzgebiet des Seitenstrangs übergreift. Im rechten Hinterstrang besteht noch Lückenbildung im ventralen Theil des Burdach'schen Stranges mit schwacher Degeneration, der linke Hinterstrang ist normal.

Im ganzen oberen Drittel des 3. Halssegments ist noch an der Basis der rechtsseitigen grauen Substanz geringe Erweichung nachweisbar. In den Vordersträngen besteht beiderseits starke Degeneration längs des Sulcus ant. und des medialen Theils der ventralen Peripherie, rechts stärker als links, bei feiner Degeneration in den angrenzenden Vorderstrangsabschnitten. Die Commissura anter. zeigt reichliche Degeneration mit Einstrahlung degenerirter Fasern in das linke Vorderhorn. Beide Vorderhörner, rechts stärker als links, sind reichlich mit feinkörnigen Degenerationsschollen erfüllt. Rechts besteht Degeneration im Grenzgebiet der grauen Substanz im Vorder- und Seitenstrang. Die hintere Commissur ist frei. Im ventralen Theil des rechten Burdach'schen Stranges besteht starke Lückenbildung mit Degeneration am Hinterhornrand. Das rechte Hinterhorn ist mit reichlichen degenerirten Fasern erfüllt, mit Ausstrahlungen in die angrenzenden Abschritte des Burdach'schen Stranges. Der linke Hinterstrang ist degenerationsfrei.

In der Mitte des 3. Halssegments ist Erweichung und Lückenbildung völlig geschwunden, während die Degenerationen unverändert sind. Im unteren Theil des 3. Halssegments ist in beiden Vordersträngen, rechts stärker als links, eine geringe Degeneration am Sulcus ant. und an der ventralen Peripherie vorhanden, allmälig in den lateralen Vorderstrangsabschnitt übergreifend. In beiden Vorderhörnern und den angrenzenden Abschnitten der Vorderstränge besteht schwache feinkörnige Degeneration. Die vordere Commissur ist degenerationsfrei. Die schwache Degeneration im rechten Seitenstrang ist etwas vom Rande der grauen Substanz abgerückt. Im rechten Hinterstrang sind einige degenerirte Fasern längs des Hinterhornrandes erkennbar; im Uebrigen sind beide Hinterstränge degenerationsfrei.

4. Halssegment. In beiden Vordersträngen längs des Sulcus ant. und an der ventralen Peripherie ist schwache Degeneration vorhanden, rechts stärker als links. Im rechten Seitenstrang liegen einige degenerirte Fasern, etwas abgerückt von der grauen Substanz. Im Uebrigen keine Degeneration.

Von hier aus ist eine ganz schwache Degeneration längs des Sulcus ant. in beiden Vordersträngen nach abwärts zu verfolgen, rechts stärker als links. Sie nimmt allmälig an Intensität ab, ist aber noch im Sacralmark in einigen schwarzen Schollen erkennbar bei sonst völlig intactem Rückenmark.

In diesem Fall ist also durch eine ausgedehnte Schnittwunde, die vom unteren Theil des 1. Halssegments bis zum oberen Theil des 3. Halssegments reicht und nur wenig von der Mittellinie nach rechts abgewichen ist, die mediale Hälfte des rechten Vorderstrangs total zerstört worden, während der linke Vorderstrang nur in den untersten Schnittebenen in seinem medialsten Rande etwas getroffen worden ist. Vordere und hintere Commissur sind zerstört worden,

ebenso die Basis der rechtsseitigen grauen Substanz zwischen Vorder- und Hinterhorn bis an den Seitenstrang hinan, im grössten Erweichungsgebiet verbunden mit Zerstörung der medialen zwei Drittels des rechten Vorderhorns und des ventralsten Hinterhornegebiets. Von den Hintersträngen ist der mediale Theil der Goll'schen Stränge, rechts in wesentlich grösserer Ausdehnung als links, von der Erweichung betroffen, bei ziemlich starker Lückenbildung im ventralen Theil der Burdach'schen Stränge.

Völlig intact sind dabei naturgemäss die Pyramidenseitenstrangbahnen, da ja die Pyramidenkreuzung bei dieser Schnittführung völlig unversehrt geblieben ist; dagegen ist die rechte Pyramidenvorderstrangbahn sicher völlig zerstört worden, die linke nur zum kleinen Theil in die Erweichung einbezogen. Daneben sind aber bestimmt auch andere im medialen Theil des Vorderstrangs verlaufende Bahnen mitzerstört worden. Das beweist ja bereits der Nachweis einer secundären absteigenden Degeneration längs des Sulcus ant. bis in das Sacralmark hinein. Denn die Pyramiden degeneriren frühestens am 9. Tage nach der Durchschneidung, während die zuerst von Löwenthal als faiscean marginal descendant beschriebene Vorderstrangbahn bereits am 4. Tage Degeneration aufweist, wie Schaffer gezeigt hat. In derselben sind Fasern aus der Vierhügelgegend und aus dem Pons enthalten, und auch die vom Deiters'schen Kern und z. Th. vom Kleinhirn selbst in den Vorderstrang herabziehende Bahn liegt mit ihrem medialsten Theil in diesem Areal. Die letztgenannte Bahn ist es, die nach unseren Kenntnissen am tiefsten im Rückenmark herabsteigt, bis in das unterste Sacralmark, und der wahrscheinlich der grösste Theil der hier degenerirten Fasern angehört. Jedenfalls ist diese absteigende Degeneration im medialen Vorderstrang 5 Tage nach der Durchschneidung beim Chimpansen noch in den ersten Anfängen. Eine aufsteigende Degeneration in Folge der Vorderstrangzerstörung ist noch nicht nachweisbar. Dagegen kann man im Niveau der Verletzung deutlich degenerirte Fasern durch die erhaltenen linksseitigen Abschnitte der vorderen Commissur theils in die medialen Abschnitte des linken Vorderstrangs, etwas lateral vom Sulcus ant., theils in das Gebiet des linken Vorderhorns einstrahlen sehen. Ob dieselben aus dem rechten Vorderstrang oder aus den zerstörten Partien der rechtsseitigen grauen Substanz kommen, lässt sich nicht entscheiden, da ja die vordere Commissur mit zerstört ist.

Was die secundären Degenerationen in den Hintersträngen betrifft, so ist zu betonen, dass die aufsteigende Degeneration derselben bei unserem Chimpansen, also 5 Tage nach der gesetzten Verletzung, erst

sehr unvollkommen zur Entwicklung gelangt ist. Nach der oben geschilderten Ausdehnung der Läsion, die im Wesentlichen die ventro-mediale Kuppe der Hinterstränge und dorsalwärts die mediale Hälfte der Goll'schen Stränge, rechts ausgedehnter als links, betroffen hatte, musste man vor allen Dingen eine intensive aufsteigende Degeneration in den Goll'schen Strängen mit reichlicher Einstrahlung der degenerirten Fasern in die Goll'schen Kerne erwarten, zumal die Schaffer-schen Untersuchungen bei der Katze bereits am 4. Tage eine schwache aufsteigende Degeneration der Goll'schen Stränge feststellen konnten. Bei unserem Chimpansen war aber eine derartige aufsteigende Degeneration im dorsalen Theil der Goll'schen Stränge überhaupt nicht festzustellen. Wenn in der ventromedialen Kuppe des rechten Hinterstrangs im oberen Theil des 1. Halssegments Degeneration nachweisbar ist, so muss dieselbe wohl noch als eine directe Wirkung des Erweichungs-herdes, der sich bis in die Mitte des 1. Halssegments durch Lückenbildung erkennbar macht, aufgefasst werden. Jedenfalls sind die Goll-schen Kerne und die sie umgebende weisse Substanz frei von Degeneration. Dagegen ist bis an die untere Grenze der Pyramidenkreuzung heran eine schwache Degeneration im ventralen Theil der Burdach-schen Stränge nachweisbar, rechts wesentlich stärker als links, eine Degeneration, die in der Mitte des 1. Halssegments dem Hinterhornrand unmittelbar anliegt, während sie nach oben hin von demselben durch einen schmalen Streifen normaler Fasern getrennt ist. Im Gebiet der Pyramidenkreuzung selbst verschwindet auch diese Degeneration vollkommen; ihre etwaige Einstrahlung in die Burdach'schen Kerne ist daher nicht nachweisbar.

Diese aufsteigende Degeneration im ventralen Gebiet der Burdach-schen Stränge erklärt sich hinreichend durch die völlige Zerstörung der ventralen Kuppe beider Hinterstränge, um die herum im Niveau der Schnittführung in den Burdach'schen Strängen, rechts stärker als links, Lückenbildung und Degeneration nachweisbar ist. Auffallend ist nur, dass hier offenbar die secundäre aufsteigende Degeneration in den Burdach'schen Strängen bei verhältnissmässig geringer Läsion schon vorhanden ist, in den Goll'schen Strängen bei völliger Erweichung noch fehlt. Allerdings ist auch diese Degeneration der Burdach'schen Stränge erst im Beginn, lässt sich nur ein Cervicalsegment nach oben verfolgen, um dann zu versiegen. Eine absteigende Degeneration im Gebiet der Hinterstränge ist nicht nachweisbar.

In den Seitensträngen ist im Gebiet der stärksten Erweichung der rechtsseitigen grauen Substanz eine feinkörnige Degeneration in dem Grenzgebiet der grauen Substanz nachweisbar, rechts wesentlich stärker

als links. Dieselbe ist links nur im Niveau der Erweichung vorhanden, rechts lässt sie sich mit stark abnehmender Intensität bis in das 4. Halssegment nach abwärts verfolgen, dabei etwas vor der grauen Substanz lateralwärts abrückend. Nach aufwärts ist diese Degeneration nicht zu verfolgen, es sei denn, dass die wenigen Degenerationsschollen im rechtsseitigen lateralen Seitenstrangsgebiet, die noch in der Höhe der Schleifenkreuzung sichtbar sind, auf die Erweichung der rechtsseitigen grauen Substanz zu beziehen sind, was immerhin zweifelhaft ist.

Im Ganzen lässt sich also hinsichtlich der secundären Degenerationen im Rückenmark des Chimpansen 5 Tage nach der Durchschneidung sagen, dass dieselben sich erst in den ersten Anfängen befinden. Eine ganz schwache absteigende Degeneration im Vorderstrang am Rande des Sulcus ant. bis in das Sacralmark herab, eine in den ersten Anfängen befindliche aufsteigende Degeneration in den Burdach'schen Strängen, eine leichte absteigende Degeneration der von der grauen Substanz des obersten Halsmarks entspringenden Commissurenfasern in der Grenzschieht der grauen Substanz im Seitenstrang sind die einzigen Degenerationen, die über das Niveau der Verletzung nach oben oder unten hinausgehen. Daneben sind im Gebiet der Läsion selbst Ausstrahlungen degenerirter Fasern in den Vorderstrang und das Vorderhorn der gekreuzten Seite nachweisbar. Weder in den völlig durchtrennten Goll'schen Strängen, noch im Vorderstrang hat sich eine aufsteigende Degeneration zu dieser Zeit bereits entwickelt.

Es scheint daher die Annahme berechtigt, dass die secundären Degenerationen beim Chimpansen um ein wenig später auftreten, als dies Schaffer für die Katze festgestellt hat. Denn nur die absteigende extrapyramideale Vorderstrangbahn zeigt hier eine ausgeprägte secundäre Degeneration in ihrem ganzen Verlauf, und auch diese nur eben angedeutet.

Wie verhalten sich nun die klinischen Störungen bei diesem Chimpansen zu der anatomisch-gesetzten Läsion? Trotzdem der Chimpanse eigentlich nur 3 Tage nach der Operation genau untersucht werden konnte, da der Operationstag selbst sowie der letzte Tag, an dem er durch Fieber und Durchfall stark geschwächt war, fortfallen, so gelangt man doch zu einer völlig ausreichenden Anschauung über die durch die Operation gesetzten Schädigungen der Function, da der Chimpanse sich ungemein rasch von den Folgen der Aethernarkose und des ersten Shoks der Operation erholte. Kommt er doch bereits 5 Stunden nach der Verletzung spontan aus seinem Käfig und hat zu dieser Zeit bereits ganz gutes Greif- und Laufvermögen! Sind wir demnach im Stande, die in den ersten Tagen der Operation

folgenden Störungen genau festzustellen, so müssen wir dagegen die sichere Antwort darauf schuldig bleiben, inwieweit diese Störungen sich in der Folge zurückgebildet hätten. Nach Analogie der bei den Experimenten am niederen Affen und auch aus der menschlichen Pathologie gewonnenen Erfahrungen ist jedoch bei den verhältnissmässig geringfügigen Ausfallserscheinungen in den ersten Tagen mit grosser Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass kaum eine Spur derselben sich dauernd erhalten hätte.

Gegenüber dem normalen Verhalten der Chimpansen war vom ersten Tage an eine auffällige Gangstörung zu konstatiren, die bis zuletzt zu beobachteten war. Der Affe lief stark breitbeinig, die Beine tiefer einknickend als normal; dabei hörte man bisweilen ein Schlürfen, indem beim Vorziehen der Beine der Fussrücken den Erdboden berührte. Diese Störung war am rechten Bein entschieden stärker ausgesprochen als links. Dazu kam, dass beim Auftreten der Beine die Hacken etwas stampfend auf den Boden gesetzt wurden. Dabei machte sich bisweilen ein leichtes Schwanken nach der rechten Seite bemerkbar, dem der Chimpanse offenbar durch ein Nachaussensetzen des linken Beines entgegenzuwirken suchte. Trotz dieser Störungen war er bereits am 2. Tage nach der Operation im Stande, einige Zeit auf den Beinen allein zu stehen, ja selbst einige Schritte ohne Hülfe der Arme zu machen.

Verhältnissmässig weniger als die Beine waren die Arme gestört; der Chimpanse griff vom ersten Tage an mit denselben völlig sicher und unter Anwendung der feinsten isolirten Bewegungen der Finger. Doch fiel auf, dass er vom Tage der Operation an den linken Arm beim Greifen bevorzugte und nur beim Festhalten desselben mit dem rechten Arm zufasste. Auch war es bemerkenswert, dass er zwar grössere Nahrungsstücke gut vom Boden aufnahm, sich aber zum Fassen ganz kleiner Stückchen direct des Mundes bediente. Verhinderte man ihn daran, so konnte er dieselben aber auch mit den Fingern greifen. Alle übrigen Bewegungen der Arme beim Laufen, Klettern u. s. w. waren völlig normal. Auffällig war, dass der operirte Affe sich selbst überlassen, entschieden weniger active Bewegungen machte, als vorher. Auch konnte man bei komplizirten Bewegungen, so z. B. herauf- und herunterklettern von einem Stuhl, eine gewisse Abnahme der Geschicklichkeit aller Extremitäten beobachten, ohne dass sich dafür eine bestimmte Störung heranziehen liesse.

Die Gangstörung ist im Wesentlichen als eine Folge der Hinterstrangläsion zu betrachten. Dieselbe erinnert ja in der eigenthümlichen Ataxie der Beine, dem stampfenden Aufsetzen der Hacken sehr be-

trächtlich an die beim Menschen bei der Tabes dorsalis in die Erscheinung tretende Bewegungsstörung. Die Zerstörung der medialen Hälften der Goll'schen Stränge, wie sie hier zu Stande gekommen ist, hat ja im Wesentlichen die von den hinteren Wurzeln der Sacral- und Lumbalgegend aufsteigenden langen Fasern zerstört. Daneben hat die Lückenbildung und Degeneration in den ventralen Abschnitten der Burdach'schen Stränge zweifellos auch einen Theil der von den unteren cervicalen Wurzeln stammenden Fasern geschädigt. Doch ist die Läsion nicht intensiv genug, um deutliche ataktische Störungen in den Armen herbeizuführen. Vielleicht ist die Schwierigkeit, kleine Nahrungsstückchen vom Boden aufzuheben, auf diese Läsion zurückzuführen. Dass die Störung des Ganges rechts deutlicher hervortritt als links, entspricht vollkommen der im rechten Hinterstrang ausgedehnteren Läsion. Immerhin ist auch die Störung an den Beinen verhältnissmässig gering; sie verhindert den Chimpansen nicht, kurze Zeit aufrecht zu stehen und einige Schritte zu gehen, eine Leistung die für den Affen jedenfalls eine weitgehende Beherrschung der Innervation seiner Bein- und Rumpfmuskulatur voraussetzt. Dabei ist nun zu berücksichtigen, dass eine Läsion, welche die langen von den Lumbalwurzeln stammenden Hinterstrangfasern so hoch oben in ihrem Verlauf trifft, alle die Collateralen intact lässt, die auf dem weiten Weg vom Lendenmark bis zum obersten Halsmark in die graue Substanz eindringen und Verbindungen mit Vorder- und Seitenstrang, vor allen der gekreuzten Rückenmarkshälften herstellen. Dass dabei noch eine weitgehende Regulirung der Bewegungen auf sensiblen Bahnen möglich ist, trotz der Hinterstrangsläsion, leuchtet ein. Die neusten Untersuchungen H. Munks<sup>1)</sup> haben uns ja gezeigt, dass selbst der Fortfall sämmtlicher sensibler Bahnen einer Extremität, wie sie die vollkommene Durchschneidung aller ihrer hinteren Wurzeln zur Folge hat, wohl eine merkliche Schädigung, aber keinen völligen Ausfall der isolirten Bewegungen dieser Extremität bewirkt. Immerhin müsste die Störung der Function eine weit erheblichere sein, wenn neben der Zerstörung der aufsteigenden Hinterstrangfasern der unteren Extremität auch die im gekreuzten Vorderstrang aufsteigenden Bahnen derselben vernichtet wären. In unserem Fall sind aber diese letzteren Bahnen durch die Läsion des medialen Abschnitts des rechten Vorderstranges nicht getroffen, da die von der unteren Extremität stammenden

---

1) Hermann Munk, Ueber die Folgen des Sensibilitätsverlustes der Extremität für deren Motilität. Sitz.-Ber. d. Königl. Preuss. Akad. d. Wissensch. phys.-math. Klasse. 1903. XLVIII.

Fasern im obersten Halsmark bereits in den lateralen Theil des Vorderstrangs bis in den Vorderseitenstrang hinein gerückt sind.

Was für Störungen der Function hat nun die Zerstörung des rechten medialen Vorderstrangabschnitts bedingt? Denn die ganz geringe Läsion des medialsten Randes des linken Vorderstrangs dürfte kaum zu irgend nennenswerthen Störungen geführt haben. Zunächst ist das geringe Schwanken des Chimpansen beim Stehen und Gehen nach rechts wahrscheinlich auf die rechtseitige Vorderstrangsläsion zu beziehen. Denn nach den Ergebnissen der von mir bei Hunden in dieser Höhe ausgeführten isolirten Vorderstrangs durchschneidungen<sup>1)</sup> ist es ja zweifellos, dass Gleichgewichtstörungen constant zu dem nach einer solchen Verletzung auftretenden Symptomcomplex gehören. Aber auch die starke Bevorzugung des linken Arms seit der Operation dürfte mit dieser Läsion zusammenhängen; der Chimpans benutzte den rechten Arm zu isolirten Greifbewegungen nur noch, wenn man ihm den linken Arm festhielt, dann allerdings ohne ersichtliche Störung, jedenfalls ein Beweis, dass die Innervation des linken Arms leichter und schneller von statthaft ging. Diese Störung auf die Durchschneidung der rechten Pyramidenvorderstrangbahn zu beziehen, geht nicht gut an, einmal, weil diese Bahn überhaupt nur sehr geringe Ausdehnung hat, dann aber auch, weil es wahrscheinlich ist, dass die in dieser Bahn verlaufenden, von der rechten Extremitätenregion stammenden Pyramidenfasern ganz oder doch grösstentheils im weiteren Verlauf im Rückenmark in der linksseitigen grauen Substanz endigen, also mit zur Innervation des gekreuzten linken Arms verwendet werden. Ihre funktionelle Bedeutung ist ausserdem, so lange die Pyramidenseitenstrangbahn noch völlig intact ist, jedenfalls eine minimale. Dagegen dürfte die Zerstörung der übrigen im medialen Vorderstranggebiet gelegenen Bahnen, die theils bereits im Vierhügel und Pons ihre Kreuzung vollzogen haben, theils, wie die vom Deiters'schen Kern entspringenden, mit dem Kleinhirn in Beziehung stehenden Fasern ungekreuzt zum Vorderstrang herabziehen, für die normale Function des rechten Arms nicht gleichgültig sein. Allerdings wird dieselbe bei Erhaltung der motorischen Seitenstrangbahnen keine directe Störung der Function herbeiführen, aber doch den rechten Arm hinsichtlich seiner motorischen Leitungsbahnen dem linken gegenüber so viel ungünstiger stellen, dass die Bevorzugung des letzteren bei den Greifbewegungen verständlich erscheint.

---

1) M. Rothmann, Zur Anatomie und Physiologie des Vorderstrangs. Neurol. Centralbl. 1903. No. 15.

Was endlich die Läsion der ganzen Substanz betrifft, so ist die selbe nur in den oberen und mittleren Abschnitten des 2. Halssegments in ausgedehnter Masse vorhanden, nimmt hier die medialen  $\frac{2}{3}$  des rechten Vorderhorns und die ganze Basis der rechtsseitigen grauen Substanz ein und dringt noch in den ventralen Abschnitt des rechten Hinterhorns ein. Auch das ganze Gebiet des Centralkanals mit dorsaler und hinterer Commissur ist hier von der Erweichung ergriffen. Aber nach oben und unten nimmt die Zerstörung der grauen Substanz rasch an Ausdehnung ab und ist sowohl in den untersten Abschnitten des 1. Halssegments wie in dem obersten des 3. Halssegments auf die medialsten Abschnitte der grauen Substanz beschränkt.

Ist demnach nur in einer kleiner Partie die Läsion der grauen Substanz eine ausgedehntere, so ist es nicht erstaunlich, dass dieselbe zu keinen erkennbaren Ausfallserscheinungen geführt hat. In den Vorderhornzellen der obersten Cervicalsegmente sind die kleinen Hals- und Nackenmuskeln localisiert. Weder in einer Schiefstellung des Kopfes, noch in einer Behinderung der Kopfdrehung nach einer Seite hat sich eine Lähmung derartiger Muskeln bemerkbar gemacht. Da in dieser Höhe auch die Kerngruppen des Accessorius gelegen sind, so hebe ich noch besonders hervor, dass keine Parese des Cucullaris oder Sternocleidomastoideus bemerkbar war. Da trotz sonstiger Meinungsverschiedenheiten der Accessoriuskern von allen Forschern in die lateralen Abschnitte der grauen Substanz verlegt wird, die bei unserem Chimpansen völlig intact geblieben sind, so entspricht dieses Resultat vollkommen den anatomischen Feststellungen.

Im Ganzen kann man bei Betrachtung der klinischen Symptome im Verhältniss zur Läsion des Rückenmarks nur seiner Verwunderung Ausdruck geben, wie gering die Störungen bei einer verhältnismässig ausgedehnten Zerstörung des obersten Halsmarks bei diesem Chimpansen gewesen sind. Es zeigt dieses Ergebniss, ganz in Uebereinstimmung mit den auch sonst durch Thierexperiment und Erfahrungen beim Menschen gewonnenen Resultaten, dass noch weitgehende Ausübung der Function möglich ist, wenn auch ein grösser Theil der Leitungsbahnen zu Grunde geht, indem die erhaltenen Bahnen in beträchtlichem Masse die Function zu übernehmen im Stande sind.

### Versuch No. III.

Am 28. April 1903 wird ein ca. 4jähriger männlicher Chimpanse von Hamburg aus erworben. Derselbe zeigt 42 cm. Sitzhöhe; die erste Zahnung ist beendet, ausserdem besitzt er unten die beiden ersten Molares, im Ganzen also 22 Zähne. Der Affe ist wie der vorige, von völlig heller Gesichtsfarbe.

Er ist sehr munter, klettert und turnt im Käfig, steht in der Regel halb aufrecht mit aufgestützten Armen, kann auch kurze Zeit auf den Beinen allein stehen. Dabei setzt er den linken Fuss mit ganzer Sohle und ausgestreckten Zehen auf, den rechten dagegen mit flectirten Zehen. Beim Laufen hangelt er nur selten mit den Beinen durch, setzt in der Regel die Beine einzeln auf. Patellar- und Achillessehnenreflexe sind nicht zu erzielen. Alle seine Bewegungen sind langsam und machen einen überlegten Ausdruck. Er ist äusserst zahm und zuthunlich.

Am 1. Mai macht der Affe, der an starker Obstipation leidet, einen etwas matten Eindruck, schläft viel. Da er aber am nächsten Tage wieder völlig munter ist, so wird unter strengsten aseptischen Kautelen am 2. Mai Mittags 1 Uhr die Operation ausgeführt.

In leichter Aether-Narkose wird ohne jede Schwierigkeit die Membrana obturatoria post. freigelegt und gespalten. Im oberen Gesichtsfeld werden die beiden Tonsillen des Kleinhirns sichtbar. Genau in der Mitte der dorsalen Peripherie der Medulla oblongata verläuft in der Längsrichtung eine feine Vene. Es wird ein ausgedehnter Längsschnitt ausgeführt, ohne irgend eine nennenswerthe Blutung, ohne jede Störung der Athmung und Herzaction. Muskel- und Hautwunde wird vernäht.

Gleich nach der Operation beim ersten Erwachen aus der Narkose zieht der Chimpansé beide Arme aktiv an; die Beine stehen in leichter Streckstellung.

Abends 6 Uhr liegt der Affe auf der rechten Seite, greift mit beiden Armen nach der Stange und richtet sich mit Hülfe derselben auf. Dabei ist er entschieden sehr matt, verweigert jede Nahrungsaufnahme.

3. Mai, Morgens 8 Uhr. Der Affe grüßt in gewohnter Weise mit seinen Kehllauten. Er liegt im Käfig bald auf dem Bauch, bald auf dem Rücken. Wenn er die Gitterstäbe fest mit den Händen umfasst, kann er sich aufrichten. Oeffnet man die Thür des Käfigs, so kommt er, wenn auch mühsam, angekrochen, klammert die Arme in gewohnter Weise um den Hals des Beobachters. Es besteht deutliche Neigung nach hinten zu fallen. Die Beine stehen in der Regel in Streckstellung, das rechte mit Spitzfussstellung des Fusses und plantarflectirten Zehen, das linke mit gestreckten Zehen und stark abducirtem Hallux. Der Chimpansé richtet sich mühsam auf, knickt aber sofort mit den Beinen ein. Auf den Boden gesetzt, vermag er zwar einige Schritte zu laufen, doch setzt er dabei die Extremitäten atactisch und stampfend auf. Auch gleiten ihm bisweilen die Füsse am Boden fort, sodass er auf den Bauch zu liegen kommt. Er kann etwas klettern. Puls 72, Atmung 24, regelmässig, Temp. 36,2 Verdauung normal.

Nahrungsaufnahme wird verweigert.

Mittags 12 Uhr. Die Bewegungen sind unverändert. Es besteht bereits in der Ruhe ein leichter schnellschlägiger verticaler Nystagmus, der bei jeder Erregung sofort sehr stark wird.

Abends 7 Uhr ist der Affe entschieden munter geworden. Laufen noch immer stark unsicher. Beide Beine deutlich paretisch, ohne jede Andeutung

von Spasmen. Patellar und Achillessehnenreflexe sind nicht zu erzielen. Mit den Fingern macht der Chimpasen deutlich isolirte Bewegungen, er juckt sich am Ohr, am After u. s. w. Dabei ist keine Bevorzugung eines Armes bemerkbar. Auffallend ist es, dass bei stärkerer Erregung Laufen und Greifen entschieden besser von statthen geht, als bei völliger Ruhe. Puls 72, Temp. 36,6.

4. Mai. Der Chimpasen hat gut geschlafen. Es besteht deutlicher Nystagmus vertic., auch bei völliger Ruhe. In der Regel liegt er auf dem Bauch, richtet sich von selber nicht auf, greift aber mit beiden Händen nach Gitter und Stange, wobei er die Finger richtig herum legt. Nimmt man ihn auf den Arm, so schliesst er beide Arme in gewohnter Weise um den Hals. Hingesetzt, vermag er nicht allein zu sitzen, sondern fällt sofort nach vorn herüber. Beim Stehen knicken ihm die Beine ein; die Füsse werden unsicher aufgesetzt. Das rechte Bein zeigt noch immer geringe Neigung zur Spitzfussstellung. Doch bestehen keine Spasmen. Sehnenreflexe sind auch heute nicht zu erzielen. Auf den Boden gesetzt, liegt er zuerst auf dem Bauch. Regt man ihn an, so kann er sich ohne grosse Mühe aufstellen und, ohne hinzufallen, grössere Strecken laufen. Doch ist der Oberkörper nicht so aufgerichtet wie normal, sondern er läuft, den Körper tief am Boden, wie auf allen Vieren. Die Beine werden dabei atactisch bewegt und stampfend aufgesetzt. Er kann auch an einem Schemel in die Höhe klettern, geht aber im Käfig weder an die Stäbe noch an die Stange. Mit den Händen greift er z. B. nach Apfelsinenstückchen völlig normal mit gut opponirtem Daumen und führt das Erfasste sicher zum Munde. Dabei greift er spontan stets mit dem rechten Arm, kann aber auch mit dem linken gut zufassen; doch fallen ihm aus dieser Hand leicht die gefassten Stückchen heraus. Die Bewegungen der Arme machen einen leicht ausfahrenden Eindruck.

Es ist auch heute sehr schwierig, dem Affen, ausser kleinen Apfelsinenstückchen, Nahrung beizubringen. Puls 72, Temp. 37,2°.

5. Mai. Chimpasen ist völlig munter, kommt von selbst aus dem Käfig heraus, kann jedoch allein nur dann aufrecht sitzen, wenn er sich an der Stange festhält, sonst fällt er nach vorn über. Hält man ihm die Hände fest, so kann er stehen, setzt die Füsse mit der ganzen Sohle auf den Boden mit plantarflexirten Zehen; er ermüdet dabei rasch. Nach Apfelsinenstückchen greift er spontan; am rechten Arm und Hand ist nicht die geringste Störung nachweisbar; er hält die Stücke mit Daumen und Zeigefingerrand in völlig normaler Weise. Auch links ist nur eine geringe motorische Schwäche beim sonst normalen Greifen zu bemerken. Die Apfelsine fällt ihm auch heut bisweilen aus der linken Hand. Auch sonst kann man bei dem Affen feinste isolirte Bewegungen der einzelnen Finger beider Hände beobachten, z. B. Jucken des Anus allein mit dem Zeigefinger. Wird er heut auf den Boden gesetzt, so legt er sich zuerst auf den Rücken oder Bauch hin, richtet sich aber auf Lockung ohne Mühe auf und läuft entschieden besser als gestern, hält dabei den Oberkörper jedoch noch immer tief, setzt die Hinterbeine breitbeinig auf, dieselben jedoch nur selten über den Fussboden schleifend, die Arme dabei offenbar stärker als normal in Anspruch nehmend. Lässt man ihn mehrmals

längere oder kürzere Strecken laufen, so wird der Gang entschieden sicherer. Die Spitzfussstellung ist völlig geschwunden. Sehnenreflexe sind nicht zu erzielen, auch kein Babinsky'scher Zehenreflex. Der Nystagmus ist entschieden schwächer geworden, ist aber noch deutlich vorhanden, vor allem bei stärkerer Erregtheit des Chimpansen. Die Pupillen sind gleichweit, von mittlerer Grösse, reagiren prompt auf Lichteinsfall. — Die auch heute völlig ungenügende Nahrungsaufnahme ist nur mit Zwang möglich. Seit dem 3. Februar Morgens keine Kothentleerung. Da harte Cybala deutlich im Dickdarm fühlbar sind, ausserdem Abends die Temperatur plötzlich auf 38,5 ansteigt, so wird ein schwaches Seifenwasserklystier verabfolgt, nach dem sich einige steinharde Cybala entleeren.

6. Mai, Morgens ist der Affe matt. Temp. 39, Puls 120. Leib leicht aufgetrieben bei reichlicher Entleerung harter und weicher Kothmassen. Der Chimpasen liegt in der Regel auf dem Rücken, kann aber den Kopf frei nach allen Seiten drehen und sich aufsetzen. Der Gang ist unverändert, das Greifvermögen der Arme völlig normal. Schwacher Nystagmus verticalis. Bis zum Abend nimmt das Aufgetriebensein des Leibes zu; Affe sehr matt, sieht verfallen aus, bewegt sich fast garnicht. Temp. 37, Puls 140.

Am Morgen wird er in Leichenstarre mit stark aufgetriebenem Leib im Käfig gefunden.

#### Lebensdauer nach der Operation $4\frac{1}{2}$ Tage.

Die Sektion ergibt die Wunde normal, die Schnittführung genau in der Mitte, ohne jede Blutung. Die unteren Dünndarmschlingen zeigen geschwollene Schleimhaut mit sehr hervortretenden Peyer'schen Plaques. Alte Verwachsungen zwischen Dünn- und Dickdarmschlingen.

Leichengewicht 3 Kilo 400 g. Gewicht des Gehirns frisch ohne Dura 305 g.

Auch in diesem Fall wurde die genaue mikroskopische Untersuchung der durchschnittenen Partien nach der Marchi'schen Methode ausgeführt, obwohl bei der Lebensdauer von nur  $4\frac{1}{2}$  Tagen nach der Operation noch weniger wie im vorigen Fall ein befriedigendes Ergebnis hinsichtlich des Nachweises secundärer Degenerationen zu erwarten war. Aber einerseits war der Befund solcher Degenerationen in geringem Umfange immerhin möglich, andererseits ist die Marchi'sche Methode auch zur Darstellung der Schnittführung und der directen Einwirkung auf die Umgebung sehr brauchbar.

#### Mikroskopische Untersuchung des Fall III.

Unterer Theil der Medulla oblongata oberhalb der Schleifenkreuzung. Im medialen Theil der rechten Pyramide, dicht an der Mittellinie, beginnt am ventralen Rande ein Stichkanal, der bald parallel mit dem Sulcus ant. von der ventralen Peripherie bis zur Schleifenschicht heran die Pyramide von vorn nach hinten durchzieht und dabei von beiden Seiten in der rechten Pyramide von Lückbildung und schwarzen Degenerationsschollen umgeben ist, deren Areal etwa das mediale Fünftel der rechten Pyramide einnimmt. Auch in den medialsten Abschnitten der rechten Schleifen-

schicht beginnt, sowie der Schnitt in ihre Nachbarschaft gelangt, mässige Lückenbildung mit feinen schwarzen Schollen in der Umgebung. Die *Medulla oblongata* ist im übrigen völlig normal, zeigt nirgends degenerirte Schollen.

Wenige Schnitte tiefer dringt der Schnitt in den medialen Theil der rechten Schleifenschicht ein. Der Stichkanal selbst und die ihn umgebende Erweichung nehmen in der rechten Pyramide jetzt bereits das mediale Viertel derselben ein. In den ventralen Abschnitten der medialen Raphe sind ziemlich reichliche feine Degenerationsschollen sichtbar. In der rechten Schleifenschicht, lateral vom Stichkanal, und medial von der *Oliva inf.* tritt reichlichere Degeneration auf, die allmählich auch dorsalwärts in die dorsalen Abschnitte der rechtsseitigen Interolivarschicht eindringt. Auch links besteht in diesen Regionen schwache Degeneration. (Taf. XVI, Fig. 3.)

Die Erweichung dringt nun dorsalwärts auch in den medialen Abschnitt der dorsalen Hälfte der Interolivarschicht ein; der Stichkanal verläuft genau parallel der Raphe, welche gleichfalls von der Erweichung eingenommen ist. In der rechten Pyramide und medialen Schleife ist die Erweichung in alter Ausdehnung nachweisbar. Dorsal und lateral von den erweichten Partien besteht starke Lückenbildung. Beiderseits findet sich deutliche Degeneration in den erhaltenen Fasern der Interolivarschicht.

Wenige Schnitte tiefer greift die Erweichung an der Grenze von Pyramide und Schleife immermehr lateralwärts und erstreckt sich hier bis dicht an die rechte Olive heran. Der Stichkanal selbst dringt bis zum dorsalen Drittel der Interolivarschicht vor, nähert sich dabei im dorsalen Theil immer mehr der Raphe, die völlig erweicht ist. Im ventralen Theil derselben liegt eine ziemlich starke Blutung. Das Gebiet des rechten hinteren Längsbündels zeigt Andeutung von Lückenbildung.

Am obersten Rande der Schleifenkreuzung geht der Stichkanal bereits von der ventralen bis zur dorsalen Peripherie, sich dabei stets etwas rechts von der Mittellinie haltend. Die ihn umgebende Erweichung nimmt das mediale Viertel der rechten Pyramide und die mediale Hälfte der rechten Schleifenschicht bis an die Raphe heran ein. Im dorsalen Theil der Interolivarschicht und im Gebiet des hinteren Längsbündels ist die Raphe selbst von dem Erweichungskanal eingenommen, der dann zwischen beiden Hypoglossus-Kernen die dorsale Peripherie am 4. Ventrikel erreicht. In der Umgebung der Erweichung findet sich auf beiden Seiten reichliche Lückenbildung, während die Degenerationen nicht deutlich ausgebildet sind. (Taf. XVII, Fig. 4.)

Im oberen Drittel der Schleifenkreuzung behält der Stichkanal und die Erweichung im wesentlichen dieselbe Lage und Ausdehnung. Das ganze Areal des rechten hinteren Längsbündels ist lateral von der Erweichung von stärkster Lückenbildung eingenommen. Nirgends überschreitet die Erweichung nach links den linken Rand der Raphe. In beiden Interolivarschichten sind zahlreiche feine Degenerationsschollen erkennbar, ohne dass sich bereits bestimmte Degenerationszüge ausgebildet hätten.

Auch in der Mitte der Schleifenkreuzung nimmt die Erweichung das mediale Viertel der rechten Pyramide ein, dringt dorsalwärts durch die

rechte Schleifen- und Interolivarschicht, den ganzen Raum zwischen Raphe und Olive einnehmend, dann durch die rechte Hälfte der Schleifenkreuzung bis zur dorsalen Peripherie, die genau in der Mittellinie erreicht wird. Das Gebiet lateral von der Schleifenkreuzung (Schleifenfasern, hinteres Längsbündel) ist rechts total erweicht. Die Schleifenkreuzung selbst zeigt zahlreiche nach beiden Seiten kreuzende degenerierte Fasern. In der linken Schleifenschicht besteht reichliche Degeneration.

Einige Schnitte tiefer nimmt die Erweichung in dem medialen Theil der rechten Pyramide, die sich bereits dorsalwärts nach der Kreuzung hin zuzuspitzen beginnt, mindestens ein Drittel des Areals derselben ein. Die rechte Hälfte der Schleifenkreuzung ist in breitester Ausdehnung zerstört bei starker Lückenbildung und Degeneration in den erhaltenen Theilen der Schleifenkreuzung, von der aus degenerierte Fasern in die linke Schleifenschicht einstrahlen. Dorsalwärts erreicht der Stichkanal die Peripherie genau in der Mittellinie. (Taf. XVII, Fig. 5.)

Im unteren Drittel der Schleifenkreuzung weicht die Erweichung in der rechten Pyramide vom ventralen Rand zurück, nimmt dagegen das dorsale, sich zur Kreuzung zuspitzende Segment der rechten Pyramide vollkommen ein. Der Schnitt geht jetzt durch den rechtsseitigen Abschnitt der Schleifenkreuzung rechts vom Centralkanal bis zur dorsalen Peripherie. Die erhaltenen Theile der Schleifenkreuzung zeigen rechts reichliche Lückenbildung, links stärkste Degeneration. Von hier ziehen degenerierte Fasern in spärlicher Zahl zur linken Schleifenschicht dorsal von der intakten linken Pyramide. Auch in den von den Hinterstrangskernen zur Schleifenkreuzung ziehenden Fasern besteht feinkörnige Degeneration. Im rechten Vorderstrangrest dorsal von der Pyramide liegen degenerierte Fasern.

Einige Schnitte tiefer beginnt ventral schon die Pyramidenkreuzung, während dorsal noch Schleifenkreuzung vorhanden ist. Im dorsomedialen Abschnitt der rechten Pyramide besteht noch ein kleiner Erweichungsherd; der eigentliche Stichkanal beginnt aber erst im rechtsseitigen Abschnitt der Schleifenkreuzung und geht von hier rechts vom Centralkanal in dem medialsten Theil des rechten Hinterstrangs zur Peripherie. Im medialen Theil der rechten Pyramide sowie in den obersten von dieser aus in die Kreuzung eintretenden Fasern besteht starke Degeneration zum Theil mit Lückenbildung. Die erhaltenen Theile der Schleifenkreuzung zeigen theils Lückenbildung theils starke Degeneration mit Ausstrahlung degenerierter Fasern in die linke Schleifenschicht. Beiderseits besteht Degeneration im Vorderstrangrest, rechts stärker als links. Im rechten austretenden Hypoglossus sind degenerierte Fasern vorhanden.

Im obersten Theil der Pyramidenkreuzung sind beide Pyramiden frei von Erweichung; doch zeigt der mediale und dorsale Theil der rechten Pyramide noch immer Lückenbildung und Degeneration. In der Pyramidenkreuzung, die sich in grossen, bald von rechts, bald von links kommenden Bündeln vollzieht, ohne innige Verschmelzung der sich kreuzenden Fasern, besteht Lückenbildung und geringe Degeneration. Der Stichkanal geht noch

immer durch die rechte Hälfte der untersten Schleifenkreuzung in den medialen Theil des rechten Hinterstrangs hinein bis in die dorsale Peripherie. Um den Stichkanal herum besteht im rechten Hinterstrang Lückenbildung und Degeneration. In den von den Hinterstrangskernen zur Schleifenkreuzung ziehenden Fasern besteht Degeneration, ebenso in beiden Vorderstrangresten, rechts stärker als links. (Taf. XVII, Fig. 6.)

Wenige Schnitte tiefer ist die Pyramidenkreuzung so mächtig geworden, dass sie unter Auseinanderrücken der Pyramiden im flachen Sulcus ant. die ventrale Oberfläche erreicht. Im medialen Theil der rechten Pyramide besteht noch schwache Degeneration, während die Kreuzung beinahe frei von derselben ist. Rechts vom Centralkanal findet sich eine kleine höhlenartige Erweichungsstelle, die lateral auf die Basis von Vorder- und Hinterhorn übergreift und hier die obersten von der linken Pyramide zur rechten PyS. ziehenden Fasern getroffen hat, die lateral von der Erweichung stark degeneriert sind. Stärkste Degeneration besteht in den dorsalsten Abschnitten der Kreuzung selbst. Im übrigen ist der Schnittkanal unverändert.

Im oberen Drittel der Pyramidenkreuzung nimmt die Erweichung nur die graue Substanz rechts vom Centralkanal und einen schmalen medialen Streifen des rechten Goll'schen Stranges ein bei intakter Pyramidenkreuzung. In beiden PyS. jenseits der Kreuzung sind mässig zahlreiche degenerierte Fasern vorhanden. Im dorsalen Theil des rechten Vorderstranges besteht starke Degeneration, schwache im linken.

In der Mitte der Pyramidenkreuzung reicht dieselbe von der ventralen Peripherie bis dicht an den Centralkanal; sie ist völlig normal. In beiden PyS. besteht schwache Degeneration. Der Schnittkanal nimmt nur noch die dorsale Hälfte des medialen Abschnitts des rechten Goll'schen Stranges ein. In beiden Vordersträngen, rechts stärker als links, besteht eine schwache Degeneration, die sich allmählich rechts um das Vorderhorn herum bis in den Vorderseitenstrang erstreckt. (Taf. XVII, Fig. 7.)

Das untere Drittel der Pyramidenkreuzung zeigt nur noch an der dorsalen Peripherie geringe Erweichung des rechten Goll'schen Stranges. Die noch immer bis an die ventrale Peripherie reichende Pyramidenkreuzung ist normal bei schwacher Degeneration in den lateralen Abschnitten beider PyS., links stärker als rechts. In beiden Vordersträngen nimmt die Degeneration rasch ab.

In den untersten Abschnitten der Kreuzung besteht eine enge Durchflechtung der von beiden Seiten kommenden Py.Fasern. Die Erweichung ist völlig geschwunden. Die Degenerationen sind unverändert.

Die Degeneration in den Vordersträngen ist rechts ganz schwach dicht am Sulcus ant. durch das Rückenmark hindurch bis in das untere Lendenmark zu verfolgen, links in derselben Lage nur bis in das untere Halsmark. Andere Degenerationen sind nicht nachweisbar.

Betrachten wir zunächst die bei diesem Chimpansen III gemachte Verletzung, so hat dieselbe leider das von uns gesetzte Ziel nicht er-

reicht. Es zeigt sich bei dieser Operation aufs neue die jedem am Centralnervensystem experimentell arbeitenden Forscher bekannte Erfahrung, dass es ungemein schwierig ist, in der eigenthümlich weichen und doch zähen Masse des Gehirns und Rückenmarks eine genau umgrenzte Läsion zu setzen, zumal wenn dabei die Controle des Auges fortfällt. Während der Operateur das Gefühl hat, einen ausgedehnten Schnitt zu machen, wird thatsächlich in Folge des Nachgebens der Nervensubstanz eine viel kleinere Läsion gesetzt. In diesem Falle nun ist ausserdem die Schnittführung, die an der dorsalen Peripherie im Wesentlichen an der richtigen Stelle eingesetzt hat, nach der ventralen Peripherie ~~zu~~ allzuweit nach oben gegangen, so dass sie zwar die ganze Schleifenkreuzung und noch ein kleines Stück der Medulla oblongata darüber hinaus durchtrennt hat, aber gerade bei Beginn der Pyramidenkreuzung Halt macht. Nur wenige Millimeter brauchte der Schnitt weiter nach unten zu gehen, um die beabsichtigte Durchtrennung der Pyramidenkreuzung zu vollenden. Neben den oben angeführten Gründen, aus denen es sich erklärt, dass der Schnitt stets kleiner ausfällt, als beabsichtigt ist, mag hier auch die Befangenheit bei der Operation, die nach dem ersten Misserfolg wohl erklärlich ist — der zweite Fall kann bei der zu tiefen Einstichsstelle hier nicht mitzählen —, von schädlicher Wirkung gewesen sein.

Was nun die Beurtheilung der Ausführbarkeit der von uns beabsichtigten Operation sowohl in technischer Hinsicht als auch hinsichtlich der Lebensfähigkeit des Chimpansen nach einem solchen Eingriff betrifft, so hat dieser letzte Versuch eine sehr befriedigende Antwort ertheilt. Nach demselben kann es als bewiesen gelten, dass die Durchtrennung der Pyramidenkreuzung beim Chimpansen ohne allzu grosse technische Schwierigkeiten ausführbar ist. Dass die Stelle der Kreuzung bei Freilegung der Membrana obturatoria post. ~~bequem~~ durch den Schnitt erreichbar ist, das hat ja bereits der Fall I trotz seines unglücklichen Ausganges bewiesen, und das zeigt aufs neue dieser Fall III. Denn eine ganz unbedeutende Abänderung der Haltung der Messerspitze hätte hier das Resultat der Operation zu einem vollendeten gemacht, ebenso eine nur um ein wenig ausgedehntere Schnittführung. Dabei ist ferner zu berücksichtigen, dass jeder Millimeter, den der Schnitt weniger weit nach oben zu gehen braucht, die Operation um vieles ungefährlicher macht. Denn es wächst damit die Entfernung der Schnittstelle von den Athemcentren, deren Lähmung neben der drohenden Blutung unstreitig die grösste Gefahr einer solchen Operation darstellt. Daher ist die von uns in diesem Fall III in Wirklichkeit ausgeführte Durchschniedung eine viel gefährvollere als die der Pyramidenkreuzung.

Wird die erstere, wie unsere Beobachtung zeigt, ohne jede Störung der Atem- oder Herzthärtigkeit vom Chimpansen ertragen, so ist bei der Durchtrennung der Pyramidenkreuzung eine Störung von dieser Seite gewiss nicht zu erwarten. Auch die Gefahr der Blutung ist bei dem mehr cerebralwärts gerichteten Schnitt natürlich viel grösser als bei der für die Durchschneidung der Pyramidenkreuzung erforderlichen Richtung. Da der Schnitt hier viel weiter nach oben reicht als im Fall I und trotzdem noch ein beträchtliches Stück von den A. vertebrales und basilaris an der ventralen Fläche der Medulla oblongata entfernt bleibt, so wird damit aufs neue bekräftigt, dass das Misslingen des ersten Versuchs in der That einem abnormen Gefässverlauf zuzuschreiben ist.

Solche Abweichungen von der beabsichtigten Operation, wie sie im Fall III und solche Irrthümer und Störungen, wie sie im Fall I und II das völlige Gelingen verhindert haben, sind bei der Ausführung einer neuen Operation am neuen Versuchsthiere stets in den Kreis der Berechnung zu ziehen und werden bei einer grösseren Versuchsreihe bald durch gelungene Versuche ausgeglichen. Trotzdem ist das Ausbleiben des vollen Erfolges in allen 3 Fällen bei einem so kostbaren und schwer zu erlangenden Versuchsobject, wie es der Chimpans darstellt, aufs Schwerste zu beklagen. Immerhin kann man sagen, dass die Chancen für den guten Erfolg neuer derartiger Experimente durch die Klarlegung aller dieser Verhältnisse grössere geworden sind, als wenn durch einen Zufall einer der ersten Versuche sofort den gewünschten Operationserfolg erbracht hätte.

Der Schnitt ist auch im Fall III so genau durch die Mitte geführt worden, wie dies überhaupt zu erreichen sein dürfte. Die ganz geringe Abweichung desselben nach rechts von der Mittellinie ist für den Erfolg der Operation gleichgültig, da bei einer Kreuzung in der Mitte die von rechts kreuzenden Fasern unmittelbar vor der Kreuzung, die von links kreuzenden unmittelbar nach der Kreuzung durchtrennt werden. Der Schnitt beginnt etwas über der Schleifenkreuzung in der Medulla oblongata, erstreckt sich am oberen Rande der Schleifenkreuzung bereits von der ventralen bis zur dorsalen Peripherie, verläuft derart durch die ganze Schleifenkreuzung, erst im untersten Abschnitt derselben allmählich von der ventralen Peripherie zurückweichend. Allmählich wird der Schnittkanal immer kleiner, nimmt im unteren Drittel der Pyramidenkreuzung nur noch die dorsale Peripherie des rechten Goll'schen Stranges ein und hört dann völlig auf. Die Pyramidenkreuzung selbst ist von dem Schnitt nicht getroffen; derselbe hört unmittelbar oberhalb derselben auf, die Kreuzung zu durchtrennen. In

den obersten Schichten der Pyramidenkreuzung ist aber Lückenbildung und schwache Degeneration nachweisbar, als direkte Einwirkung des Schnittes auf seine nächste Umgebung.

Trotzdem sind die Pyramidenbahnen in ziemlich beträchtlichem Umfange von dem Schnitt getroffen worden. Die rechte Pyramide ist in der ganzen Ausdehnung desselben in ihren medialsten Abschnitten zerstört, und zwar wechselt die Grösse des durch den Schnitt selbst und die ihn umgebende Erweichung zerstörten Gebiets zwischen einem Fünftel und einem Drittel des Gesammtareals der rechten Pyramide. Da nach den Untersuchungen von Jacobson<sup>1)</sup> die ungekreuzt bleibende Pyramidenvorderstrangbahn das lateralste Feld der Gesamtpyramide einnimmt, so kann man den Anteil des zerstörten Gebiets an der sich später kreuzenden, zum Seitenstrang ziehenden Pyramidenbahn sogar noch etwas höher veranschlagen. Jacobson hat ferner nachzuweisen gesucht, dass die dorsal gelegenen Fasern sich zu oberst kreuzen, dann die medialsten, zuletzt die ventral gelegenen Fasern in der Reihenfolge von dem medialen zum lateralnen Gebiet. Darnach sind bei unserem Chimpansen gerade die Gebiete, die den oberen Theil der Pyramidenkreuzung einnehmen, von der Zerstörung betroffen. Damit ist jedoch über die Function dieser Fasern, ob sie insbesondere mehr zur Arm- oder zur Beinregion des Rückenmarks ziehen, nichts gesagt. Die von den verschiedenen Centren der Fühlspäre der Grosshirnrinde ausgehenden Pyramidenfasern vermischen sich offenbar im ihrem weiteren Verlauf durch innere Kapsel, Hirnschenkel u. s. w. allmählich so innig, dass in der Pyramide der Medulla oblongata in jedem Querschnitt Fasern aus jedem Gebiet der Fühlspäre, also Fasern der Arm- und Beinregion gemischt, verlaufen. Daher konnte ich auch bei niederen Affen, bei denen der Schnitt durch die Pyramidenkreuzung nur die untere Hälfte zerstört, die obere aber intact gelassen hatte, weder in der Function noch in der electrischen Reizung der Grosshirnrinde eine Störung nachweisen.

In unserm Falle müssen wir also annehmen, dass die unvollständige Zerstörung der rechten Pyramide, die im wesentlichen die in der oberen Hälfte der Kreuzung zur linken Pyramidenseitenstrangbahn herüberkreuzenden Fasern vernichtet hat, Fasern sowohl für die Innervation des linken Arms als auch für die des linken Beins getroffen hat, dass aber für jeden dieser Abschnitte noch normale Pyramidenfasern zur Verfügung stehen.

---

1) Jacobson, Ueber die Lage der Pyramidenvorderstrangfasern in der Medulla oblongata. Neurol. Centralbl. 1895. S. 348.

Die linke Pyramide ist völlig intact geblieben; doch sind die zu oberst kreuzenden Fasern derselben theils in der Kreuzung selbst von Lückenbildung und Degeneration betroffen, theils nach der Kreuzung an der Basis der rechtsseitigen grauen Substanz von einem kleinen Erweichungsherd zerstört worden. Es handelt sich aber nur um eine ganz kleine Zahl der ersten zur rechten Pyramidenseitenstrangbahn hinziehenden Fasern, die hinsichtlich der Function keine wesentliche Bedeutung haben dürften.

Nach den Erfahrungen, die ich selbst an niederen Affen gewinnen konnte, müsste nicht nur diese geringe Läsion der Fasern der linken Pyramide, sondern auch die weit ausgedehnteren der rechten Pyramide von keiner sichtlichen, functionellen Störung gefolgt sein. Hat doch sogar der Gesamtausfall der Pyramidenleitung bei den niederen Affen eine kaum merkliche Störung in der Function der Extremitäten bewirkt. Halten wir uns aber an die Anschauungen, die über die funktionelle Bedeutung der Pyramidenbahnen in der menschlichen Pathologie bisher geltend waren, so müsste eine solche Läsion einer Pyramide, wie sie hier rechts vorhanden war, von schwersten klinischen Erscheinungen begleitet sein. Ist doch nach dieser Lehre die Pyramidenbahn für das Zustandekommen der activen motorischen Function der Extremitäten unentbehrlich; ihr Ausfall, oder auch bereits ihre partielle Zerstörung, müssen danach von mehr oder weniger schweren Lähmungen der entsprechenden Extremitäten gefolgt sein. Als Begleit- und Folgeerscheinungen sollen dann Spasmen und Contracturen in den gelähmten Extremitäten auftreten. Diesen lange Zeit herrschenden Anschauungen gegenüber bin ich in mehreren Arbeiten bemüht gewesen, zu zeigen, dass der Unterschied zwischen den Ergebnissen der Experimente am Affen und den Erfahrungen aus der menschlichen Pathologie hinsichtlich der functionellen Bedeutung der Pyramidenbahn kein so grosser ist, wie man hiernach annehmen müsste. Eine genaue Analyse der mit Erkrankung oder Zerstörung der Pyramidenbahnen einhergehenden Affectionen, der Hemiplegie, der spastischen Spinalparalyse, der Stichverletzungen im Rückenmark u. s. w. ergiebt, dass auch beim Menschen die Leitung der Pyramidenbahn durch andere Bahnen bis zu einem gewissen Grade ersetzt werden kann, wenn auch langsamer und unvollkommener als beim niederen Affen, während allerdings acute Zerstörung einer Pyramide von Parese der gekreuzten Extremitäten gefolgt ist. Weder die dauernde Lähmung, noch das Auftreten von Spasmen und Contracturen kann als nothwendige Folge der Ausschaltung der Pyramidenleitung beim Menschen betrachtet werden.

Wie verhält sich nun die motorische Function der Extremitäten bei

diesem Chimpansen, bei dem beinahe die Hälfte der zur linken Pyramidenseitenstrangbahn gelangenden Fasern der rechten Pyramide zerstört sind? Bei Beantwortung dieser Frage ist natürlich zu beachten, dass wir bei der nur 4 Tage dauernden klinischen Beobachtung des Chimpansen nur die unmittelbare Folge der acuten Zerstörung vor uns haben und daran festhalten müssen, dass, so gross oder klein die Störung auch sein mag, jedenfalls bei längerer Lebensdauer eine beträchtliche weitere Besserung zu erwarten gewesen wäre. Dazu kommt, dass in den ersten Tagen Schwächung durch die Operation selbst und Behinderung der Bewegungen durch den Wundschmerz im Nacken die Ausfallserscheinungen grösser erscheinen lassen dürften, als sie durch die Zerstörung der Leitungsbahnen im Centralnervensystem selbst bedingt sind.

Es ist nun bemerkenswerth, dass die Arme unmittelbar nach der Operation aktiv bewegt wurden; bereits am Abend des Operationstages und noch besser an den folgenden Tagen ist nicht nur bei Laufen und Klettern, sondern auch bei den feinen isolirten Greifbewegungen der Gebrauch der Arme und Hände nicht behindert. Nur fällt es auf, dass der Chimpanse jetzt spontan stets mit dem rechten Arm greift und den linken nur bei Behinderung des rechten oder, wenn er beide Arme braucht, verwendet, während er vor der Operation völlig gleichmässig mit beiden Armen griff. Auch ist die Kraft des linken Arms gegenüber der des rechten entschieden herabgesetzt, und wenn die linke Hand auch völlig sicher zugreifen kann, so fallen doch auf dem Wege zum Mund die Nahrungsstückchen oft aus der Hand heraus. Diese leichte motorische Schwäche des linken Arms dürfte wohl eine Folge der partiellen Zerstörung der rechten Pyramide sein. Diese Schwäche war jedoch sehr gering, hatte sich am letzten Tage der Beobachtung schon beinahe ganz verloren und war weder von Spasmen noch von der geringsten Contractur des linken Arms begleitet. Wenn daneben in den ersten 2 Tagen die Bewegungen beider Arme einen etwas ausfahrenden Charakter hatten, so dürfte diese übrigens zuletzt völlig geschwundene Störung auf die Läsion der sensiblen Bahnen zu beziehen sein, die weiterhin besprochen werden wird.

Grösser als an den Armen waren die motorischen Störungen an den Beinen. Hier bestand in den ersten beiden Tagen eine deutliche Parese beider Beine, die beim Versuch zum Stehen sofort einknickten. Aber auch beim ruhigen Liegen des Chimpansen machte sich eine abnorme Streckstellung beider Beine bemerkbar, wobei der rechte Fuss in Spitzfussstellung mit plantarflectirten Zehen, der linke mit gestreckten Zehen und stark abducirtem Hallux gehalten wurde. Diese Störung der Beine bildete sich aber in der Folge rasch zurück; 2 Tage nach der Operation

waren weder Spasmen noch Contracturen an den Beinen nachweisbar, und die Sehnenreflexe waren jetzt so wenig als vor der Operation an denselben zu erzielen. Dabei liess sich nicht feststellen, dass etwa das linke Bein mehr geschont wurde, als das rechte. Störungen, die also direct auf die Läsion der rechten Pyramide zu beziehen waren, bestanden nicht oder bildeten sich doch in den ersten Tagen wieder zurück. Allerdings sind die Störungen der Beine damit nicht erschöpft; dieselben wurden beim Gehen breitbeinig und stampfend aufgesetzt, dabei bisweilen mit dem Fussrücken über den Boden schleifend. Aber diese Störungen, die sehr an die bei dem Chimpansen II beobachteten Erscheinungen erinnern, dürften nicht auf den Ausfall motorischer Leitungsbahnen, sondern auf die weitgehende Zerstörung sensibler Bahnen zu beziehen sein. Ob das Unvermögen des Chimpansen, sich in den ersten Tagen in sitzender Stellung ohne Unterstützung der Arme zu halten, auf eine Rumpfmuskelschwäche zu beziehen ist, die dann wahrscheinlich auch auf den Ausfall sensibler Leitungsbahnen zurückgeführt werden müsste, oder nicht vielmehr nur als eine Folge der Durchschneidung der kleinen Nackenmuskeln und der Empfindlichkeit der Nackenwunde in den ersten Tagen nach der Operation zu betrachten ist, vermag ich nicht sicher zu entscheiden. Immerhin war der Chimpans im Stande, beim Laufen, Klettern, Greifen etc. den Rumpf, wenn auch mit einiger Mühe aufzurichten und es liess sich auch hier bereits in diesen wenigen Tagen eine allmählich fortschreitende Besserung deutlich constatiren.

Im Ganzen können wir also sagen, dass die Störungen, die auf den partiellen Ausfall der rechten Pyramide zu beziehen sind, ganz geringfügige sind und mit grösster Wahrscheinlichkeit in der Folge völlige Rückbildung erfahren hätten. Dieselben entsprechen keinesfalls den beim Menschen bisher als Folge der Pyramiden degeneration angesprochenen Symptomen; soll doch eine Degeneration der Pyramidenbahnen bereits ganz im Beginn mit den Erscheinungen einer spastischen Parese an den Beinen einhergehen. Die Störungen sind beim Chimpansen etwas ausgesprochener als beim niederen Affen, bei dem ja selbst die völlige Ausschaltung der Pyramidenkreuzung überhaupt keine ernstere Störung der Function zur Folge hat; sie entsprechen ungefähr dem, was auch beim Menschen nach den oben erwähnten neuesten Feststellungen über die Function der Pyramidenbahnen zu erwarten sein dürfte.

Nun ist aber zu betonen, dass die Störung durch Ausfall der Pyramidenleitung keine reine ist, sondern durch die gleichzeitige Durchtrennung der Schleifenkreuzung wesentlich complicirt wird. Dieselbe hat

die Schleifenkreuzung in ihrer Totalität getroffen und zwar sowohl die von den linksseitigen Hinterstrangskernen zur rechten Schleife ziehenden Fasern unmittelbar nach vollender Kreuzung, zum Theil in den medialen Abschnitten der Schleife selbst noch ein zweites Mal, als auch die von den rechtsseitigen Hinterstrangskernen nach links herüberkreuzenden Fasern direct vor ihrer Kreuzung. Da der Längsschnitt durch die Medulla oblongata cerebralwärts noch ein kleines Stück über die Schleifenkreuzung hinausgeht, so sind ausser den Fasern der letzteren auch die untersten Abschnitte der Fibrae arcuatae internae, die von den oberen Theilen der Hinterstrangkerne aus in der Formatio reticularis alba zur anderen Seite herüberkreuzen, theils vor theils nach der Kreuzung durchtrennt. Dagegen hört nach unten der Schnitt mit der eigentlichen Schleifenkreuzung auf und lässt die unterhalb derselben im dorsalen Gebiet der Pyramidenkreuzung und den obersten Abschnitten der Commissura anterior kreuzenden aufsteigend verlaufenden Fasern völlig intact.

Die Schleifenkreuzung stellt nun zwar den compactesten und grössten Theil der von dem Gebiet der Hinterstrangkerne zur gekreuzten Schleifenschicht kreuzenden Fasern dar, aber durchaus nicht ihre Gesammtheit. Unterhalb derselben findet bereits eine Kreuzung derartiger Fasern statt, ganz besonders aber besteht über den grössten Theil der Medulla oblongata hin eine Verbindung der Hinterstrangkerne mit der gekreuzten Schleifenschicht durch die Fibrae arcuatae internae, Fasern von denen hier nur der unterste Abschnitt zerstört ist. Also auch, wenn man von der Verbindung des Rückenmarks mit dem Kleinhirn völlig absieht, hat hier keine vollständige Unterbrechung der von den Hinterstrangkernen zum Mittel- und Zwischenhirn aufsteigenden, sensiblen Impulse leitenden Faserbahnen stattgefunden. Dazu kommt aber, dass auch im Rückenmark selbst von den hinteren Wurzeln aus, mit einer Unterbrechung im Hinterhorn, eine Bahn durch die vordere Commissur zum Vorderstrang und Vorderseitenstrang der gekreuzten Seite zieht, auf der mit volliger Umgehung der Hinterstrangkerne sensible Reize den Weg zum Gehirn betreten können.

Die völlige Durchtrennung der Schleifenkreuzung ist von mir selbst bei Katzen in Verbindung mit einer solchen der Pyramidenkreuzung und partiellen Zerstörung der Vorderstränge des obersten Halsmarks wiederholt ausgeführt worden. Trotz dieser ausgedehnten Zerstörung lernten solche Katzen nach anfänglich schweren Störungen wieder sicher laufen und sprangen nach einigen Wochen von der Erde auf den Tisch, eine Leistung, die gewiss eine ziemlich gute Leitung der sensiblen Impulse zur Voraussetzung hat. Auch bei Hunden und Affen ist bei

den Versuchen, die Pyramidenkreuzung zu zerstören, wiederholt ein grosser Theil der Schleifenkreuzung mitzerstört worden oder durch partielle Zerstörung der Hinterstrangkerne der secundären Degeneration verfallen, ohne dass schwerere Störungen der Berührungsempfindung, des Muskel- und Lagegefühls nachweisbar waren. Auch die möglichst ausgiebige einseitige Zerstörung der Hinterstrangkerne bei der Katze, wie sie u. a. Tschermak<sup>1)</sup> ausgeführt hat, war von keiner dauernden Störung gefolgt, ebenso wenig die einseitige Abtrennung der Hinterstrangkerne von den zur anderen Seite kreuzenden Schleifenfasern beim Affen, wie sie von Mott<sup>2)</sup> gemacht worden ist. Diese Ergebnisse stehen in guter Uebereinstimmung mit der von Borchert<sup>3)</sup> festgestellten That-  
sache, dass bei Hunden nach volliger Durchschneidung der Hinterstränge im Rückenmark nicht nur die Schmerzempfindung, sondern auch die Berührungs- und grobe Lageempfindung erhalten ist, dass also andere sensible Bahnen Berührungsempfindung und Ortssinn leiten können.

Sehen wir nun, welche Störungen bei unserm Chimpansen auf die völlige Durchtrennung der Schleifenkreuzung zu beziehen sind, so fällt vor allem der unsichere Gang mit breitbeinigem Aufsetzen der Beine auf; die Bewegungen derselben machen einen deutlich ataktischen Eindruck, sie werden stampfend aufgesetzt und schleifen bisweilen mit dem Fussrücken über den Boden. Auch die Bewegungen der Arme machen einen leicht ataktischen, ausfahrenden Eindruck; doch ist es unzweifelhaft, dass diese, offenbar auf eine Behinderung der sensiblen Leitung zu beziehenden Störungen der Extremitäten bereits in diesen ersten Tagen nach der Durchtrennung im schnellen Rückgang begriffen sind. Die ataktischen Störungen der Arme waren bereits am 3. Tage geschwunden, und auch der Gang des Chimpansen wurde von Tag zu Tag sicherer. Besonders auffällig war sein Unvermögen sich allein in sitzender Stellung zu halten, eine Störung, die allerdings auch rasch an Intensität abnahm, aber doch noch am 4. Tage nicht ganz geschwunden war, so dass der Affe mit Vorliebe auf dem Rücken lag und sich nur auf besondere Lockung aufrichtete. Ob diese Störung mit der Zerstörung der Schleifenkreuzung in Verbindung steht, oder lediglich

1) Armin Tschermak, Ueber den centralen Verlauf der aufsteigenden Hinterstrangbahnen etc. Archiv f. Anat. und Physiol. Anat. Abtheil. 1898. S. 291.

2) F. W. Mott, Experimental enquiry upon the afferent tracts of the central nervous system of the monkey. Brain XVIII. p. 1. 1895.

3) Max Borchert, Experimentelle Untersuchungen an den Hintersträngen des Rückenmarks. Archiv für Anat. u. Phys. Phys. Abth. 1902. S. 389

auf die Durchtrennung der kleinen Nackenmusculatur zu beziehen ist, die das Aufrechterhalten des Kopfes erschwere, das lässt sich bei der Kürze der Beobachtungszeit, bei der ja auch noch die unmittelbar durch die Operation bedingte Schwächung des Gesamtorganismus eine Rolle spielen kann, nicht entscheiden.

Im Wesentlichen zeigt es sich auch hier, dass die Störungen der Sensibilität, die durch die Durchtrennung der Schleifenkreuzung hervorgerufen werden, bereits im Beginn nicht sehr beträchtlich sind, dabei offenbar schneller Rückbildung fähig sind und aller Voraussicht nach bei etwas längerer Beobachtungszeit zu völliger Restitution geführt hätten. Dieses Resultat steht auch mit den beim Menschen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der sensiblen Bahnen vorliegenden Beobachtungen in gutem Einklang. So kommt Schlesinger<sup>1)</sup> auf Grund des Studiums von 7 Fällen von secundärer Degeneration der Schleife zu dem Schluss, dass in derselben wahrscheinlich weder die Leitung der Berührungs-empfindung noch die des Muskelsinns in nennenswerthem Grade stattfindet. Derselbe Autor<sup>2)</sup> führt auch bei Besprechung eines, von mir bereits an anderer Stelle eingehend gewürdigten Falles von Erweichung der linken Pyramide und des angrenzenden Abschnittes der linken Schleife und der Olive im unteren Theil der Medulla oblongata aus, dass hier im ventralen Theil der Olivenzwischenschicht (Schleifenbahn) keine Bahn für den Muskelsinn oder die Berührungs-empfindung verläuft, und dass Läsionen dieses Abschnitts nicht von bulbärer Ataxie gefolgt sein müssen. v. Bechterew<sup>3)</sup> kommt auf Grund der Beobachtung einer Hirngeschwulst im unteren Theil der Medulla oblongata, bei der trotz Zerstörung der Schleifenschicht die Sensibilität intact war, zu dem Schluss, dass die Leitungsbahnen der Hautsensibilität nicht durch die Schleifenschicht verlaufen. Auch in der ausführlichen, auf zahlreiche klinische und pathologisch-anatomische Untersuchungen gestützte Monographie Long's<sup>4)</sup> über die Leitungsbahnen der Sensibilität wird hervorgehoben, dass die Leitung der allgemeinen Sensibilität nicht der Schleifenbahn allein zukommt, sondern auch auf kurzen Bahnen der Formatio reticularis von statthen gehen kann. Endlich hat eine Arbeit

1) H. Schlesinger, Beiträge zur Kenntniss der Schleifendegeneration. Arbeiten aus dem Obersteiner'schen Laboratorium. 1896, Wien.

2) H. Schlesinger, Ueber einige bulbäre Symptomenkomplexe mit acutem und subacutem Beginn. Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 32. Suppl. S. 63.

3) W. v. Bechterew, Neurol. Centralbl. 1901. S. 1129.

4) Edouard Long, Les voies centrales de la sensibilité générale. Paris, G. Steinheil 1899.

Petrén's<sup>1)</sup> über den Verlauf der Hautsinne, die sich im Wesentlichen auf dem Studium der Halbseitenläsionen aufbaut, ergeben, dass dem Drucksinn neben der langen Hinterstrangbahn, die weiterhin durch die Schleifenkreuzung hinaufzieht, eine zweite im Vorderseitenstrang gelegene Bahn zur Verfügung steht, auf der auch die anderen Hautsinne verlaufen, so dass also Zerstörung der Hinterstrangbahn allein keinen dieser Hautsinne seiner Leitung beraubt.

Es besteht hier also weitgehende Uebereinstimmung bei sämmtlichen höheren Säugetieren bis herauf zum Anthropomorphen und Menschen, dass die Zerstörung der Schleifenbahn ein- oder doppelseitig, von keiner schwereren, dauernden Störung der Sensibilität gefolgt sein muss.

Ein Symptom bei unserm Chimpansen bedarf endlich noch der Befreitung, der Nystagmus verticalis, der sofort nach der Operation auftrat und mit allerdings abnehmender Intensität während der ganzen Beobachtungszeit vorhanden war. Derselbe bestand in einem sehr schnellschlägigen Zittern der Augen in der Richtung von oben nach unten, war stets schon in der Ruhe nachweisbar und steigerte sich bei jeder stärkeren Erregung oder körperlichen Anstrengung des Thiers beträchtlich. — Nystagmus ist bekanntlich ein häufiges Symptom bei den mannigfaltigsten Affectionen des Centralnervensystems; besonders häufig findet er sich bei der multiplen Sclerose und bei der Friedreich'schen Ataxie. Ist für das Zutstandekommen desselben eine Coordinationsstörung der Augenmuskulatur jedenfalls nothwendig, so kann dieselbe wahrscheinlich von den verschiedensten Stellen des Nervensystems aus, durch Läsionen im Gebiet der Augenmuskelkerne im Vierhügelgebiet selbst, durch Netzhautreizungen, durch Affection des Bogengangssapparats des Ohrs, durch Kleinhirnaffectionen u. s. w. ausgelöst werden. Dass auch von Herden der Medulla oblongata aus Nystagmus zu Stande kommen kann, das ist schon durch die Häufigkeit desselben bei multipler Sclerose sehr wahrscheinlich gemacht. Auch ist Nystagmus wiederholt bei Läsionen der Medulla oblongata beobachtet worden, anscheinend vorzugsweise bei Herden im Corpus restiforme. Doch konnte Schlesinger<sup>2)</sup> in dem oben erwähnten Fall von acuter Erweichung der linken Pyramide, Schleifenschicht und Olive Nystagmus beobachten, obwohl das Gebiet des Corpus restiforme völlig intact war. Schlesinger will denselben in seinem Fall auf den Untergang der das Kleinhirn

1) Karl Petrén. Ein Beitrag zur Frage vom Verlaufe der Bahnen der Hautsinne im Rückenmark. Skand. Arch. f. Phys. 1902.

2) Schlesinger. I. c.

mit den gekreuzten Oliven auf dem Wege des Corpus restiforme und der Interolivarschicht verbindenden Bahnen beziehen. Auch bei unserm Chimpansen sind ja diese Tractus cerebello-olivares (Edinger) durch den in der Mitte geführten Schnitt beiderseits durchtrennt, allerdings nur im untersten Gebiet dieser Bahnen, die weiter cerebralwärts völlig intact von einer Olive zur anderen ziehen. Ob diese Läsion des untersten Abschnitts der Tractus cerebello-olivares zum Zustandekommen des Nystagmus genügt, lässt sich auf Grund des vorliegenden Beobachtungsmaterials nicht entscheiden. Zu berücksichtigen ist noch, dass bei unserem Chimpansen auch das Gebiet des hinteren Längsbündels rechts völlig zerstört ist und auch links im oberen Gebiet der Schleifenkreuzung, wo die Erweichung bis zum linken Rand der Raphe sich erstreckt, nicht völlig intact geblieben sein dürfte. Im hinteren Längsbündel verlaufen aber sowohl in auf- wie in absteigender Richtung Fasern, die das Gebiet der Augenmuskelkerne mit tieferen Centren bis in das Rückenmark hinein in Verbindung setzen. Auch die Läsion im Gebiet des hinteren Längsbündels kann daher vielleicht für die Coordinationsstörung der Augenmuskeln, die den Nystagmus bedingt, von Bedeutung sein. Jedenfalls beweist unsere Beobachtung, dass ein Sagittalschnitt in der Mitte des unteren Theils der Medulla oblongata Nystagmus verticalis zur Folge haben kann; doch ist es sehr wahrscheinlich, dass bei längerer Lebensdauer diese Störung durch das Eintreten anderer Bahnen völlig compensirt worden wäre.

Eine Störung der Innervation der Pupillen ist bei dem Chimpansen durch die Operation nicht verursacht worden. Dieselben waren beiderseits gleichweit und reagirten prompt auf Lichteinfall und Accommodation. Diese Feststellung ist nicht ganz unwichtig, da in neuerer Zeit Bach<sup>1)</sup> die Anschauung vertreten hat, dass das eigentliche Reflexzentrum für die Pupillenverengerung nicht in der Vierhügelgegend, sondern im untersten Bereich der Medulla oblongata oder im obersten Halsmark seinen Sitz habe, und zwar nimmt er als aufsteigende Reflexbahn von diesem Centrum zum Oculomotoriuskern als ziemlich sicher das hintere Längsbündel, als absteigende Reflexbahn die Schleife mit grosser Wahrscheinlichkeit in Anspruch. Bei unserem Chimpansen ist im unteren Theil der Medulla oblongata nun beiderseits die Schleifenbahn und rechts wenigstens das hintere Längsbündel total zerstört, ohne jede Schädigung der Reflexthätigkeit der Pupillen. Dieser Befund<sup>2)</sup> steht

1) Ludwig Bach. Experimentelle Untersuchungen und Studien über den Verlauf der Pupillar- und Sehfasern etc. Deutsche Zeitschr. f. Nervenkd. B. 17 p. 428. 1900.

in völligem Einklang mit den zahlreichen in diesen Gebieten bei niederen Affen, Hunden und Katzen ausgeführten Durchschneidungen, die gleichfalls stets eine solche Störung vermissen liessen<sup>1)</sup>.

Wenn wir zum Schluss noch die Ausbildung der secundären Degenerationen bei diesem Chimpansen III betrachten wollen, so sind dieselben, wie das bei dem 4 $\frac{1}{2}$  Tage nach der Operation erfolgten Tod auch nicht anders zu erwarten war, sehr geringfügig. Sehen wir von der Anhäufung schwarzer Schollen in der unmittelbaren Umgebung des durch die Schnittführung geschaffenen Erweichungsgebietes ab, so ist von ausgedehnten secundären Degenerationen überhaupt nicht die Rede. Im Schnittgebiet selbst kann man von der Schnittstelle aus degenerative Fasern in die linke Schleifenschicht herüberkreuzen sehen, doch ist oberhalb der Schnittführung in beiden Schleifenschichten noch nicht die geringste secundäre Degeneration entwickelt. Dagegen ist unterhalb der Läsion im Gebiet der Pyramidenkreuzung im dorsalen Theil beider Vorderstrangreste eine Anzahl degenerirter Fasern vorhanden, rechts wesentlich zahlreicher als links, die wohl aus den hinteren Längsbündeln stammende, absteigend degenerirende Fasern darstellen. Von hier aus sind einige degenerirte Fasern mit nach abwärts stets abnehmender Zahl in den Vordersträngen längs des Sulcus anterior in das Rückenmark hinein zu verfolgen, rechts bis in das untere Lendenmark, links nur bis in das untere Halsmark. In den Pyramidenbahnen selbst sind im Gebiet der Pyramidenkreuzung degenerirte Fasern durch den oberen Theil derselben hindurch bis an die Grenze der Seitenstränge zu verfolgen, während in tiefer gelegenen Abschnitten des Centralnervensystems die Pyramidenbahnen völlig degenerationsfrei sind. Während also nach 4 $\frac{1}{2}$  Tagen die aus den hinteren Längsbündeln stammenden absteigenden Vorderstrangfasern die erste Andeutung einer secundären Degeneration durch das ganze Rückenmark hindurch erkennen lassen, ist das aufsteigende System der Schleifenbahnen noch nicht von einer mit der Marchi'schen Methode nachweisbaren Degeneration ergriffen. Es entspricht das im Wesentlichen den Ergebnissen bei dem Chimpansen II, bei dem 5. Tage nach der Operation die Degeneration der Hinterstränge noch nicht bis

1) Neuerdings sind L. Bach und H. Meyer auf Grund weiterer Versuche selbst zu der Anschauung gelangt, dass am spinalen Ende der Rautengrube nur ein Reflexhemmungscentrum für den Lichtreflex der Pupille gelegen sei, dem ein Reflexzentrum in der Vierhügelgegend untergeordnet ist. In Bezug auf die Leitungsbahnen des unteren Centrums halten sie an den oben angeführten Anschauungen Bach's fest. (Archiv f. Ophthalmol. Bd. LV, S. 414, 1903.)

zu den Kernen derselben in der Medulla oblongata herauf ausgebildet war, während die absteigende Vorderstrangsdegeneration bis in das Sacralmark hinein bereits nachweisbar war. Wie in jenem Fall noch keine aufsteigende Vorderstrangsdegeneration vorhanden war, so hatte auch hier bei dem Chimpansen III die Zerstörung des hinteren Längsbündels die in demselben aufsteigend verlaufenden Fasersysteme noch nicht zur sichtbaren Degeneration gebracht.

Fassen wir die Ergebnisse der bis jetzt beim Chimpansen ausgeführten Experimente zusammen, so hat sich zunächst ergeben, dass die beabsichtigte Durchtrennung der Pyramidenkreuzung beim Chimpansen ohne allzu grosse Schwierigkeiten ausführbar ist und unter geeigneten Kautelen ohne wesentliche Gefahr der Blutung und ohne Atemstörung von statten geht. Wenn in diesen ersten Experimenten kein vollkommenes Resultat erzielt worden ist, so liegt dies an Fehlerquellen, wie sie im Beginn solcher Versuche fast unvermeidlich sind. Die kurze Lebensdauer der Chimpansen nach der Operation in den beiden letzten Versuchen ist jedenfalls nicht eine unmittelbare Folge derselben. Was die Resultate der Durchschneidungen betrifft, so hat zunächst weder die Ausschaltung der medialen Vorderstrangshälfte des obersten Halsmarks incl. Pyramidenvorderstrangbahn noch die Zerstörung der kleineren Hälfte der einen Pyramide im unteren Theil der Medulla oblongata eine schwerere Lähmung oder spastische Erscheinungen an den Extremitäten im Gefolge gehabt. Sowohl die Zerstörung der Schleifenkreuzung als auch die der medialen Hinterstrangpartien des obersten Halsmarks hat einen atactischen stampfenden Gang bewirkt, der sich aber bereits in den ersten Tagen nach der Operation wieder wesentlich der Norm annähert. Die Längsspaltung des untersten Abschnitts der Medulla oblongata in der Mittellinie hat einen Nystagmus verticalis im Gefolge gehabt, der auf der Durchtrennung der Tractus cerebello-olivares oder der hinteren Längsbündel beruht. Dagegen folgt dieser Läsion keine Störung der Pupillenreaction. Am 4.—5. Tage nach der Operation hat sich eine schwache absteigende bis in das Sacralmark zu verfolgende Degeneration des Vorderstrangs am Sulcus ant. bereits entwickelt, die sich zum grossen Theil aus den im hinteren Längsbündel nach abwärts ziehenden Fasern zusammensetzt. Dagegen ist die aufsteigende Degeneration in den Hintersträngen erst am 5. Tage in den ersten Auflängen nachweisbar, während nach 4 Tagen noch keine der Zerstörung der Schleifenkreuzung folgende aufsteigende Degeneration der Schleifenschicht vorhanden ist. Auch die aufsteigende Degeneration in den Vordersträngen ist nach 5 Tagen noch nicht entwickelt. Die Pyramidenbahnen sind nach 5 Tagen völlig degenerationsfrei; auch eine Einstrahl-

lung degenerirter Fäserchen aus ihrem Gebiet in die graue Substanz ist in Hals- und Lendenanschwellung des Rückenmarks noch nicht nachweisbar.

Wenn wir am Schluss unserer Untersuchungen fragen, ob dieselben zu weiteren Experimenten am Chimpansen ermuthigen, so müssen wir diese Frage unbedingt bejahen. Die Beobachtung der Chimpansen vor und nach den Operationen hat gezeigt, dass dieselben bei ihrem verständigen, menschenähnlichen Benehmen, bei der grossen Annäherung ihrer Bewegungen an die des Menschen und bei der wesentlichen Erleichterung, die ihr zahmes, zutrauliches Wesen für alle Untersuchungen und Prüfungen schafft, ungemein geeignete Versuchsobjecte darstellen. Eine ganze Reihe von Fragen, die beim niederen Affen wegen der grossen Kluft, die ihn von Menschen scheidet, nicht endgültig gelöst werden können, beim Menschen aber in Folge der zu grossen klinischen und anatomischen Complicirtheit der Verhältnisse erst durch langwierige mühsame Beobachtung und auch dann nur sehr unvollkommen klar zu stellen sind, dürften bei geeigneter Versuchsanordnung durch Experimente am Chimpansen einer befriedigenden Beantwortung zugeführt werden, so vor Allem auch die Frage nach der functionellen Bedeutung der einzelnen motorischen Bahnen, allen voran der Pyramidenbahnen. Dem steht allerdings die grosse Empfindlichkeit des Chimpansen in der Gefangenschaft gegenüber, die selbst bei sorgfältigster Pflege oft unerwartet rasch das Ende herbeiführt und in Verbindung mit der Seltenheit und den hohen Anschaffungskosten des Materials die erschöpfende Bearbeitung einer hier in Angriff genommenen Frage sehr erschwert. Da aber mit dem Vordringen europäischer Cultur in die Heimathsstätten der anthropomorphen Affen die völlige Vernichtung derselben gewiss nur eine Frage der Zeit ist, so erscheint es dringend geboten, derartige Untersuchungen so bald als möglich in ausgedehnter Weise unter den denkbar günstigsten Bedingungen anzustellen. Zu diesem Zweck wird es nothwendig sein, im Heimathland der anthropomorphen Affen solche Experimente vorzunehmen, da hier sowohl die nötige Anzahl Thiere zu einem erschwinglichen Preis zu beschaffen ist, als auch die Bedingungen für das längere Ueberleben der Operationen, wie es für genaue Untersuchungen in physiologischer und anatomischer Hinsicht unbedingt nothwendig ist, die weitaus geeignetsten sein dürften. Auch die ausserordentlich grosse Fähigkeit der anthropomorphen Affen menschliche Verrichtungen zu lernen, wie den aufrechten Gang, das Essen mit dem Löffel event. sogar mit Messer und Gabel u. a. m., müsste dann zur feineren Ausbildung der Versuche herangezogen werden. Es lässt sich hoffen, dass durch solche Experimente eine grosse

Reihe von Thatsachen, die durch die Erfahrungen der menschlichen Pathologie allein nur sehr langsam und unvollkommen sicher zu stellen sind, verhältnissmässig leicht aufgedeckt und für den Menschen nutzbringend verwerthet werden können. Die hier mitgetheilten Versuche am Chimpansen sind nur als ein schwacher Versuch in dieser Richtung zu betrachten.

---

Herrn Geheimrath H. Munk, der mir die Wege zur Ausführung dieser Arbeit geebnet hat und mir gestattete, die Versuche in dem unter seiner Leitung stehenden physiologischen Laboratorium der Berliner Thierärztlichen Hochschule auszuführen, sage ich auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank.

---

### Erklärung der Abbildungen (Taf. XVI und XVII).

Mikrophotographien nach Marchi-Präparaten (Zeiss'scher Apparat). Apochromat Planar 35 mm.

Figur 1. Chimpanse No. I. Mitte der Pyramidenkreuzung. Die Kreuzung selbst reicht an die ventrale Oberfläche. Der Schnitt geht rechts an derselben vorbei.

Figur 2. Chimpanse No. II. Mitte des 2. Halssegments.

Figur 3. Chimpanse No. III. Unterer Theil der Medulla oblongata, Schnitt durch rechte Pyramide und ventralen Teil der Interolivarschicht.

Figur 4. Chimpanse No. III. Oberster Rand der Schleifenkreuzung.

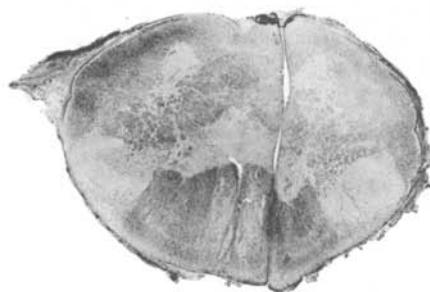
Figur 5. Chimpanse No. III. Mitte der Schleifenkreuzung.

Figur 6. Chimpanse No. III. Oberster Theil der Pyramidenkreuzung.

Figur 7. Chimpanse No. III. Mitte der Pyramidenkreuzung. Kreuzung reicht bis an die ventrale Oberfläche. Schnitt nur noch im dorsalen Theil des rechten Goll'schen Stranges. Der Schnitt liegt umgekehrt.

---

1.



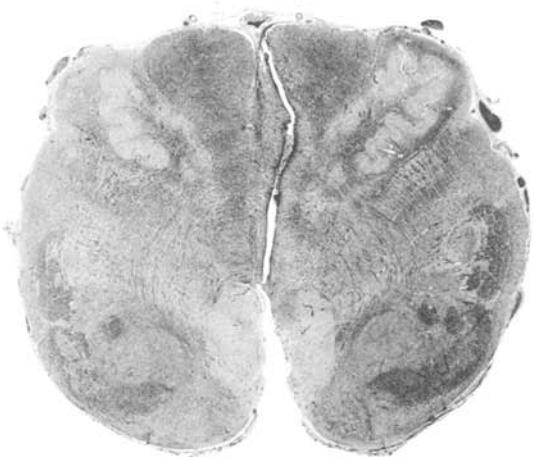
2.



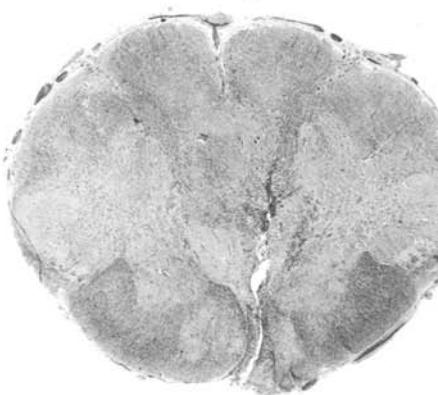
3.



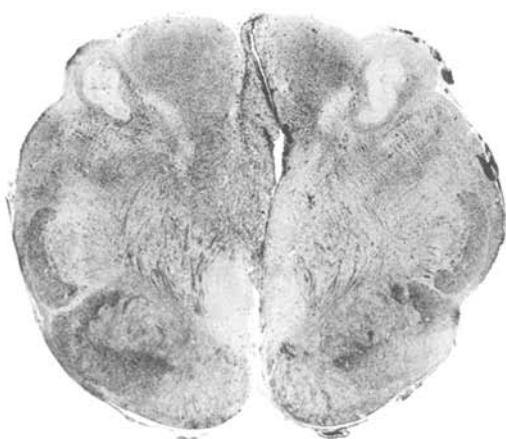
4.



6.



5.



7.

