

XXXVIII.

Ursprung und Bedeutung des Kniephänomens und verwandter Erscheinungen.

Von

Dr. S. Tschirjew.



Im Monat Januar dieses Jahres machte mich Herr Prof. C. Westphal auf die Abhandlung von Herrn Dr. Burckhardt: „Ueber Sehnenreflexe“*) aufmerksam und forderte mich dadurch gewissermassen auf, die darin beschriebenen Versuche mit Anwendung exacterer Methoden von Neuem einer experimentellen Prüfung zu unterziehen.

Ich bin dieser Aufforderung um so lieber nachgekommen, als mir die Sache von allgemeinem physiologischen Interesse zu sein schien und ich, Dank der gütigen Erlaubniss des Herrn Prof. E. du Bois-Reymond, im Stande war, die betreffenden Versuche in seinem neuen physiologischen Laboratorium anzustellen unter der Anwendung aller dazu nothwendigen experimentellen Mittel.

Geschichtliches.

Ich will hier etwas ausführlicher die eben citirte Arbeit von Herrn Dr. Burckhardt besprechen, und insbesondere die ihr als Basis dienende „physiologische Diagnostik“ von demselben Verfasser prüfen, da die von ihm angewandten Methoden mir in hohem Grade bedenklich erscheinen.

Auf Seite 36 seiner neuen Arbeit sagt Herr Burckhardt: „das Princip, worauf meine Untersuchung ruht, heisst: gleiche Bahnen

*) Festschrift dem Andenken an Albrecht von Haller dargebracht von den Aerzten der Schweiz am 12. December 1877. Bern 1877.

werden, *ceteris paribus*, in gleichen Zeiten durchlaufen, und ungleiche Zeiten lassen deshalb auf ungleiche Bahnen schliessen.“ In dieser Form ist dieses Princip wirklich unangreifbar, insofern es dann mit dem bekannten Axiom, dass zwei Grössen, von denen jede einer dritten gleich ist, einander gleich sind, so gut wie identisch ist.

Allein in dieser Form ist dieses Princip für physiologische Zwecke unbrauchbar. In der That benutzt es der Verfasser in einer anderen Form, indem er nämlich von gleichen Zeiten auf gleiche Bahnen schliessen will, um aus den Zeiten die Bahnen zu bestimmen. In dieser Form angewendet, ist dieses Princip aber ganz falsch.

Damit will ich noch nicht bestreiten, dass Zeitbestimmungen bei physiologischen Vorgängen, bei denen das Nervensystem betheiligt ist, uns für die Bestimmung der Bahnen von Nutzen sein können. Nur kann der Schluss, dass zwei solche Vorgänge, die für ihren Ablauf gleiche Zeiten brauchen, identische Bahnen benutzen müssen, als allgemeines Princip durchaus nicht gelten. Die Verbindungen zwischen einzelnen Fasersystemen in der grauen Substanz des Rückenmarkes sind uns noch so gut wie gar nicht bekannt. Wir wissen nur, dass sie verschieden sind, dass sie wahrscheinlich verschiedene Leitungsvermögen besitzen und endlich, dass diese letzteren noch von der Inanspruchnahme der Bahnen abhängig zu sein scheinen. Wie sollten wir bei diesem Zustande unserer Kenntnisse auf diesem Gebiete auf Grund der Zeitmessungen allein, welche dazu noch nicht immer den nöthigen Grad der Exactheit besitzen, die Nervenbahnen bestimmen wollen!

Herr Burckhardt selbst kommt, obgleich wieder auf einem anderen, auch nicht ganz exacten Wege zu Resultaten, welche direct für die Unbrauchbarkeit dieses Principis sprechen. *)

*) Herr Burckhardt kommt nämlich zu dem Resultate, dass die von ihm gemessene Zeit sowohl für die unmittelbare Reizung des Muskels, als auch für den Reflex durch den „Plexus oder die Spinalganglien“ passt. Seine Berechnung auf Seite 30 ist eine ganz unbegreifliche Zusammenstellung der Zahlen. Er will die Zeit berechnen, welche zwischen dem Momente der Reizung, d. h. hier des Anklopfens und dem Anfange der Muskelzuckung vergeht. Zu diesem Zwecke nimmt er seine „Muskellatenz“ (0,01“) und addirt zu derselben die Zeit, welche die Muskelwelle für ihre Fortpflanzung durch eine Strecke von 20 Ctm. (?) gebraucht; dabei begeht er noch einen Fehler in der Berechnung. Es muss bemerkt werden, dass weder die obere, noch die untere Stellung seines Aufnehmers in diesem Abstände von dem Ende des Muskels sich befanden.

Das Princip selbst also, auf dem nach dem Verfasser seine Arbeit beruht, ist falsch. Nichtsdestoweniger wollen wir uns der Betrachtung seiner Resultate zuwenden, da möglicherweise einzelne Beobachtungen ganz richtig und deshalb von Werth sein können.

Die Richtigkeit der Beobachtungen hängt bekanntlich im hohen Grade von den Methoden ab, mit welchen sie gemacht werden. Herr Burckhardt bediente sich bei seinen Zeitmessungen derselben Methoden, die er in seiner „physiologischen Diagnostik“ beschrieben hat. Als ich mich nun zu dieser Diagnostik wendete und mir die betreffenden Methoden ansah, bin ich zu folgenden Resultaten gekommen. Fast alle scheinbaren Vervollkommnungen, welche der Herr Verfasser an den schon vorhandenen Apparaten und deren Anwendungsweisen gemacht hat, sind derartig, dass sie aufs Strengste hätten vermieden werden müssen. In Folge dessen sind die sonst ganz vortrefflichen zeitmessenden Methoden durch diese Vervollkommnungen (!) ganz fehlerhaft geworden, insofern dadurch die Möglichkeit verschiedener Fehler hinein gebracht wurde, deren Grenzen nicht zu bestimmen sind.

Ich will das an einzelnen Beispielen erläutern.

Sein „Kapselaufnehmer“ ist so construirt, dass er unzweifelhaft nur die relative Verschiebung des Stiffes der Kautschukplatte gegen den Rand der äusseren Kapsel bei ihrer gemeinsamen Bewegung in Folge der Muskelanschwellung, nicht aber die letztere selbst angeben konnte. Dies musste zu einer Verspätung des Anfangs der Muskelcurve führen und natürlich um so mehr, je mehr sich die äussere Kapsel mitbewegte. Diese Verspätung musste also von der Stelle des Anlegens abhängig sein.

Gewöhnlich lässt man die Feder der markirenden Elektromagnete fortwährend die Trommelfläche berühren, damit der Einfluss der Reibung dieser Feder auf die Geschwindigkeit der Trommelrotation möglichst constant bleibe. Herr Burckhardt dagegen lässt die Hebel dieser Elektromagnete gegen die Trommelfläche sich bewegen und nur zeitweise sie berühren.

Durch ein solches Verfahren werden folgende Fehler hineingebracht. Erstens wird der Anfangsmoment der Hebelbewegung des Elektromagneten nicht sofort notirt, sondern erst um eine gewisse Zeit später, nämlich um die Zeit, welche nothwendig war, damit der Hebel an die Trommelfläche gelangt. Zweitens kann durch die in diesem Momente entstandene Reibung die Rotationsgeschwindigkeit der Trommel verändert werden. Das sind Fehler, welche bei Zeitmessungen von einigen Hundertel einer Secunde nicht vernachlässigt

werden können. Ja man kann sogar behaupten, dass sie bei den Versuchen von Herrn Burckhardt unzweifelhaft von Einfluss waren, wenn man die Beschaffenheit seines Elektromagneten sowohl, als den Radius der Trommel berücksichtigt. Der Fehler wegen des zeitweisen Anschlagens des Elektromagneten auf die Trommel konnte bis zu einem gewissen Grade nur durch die ungeheure Masse (Trägheitsmoment) der Trommel (4,6 Kilo) vermindert werden.

Ferner war der Zeitverlust seines Elektromagneten auch nicht bestimmt. Das ist wieder eine Grösse, welche keineswegs bei derartigen Messungen vernachlässigt werden darf. Abgesehen von anderen Momenten hängt dieser Zeitverlust, d. h. die Zeit, welche zwischen dem Momente der Stromschliessung im Elektromagneten und dem Anfang der Ankerbewegung vergeht, von der Zahl der Drahtwindungen der Rollen ab, weil diese Verzögerung hauptsächlich in Folge des bei der Schliessung des Stromes entstehenden Extracurrent erfolgt. Es giebt Elektromagnete, bei welchen für das blosse Auge kein Zeitverlust existirt, und bei welchen die genaue Untersuchung einen Zeitverlust von 0,02'', 0,03'' u. s. w. constatirt. Es ist klar, dass bei Bestimmungen, bei welchen es sich um 4 oder 5 Hundertel einer Secunde handelt, dieser Umstand nothwendig berücksichtigt werden muss.

Die Ersetzung des berussten, glacirten Papiers durch gewöhnliches und der feinen Glasfeder durch eine starke Feder mit flüssigen Farben gefüllt, ist auch von keinem Vortheil und bei der Marey'schen Lufttrommel sogar sehr bedenklich.

Endlich hat Herr Burckhardt vernachlässigt, durch chronographische Apparate die Geschwindigkeit der Trommelrotation zu controliren, — ein Fehler, der bei der rohen Construction seiner Trommel und den anderen fehlerhaften Anordnungen um so mehr in's Gewicht fällt.

Alle diese Einwände sind keine theoretische Spitzfindigkeiten. Die gerügten Vernachlässigungen müssen bei derartigen feinen Bestimmungen zu verwirrten Resultaten führen.

In Folge dessen ist grosse Vorsicht bei Benutzung der Resultate, welche von Herrn Burckhardt in seiner „physiologischen Diagnostik“ angeführt sind, sehr rathsam.

Leider ist auch nirgends bei ihm die Beschreibung zu finden, wie er seine „Muskellatenz“ gemessen hat, welche bei vielen seinen Berechnungen doch eine grosse Rolle spielt.

Die Zeitmessungen von Herrn Burckhardt können also für uns von keinem Werthe sein.

Nicht glücklicher war der Herr Verfasser, wie wir später sehen werden, auch in Bezug auf die Resultate seiner Vivisectionen.

Ich erachte es für überflüssig, hier auf die übrige Literatur des Knie- und Fussphänomens einzugehen, da sie meiner Ueberzeugung nach noch ganz frisch im Gedächtniss jedes sich dafür interessirenden Lesers ist. Nichtsdestoweniger halte ich es gewissermassen für meine wissenschaftliche Pflicht, die bekannte Auffassung dieser Phaenomene von Seiten des Herrn Prof. C. Westphal in's richtige Licht zu stellen, um zu zeigen, dass sie damals sogar die einzige berechnigte gewesen ist.

Wenn man das Kniephänomen zum ersten Mal beobachtet, so denkt man natürlich am allerersten an einen Reflex. Daran dachte zuerst auch Herr Prof. Westphal. Nur die weiteren genauen Beobachtungen, insbesondere die Unwirksamkeit aller anderen nicht mechanischen Reize*), haben bei diesem Forscher den Gedanken erweckt, dass es sich möglicherweise um eine directe Reizung des Muskels handele; und zwar um eine Reizung, hervorgebracht durch eine plötzliche Zerrung an der Grenze zwischen den Muskelfasern und der Sehne in Folge ihrer Erschütterung.

Vom physiologischen Standpunkte aus war diese Auffassung vollständig correct, da die Fähigkeit der contractilen Muskelsubstanz, durch einen plötzlichen mechanischen Insult erregt zu werden, keinem Zweifel unterliegt.

Ferner berechnigte auch die ungemeine Erhöhung des Kniephänomens bei Paralysis spinalis spastica, ohne dass dabei die Hautreflexe gesteigert waren, die Vermuthung, dass die Erhöhung dieses Phänomens bei den cerebralen Hemiplegien und spinalen Paraplegien und Paraparesen nicht in unmittelbarem Zusammenhange mit der erhöhten Reflexthätigkeit stehe, sondern vielmehr von der erhöhten Muskelspannung abhängen, welche allen diesen Erkrankungen gemeinsam ist.

Wir werden später sehen, dass die Reizung beim Klopfen auf das Ligamentum patellae wirklich nicht in der Sehne selbst, sondern da, wo es Herr Westphal vermuthete, d. h. an der Grenze zwischen der Muskelsubstanz und der Sehne, oder wenigstens in den dem Muskel nächsten Schichten der letzteren geschieht. Da die Sehnennerven damals noch unbekannt waren, war es eigentlich allein berechnigt, an die unmittelbare Reizung zu denken.

Endlich sollte die ungeheure Schnelligkeit, mit welcher die be-

*) Diese mechanischen Reize konnten in einigen Fällen auf das leiseste Anklopfen mit dem Finger zurückgeführt werden.

treffende Contraction eintritt, auch ihrerseits zum Schlusse führen, dass es sich hier nicht um gewöhnliche Reflexe handelt.

Nur seit den Experimenten von Herren Schultze und Fürbringer sind gewisse Schwierigkeiten für die Westphal'sche Auffassung entstanden. Aber auch diese Schwierigkeiten vermag Herr Westphal von seinem Standpunkte aus ziemlich gut zu erklären.

Als ich daher zu meinen Experimenten schritt, war für mich die Möglichkeit der Bestätigung dieser Westphal'schen Anschauung noch keineswegs ausgeschlossen.

Diese Hypothese von Herrn Westphal, welche aus der genauen Beobachtung und dem Vergleiche gewisser Thatsachen entstanden war, gab uns gleich die Mittel in die Hand, sie experimentell zu prüfen.

Eigene Beobachtungen.

Aus dieser Hypothese folgt, dass, wenn es sich wirklich beim Kniephänomen um eine unmittelbare Muskelreizung handelt, man eine Muskelwelle von unten nach oben in dem sich contrahirenden Muskel zu constatiren im Stande sein müsste. Würde dagegen der Muskel dabei vom Nerven aus erregt, so kann von einer solchen Muskelwelle nicht die Rede sein. Die motorischen Nervenendplatten sind nämlich im ganzen Muskel verbreitet; in Folge dessen könnten die Contractionen (in Bezug auf die Zeit ihres Beginns) an verschiedenen Theilen des Muskels höchstens nur um die Zeitunterschiede gegen einander verschoben werden, die aus der verschiedenen Länge der intramusculären Nervenbahnen resultirten.

Ist es ferner richtig, dass das Aufhören des Kniephänomens nach der Durchschneidung des N. cruralis beim Kaninchen von der danach eintretenden Erschlaffung der Musculatur des Oberschenkels abhängt, so muss das Phänomen wieder erscheinen, wenn die ursprüngliche Muskelspannung künstlich, durch eine schwache Reizung des peripherischen Nervenstumpfes, wieder hergestellt wird.

Die Untersuchungen, welche die Lösung der ersten Frage zum Zwecke hatten, habe ich (ebenso wie die übrigen Zeitmessungen) an folgenden zwei Kranken der Nervenlinik der Charité angestellt: der eine stellte das charakteristische Bild von Paralysis spinalis spastica dar, übrigens mit einer sehr unbedeutenden Sensibilitätsstörung; der andere litt an einer Paraparese der unteren Extremitäten, die er von einer Paraplegie in Folge von Myelitis zurückbehalten hat. Das

Kniephänomen war bei beiden Kranken, insbesondere aber bei dem ersteren, sehr stark ausgeprägt. Derselbe war ein kräftig gebauter und hochgewachsener Mann; die Muskeln seines Oberschenkels waren deswegen für derartige Untersuchungen besonders günstig.

Während der Untersuchung war das zu untersuchende Bein nicht über das andere geschlagen, sondern ruhte, wie beim gewöhnlichen Sitzen, mit dem Fuss auf den Boden; es war derartig in dieser Lage fixirt, dass seitliche Verschiebungen des Knies sowohl, wie Streckung des Unterschenkels unmöglich waren.

Ich will jetzt kurz die Methoden beschreiben, deren ich mich bei diesen Untersuchungen bediente.

Da die Wiedergabe der Muskelanschwellungen mit Hülfe der Marey'schen Lufttrommel in diesem Falle mir nicht exact genug schien, habe ich elektrischen Contacten den Vorzug gegeben.

Zur Bestimmung der Richtung der Muskelwelle dienten nämlich zwei ganz gleiche Contactschlüssel mit Knöpfen aus Elfenbein ungefähr der Art, wie sie für elektrische Glocken gebraucht werden; ihren Besitz verdanke ich der Güte des Prof. H. Kronecker. Diese Schlüssel waren an einem schmalen Holzbrettchen im Abstände von 13 Ctm. von einander befestigt. Das Brettchen war an einem schweren eisernen Stativ befestigt und konnte über dem ausgewählten Muskelbauch des Oberschenkels aufgestellt und dann noch in verschiedenen Richtungen verschoben werden, damit die Knöpfe der Schlüssel die gewünschten Stellen mit dem erforderlichen Druck berührten. Die Stabilität des Statives war durch ein sehr schweres Gewicht gesichert.

Jeder einzelne Schlüssel wurde mit einem Daniell und einem elektromagnetischen Markirer verbunden. Die beiden letzteren besaßen annähernd gleich construirte Elektromagnete und waren vorläufig so abgestimmt, dass sie für gleiche Stromstärken gleiche Zeitverluste, wenigstens für gewisse Geschwindigkeiten der Trommelrotation, hatten.

Die Abstimmung der elektromagnetischen Markirer geschah in folgender Weise. Sie wurden vor der Fläche einer rotirenden Trommel so übereinander aufgestellt, dass ihre zeichnenden Spitzen (kleine gläserne Federn, nach dem Verfahren von Prof. Kronecker gebogen), sich in einer verticalen Linie befanden. Beide Elektromagnete wurden dann mit einander verbunden und in ihren Kreis ein Daniell eingeführt. Nachdem die Trommel mit dem berussten glacirten Papier an deren Oberfläche in Rotation gebracht war, wurde der Strom plötzlich geschlossen; die Hebel beider Markirer wurden in Folge

dessen angezogen und markirten ihre Senkung. Durch die Anfangspunkte der Senkungen beider Linien, welche von den Markirern aufgeschrieben waren, wurden verticale Linien gezogen. Darauf wurden die Spannungen der Feder, welche der anziehenden Kraft der Magnete entgegenwirkten, so lange variirt, bis die beiden verticalen Linien sich bei der grössten Rotationsgeschwindigkeit der Trommel auf das Vollständigste deckten.

Als rotirende Trommel benutzte ich das bekannte Leipziger Kymographion mit dem Foucault'schen Regulator*). Die grösste Rotationsgeschwindigkeit bei diesem Apparat gestattet noch ganz exact die Zeit bis zu $\frac{1}{400}$ Sekunde zu schätzen.

In einer verticalen Linie mit den zeichnenden Spitzen der Markirer berührte die Trommelfläche die Federspitze eines Marey'schen Chronographen**), welcher einhundert deutsche (doppelte) Schwingungen in der Sekunde machte. Diese Feder zeichnete fortwährend eine zickzackförmige Curve; jeder Zickzack der letzteren entsprach $\frac{1}{100}$ Sekunde.

Unmittelbar vor jeder Bestimmung wurde die Lage der Knöpfe beider Schlüssel geprüft; sie wurden immer so aufgestellt, dass ein minimaler Druck von unten nach oben (nicht aber die einfache Erschütterung des Oberschenkels in Folge des Anklopfens an die Tibia oder Patella), den Contact in den Schlüsseln bewerkstelligte.

Nachdem Alles auf diese Weise vorbereitet war, ging ich zu den Bestimmungen selbst über. Die Trommel wurde in Gang gesetzt und nach einer gewissen Zeit erfolgte ein Schlag auf das Ligamentum patellae vermittelt eines Percussionshammers. Nachdem die Markirer ihre Senkungen aufgeschrieben hatten, wurde die Trommel angehalten, die Lage der Schlüssel wieder geprüft und nöthigenfalls corrigirt u. s. w.

Nach der Beendigung des Versuches wurden die verticalen Linien durch die Anfangspunkte der Senkungen gezogen. Dies geschah einfach durch die Bewegung der Trommel in der verticalen Richtung, vermittelt einer gewissen bei diesem Apparat vorhandenen Vorrichtung.

Bei der Auswahl der Stellen für die Anlegung des Schlüssels an den Oberschenkel wurden immer folgende zwei Umstände im Auge behalten: erstens, dass die beiden Stellen demselben Muskelbauche angehörten und zweitens, dass sie nicht im Bereiche der Insertion der

*) E. Cyon's Methodik. Taf. XVIII. Fig 1 und 2.

**) Ebendas. Taf. XVII. Fig. 2 und 3.

Mukelfasern an die Sehne, sondern möglichst entfernt davon nach oben lagen. Die Nothwendigkeit der letzteren Bedingung ist klar, da im entgegengesetzten Falle das negative Resultat dieser Untersuchungen zwischen beiden Ansichten, von denen hier die Rede ist, nicht entscheiden konnte.

In dieser Beziehung waren die langen Beine des einen Patienten (spastische Spinalparalyse) ganz besonders günstig.

Diese Untersuchungen haben mich zu dem Schlusse geführt, dass bei der Contraction des *M. quadriceps* in Folge des Anklopfens an die Patellarsehne keine Rede von irgend einer bestimmten Richtung der Muskelwelle sein kann. Es haben sich nämlich Zeitdifferenzen ergeben, welche zwischen den Grenzwerten 0,015" und 0,005" schwanken, und zwar bald in der einen, bald in der anderen Richtung, je nach der Lage der geprüften Stelle des Oberschenkels.

Ich bin weit davon entfernt, die verschiedenen Beobachtungsergebnisse an Muskeln kaltblütiger Thiere ohne Weiteres auf die Muskeln der Warmblüter übertragen zu wollen. Allein schon die blosse Beobachtung einer idiomusculären Contraction beim Menschen, z. B. hervorgerufen durch einen Schlag mit dem Percussionshammer, macht es höchst wahrscheinlich, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Muskelwelle beim Menschen eine Grösse derselben Ordnung, wie beim Frosche sei. Wenn wir aber diese letztere in Betracht ziehen, d. h. ungefähr 3 Meter in der Sekunde, so bekommen wir für den Abstand von 13 Ctm. eine Zeit von mehr als 0,04". Die von mir gefundenen Zeitdifferenzen waren dagegen meistens zu unbedeutend im Vergleich mit dieser Zeit, und dabei noch theils zu Gunsten der oberen Stelle, d. h. die obere Stelle contrahirte sich früher, als die mehr nach unten (näher zum Knie) gelegene.

Diese Resultate sprachen also gegen die Auffassung des Kniephänomens als einer idiopathischen Muskelcontraction, indem sie das Vorhandensein einer Muskelwelle vom Knie aus ausschlossen. Dagegen liessen sie sich ganz einfach erklären bei der Annahme einer Contraction in Folge der Erregung vom Nerven aus. Die motorischen Nervenendplatten sind bekanntlich im ganzen Muskel verbreitet, so dass, wenn der Muskel innervirt wird, seine verschiedenen Theile fast gleichzeitig in Contraction gerathen müssen. In Folge dessen kann bei der Erregung des Muskels vom Nerven aus nicht die Rede von irgend einer Muskelwelle bestimmter Richtung sein; höchstens konnte man kleine zeitliche Unterschiede in den Contractionen einzelner

Theile erwarten, welche durch die Verschiedenheit der Länge der intramuskulären Nervenbahnen bedingt sein könnten. In diesem Sinne sind wahrscheinlich die von uns gefundenen kleinen Zeitdifferenzen zu deuten. Obschon dies sehr plausibel erscheint, möchte ich doch aus einigen Gründen hier betonen, dass, wie die vorliegenden Untersuchungen zeigen, bei der Muskelcontraction in Folge der Nerven-erregung (wir werden später uns überzeugen, dass in unserm Falle dies wirklich der Fall ist) keine Muskelwelle von bestimmter Richtung nachzuweisen ist.

Nachdem diese erste Frage erledigt war, bin ich zur Beantwortung der anderen geschritten, nämlich: ob das Kniephänomen, welches nach der Durchschneidung des N. cruralis verschwunden war, nach der Herstellung einer gewissen Spannung in den betreffenden Muskeln mittelst schwacher elektrischer Reizung des peripherischen Stumpfes des N. cruralis, wieder zurückkehren kann.

Zu diesem Zwecke habe ich folgende Versuche an Kaninchen angestellt.

Zuerst muss ich ein Verfahren erwähnen, dessen ich mich sowohl bei diesen, als auch bei späteren Versuchen bediente, wo es sich darum handelte, sicher zu sein, ob überhaupt das Kniephänomen vorhanden ist. Es hat sich nämlich herausgestellt, dass nach einer möglichst hohen Durchschneidung des N. ischiadicus das Kniephänomen beim Kaninchen bedeutend gesteigert wird; so dass bei Thieren, wo es früher mehr oder weniger zweifelhaft war, oder wo es für sein Zustandekommen eines ziemlich starken Anklopfens bedurfte, nach einer solchen Durchschneidung schon ein schwaches Klopfen mit dem Handgriff des Percussionshammers genügte, um eine ganz deutliche Streckung des Beines hervorzubringen. Nur muss man in solchem Falle das Bein, da es immer gestreckt bleibt, vor dem Anklopfen im Knie etwa unter einem rechten Winkel beugen und in dieser Lage leicht fixiren, am Besten durch Anlegen des Zeigefingers auf den Unterschenkel.

Um also das Kniephänomen deutlicher hervortreten zu lassen, durchschnitt ich sehr oft vorher den N. ischiadicus.

Alle Kaninchen, an denen ich während dieser Arbeit experimentirt habe, waren ziemlich stark (bis ca. 0,02 Grm.) mit Morphinum narkotisirt.

Die Versuche, die ich jetzt beschreiben werde, bestanden in Folgendem: Einem Kaninchen wurden auf beiden Seiten die Nn. ischiadici möglichst hoch durchschnitten und beide Nn. crurales auf Faden genommen. Nachdem das Vorhandensein des Kniephänomens auf bei-

den Seiten constatirt wurde, durchschnitt ich auch beide Nn. crurales. Gleich nach der Durchschneidung der letzteren verschwanden die Kniephänomene sofort. Dasselbe wurde schon von den Herren Schultze und Fürbringer früher beobachtet.

Jetzt wurden die peripherischen Stümpfe der Nn. crurales auf die Ludwig'schen Elektroden für tiefliegende Nerven*) gelegt, die mit der secundären Rolle eines Schlitteninductoriums (Helmholtz'sche Unterbrechung) verbunden waren. Auf diese Weise konnte man durch vorsichtige Annäherung der secundären Rolle an die primäre wirklich dem Beine einen beliebigen Grad der Streckung geben, welche sehr gut die natürliche Streckung nachahmte und ziemlich constant blieb.

Wenn man einem solchen Beine wieder eine gewisse Beugstellung gab und an seine Patellarsehne anklopfte, bemerkte man keine Spur von einer Contraction in der Quadricepsgruppe. Damit wurde also auch die zweite von uns aufgestellte Frage erledigt und auch im negativen Sinne.

Auf diese Weise wurde zwischen den beiden möglichen Auffassungen des Kniephänomens entschieden. Die Auffassung dieser Erscheinung als einer Folge der unmittelbaren Muskelreizung durch Erschütterung hat sich als unmöglich herausgestellt; dadurch wurde gleichzeitig die reflectorische Natur dieser Vorgänge indirect bewiesen. Darauf schritt ich zur genauen Bestimmung sowohl des Ortes des Rückenmarkes, an welchem diese Reflexübertragung geschieht, als auch der centripetalen Bahnen dieses Reflexes.

Die successiven Rückenmarksdurchschneidungen und zwar zwischen je zwei Lendenwirbeln (von drittem angefangen) eraben bald, dass das Kniephänomen nur nach der Durchneidung zwischen dem 5. und 6. Lendenwirbel verschwindet. Gewöhnlich geht diesem Verschwinden bei intacten Nn. ischiadici nach den ersten Durchschneidungen eine leichte Erhöhung des Phänomens voran, und zwar parallel mit der allgemeinen Erhöhung der Reflexthätigkeit.

Führt man diese Durchschneidung dagegen von unten nach oben, nämlich vom ersten Sacralwirbel an aus und trägt man Sorge, dass das 6. Paar der Lumbalwurzeln dabei unverletzt bleibt, so findet man, dass die ersten zwei Durchschneidungen, d. h. zwischen dem 1. Sacral- und 7. Lendenwirbel und zwischen dem 7. und 6. Lendenwirbel

*) E. Cyon's Methodik. Taf. IV. Fig. 3.

auf beiden Seiten eine bedeutende Steigerung des Kniephänomens zur Folge haben, gerade so, wie nach einer hohen Durchschneidung der Nn. ichiastici. Macht man noch einen Schnitt höher, und durchschneidet das Rückenmark zwischen dem 6. und 5. Lendenwirbel, so hört das Phänomen sofort auf.

Endlich verschwindet das Kniephänomen sofort nach der Zerstörung des Rückenmarks entsprechend der oberen Hälfte des 6. Lendenwirbels und dem untersten Theile des 5.

Diese Versuche beweisen, dass die Reflexübertragung, welche das Kniephänomen bedingt, beim Kaninchen an einer ganz beschränkten Stelle des Rückenmarks geschieht, nämlich entsprechend dem Eintritte der sechsten Lumbalnerven (nach Krause) in das Rückenmark. Diese Nerven bilden bekanntlich die stärksten Cruralwurzeln.

Obschon dadurch auch bewiesen wurde, dass die centripetalen Bahnen dieses Reflexes nur durch die genannten Wurzeln in das Rückenmark gelangen, habe ich doch noch folgende directe Versuche angestellt.

Einem Kaninchen wurden der 6. und die benachbarten Lumbalwirbel bloßgelegt, mittelst eines kleinen Trepans der Bogen des 6. Wirbels nahe der Mittellinie zweimal durchbohrt und diese Oeffnung mit der etwas nach oben erweiterten Intervertebralöffnung zwischen den 5. und 6. Wirbeln verbunden. Man darf dabei nicht zu weit nach den Seiten hin die Wirbel eröffnen, damit eine Verletzung der sinuösen Venen vermieden wird. Dies gilt insbesondere beim Aufbrechen des Wirbels in der Nähe der Intervertebralöffnung (bekannte Vorsichtsmassregeln). Darauf wurde die Dura mater mit einer feinen Scheere längs der bloßgelegten Partie des Rückenmarks aufgeschnitten.

Wenn man nun einen Rand der Dura mit der Pincette fasst und etwas in die Höhe und nach der Seite hebt, so kann man eine feine Präparirnadel unter die hinteren Wurzeln der betreffenden Seite führen und sie gegen die gebliebenen Seitentheile des Wirbelbogens zerquetschen.

Zerstört man auf diese Weise die hintere Wurzel (des 6. Lumbalnerven) auf einer Seite, so verschwindet das Kniephänomen, welches unmittelbar vor dieser letzteren Operation noch in seiner vollen Stärke vorhanden war, auf der entsprechenden Seite sofort. Operirt man auf beiden Seiten, so hören die Kniephänomene beiderseits auf.

Um die störenden Bewegungen des Thieres bei der Ausführung dieser Operation zu verhindern, machte ich vorher die Rückenmarks-

durchschneidung, etwa zwischen dem letzten Brust- und dem ersten Lendenwirbel.

Nach jeder Operation wurde an den im Spiritus erhärteten Rückenmarkspräparaten die Ausdehnung der Verletzung controllirt.

Dadurch wurde also unmittelbar, erstens, die reflektorische Natur des Kniephänomes demonstrirt und zweitens, bewiesen, dass die centripetalen Bahnen dieses Reflexes beim Kaninchen wirklich durch die hinteren Wurzeln desselben 6. Lumbalnerven in das Rückenmark gelangen, durch dessen vordere Wurzel die entsprechenden centrifugalen Bahnen das Rückenmark verlassen.

Diese Einfachheit der Verhältnisse, sowohl in Bezug auf den beschränkten Ort der Reflexübertragung im Rückenmarke, als auch in Bezug auf das Verhältniss zwischen diesem Orte und der Einmündungsstelle beider Nervenbahnen des Reflexes, machte es überflüssig, derartige Bestimmungen für die übrigen mit dem Kniephänomene verwandten Reflexerscheinungen auszuführen. Man kann nämlich behaupten, dass die Stelle des Rückenmarks für jeden solchen Reflex durch die Austrittsstelle der motorischen Nerven gegeben wird, die dabei betheiligt sind.

Ich glaube, es würde nicht zu gewagt sein, wenn wir diese letztere Regel auf den Menschen übertragen würden. Dann müsste man annehmen, dass die Reflexübertragung, beim Kniephänomen des Menschen z. B., in demjenigen Rückenmarkstheile geschieht, in welchen die 3. und 4. Wurzeln des Plexus cruralis (nach Henle) einmünden, da diese Wurzeln am meisten den 6. Lumbalnerven beim Kaninchen zu entsprechen scheinen. Das stimmt auch mit den pathologischen Beobachtungen gut überein. Bekanntlich hat Herr Prof. C. Westphal gefunden, dass das Kniephänomen nur dann bei Tabischen fehlt, wenn die graue Degeneration sich bis in den Lendentheil des Rückenmarks erstreckt.

Nachdem so unsere Aufgabe in Bezug auf den Ort der Reflexübertragung bei dem Kniephänomen erledigt war, schritt ich zur Bestimmung der centripetalen Bahnen dieses Reflexes.

Die bekannte Thatsache, welche ich auch bestätigen konnte, dass das Kniephänomen nur durch Anklopfen und durch keinen anderen weder mechanischen, noch sonst welchen Reiz der Patellarsehne hervorgebracht werden kann, deutete schon darauf hin, dass die Reizung eigentlich nicht in der Patellarsehne selbst, sondern anderswo geschieht.

Folgender Versuch beweist dies in unzweifelhafter Weise. Wenn man die Patellarsehne unmittelbar vor der Patella und dann möglichst nahe der Tibia zweimal stark zusehnürt und sie zwischen den Unterbindungsstellen mittelst einer starken Pincette so zerquetscht, dass vom Erhalten irgend welcher percipirenden Nervenendigungen in ihr nicht mehr die Rede sein kann, so ruft das leise Anklopfen der Patellarsehne noch immer wie früher Contraction der Quadricepsgruppe hervor, besonders wenn vorher der N. ischiadicus durchschnitten wurde. Unterbindet man dann die Sehne nochmal und zwar zwischen der Patella und den Muskeln, so bleibt das Kniephänomen doch bestehen.

Durchschneidung aller möglichen Nervenästchen, welche zum Knie herankommen, war auch nicht im Stande das Phänomen zum Verschwinden zu bringen.

Endlich habe ich folgenden Versuch gemacht, welcher den ganzen Sachverhalt in's Klare gebracht hat.

Es wurde die Patellarsehne nahe der Tibia unterbunden und sowohl von der Tibia, als auch vom Knie abgetrennt. Spannt man, jetzt durch Anziehen des am Sehnenende befestigten Fadens die Muskeln wieder etwas an, so bekommt man beim Anklopfen an die Sehne, oder sogar an den Faden ganz deutliche Contractionen in den Muskeln. Ja eine vollständige Ablösung des unteren Theiles der Quadricepsgruppe vom Oberschenkel ändert nichts an der Sache.

Man kann den erwähnten Faden, statt ihn in der Hand zu halten, mit einem du Bois-Reymond'schen Muskeltelegraph verbinden und die Muskeln dann belasten (nicht zu stark), der Versuch gelingt ebenso gut.

Eine Verwechslung der eintretenden Muskelcontraction mit der Erschütterung in Folge des Anklopfens kann hier nicht stattfinden, da der Unterschied zwischen diesen Erscheinungen deutlich genug ist. Dass hier wirklich keine solche Verwechslung vorliegt, davon kann man sich am schönsten überzeugen, wenn man die Patellarsehnen auf beiden Seiten auf die genannte Weise ablöst und dann auf der einen Seite den N. cruralis durchschneidet. In diesem Falle bekommt man auf der einen Seite eine einfache Erschütterung, auf der anderen aber ausserdem noch eine deutliche Muskelcontraction.

Auf Grund aller dieser Versuche bin ich zu dem Schlusse gelangt, dass die centripetalen Bahnen des Kniephänomens in den Muskeln selbst lagern und im N. cruralis verlaufen. Andererseits war es aber klar, dass die Reizung dieser Bahnen nur erst an der Greze zwischen dem Muskel und der Sehne,

oder in den zum Muskel nächst anliegenden Schichten der letzteren geschieht.

Es fragt sich jetzt: ob uns die Histologie irgend einen Anhaltspunkt für die Annahme solcher Nervenbahnen bietet, und ob ferner die Annahme, dass die Erregung dieser Bahnen da geschieht wo wir es eben vorausgesetzt haben, irgend eine histologische Grundlage hat.

Die histologische Untersuchung giebt uns wirklich eine Antwort darauf: es sind nämlich die von Herrn Dr. Sachs*) beschriebenen Sehnennerven, denen die Rolle unserer centripetalen Bahnen zugeschrieben werden darf. Diese Nervenfasern treten nach Herrn Sachs bei Säugethieren „von der Richtung des Muskels kommend“ in die Sehnen ein und endigen in dem an den Muskel grenzenden Gebiete der Sehnen.

Danach wäre es wohl denkbar, dass diese Nervenfasern bei einer Sehnenerschütterung an der Grenze zwischen der Sehne und dem Muskel gezerzt werden. Die Sehne selbst dient dabei nur als ein elastisches Medium, um die Erschütterung von der angeklopften Stelle bis zu dieser Grenzstelle fortzupflanzen. Daraus erklärt sich auch die Nothwendigkeit einer gewissen Sehnenspannung, damit das Phänomen überhaupt eintreten kann.

Hier will ich noch erwähnen, dass ich das von Herr Prof. C. Westphal beim Kaninchen beobachtete Aufhören des Kniephänomens nach der Dehnung des N. cruralis nur bestätigen kann.

Nimmt man den N. cruralis auf einen Faden**) und hebt ihn etwas in die Höhe, so genügt zuweilen schon diese unbedeutende Dehnung des Nerven, um das Anklopfen erfolglos zu machen.

Dieser Umstand weist darauf hin, dass die betreffenden Nervenbahnen für das Zustandekommen des Kniephänomens eine sehr feine Erregbarkeit besitzen müssen. Eine unbedeutende Abnahme der Erregbarkeit, welche als Folge einer solchen Dehnung vorausgesetzt werden kann, macht schon diesen Klopffreflex unmöglich. Es muss

*) Die Nerven der Sehnen. Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv 1875. S. 402.

**) Wenn man sowohl bei der Präparation als auch beim Durchziehen des Fadens unter dem Nerven gewisse Vorsichtsmassregeln beobachtet, so kann man den Nerven auf dem Faden haben, ohne dass dadurch die Stärke des Kniephänomens beeinflusst wird.

hinzu gefügt werden, dass nach einer Cruralisdehnung, die das Phänomen verschwinden lassen kann, noch keine anderen Störungen, wie z. B. Erschlaffung der Muskeln oder bedeutende Erregbarkeitsabnahme des Nerven an der gedehnten Stelle, nachzuweisen sind.

Es erübrigt mir noch eine Reihe von Versuchen zu beschreiben, die ich zur Bestimmung der Zeit angestellt habe, die zwischen dem Momente des Anklopfens und dem Anfang der Muskelreizung vergeht.

Als Versuchsobjecte dienten wiederum die früher erwähnten Kranken.

Um diese Zeit zu bestimmen, verfuhr ich in folgender Weise. Ich bestimmte zuerst die Zeit zwischen dem Anklopfen und dem Anfang der Muskelcontraction oder, richtiger gesagt, dem Momente der Stromschliessung, welche durch diese Muskelcontraction in dem anliegenden Contactschlüssel bewerkstelligt wurde. Dann wurde der Muskel unmittelbar gereizt und wieder die Zeit bestimmt zwischen dem Anfang der Reizung und dem Momente der Stromschliessung in Folge der beginnenden Muskelcontraction. Die Differenz zwischen diesen beiden Zeiten gab die gesuchte Grösse.

Was die Versuchsanordnung betrifft, deren ich mich dabei bediente, so bestand sie kurz in Folgendem.

Es wurden einige Kupferscheiben, etwa von der Grösse eines Zehnpfennigstücks angefertigt. An jeder Scheibe wurde ein gewöhnlicher Leitungsdraht angelöthet und mit der Löthseite an eine etwas grössere Kautschukscheibe befestigt.

Um die erste Zeitdifferenz zu bestimmen, wurde eine solche Kupferscheibe mit ihrer Kautschukseite an die Patellarsehne angeklebt und gleichzeitig ein Contactschlüssel etwa in der Mitte des Oberschenkels aufgestellt. Sowohl der Contactschlüssel als auch der Draht der Kupferscheibe wurde je mit einem elektromagnetischen Markirer verbunden. In die andere Klemmschraube des Markirers, welcher mit der Scheibe in Verbindung stand, wurde ein Leitungsdraht befestigt, dessen anderes Ende in den metallischen Theil eines Percussionshammers eingeklemmt war. Bei jeder Berührung des letzteren mit der Kupferscheibe wurde also der Strom in dem Markirer geschlossen. Die elektromagnetischen Markirer wurden, wie früher, so abgestimmt, dass sie bei der grössten Rotationsgeschwindigkeit der Trommel keine Differenz zwischen ihren Zeitverlusten zeigten. In jeden der beiden Kreise wurde ein Daniell eingeführt. Die Trommel,

die Zeitmarkirung und die Aufstellung aller drei zeichnenden Federn vor der Trommel waren dieselben wie früher; ebenso war die Stabilität des Contactschlüssels sowohl wie die nöthige Unbeweglichkeit des Beines gesichert.

Nach der Inspicirung der Lage des Schlüssels in Bezug auf die Empfindlichkeit, wurde die Trommel in Gang gesetzt und nun folgte der Schlag des Percussionshammers (mit seiner metallischen Fläche) an die Kupferscheibe. Der zeitliche Unterschied zwischen den Senkungen beider Markirhebel gab die gesuchte Zeit.

Diese Bestimmungen haben folgende Resultate ergeben:

Meixner (spastische Spinalparalyse):

0,06", 0,055", 0,053", 0,06", 0,065", 0,057" u. s. w.

Im Ganzen wurden 71 Bestimmungen gemacht, mit dem mittleren Werthe 0,061".

Schultze (nach einer Myelitis Parese beider unteren Extremitäten):

0,057", 0,055", 0,063", 0,057", 0,057", 0,055" u. s. w.;
im Ganzen 75 Bestimmungen mit dem mittleren Werthe 0,058".

Bei der Bestimmung der zweiten Zeit, welche von dieser abgezogen werden musste, war die Versuchsanordnung folgende:

Auf zwei Stellen des Oberschenkels, entsprechend dem M. quadriceps, wurden mittelst emplastrum adhaesivum zwei der so eben beschriebene Kupferscheiben aufgeklebt, und zwar berührten sie die Haut mit ihren metallischen Flächen, an welche Stückchen von mit Kochsalzlösung getränktem Fliesspapier gelegt wurden. Die Drähte beider Kupferscheiben waren mit der secundären Rolle eines Schlitteninductorioms verbunden. In die primäre Rolle wurde ein Daniell eingeführt und der Kreis durch einen Ludwig'schen Markirschlüssel (Reizmarkirer*) geschlossen. Oeffnung dieses Schlüssels gab also einen Oeffnungsinductionsschlag im Muskel. Durch genügende Annäherung der secundären Spirale an die primäre konnte man diesem Schlage solche Stärke geben, dass er eine Muskelcontraction zur Folge hatte. Dieser Moment der Stromöffnung in der primären Rolle (also auch der Moment der Muskelreizung) wurde dabei und zwar ohne jeden Zeitverlust an der Trommel notirt.

Auf einer der beiden angeklebten Kupferscheiben und zwar auf derjenigen, die nach ihrer Lage der ursprünglichen Stellung des Contactschlüssels am meisten entsprach, wurde der Knopf eines Contact-

*) E. Cyon's Methodik. S. 443, Taf. XVIII. Fig. 3.

schlüssels aufgestellt. Der letztere stand, wie früher, in Verbindung mit einem elektromagnetischen Markirer.

Alle drei zeichnenden Federn (die dritte die des Chronographs) berührten die berusste Trommelfläche in einer verticalen Linie.

Jede Oeffnung des Reizmarkirers verursachte also eine Muskelcontraction.

Der zeitliche Unterschied in den Senkungen zweier Markirhebel gab uns die gesuchte Zeit zwischen dem Anfang der Muskelreizung und dem Moment der Stromschliessung im elektromagnetischen Markirer + dem Zeitverlust des letzteren*). Dieser Zeitverlust wurde noch besonders bestimmt.

Aus annähernd vierzig derartigen Bestimmungen haben sich (nach Abzug des Zeitverlustes beim elektromagnetischen Markirer) folgende Zahlen als mittlere Werthe herausgestellt:

Meixner	0,027"
Schultze	0,026"

Ziehen wir diese Zahlen von den früher erhaltenen mittleren Werthen: 0,061" und 0,058" ab, so bekommen wir folgende Werthe: Meixner — 0,034", Schultze — 0,032".

Das sind also die Zeiten, welche nothwendig sind, damit der durch das Anklopfen an die Patellarsehne erzeugte Reiz bei diesen Kranken bis zu den Muskeln gelangt.

Man sieht, dass diese Zeit für die Fortpflanzung der Erschütterungen durch die Sehnen von dem Orte des Anklopfens bis zur Insertion der Muskeln zu gross ist. Von diesem Standpunkte aus kann dieses Ergebniss auch als entscheidend zu Gunsten des reflektorischen Ursprungs des Kniephänomens betrachtet werden. Andererseits stimmt die Kürze dieser Zeit vollkommen mit unserem vivisectorischen Befunde überein, dem nämlich, dass die Centralenden der beim Klopfreflexe beteiligten Nervenbahnen im Rückenmarke sehr nahe neben einander liegen. Die von uns gefundene Zeit genügt nämlich nur ungefähr für die Fortpflanzung des Reizes durch die Nerven vom Knie bis Rückenmark und zurück, wenn wir 30 Meter in einer Sekunde als Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenirregung annehmen und den Rückweg nur bis zur Hälfte des Oberschenkels rechnen.**)

*) Hier musste diese Zeit in Betracht gezogen werden, weil der andere Markirer, wie schon erwähnt, keinen Zeitverlust hatte.

**) Weil man diesen Abstand als einen arithmetisch mittleren aller Abstände zwischen dem gewissen Theil des Rückenmarks und allen Endplatten der Quadricepsgruppe betrachten kann.

Für die Reflexübertragung im Rückenmark bleibt aber fast gar nichts übrig. Dies kann nur durch die besondere Kürze und relativ gute Leitungsfähigkeit der oben genannten centralen Verbindungsbahnen im Rückenmark erklärt werden.

Das Hauptergebniss unserer Versuche besteht also in Folgendem. Die Nervenverbindungen der Quadricepsgruppe mit dem Rückenmarke bilden einen in sich geschlossenen Kreis, dessen einen Theil die Muskeln selbst darstellen. Die übrigen Theile dieses Kreises sind: die Sehnennerven, als centripetale Bahnen, die kurzen centralen Verbindungsbahnen im Rückenmarke mit relativ geringem Widerstande und, endlich, die motorischen Nerven.

Das Kniephänomen ist bekanntlich keine spezifische Besonderheit der Quadricepsgruppe. Man beobachtet derartige Reflexerscheinungen bei allen Muskeln, deren Sehnen irgend wie günstig für das Erzeugen einer solchen Erschütterung gebaut und gelagert sind. Man könnte sogar behaupten, dass, wenn es uns nicht gelingt, diese Klopfreflexe bei gewissen Muskeln hervorzurufen, nur ungünstige Lage der Muskeln oder ihrer Sehnen daran Schuld ist, nicht aber das Fehlen der nöthigen Nervenbahnen.

Für jeden Muskel oder jede Muskelgruppe, bei denen Sehnenreflexe eintreten, muss man das Vorhandensein einer derartigen Nervenverbindung mit dem Rückenmarke annehmen.

Auf Grund dieser Betrachtungen gelangt man zu folgendem Schlusse: jeder Muskel im Organismus ist in der Weise mit dem Rückenmarke verbunden, dass er nicht nur centrifugale motorische Bahnen, sondern auch gewisse centripetale Bahnen besitzt, die in dem ihm zunächst anliegenden Gebiete der Sehne ihren Anfang nehmen und durch gewisse hintere Wurzeln in das Rückenmark gelangen.

Physiologische und klinische Bedeutung des Kniephänomens und ihm analoger Phänomene.

Die grosse diagnostische Bedeutung des Kniephänomens ist bekannt. Wenn wir uns aber die Frage vorlegen, welche physiologische Bedeutung diese Reflexerscheinungen haben könnten, so sind wir zuerst in grosser Verlegenheit darauf zu antworten.

Es ist klar, dass diese Sehnenreflexe keine unmittelbare physiologische Bedeutung haben können, da uns keine physiologischen

Processe im Organismus bekannt sind, die einer solchen Fähigkeit der Sehnennerven (durch Erschütterung erregt zu werden) bedürften. Andererseits aber erscheint es vom teleologischen Standpunkte höchst unwahrscheinlich, dass dieses ganze Nervensystem nur für diagnostische Zwecke da sein sollte, ohne jede weitere physiologische Bedeutung.

In der That bekommt das Vorhandensein dieser nervösen Muskelverbindungen sofort einen grossen physiologischen Sinn, wenn angenommen werden könnte, dass die Sehnennerven nicht nur für plötzliche mechanische Zerrung, sondern auch für die fortdauernde Dehnung erregbar sind. Es giebt nämlich eine sehr wichtige physiologische Erscheinung, welche in dem Vorhandensein eines solchen Nervensystems ihre volle und einfache Erklärung finden könnte. Ich spreche nämlich vom Muskeltonus, dessen Existenz theils in Folge der Anzweiflung der Richtigkeit aller bis jetzt für ihn vorgeschlagenen Erklärungen, theils unmittelbar gelegnet wird.

Unter der Annahme der Fähigkeit der Sehnennerven, durch die fortdauernde Dehnung erregt zu werden, wird nicht nur der Muskeltonus auf die einfachste Weise erklärt, sondern er wird sogar zur nothwendigen Folgerung des Vorhandenseins der oben genannten Nervenverbindungen des Muskels. Und umgekehrt sprechen das Vorhandensein des Muskeltonus und die Unmöglichkeit für ihn irgend eine andere genügende Erklärung zu finden, zu Gunsten einer solchen Annahme.

Bekanntlich besteht die der Annahme des Muskeltonus zu Grunde liegende Erscheinung darin, dass die belasteten Muskeln sich nach der Durchschneidung ihrer Nervenstämme verlängern. Diese Verlängerung wird jedoch von einigen Physiologen geleugnet. Ich habe in dieser Beziehung auch einige Versuche an Kaninchen angestellt und bin zu unzweifelhaften positiven Resultaten gelangt. Da aber die Beschreibung dieser Versuche uns zu weit von unserer jetzigen Aufgabe abführen würde, so will ich darüber an einer anderen Stelle berichten. Hier aber sei mir vorläufig gestattet, folgenden Satz als bewiesen aufzustellen:

Die Muskeln des Organismus befinden sich in einem tonischen Zustande der Contraction (Brondgeest, E. Cyon, Steinmann). Dieser Muskeltonus ist höchst wahrscheinlich reflectorischen Ursprunges, und zwar erzeugt durch die Sehnenspannung, welche theils durch die anatomischen Verhältnisse der Muskelbefestigung im Organismus, theils

durch augenblickliche Lage der mit den Muskelenden verbundenen Hebel gegeben ist.

Diese Spannung dient als ein fortwährender Reiz für die Sehnerven und besorgt dadurch auf reflectorischem Wege eine tonische Muskelcontraction.

Die Bedeutung eines Muskeltonus für die Mechanik unserer willkürlichen Bewegungen liegt auf der Hand. Erstens wird dadurch eine Erscheinung vermieden, die mit dem todten Gange der Maschinen zu vergleichen wäre, und die beim normalen Zustande unseres Nervensystems entschieden nicht nachzuweisen ist. Zweitens liesse sich die bekannte Allmähigkeit unserer willkürlichen Muskelbewegungen, die man bis jetzt theils durch Annahme einer gleichzeitigen Innervation der Antagonisten, theils aus den elastischen Widerständen der letzteren erklären wollte, auf folgende Weise deuten. Wenn wir irgend eine Muskelgruppe innerviren, so fängt gleichzeitig damit der Muskeltonus in den Antagonisten an zu wachsen, weil ihre Sehnen durch die beginnende Contraction der innervirten Muskeln noch mehr gedehnt werden. Ist dieses nervöse System der Muskeln verletzt, indem seine centralen Verbindungsbahnen im Rückenmarke gestört sind, so wird diese Correction von der Seite der Antagonisten unmöglich gemacht, und in Folge dessen bekommt die Bewegung einen werfenden Charakter.

Das ist nämlich der Fall in einem gewissen Stadium der Tabes dorsalis. Wenn man einen solchen Tabischen z. B. einen Fuss bis zu einem gewissen Punkte in die Höhe heben lässt, so macht er die bekannten schwankenden Bewegungen um diesen Zielpunkt. Man sieht dabei, dass der Kranke genöthigt ist, fortwährend die Antagonisten besonders zu innerviren, um seine Aufgabe zu erfüllen.

Diese Art von Ataxie möchte ich kurz mit dem Namen: „peripherische Ataxie“ bezeichnen und sie auf die Vernichtung der mehrfach genannten centralen Verbindungsbahnen im Rückenmarke zurückführen.

Dafür spricht auch der Umstand, dass diese Art von Ataxie sich parallel mit der Erschlaffung der Muskulatur entwickelt, welche als Ausdruck der eben genannten Läsion betrachtet werden kann.

Das Auftreten eines gewissen Grades von peripherischer Ataxie bei Fröschen nach der Durchschneidung der hinteren Wurzeln des Rückenmarks war schon früher bekannt. Es lässt sich dies noch in folgender Weise beobachten.

Wenn man bei einem decapitirten Frosch verschiedene Stellen

seiner Haut reizt,*) so treten bekanntlich vollständig coordinirte Bewegungen seiner Extremitäten ein, mit Hülfe deren der Organismus immer und auf die einfachste Weise diese Reize zu entfernen strebt. Schneidet man die hinteren Wurzeln einer unteren Extremität durch, so bemerkt man nachher beim Vergleich der Bewegungen beider unteren Extremitäten mit einander, dass die der operirten Seite ihre frühere Sicherheit eingebüsst haben; es treten jetzt gewisse schleudernde Bewegungen in dieser Extremität ein, so dass die letztere (besonders Pfote) sehr oft vorbei streift. Das sind zwar ziemlich feine Nüancen, die aber einem aufmerksamen Beobachter nicht entgehen. —

Ich will noch einige Folgerungen aller dieser Ergebnisse hier erwähnen, die von klinischem Interesse sind.

Aus der Beschränktheit der Rückenmarksstelle, an welcher die Reflexübertragung beim Kniephänomen stattfindet, folgt, dass das Verschwinden des Kniephänomens allein bei einem Kranken eigentlich nur auf eine ganz beschränkte Rückenmarkserkrankung zu schliessen erlaubt. Es ist wohl eine graue Degeneration der Hinterstränge und hinterer Wurzeln denkbar — und Prof. Westphal hat bereits solche Fälle mitgetheilt — bei welcher das Phänomen bestehen bleibt, und zwar in dem Falle, wo diese Degeneration gewisse Theile des Lendenmarks intact lässt. Das Diagnosticiren einer Tabes dorsalis nur auf Grund des Fehlens des Kniephänomens ist also vom physiologischen Standpunkte nicht ganz erlaubt. Sind aber wenigstens die anderen örtlichen Rückenmarkserkrankungen durch klinische Beobachtung ausgeschlossen, so wird eine solche Diagnose schon ganz berechtigt.

Diese Sehnenreflexe verschiedener Muskeln können also nöthigenfalls als ein diagnostisches Mittel zur Bestimmung der Topographie einer Rückenmarkserkrankung benutzt werden.

Ferner spricht die Thatsache, dass das Kniephänomen sowohl als auch der Muskeltonus nach der Verletzung hinterer Wurzeln verschwinden, zu Gunsten derjenigen pathologisch-anatomischen Ansicht, dass nicht die graue Degeneration der Goll'schen Stränge des Rückenmarks, sondern die der äusseren Bänder der Hinterstränge (Bandelettes externes, Pierret und Charcot) als eigentliche Ursache der

*) Am besten bedient man sich dabei der Auflegung ganz kleiner mit Schwefelsäurelösung getränkter Papierscheibchen auf die Haut, oder benutzt dazu schwache wechselnde Inductionsströme.

eintretenden Ataxie zu betrachten ist, wenigstens der peripherischen Ataxie.

Während der Discussion, welche sich an meinen Vortrag in der Berliner medicinisch-psychologischen Gesellschaft anschloss, wurde mir unter Anderem die Bemerkung gemacht: da bei den successiven Rückenmarksdurchschneidungen von unten nach oben (vom ersten Sacralwirbel an) dem Verschwinden des Kniephänomens seine Verstärkung vorangeht, so sollte man erwarten, dass bei den Tabischen auch ein ähnliches Stadium des gesteigerten Kniephänomens vorkommen müsste, das aber bekanntlich nie beobachtet ist.

Dieser scheinbare Widerspruch lässt sich ganz einfach beseitigen. Die beginnende graue Degeneration der Hinterstränge im Ischiadicusgebiete des Rückenmarks ist eine viel feinere Läsion, als die, welche für die Verstärkung des Kniephänomens nothwendig ist. *) In dem Krankheitsstadium dagegen, in welchem diese Läsion schon so weit fortgeschritten ist, dass die Erschlaffung der Beuger eingetreten, ist das Kniephänomen gewöhnlich schon längst verschwunden.

Endlich will ich noch darauf aufmerksam machen, dass die beobachtete Steigerung des Kniephänomens in gewissen Fällen zum Theil auf eine Paralyse oder Parese der Beuger zurückgeführt werden darf. So war z. B., bei einem Kranken, den ich zu meinen Zeitmessungen benutzte, und der das Bild einer spastischen Spinalparalyse darstellte, die enorme Steigerung des Kniephänomens zum Theil in der Parese der Beuger zu suchen. Kraftmessungen mit einem Dynamometer haben bei diesem Kranken ergeben, dass die Kraft der Beuger fast Null war; die Strecker dagegen konnten eine sehr bedeutende Kraft entwickeln. Ueberhaupt bot dieser Kranke ein sehr ähnliches Bild dar, wie ein Kaninchen, bei dem der Sacral- und der unterste Lumbaltheil des Rückenmarks zerstört waren.

Auch kann ich nicht unerwähnt lassen, dass die hier beschriebenen Nervenverbindungen des Muskels mit dem Rückenmarke bei der Erklärung gewisser Fälle von Muskelcontracturen in Betracht gezogen werden müssen. Es giebt nämlich Muskelcontracturen, die sichtlich auf reflectorischem Wege entstehen; z. B. die Contracturen, welche sich bei passiven Bewegungen entwickeln. Die Art von Contracturen liesse sich demnach als Folge einer erhöhten Erregbarkeit

*) Diese Verstärkung tritt nur bei einer solchen Läsion in dem Ichiadicusgebiete des Rückenmarks ein, die eine sehr bedeutende Parese oder vollständige Lähmung der Beuger zur Folge hat.

der Centralverbindungsbahnen des hier in Rede stehenden Nervensystems der Muskeln auffassen.

Die oben mitgetheilten Versuche sind, wie schon erwähnt, in dem neuen physiologischen Laboratorium von Prof. E. du Bois-Reymond angestellt. Die Kranken waren Dank der gütigen Bewilligung des Herrn Prof. C. Westphal aus der von ihm geleiteten Klinik der Nervenkrankheiten der Berliner Charité genommen.

Endlich benutzte ich bei diesen Versuchen einige eigene Apparate von Herrn Prof. Kronecker.

Ich betrachte es daher als meine angenehmste Pflicht, hier den Herren Professoren E. du Bois-Reymond, C. Westphal und H. Kronecker meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Paris, den 4. Mai 1878.
