

Ueber den Einfluss des Demarkationsstroms auf die Erregung von Muskeln und Nerven.

- 1) Hering, Ueber direkte Muskelreizung durch den Muskelstrom (Wiener akad. Sitzungsberichte, LXXIX. III. Abt. 1879). — 2) Biedermann, Ueber scheinbare Oeffnungszuckung verletzter Muskeln. (Ebenda, Bd. LXXXV, 1882.) 3) Hering, Ueber Nervenreizung durch den Nervenstrom. (Ebenda, Bd. LXXXV. 1882.) — 4) Knoll, Atmung bei Erregung des Halsvagus durch seinen eignen Strom. (Ebenda, LXXXV. 1882.)

Galvani's Zuckung ohne Metalle, die so häufig beobachtet wird, wenn man einen Froschnerven auf den zugehörigen oder einen fremden Muskel rasch auffallen lässt, wurde bisher gewöhnlich auf eine Erregung des Nerven durch den infolge der Präparation bereits entwickelten Demarkationsstrom des Muskels bezogen. Indess hatte du Bois-Reymond bereits die Möglichkeit dargetan, einen motorischen Nerven auch durch plötzliche Nebenschließung seines eignen (Längs-Querschnitt-) Stroms zu erregen, indem er zeigte, dass ohne Dazwischenkunft metallischer Leiter ein Froschgastrocnemius zuckt, wenn man den zugehörigen Nerven mit Quer- und Längsschnitt über zwei nebeneinanderliegende, mit leitender Flüssigkeit getränkte Papierbäusche brückt und durch Auffallenlassen eines dritten Bausches den Kreis des Nervenstroms schließt. Es war demnach daran zu denken, ob nicht auch (wenigstens in manchen Fällen) die Zuckung ohne Metalle bei dem Aufwerfen des Schnittendes eines Nerven auf den Muskel nicht sowol einer Erregung des erstern durch den Muskelstrom ihre Entstehung verdankt, als vielmehr durch eine Selbsterregung des Nerven bei plötzlicher Nebenschließung des eignen Stroms bedingt wird.

Wird der erwähnte du Bois'sche Versuch derart modificirt, dass man, wie Kühne und Hering es getan haben, die Papierbäusche durch Blöcke von Kochsalzthon ersetzt und den Kreis durch rasches Eintauchen der letztern in concentrirte Kochsalzlösung schließt, so sind die Zuckungen durch Nebenschließung des Nervenstroms meist sehr kräftig und erfolgen oft nicht nur bei Schließung, sondern auch bei Oeffnung des Kreises, in welchem letztern Falle es sich jedoch, wie später genauer zu erörtern sein wird, wahrscheinlich nicht um wahre Oeffnungswirkungen, sondern abermals um Schließungszuckungen durch innere Schließung des Nervenstroms handelt.

Statt einer einmaligen Nebenschließung des Nervenstroms kann man mittels eines kleinen von Hering angegebenen Apparats („Tetanomotor zur Herstellung eines Tetanus ohne Metalle“) den Schließungsbauseh in schnellem Rhythmus auf die beiden Thonblöcke, über welche der Nerv gebrückt ist, aufdrücken und wieder abheben und auf diese Weise mittels seines eignen Stroms tetanisiren.

Der von Hering mit Erfolg angestellte Versuch, einen Muskel

durch Nebenschließung seines Stroms zu erregen, indem man plötzlich den frisch angelegten Querschnitt mit einer leitenden Flüssigkeit in Berührung bringt, ließ es von vorneherein möglich erscheinen, auch das Schmittende eines Nerven in gleicher Weise durch Nebenschließung des Demarkationsstroms bei Fallenlassen auf einen Tropfen einer indifferenten, leitenden Flüssigkeit (Lymphe, 0,6% Kochsalzlösung) oder einen stromlosen feuchten Leiter (Kochsalzthon, Blutgerinnsel) zu erregen. Bei genügender Empfindlichkeit des Präparats ist es nun in der Tat leicht unter diesen Umständen den gewünschten Erfolg herbeizuführen und energische Zuckungen auszulösen. Dass dieselben nicht ausbleiben, wenn man sich als feuchten Leiters eines stromlosen Muskels bedient, ist nach dem Gesagten selbstverständlich. Oft genügt es, wie bei dem Muskel, nur den Querschnitt des Nerven mit einem Tröpfchen leitender Flüssigkeit in Berührung zu bringen, um eine Zuckung auszulösen.

Wie Kühne für den Muskel, so bediente sich Eckhardt dieser letztern Methode zur Untersuchung der chemischen Reizung der Nerven; es handelt sich daher hier wie dort darum, die durch Nebenschließung des Demarkationsstroms bedingten elektrischen Reizerfolge von den chemischen zu unterscheiden, eine Aufgabe, die in vielen Fällen große Schwierigkeiten darbietet oder ganz unlösbar scheint. Kann es kaum zweifelhaft sein, dass die Zuckung, welche man, wie Hering fand, im Moment der Berührung eines frisch angelegten Nervenquerschnitts mit einem Tröpfchen 0,6% Kochsalzlösung oder der nach Eckhardt ganz unwirksamen konzentrierten Lösungen von Zink- und Kupfervitriol beobachtet, wesentlich elektrischen Ursprungs ist, so lässt sich dies schon nicht mit gleicher Sicherheit bei Anwendung der ganz besonders wirksamen Lösungen fixer Alkalien behaupten, wobei allerdings in Betracht kommt, dass die Stärke der Zuckung hier vielleicht lediglich dem Umstande zuzuschreiben ist, „dass sie den Nerven leichter und rascher benetzen als andre Flüssigkeiten und daher eine schnellere elektrische Schwankung im Nerven erzeugen.“ Für alle Versuche über Erregung der Nerven und Muskeln durch den eignen Strom ist, wie schon erwähnt, große Erregbarkeit der Präparate wesentliche Vorbedingung; dieselben lassen sich daher im allgemeinen auch nur während der kalten Jahreszeit mit Aussicht auf Erfolg anstellen. Wenn man dann mit Nerven von Fröschen experimentirt, die im kalten Raum (etwa bei 0° C) aufbewahrt wurden, so ist ein Umstand bemerkenswert, auf welchen neuerdings Hering wieder die Aufmerksamkeit lenkte, nämlich die außerordentliche Neigung zu tetanischer Erregung, die unter den genannten Umständen besonders bei *Rana esculenta*, weniger bei *R. temporaria* hervortritt. In der Regel genügt schon die einfache Durchschneidung oder Umschnürung des N. ischiadicus, um einen langdauernden ruhigen Starrkrampf des betreffenden Beins herbeizu-

führen, welcher durchschnittlich um so stärker ist, je höher oben der Nerv durchtrennt wird und nach der Beruhigung durch Anlegen eines frischen Querschnitts neuerdings hervorzurufen ist.

Da nun derartige, höchst empfindliche Präparate selbst bei Anwendung der schwächsten Kettenströme in einen während der ganzen Dauer der Durchströmung anhaltenden „Schließungstetanus“ verfallen, so erscheint es begreiflich, dass unter diesen Umständen auch die einfache Nebenschließung des Demarkationsstroms genügen kann, um eine tetanische Erregung zu erzeugen, wie dies Hering vielfach beobachtete. So gelang es nicht nur durch Umbiegen eines frisch angelegten Querschnitts des N. ischiadicus bis zur Berührung mit einem möglichst nahe gelegenen Punkte der Längsoberfläche, sondern auch durch Fallenlassen des Schnittendes auf das eines zweiten Nerven kräftige Schließungszuckungen mit oder ohne nachfolgender klonischer Unruhe auszulösen. Im letztern Falle trat dies jedoch nur dann ein, wenn beide Querschnitte nicht in eine Flucht zu liegen kamen, sondern der eine Nerv in die Verlängerung des andern fiel und beide Schnittenden aufeinander zu liegen kamen, wobei sich die beiden Demarkationsströme gegenseitig in ihrer Wirkung unterstützen, indem sie den von beiden Schnittenden gebildeten Kreis in gleicher Richtung durchfließen. [Beide Versuche hatte Hering bereits früher auch mit zwei kurarisierten Frosemuskeln (Sartorius) mit Erfolg angestellt]. „Die Tatsache, dass hinreichend erregbare Nerven in dauernde Erregung geraten, wenn man ihrem eignen Strom eine gute äußere Nebenschließung gibt, legt den Gedanken nahe, dass auch die oben erwähnte tetanische Erregung, welche nach Durchschneidung des Schenkelnerven oder des Plexus ischiadicus bei Kaltfröschen auftritt, auch nur durch den Strom bedingt sei, welcher infolge der Durchschneidung entsteht,“ da sowol die Scheiden der einzelnen Fasern, wie auch die gemeinsame Nervenhülle den Einzelströmchen der Fasern eine innere Schließung geben.

Das bisher Mitgeteilte bezieht sich nur auf motorische Frosemuskeln. Knoll zeigte jedoch, dass unter Umständen auch centripetaleitende Warmblüternerven durch den eignen Strom erregt werden können. Die diesbezüglichen Untersuchungen beziehen sich ausschließlich auf den Halsvagus von Kaninchen und Hunden und zwar zunächst auf den mit dem Atmungscentrum in Verbindung stehenden centralen Teil desselben. Schon das Freipräparieren des genannten Nerven führt, besonders wenn es mit Verletzung desselben verbunden ist, bei Kaninchen häufig zu Verzögerung der Expiration oder gar zu expiratorischen Stillständen der Atmung von kurzer Dauer, und gleiche Wirkungen von längerer Dauer lassen sich mit großer Regelmäßigkeit bei Abheben des am Brustende umschürten und frei präparierten Halsvagus von der Wunde oder bei dem Herausheben aus einer lei-

tenden, indifferenten Flüssigkeit erzielen, besonders wenn der Nerv zuvor peripher von der Schnittstelle durchgeschnitten wird (vergl. Langendorff, Mitteilungen aus dem Königsberger physiol. Laboratorium 1878. S. 54). Desgleichen beobachtet man bei dem Wiederebersenken des Vagus auf die Halswunde oder bei Benetzung des Nerven mit einer leitenden Flüssigkeit (Koehsalzlösung von 0,6%) expiratorische Stillstände von mehr oder weniger erheblicher Dauer. Da sich zeigen lässt, dass in allen diesen Fällen weder mechanische, noch auch thermische oder chemische Reizwirkungen ins Spiel kommen, und da „alle Umstände, welche nachgewiesenermaßen einen Nervenstrom erzeugen, auf den Erfolg der beschriebenen Versuche begünstigend einwirken“, die Atmung ferner unverändert bleibt, wenn man dafür sorgt, dass „bei möglichster Gleichheit aller andern Bedingungen die Herstellung oder Anschwellung einer Nebenschließung in Wegfall kommt“: so kann es keinem Zweifel unterworfen sein, dass jene expiratorischen Wirkungen durch Erregung der im Halsvagus verlaufenden expiratorischen Fasern infolge einer Schwankung im Eigenstrom des Nerven bedingt sind. Es ist selbstverständlich, dass bei dem Abheben und Senken des Nerven auf die angelegte Halswunde auch die Ströme der verletzten Muskeln wesentlich mit in Betracht kommen. Die nach bloßer Durchschneidung oder Abschnürung der in situ befindlichen Vagi häufig zu beobachtenden vorübergehenden expiratorischen Wirkungen bezieht Knoll ebenfalls auf eine Erregung des Nerven durch seinen eignen Strom, und es dürfte diese Erscheinung wol als ein Analogon des Tetanus nach Durchschneidung des Schenkelnerven eines Kaltfrosches aufzufassen sein. Bemerkenswert ist, dass es nicht gelingt den peripheren Vagusstumpf durch seinen Eigenstrom zu erregen und dadurch Verlangsamung des Herzschlages herbeizuführen.

Von besonderm Interesse sind die durch Interferenz zwischen dem Nervenstrom und einem künstlichen Strom hervorgerufenen Erscheinungen, wenn die Reizelektroden in der Nähe eines Querschnitts oder einer aus irgendwelchem Grunde elektromotorisch wirksamen Stelle in der Kontinuität eines Nerven angelegt werden. Schon Pflüger machte seinerzeit darauf aufmerksam, dass die Erregbarkeit einer Nervenstrecke durch den Eigenstrom in positivem Sinne beeinflusst werden muss, wenn oberhalb derselben ein Querschnitt angelegt oder ein Seitenzweig des Nerven abgeschnitten wird, indem der Demarkationsstrom die betreffende Nervenstrecke in Katelektrotonus versetzt. Die bedeutende Erregbarkeitssteigerung in der Nähe jedes frischen Nervenquerschnitts ist seit lange bekannt und kommt bei allen Reizversuchen wesentlich in Betracht.

Hering weist darauf hin, dass bei Reizung des Schnittendes eines Nerven mit schwachen Kettenströmen der Fall eintreten kann, dass eine durch Schließung eines Nervenstromzweiges bedingte

Zuckung als die Folge der Oeffnung des Kettenstroms und umgekehrt eine durch Oeffnung eines Nervenstromzweiges ausgelöste Zuckung als die Folge der Schließung des Reizstroms erscheint. Berührt nämlich ein Nerv mit Querschnitt und Längsschnitt zwei unpolarisierbare und gleichartige Elektroden, die unter Zwischenschaltung eines Schlüssels mit einem Rheochord in Verbindung stehen, so wird günstigen Falls sowol bei Schließung wie auch bei Oeffnung dieses die Nebenschließung des Demarkationsstroms vermittelnden „Nervenkreis“ eine Zuckung erfolgen. Wird dann das Rheochord mit einer Kette verbunden und schaltet man auch in diesen (den „Ketten-) Kreis“ nebst einem Stromwender einen Schlüssel ein, so muss, wenn der Zweigstrom der Kette im Nerven \uparrow gerichtet ist und somit bei passender Intensität den Demarkationsstromzweig gerade kompensirt, der Reizerfolg verschieden ausfallen, je nachdem man bei schon geschlossenem Nervenkreis den Kettenkreis oder bei schon geschlossenem Kettenkreis den Nervenkreis schließt. Die nur im erstern Fall eintretende „scheinbare“ Schließungszuckung würde, wie man leicht sieht, in Wahrheit eine Oeffnungswirkung des Nervenstroms sein und ebenso wäre umgekehrt die nach vorheriger Schließung beider Kreise durch Oeffnung des im Kettenkreise befindlichen Schlüssels auszulösende „scheinbare“ Oeffnungszuckung eine Schließungswirkung des Nervenstroms, wie sich daraus ergibt, dass sie bei alleiniger Oeffnung des Nervenkreis ausbleibt. Ist der Kettenstrom schwächer oder stärker als der zu kompensirende Demarkationsstromzweig, so muss sich als Folge der Interferenz beider Ströme eine Verstärkung oder Schwächung des Reizerfolgs geltend machen.

Dieselben Betrachtungen gelten natürlich auch für den entnervten, verletzten Muskel. Es lassen sich hier, wie Ref. gezeigt hat, nicht nur bei der vorerwähnten Versuchsanordnung „scheinbare“ Oeffnungszuckungen durch äußere Nebenschließung des Demarkationsstroms auslösen, sondern es gelingt auch, den Nachweis zu führen, dass unter Umständen die plötzliche Wiederherstellung der in der Nähe einer jeden Demarkationsfläche erfolgenden innern Abgleichung des Muskelstroms genügt, um eine scheinbare Oeffnungszuckung auszulösen, nachdem vorher durch einen in geeigneter Weise zugeführten Kettenstrom ein Teil jener innern Schließung des Muskelstroms aufgehoben wurde. Dies wird immer dann der Fall sein, wenn ein schwacher Strom seitlich an einer beliebigen Stelle in der Kontinuität eines kurarisirten Sartorius eintritt und der Muskel dicht ober- oder unterhalb der Eintrittsstelle des Stroms verletzt wird. Da demnach für die Auslösung scheinbarer Oeffnungszuckungen durch innere Nebenschließung des Demarkationsstroms wesentlich nur der Umstand maßgebend ist, dass die in nächster Nähe der elektromotorischen Fläche gelegenen kathodischen Faserstellen, an welchen Demarkationsstromfäden austreten, vorübergehend zu Eintrittsstellen eines

genügend starken Kettenstroms gemacht werden, so erscheint es begreiflich, dass selbst bei Längsdurchströmung eines einseitig verletzten parallelfaserigen Muskels unter gewissen Umständen „scheinbare“ Öffnungszuckungen zu Stande kommen können. Die Bedingungen hierzu sind gegeben, wenn bei abterminaler (d. i. von der Demarkationsfläche weggerichteter) Durchströmung des Sartorius, die abgetöteten Faserenden durch eine irgendwie hergestellte Nebenschließung (Wulstung der Wundränder, Flüssigkeit etc.) mit der zunächst an die Demarkationsfläche grenzenden Zone der normalen Längsoberfläche des Muskels verbunden sind. So wird es erklärlich, dass unmittelbar nach Durchquetschung des einen Muskelendes mit einer Pincette mit schmalen Branchen die Öffnung eines vorher unwirksamen abterminalen Stroms eine Zuckung auslöst, während die Schließung desselben oder eines stärkern atterminal (zur Demarkationsfläche hinggerichteten) Stroms erfolglos bleibt, auch wenn sie vor der Verletzung erregend wirkte.

Ein interessanter Fall von Interferenzwirkung des Nerven- und Muskelstroms liegt in der Tatsache vor, dass, wie Hering fand, der oben erwähnte Durchschneidungstetanus selbst bei den empfindlichsten Fröschen vollständig ausbleibt, wenn man mit einem einzigen Schnitt den ganzen Oberschenkel durchtrennt, indem die im Nerven \uparrow gerichteten Ströme der durchschnittenen Muskeln auf den erstern wirken und dessen Strom kompensieren.

Wird der Nerv eines Nervmuskelpreparats an den Muskel eines zweiten angelegt, so gerät in der Regel das erstere in Erregung, wenn der Nerv des letztern gereizt wird und dadurch der zugehörige Muskel zuckt oder in Tetanus verfällt. Man bezeichnet diese zuerst von Mateucci beobachtete Erscheinung als „sekundäre Zuckung“ beziehungsweise „sekundären Tetanus“. Die sekundäre Erregung von Muskel zu Nerv, die übrigens auch bei direkter Reizung des erstern möglich ist, ist bedingt durch die bei der Tätigkeit sich entwickelnden Aktionsströme des Muskels und daher im Allgemeinen unabhängig von dem Vorhandensein eines Demarkationsstroms. Viel schwieriger gelingt es sekundäre Erregung von Muskel zu Muskel zu erzielen. Am besten eignet sich hierzu nach Kühne das schlagende Herz der Schildkröte, dessen rhythmische Aktionsströme einen in passender Weise angelegten kurarisirten Sartorius vom Frosch in Erregung zu versetzen vermögen.

Dagegen waren alle bisherigen Bemühungen, wahre sekundäre Zuckungen und wahren sekundären Tetanus von Nerv zu Nerv zu erzielen, erfolglos geblieben und führten nur zur Entdeckung der von Du Bois-Reymond als „paradoxe Zuckung“ bezeichneten Erscheinung, welche durch elektrotonische Ströme des primären Nerven bedingt ist.

Unter Benützung des Kunstgriffs, das periphere Schnittende des primären Nerven (Schenkelnerv vom Frosch) derart an das centrale

des sekundären anzulegen, dass beide Nerven dicht aneinander und ihre Querschnitte in einer Flucht lagen, wobei der Strom des einen Nerven den des andern kompensirt, gelang es Hering in manchen Fällen „bei Tetanisirung des primären Nerven schwache tetanische Unruhe des sekundären Präparats herbeizuführen“, wenn die Reizung in der Nähe eines frisch angelegten Querschnitts, also an der Stelle größter Erregbarkeit des primären Nerven erfolgte. Die Erregung des II. Nerven geschieht in diesem Falle lediglich durch plötzliche Nebenschließung seines eignen Stroms, indem der Längs-Querschnittsstrom des primären Nerven bei jeder Momentanreizung eine negative Schwankung bis auf 0 erfährt oder sich gar umkehrt und infolge dessen die Kompensation für den Strom des anliegenden sekundären Nerven plötzlich aufgehoben wird. Das Endstück des primären Nerven fungirt in diesem Augenblick lediglich als eine Nebenschließung für den Strom des sekundären Nerven.

Viel stärkere sekundäre Wirkungen erzielte Hering bei Benützung eines Präparats, bei dem von Natur aus das primäre und sekundäre Nervenfaserbündel in einer und derselben Scheide beisammenliegen. Wird nämlich der Plexus ischiadicus beim Frosche durchschnitten, nachdem vorher auch das Knieende des Schenkelnerven durchtrennt und derselbe bis in die Nähe der Oberschenkeläste frei präparirt wurde, so geraten sämtliche Muskeln, deren Nerven noch mit dem Plexus in Verbindung stehen, in den kräftigsten sekundären Tetanus, wenn das untere Schnittende des Nerven mit schwachen Induktionsströmen gereizt wird.

Elektrotonische Wirkungen sind hier von vorneherein durch den Umstand ausgeschlossen, dass die schwachen Induktionsströme nur in der Nähe des Querschnitts erregend wirken und jede Wirkung versagen, sobald die Elektroden vom Querschnitt abgerückt und daher den Muskeln genähert werden. Ebenso wie sekundären Tetanus kann man bei gleicher Versuchsweise auch sekundäre Zuckungen und zwar sowohl durch einzelne Induktionsschläge wie auch durch Schließung schwacher Kettenströme auslösen.

W. Biedermann (Prag).

Preiss, Die Lymphbahnen der Membrana Descemetii und ihr Zusammenhang mit der Hornhaut.

Archiv f. pathol. Anatomie 1882. Bd. 87, S. 157—189. M. Taf. II—V.

Presst man einen Augapfel zwischen den Fingern, so wird bekanntlich die Hornhaut momentan trübe und lässt Tröpfchen austreten; bei nachlassendem Druck verschwinden diese Erscheinungen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1882

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Biedermann W.

Artikel/Article: [Ueber den Einfluss des Demarkationsstroms auf die Erregung von Muskeln und Nerven 561-567](#)