(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Notizen zur Muskelphysiologie.

Von

L. Hermann.

1. Ueber die Beziehungen zwischen Last und Hubhöhe.

Die im 12. Bande dieses Archivs, p. 133 ff., von Tiegel mitgetheilten Versuche über die Beziehungen zwischen Last und Hubhöhe habe ich wiederholt, weil sie mit früheren unpublicirten Versuchen von mir über den gleichen Gegenstand nicht übereinstimmten. Der hölzerne Hebel meines Myographions wog sammt Stahlaxe und federnder Marey'scher Schreibspitze nur 3,08 Gramm, sein Moment am Muskel betrug 0,4 Gramm, der Eimer wog 6 Gramm; zur Belastung resp. Ueberlastung dienten Bleikugeln von 5,4 Gramm. Das constante Reizintervall betrug durchweg 30 Secunden (ich vermied die grosse Reizfrequenz Tiegel's), der erregende Oeffnungsinductionsschlag wurde durch das Pendel des Pendelmyographions ausgelöst und der Schliessungsschlag abgeblendet. Der Cylinder wurde zwischen je 2 Zuckungen mittels Zahnrad, Schraube ohne Ende und getheilter Drehscheibe um immer gleiche Stücke vorgeschoben. Das Präparat bestand regelmässig aus Triceps mit Gastrocnemius.

Das Resultat dieser Versuche, deren Originaltafeln ich Fachgenossen gern zur Disposition stelle, ist ausnahmslos das gleiche, und vom Tiegel'schen durchaus abweichend. Sowohl bei den Ueberlastungs- als bei den Belastungsversuchen, sowohl bei frischen als bei ermüdeten Muskeln, sowohl bei maximaler als bei untermaximaler Reizung, sowohl in dem Versuchstheil mit zunehmender wie in dem mit abnehmender Last ist die Verbindungslinie der oberen Zuckungsendpunkte eine Curve von regelmässiger, nach unten convexer Krümmung; die Krümmung nimmt mit zunehmenden Lasten ab, ist aber noch in jedem kleinsten Curvenstück deutlich zu erkennen. Dieselbe Gestalt hat auch die untere Verbindungslinie bei

den Belastungsversuchen, d. h. die Dehnungscurve des ruhenden Muskels; von letzterer giebt dies auch Tiegel an.

Mit genau gleichem Resultate wie an gewöhnlichen Muskeln gelingen die Versuche an curarisirten und entbluteten; ich habe die letztere von Tiegel gegebene Vorschrift für einige Versuchsreihen befolgt, obgleich ich nicht einzusehen vermag, welche Bedeutung die Ausschaltung der Nerven für die Beziehung zwischen Last und Hubhöhe haben kann, und die geringfügigen Blutreste im ausgeschnittenen Muskel doch gewiss keine physiologische Bedeutung haben.

Da meine Versuche mit Vermeidung aller erdenklichen Fehlerquellen angestellt sind, so muss ich es Tiegel überlassen, den Grund der Divergenz aufzuklären. Bis dahin unterlasse ich es auch auf theoretische Erörterungen einzugehen, obgleich es leicht ist darzuthun, dass das Tiegel'sche Gradlinigkeitsgesetz für die Ueberlastungsversuche theoretisch äusserst unwahrscheinlich, für die Belastungsversuche so gut wie unmöglich ist, und zwar ohne alle Berücksichtigung des Weber'schen Schemas der Contraction. In Bezug auf letzteres bemerke ich nur noch, dass ihm das von Tiegel am Schluss seiner Arbeit erwähnte Fehlen der Weber'schen negativen Hubhöhen keineswegs widerspricht; schon Fick hat letztere Thatsache constatirt, sie aber unter der einfachen Voraussetzung mit dem Weber'schen Schema vereinbart, dass die beiden Dehnungscurven sich nicht wie Weber meinte schneiden, sondern sich asymptotisch einander anschliessen¹⁾.

2. Ueber den Verkürzungsrückstand der Muskeln.

Unter dem nicht ganz glücklichen Namen »Contractur« beschreibt Tiegel in diesem Archiv Bd. XIII, p. 71 ff. eine Erscheinung, welche ich schon vor 17 Jahren in meiner Inauguraldissertation mitgetheilt habe (*de tono ac motu musculorum nonnulla*, Berolini 1859; ein Referat befindet sich in Canstatt's Jahresbericht). Ich hielt es nicht für nöthig um sie noch einmal in einer Zeitschrift zu publiciren, doch habe ich sie in meiner Arbeit über den Muskeltonus im Archiv f. Anat. u. Physiol. (1861, p. 350) in einer Anmerkung erwähnt und in sämtlichen Auflagen meines Grundrisses der Physiologie (1. Aufl. p. 195, 5. Aufl. p. 235) mit den Worten berücksich-

1) Vgl. Fick, Untersuchungen über Muskelarbeit. Basel 1867. p. 47; Hermann, Grundriss d. Physiol. 5. Aufl. 1874. p. 241. Anm.

tigt: »Ist der Muskel gar nicht belastet, auch nicht durch sein eigenes Gewicht (z. B. wenn er auf Quecksilber liegt), so behält er ungefähr die Form, die er im Moment der höchsten Verkürzung hatte (Kühne); ist er nur schwach belastet, so erreicht er die ursprüngliche Länge nur annähernd wieder (Hermann).«

Jene in meiner Erstlingsarbeit mitgetheilten, auf du Bois-Reymond's Anregung angestellten Versuche waren sämmtlich mit directer Reizung vorgenommen. Es musste mir daher entgehen, dass der Verkürzungsrückstand, wie Tiegel jetzt findet, nur bei dieser auftritt (doch finde ich ganz bestimmte, wenn auch schwache Spuren davon auch bei indirecter Reizung in meinen Myographiontäfelchen aus den letzten Jahren). Meine damalige Annahme, dass der Verkürzungsrückstand immer nur auf einem innern mechanischen Widerstande, der bei der Wiederverlängerung zu überwinden ist, beruhe, wäre hiernach nicht mehr zulässig.

So ohne Beispiel aber, wie Tiegel annimmt, scheint mir die Erscheinung auch jetzt nicht in der Muskelphysiologie dazustehen. Nach Tiegel's Angaben tritt sie nur bei sehr heftiger (wahrscheinlich deshalb hauptsächlich bei directer) Reizung, und besonders stark bei ermüdeten oder sonst nicht ganz normalen Muskeln auf. Das Phänomen ist also nichts anderes als die sogenannte idiomusculäre Contraction. Auch diese ist eine abnorm lang anhaltende Contraction auf heftigen directen Reiz, besonders bei ermüdeten oder absterbenden Muskeln.

Auch die Toxicologie bietet uns ein sehr naheliegendes Analogon, nämlich den toxischen Verkürzungsrückstand durch Veratrin (vgl. die Zusammenstellung der einschlägigen Arbeiten in meinem Lehrb. d. exper. Toxicologie p. 346 ff.) und einige andere Gifte.

Die Erklärung all dieser Erscheinungen dürfte etwa in der Richtung zu suchen sein, wo sie Fick und Böhm für den letztgenannten Fall gesucht haben; die Processe, welche mit der Rückkehr aus dem verkürzten in den Ruhezustand verbunden sind (die Existenz solcher Processe ist noch neuerdings von Fick, s. Beiträge der Schüler Ludwig's, I. p. 153, und unter Heidenhain's Leitung von Steiner, s. dies Archiv XI, p. 196, durch die thermischen Erscheinungen dargethan worden), werden durch gewisse Abnormalitäten, wie starke Ermüdung, Absterben, Ernährungsstörungen und viele Gifte (Veratrin, Antiarin, Digitalin, Coffein etc.) verzögert oder selbst verhindert. Nach meinen Anschauungen über das Wesen

der Contraction, wonach dieselbe ein der Starre durchweg analoger, aber rasch vorübergehender Zustand ist, wären die in Rede stehenden Erscheinungen als abnorme Verlängerung dieses Zustandes, somit als ein Uebergangszustand in der Richtung zur wirklichen Erstarrung aufzufassen.

Nachschrift.

In einer späteren, soeben mir zugegangenen Arbeit von Tiegel (dies Archiv XIII. p. 277) findet sich die Bemerkung, dass ein gradliniger Abfall unter Umständen durch Reibung an der Schreibfläche oder an der Hebelaxe in eine nach unten convexe Curve verwandelt werden kann. Dies veranlasst mich, um einem etwa hierauf gegründeten Einwand Tiegel's zuvorzukommen, zu der ausdrücklichen Bemerkung, dass die Reibung in meinen Versuchen äusserst gering war, vermuthlich geringer als am Tiegel'schen Apparat. Meine Hebelaxe geht in polirten Stahlspitzen, meine Schreibfeder ist ein sehr weiches dünnes Blättchen, nur soweit anfedernd als zum sicheren Schreiben nöthig ist. Uebrigens sollte man meinen, dass in unserm Falle Reibung eher die Convexität zu verwischen tendirt; denn ihr Einfluss muss um so kleiner sein je grösser die bewegte Masse und je niedriger der Zuckungsstrich; also wird sie gerade die relativ hohen Zuckungen bei kleinen Lasten zu vermindern, die Curve mithin der Graden zu nähern streben.

Ich habe neuerdings noch eine Anzahl Versuche mit einer Reizfrequenz von 15 Secunden angestellt. Auch hier sieht man die absolut regelmässige Convexität nach unten aufs Schönste; nur darf man sich bei kurzen Curvenstücken, d. h. bei Ueberlastungsreihen mit schwachem Reize, nicht auf den blossen oberflächlichen Anblick verlassen, sondern muss das Lineal anlegen oder die Höhen messen.