Experimentelle Untersuchungen über die Totenstarre.

Von R. F. Fuchs.

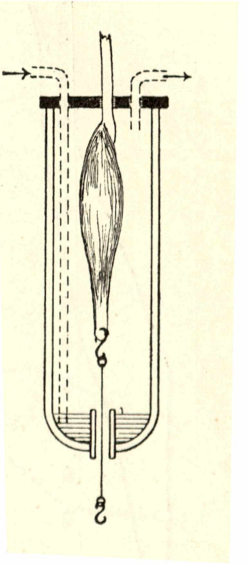
Aus dem physiologischen Institut der Universität Erlangen.

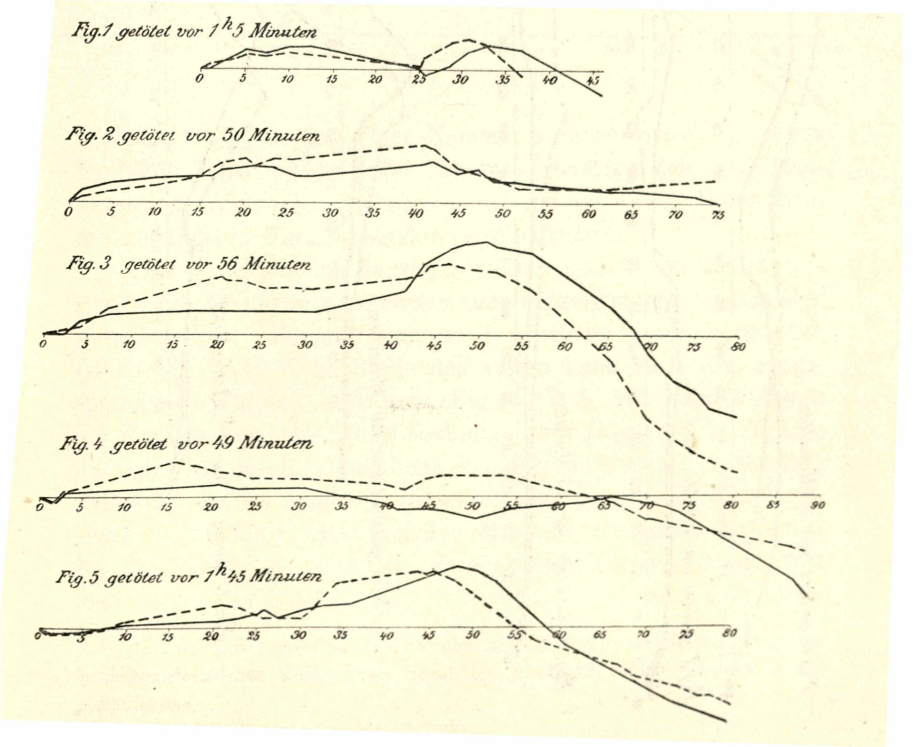
Vorgetragen in der Sitzung vom 25. Juli 1904.

Von einigen Forschern, namentlich Hermann und seinen Schülern ist die Verkürzung des Muskels in der Totenstarre als ein dem vitalen Kontraktionsvorgang analoger Vorgang aufgefaßt worden, obwohl es andererseits an Angaben nicht gefehlt hat (Gad und Heymans, Schenck), die eine solche Analogisierung für unzutreffend erklären. Mir scheint, daß zur Entscheidung dieser Frage vor allem die Totenstarre noch viel zu wenig erforscht ist, da man sich nur auf die Untersuchung der Muskelverkürzung in der Totenstarre zumeist beschränkt hat. Um zu einer besseren Kenntnis der Totenstarre zu gelangen, müssen vergleichende Untersuchungen über die Verkürzung, Spannungsentwicklung, Wärmeproduktion des erstarrenden Muskels angestellt werden, denen sich eine chemische und physikalisch-chemische Analyse der Gerinnungsvorgänge anschließen muß. Ferner müssen die verschiedenen Starrezustände (Wasser-, Giftstarre) von den gleichen Gesichtspunkten aus untersucht werden.

Von diesen Gesichtspunkten aus habe ich meine vergleichenden Untersuchungen über die Muskelstarre in Angriff genommen. Zuerst war es nötig, eine genaue Verkürzungskurve des isolierten totenstarren Muskels zu verzeichnen, da solche Kurven bisher nur von Nagel aufgenommen worden sind. Meine Methode war in kurzem folgende: In einen kleinen Glaszylinder (siehe die Figur auf der folgenden Seite), dessen Boden von einem kurzen engen Glasröhrchen durchsetzt ist, wird der Muskel eingeschlossen. Am Boden des Zylinders

befindet sich physiologische Kochsalzlösung, welche durch ihren Dampf den Muskel vor der Austrocknung bewahrt. Oben ist der Zylinder durch einen mit Vaselin abgedichteten Deckel verschlossen. Durch das kleine Glasröhrchen am Boden steht der Muskel mit dem isotonischen Hebel eines Myographions in Verbindung. Die Bewegungen des Schreibhebels werden in verschiedenen Intervallen auf einer berußten Trommel markiert. Da der Schreibhebel nur während des Augenblickes der Markierung an der Schreibfläche anliegt und dann sofort wieder von ihr entfernt wird, so hat der Muskel bei seiner Verkürzung keinerlei Reibung als die des Axenlagers des Myographionhebels zu überwinden, die aber außerordentlich gering ist. Auf diese Weise erhält man eine Reihe von parallelen





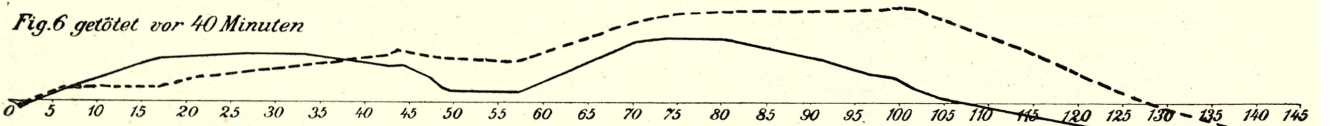


Fig. 6 getötet vor 40 Minuten

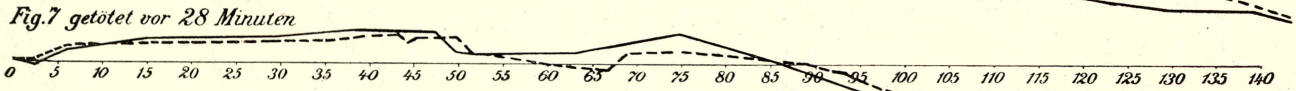


Fig. 7 getötet vor 28 Minuten

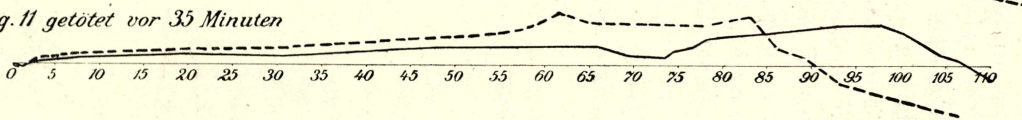


Fig. 11 getötet vor 35 Minuten

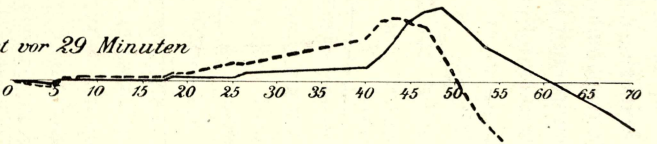


Fig. 9 getötet vor 29 Minuten

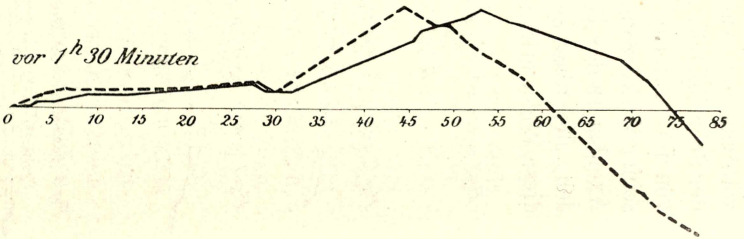
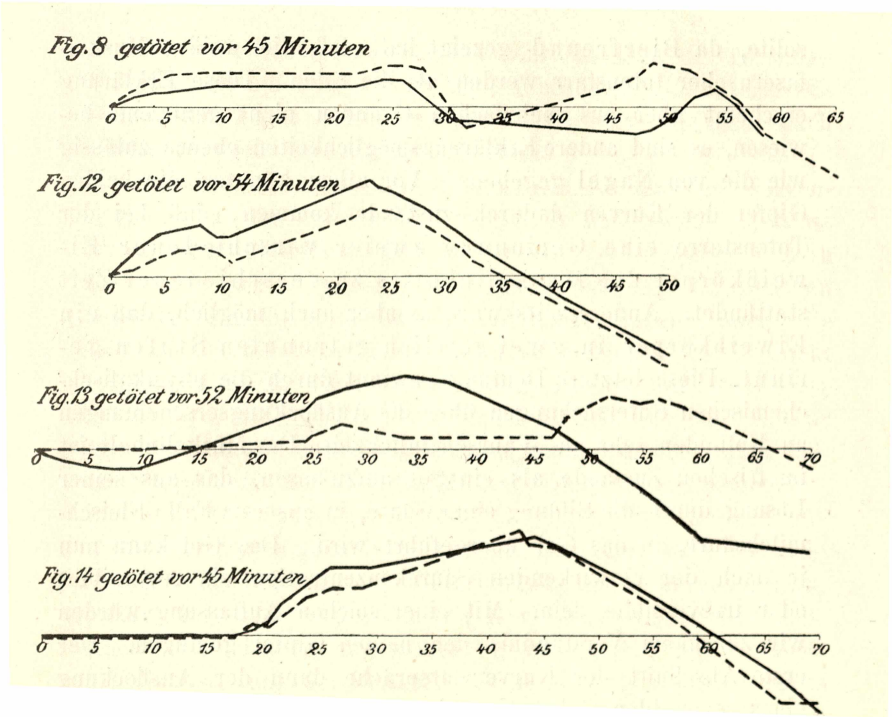


Fig. 10 getötet vor 1^h 30 Minuten



Linien, deren jede mit einer Nummer versehen wird. In einem Protokoll wird die zu jeder Nummer gehörige Zeit und Temperatur des Versuchsraumes vermerkt und aus diesen Daten dann die zugehörige Verkürzungskurve konstruiert.

Die so erhaltenen Kurven erweisen sich immer als mehrgipflige, die durch verschieden tiefe Einsenkungen voneinander getrennt sind. Zumeist sind zwei deutliche Gipfel vorhanden (siehe Fig. 1, 2)[1]), an Stelle des ersten kann auch ein ausgesprochenes Plateau auftreten (Fig. 6, 7, 8, 10). Im Anfange der Kurven kommen häufig Senkungen vor (Fig. 5, 6, 7, 11, 13), die ich als durch allmähliche Tonusverminderung entstanden auffasse. Es ist demnach die zweiteilige Kurve als Regel anzusehen, sie fehlt nicht bei den Muskeln von Rana esculenta. Nagel nahm an, daß die Zweigipfligkeit der Kurven von dem Gehalt der Muskeln an roten und weißen Fasern herrühren

[1]) Die Klischees hat die Verlagsbuchhandlung von G. Fischer in Jena bereitwilligst überlassen, wofür ihr auch an dieser Stelle bestens gedankt sei.

sollte, da Bierfreund gezeigt hat, daß die weißen Muskelfasern eher totenstarr werden als die roten. Diese Erklärung erscheint aber aus mehrfachen Gründen nicht genügend bewiesen, es sind andere Erklärungsmöglichkeiten ebenso zulässig wie die von Nagel gegebene. Vor allem könnten die beiden Gipfel der Kurven dadurch zustande kommen, daß bei der Totenstarre eine Gerinnung zweier verschiedener Eiweißkörper des Muskelinhaltes zu verschiedener Zeit stattfindet. Andererseits wäre es aber auch möglich, daß ein Eiweißkörper in zwei zeitlich getrennten Stufen gerinnt. Diese letztere Deutung gewinnt durch die physikalisch-chemischen Untersuchungen über die Ausflockungserscheinungen an Kolloiden sehr an Wahrscheinlichkeit. Der Muskelinhalt ist im frischen Zustande als ein Sol aufzufassen, das aus seiner Lösung durch die Bildung einer Säure, in unserem Falle Fleischmilchsäure, in das Gel übergeführt wird. Das Gel kann nun je nach der einwirkenden Säurekonzentration ein reversibles oder irreversibles sein. Mit einer solchen Auffassung würden wir zu einem Verständnis der beiden Gipfel gelangen. Der erste Abschnitt der Kurve entspräche dann der Ausflockung eines reversiblen Gels, das wieder in den Solzustand zurückgeht, wenn die Säurewirkung aufhört. Das ist um so leichter möglich, als die anfänglich geringen Fleischmilchsäuremengen leicht weiter oxydiert werden können. Treten dagegen größere Säuremengen wie im späteren Stadium der Starre auf, dann ist das ausgeflockte Gel ein irreversibles, das durch weitere Prozesse, vielleicht autolytischer Natur, in einen anderen Körper übergeht, wodurch die Lösung der Totenstarre herbeigeführt wird.

Mit dieser Vorstellung würden wenigstens die Angaben von Brown-Séquard übereinstimmen, wonach die Totenstarre im Anfange durch Sauerstoffzufuhr gelöst werden kann und der Muskel dann seine normale Erregbarkeit wieder erhält. Auf Grund eigener Versuche kann ich angeben, daß die Muskeln im ersten Stadium der Starre noch elektrisch reizbar sind. Erfolgt dagegen die Sauerstoffzufuhr erst in der irreversiblen Phase der Totenstarre, dann kann durch Sauerstoffzufuhr die normale Erregbarkeit nicht mehr zurückkehren, die wahrscheinlich mit dem normalen Solzustand des Protoplasmas innig verknüpft ist. So erklärt es sich vielleicht, warum eine Reihe von

Autoren nach Sauerstoffzufuhr kein Zurückkehren der normalen Erregbarkeit am totenstarren Muskel beobachten konnten. Die Dauer und Form der Totenstarreverkürzung wechselt nach vielfachen noch unbekannten Ursachen.

In einer Versuchsreihe wurde der Einfluß des Nervensystemes auf den Verlauf der Totenstarre untersucht. Zunächst wurde der Einfluß der Nervenausschaltung durch Kurare geprüft, wobei sich zeigte, daß die kurarisierten Muskeln (Fig. 3, 4, 5, Kurven mit ausgezogenen Linien) die Maxima der Starreverkürzung später erreichen als die nicht vergifteten. Ein eigentlich späterer Beginn der Erstarrung konnte nicht nachgewiesen werden, es handelt sich vielmehr nur um einen außerordentlich langsamen Anstieg in der ersten Zeit der Starre beim kurarisierten Muskel. Diese Versuchsergebnisse dürfen aber nicht ohne weiteres als durch die Ausschaltung des Nervensystemes bedingte angesehen werden, weil der nicht vergiftete Muskel durch die Unterbindung der zuführenden Blutgefäße einer sehr bedeutenden Zirkulationsstörung ausgesetzt ist. Eigens angestellte Versuche haben nun ergeben, daß die Sistierung des Blutumlaufes im Muskel eine sehr deutliche Beschleunigung des Starreverlaufes herbeiführt (Fig. 1, 2, 6—10, gestrichelte Kurven), welche sich nicht auf einen früheren Beginn als vielmehr auf einen steileren Anstieg der Erstarrungskurve bezieht.

Endlich habe ich an Kaninchen den Einfluß von Rückenmarksverletzungen und der Durchschneidung der hinteren Wurzeln auf den zeitlichen Verlauf der Totenstarre untersucht. Nach beiden Eingriffen war in der Mehrzahl der Fälle ein früheres Eintreten und Verschwinden der Starre auf der verletzten Seite zu finden, woraus ich schließe, daß eine Verletzung des Zentralnervensystemes den Ablauf der Starre deshalb begünstige, weil die verletzte Stelle rascher abstirbt als eine unverletzte. Bei diesen Untersuchungen konnte ich neuerdings konstatieren, daß das Herz der erste Muskel ist, welcher der Totenstarre anheimfällt, und daß gleichzeitig mit ihm zirka 45 Minuten nach dem Tode auch die Kaumuskulatur starr wird. Die Reihenfolge des zeitlichen Eintrittes der Totenstarre entspricht bei Kaninchen vollkommen der Nystenschen

Reihe, trotzdem von Bierfreund und Ewald gegenteilige Beobachtungen veröffentlicht worden sind.

Es muß besonders auffällig erscheinen, daß alle frühzeitig erstarrenden Muskel von Gehirnnerven innerviert werden, während die später erstarrenden eine spinale Innervation besitzen. Diese Tatsache scheint für das Zustandekommen der Nystenschen Reihe von Bedeutung zu sein, weil man auf Grund verschiedener experimenteller Erfahrungen anzunehmen berechtigt ist, daß das Gehirn zuerst abstirbt und im Rückenmark das Absterben vom proximalen zum kaudalen Ende fortschreitet. Demnach wäre die Nystensche Reihe als eine Folge der Absterbevorgänge des Zentralnervensystemes anzusehen. Diese Erklärung widerspricht keiner bekannten Beobachtungstatsache, sie widerlegt allerdings auch nicht die Anschauungen Bierfreunds, wonach die Nystensche Reihe auf den Gehalt der Muskeln an roten und weißen Fasern zu beziehen wäre, ebensowenig die Ansicht Ewalds, der die Nystensche Reihe mit der Stärke des Labyrinthtonus der einzelnen Muskeln in Zusammenhang bringt. Alle drei Theorien ergänzen sich vielmehr sehr gut zu einer. Die Ausbildung der roten und weißen Fasern scheint eine funktionelle Anpassung an den Gebrauch zu sein, und zwar stellen die weißen Fasern eine höhere Differenzierungsstufe infolge gesteigerter Tätigkeit dar. — Die ausführliche Mitteilung ist in der Zeitschrift für allgemeine Physiologie, Bd. IV (1904) erschienen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Sozietät zu Erlangen

Jahr/Year: 1904

Band/Volume: 36

Autor(en)/Author(s): Fuchs R. F.

Artikel/Article: Experimentelle Untersuchungen über die Totenstarre 206-212