

Biochemische Zeitschrift

Beiträge
zur chemischen Physiologie und Pathologie

Herausgegeben von

F. Hofmeister-Würzburg, C. von Noorden-Frankfurt a. M.,
E. Salkowski-Berlin, A. von Wassermann-Berlin,

unter Mitwirkung von

M. Ascoli-Catania, L. Asher-Bern, M. Bergmann-Berlin-Dahlem, G. Bertrand-Paris
A. Bickel-Berlin, F. Blumenthal-Berlin, A. Bonanni-Rom, F. Bottazzi-Neapel, G. Bredig-
Karlsruhe i. B., R. Doerr-Basel, A. Durig-Wien, F. Ehrlich-Breslau, H. v. Euler-Stock-
holm, S. Flexner-New York, J. Forssman-Lund, S. Fränkel-Wien, E. Freund-Wien,
H. Freundlich-Berlin-Dahlem, E. Friedberger-Greifswald, E. Friedmann-Berlin, O. v. Fürth-
Wien, F. Haber-Berlin-Dahlem, H. J. Hamburger-Groningen, P. Hári-Budapest,
F. Hayduck-Berlin, E. Hägglund-Abo, A. Heffter-Berlin, V. Henri-Paris, V. Henriques-
Kopenhagen, R. O. Herzog-Berlin-Dahlem, K. Hess-Berlin-Dahlem, W. Heubner-
Göttingen, R. Höber-Kiel, M. Jacoby-Berlin, A. Koch-Göttingen, M. Kochmann-Halle
a. S., F. Landolf-Buenos Aires, L. Langstein-Berlin, E. Laqueur-Amsterdam, P. A. Levene-
New York, L. v. Liebermann-Budapest, J. Loeb-New York, S. Loewe-Dorpat,
A. Loewy-Berlin, H. Lüers-München, Th. Madsen-Kopenhagen, A. Magnus-Levy-Berlin,
J. A. Mandel-New York, L. Marchlewski-Krakau, P. Mayer-Karlsbad, J. Meisenheimer-
Greifswald, L. Michaelis-Berlin, H. Molisch-Wien, J. Morgenroth-Berlin, E. Münzer-Prag,
H. Murschhauser-Düsseldorf, W. Nernst-Berlin, W. Ostwald-Leipzig, J. K. Parnas-
Lemberg, Th. Paul-München, W. Pauli-Wien, R. Pfeiffer-Breslau, E. P. Pick-Wien,
J. Pohl-Breslau, Ch. Porcher-Lyon, P. Rona-Berlin, H. Sachs-Heidelberg, S. Salaskin-
St. Petersburg, T. Sasaki-Tokio, A. Scheunert-Berlin, A. Schloßmann-Düsseldorf, S. P.
L. Sörensen-Kopenhagen, K. Spiro-Basel, E. H. Starling-London, J. Stoklasa-Prag,
W. Straub-Freiburg i. B., A. Stutzer-Königsberg i. Pr., K. Suto-Kanazawa, U. Suzuki-
Tokio, H. v. Tappeiner-München, K. Thomas-Leipzig, H. Thoms-Berlin, P. Tren-
delenburg-Rostock, O. Warburg-Berlin, E. Widmark-Lund, W. Wichowski-Prag,
A. Wohl-Danzig, J. Wohlgemuth-Berlin.

Redigiert von

C. Neuberg-Berlin

Sonderabdruck aus 132. Band, Heft 1/3

F. Verzár, J. Bögel und W. Szányi:

Spannung und Dehnbarkeit bei Säurecontractur und chemischer
Contractur des Muskels



Berlin

Verlag von Julius Springer

1922

Die Biochemische Zeitschrift

erscheint in zwanglosen Heften, die in kurzer Folge zur Ausgabe gelangen; je sechs Hefte bilden einen Band. Der Preis des laufenden Bandes im Umfange von 40 Bogen beträgt M. 480.—.

Der für diese Zeitschrift berechnete Bandpreis hat seine Gültigkeit nur während der Dauer des Erscheinens. Der Verlag muß sich bei der Unsicherheit der Entwicklung der wirtschaftlichen Verhältnisse vorbehalten, den zurzeit geltenden Preis nach Abschluß des Bandes zu erhöhen.

Die Biochemische Zeitschrift ist durch jede Buchhandlung sowie durch die unterzeichnete Verlagsbuchhandlung zu beziehen.

In der Regel können Originalarbeiten nur Aufnahme finden, wenn sie nicht mehr als 1½ Druckbogen umfassen. Sie werden mit dem Datum des Eingangs versehen und der Reihe nach veröffentlicht, sofern die Verfasser die Korrekturen rechtzeitig erledigen. — Mitteilungen polemischen Inhalts werden nur dann zugelassen, wenn sie eine tatsächliche Richtigstellung enthalten und höchstens 2 Druckseiten einnehmen. Die Herren Mitarbeiter werden jedoch in ihrem eigenen Interesse dringend gebeten, sich, wenn irgend möglich, mit der kostenfrei zur Verfügung gestellten Anzahl zu begnügen, und falls mehr Exemplare unbedingt erforderlich sind, deren Kosten vorher vom Verlage zu erfragen, um unliebsame Überraschungen zu vermeiden.

Manuskriptsendungen sind an den Redakteur,

Herrn Prof. Dr. C. Neuberg, Berlin-Dahlem, Hittorfstr. 18, zu richten.

Die Verfasser erhalten 100 Sonderabdrücke ihrer Abhandlungen kostenfrei bis zu einem Umfang von 1½ Druckbogen, von größeren Arbeiten nur 75, weitere gegen Berechnung.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer

Berlin W 9, Linkstraße 23/24.

132. Band.	Inhaltsverzeichnis.	Heft 1/3.
Koch, A. †		Seite 1
Adlersberg, D. Die NH ₃ -Ausscheidung bei der Hunger-Osteopathie und der chronischen Unterernährung		2
Mansky, S. Der Einfluß von Saccharose auf das Grünen etiologischer Kotyledonen, die in verschiedenen Stadien des Keimens isoliert wurden		18
Kanai, T. J. Biochemische Untersuchungen über die Entstehung der Typhusimmunität		26
Verzár, F. und W. Szányi. Die Vertretbarkeit von Kalium durch Uran beim quergestreiften Muskel. (Beruhigung fibrillärer Zuckungen in NaCl-Lösung).		53
Verzár, F., J. Bögel und W. Szányi. Spannung und Dehnbarkeit bei Säurecontractur und chemischer Contractur des Muskels . .		64

Fortsetzung des Inhaltsverzeichnisses siehe III. Umschlagseite!



Spannung und Dehnbarkeit bei Säurecontractur und chemischer Contractur des Muskels.

Von

F. Verzár, J. Bögel und W. Szányi.

(Aus dem Institut für allg. Pathologie der Universität in Debrecen.)

(Eingegangen am 12. Mai 1922.)

Mit 14 Abbildungen im Text.

Nach der heute meistverbreiteten Ansicht beruht die Verkürzung der Muskelfaser beim Kontraktionsvorgang auf einer Quellung der Fibrille bzw. ihrer Teile durch die entstehende Milchsäure, wie das besonders *v. Fürth* in seiner Arbeit über „Die Kolloidchemie des Muskels und ihre Beziehungen zu den Problemen der Contraction“¹⁾ eingehend dargestellt hat. Eine der wesentlichen Stützen dieser Lehre ist, daß Säure und die durch dieselbe bedingte Quellung, ebenso wie bei einem Modell (einer Saite), so auch bei der Muskelfaser eine Verkürzung (Contractur) verursacht.

Das Wesentliche beim Contractionsvorgang ist jedoch nicht die Verkürzung der Faser, sondern die entstehende Spannung, und die Rolle und Bedeutung der Säure bei der Contraction kann nur dann richtig bewertet werden, wenn wir untersuchen, welche Spannung durch die Säurecontractur bewirkt wird.

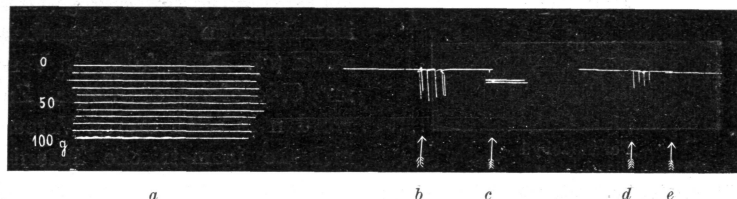
Spannung bei Contractur.

Deshalb wurden Versuche über die Spannungsentwicklung bei Contractur ausgeführt und untersucht, ob die durch Säure bewirkte Verkürzung des quergestreiften Muskels mit solcher Spannung vor sich geht, wie es dem Contractionsvorgang entsprechen würde. Wir haben dann diese Versuche vergleichsweise auch auf durch andere Substanzen entstehende Contracturen ausgedehnt.

¹⁾ *Ergebn. d. Physiol.* **17**, 363. 1919. *v. Fürth* schreibt auf S. 556: „Weit davon entfernt, sie [die Säurequellungstheorie] für abgeschlossen oder gar für bewiesen zu halten, und in vollem Bewußtsein der ungeheuren Lücken unserer Erkenntnis auf diesem Gebiete der Lehre vom Lebendigen, glaube ich immerhin die Hypothese in dieser Form als *Arbeitshypothese* — allerdings auch *nur* als solche — in Diskussion stellen zu dürfen.“

Versuche über die Bestimmung der Spannung von contracturierten Muskeln können so ausgeführt werden, daß man am isometrischen Muskelhebel die Spannungsänderungen des Muskels direkt registriert. Dabei stellte es sich bald heraus, daß die Säurecontractur mit sehr geringer Spannung einhergeht.

Schon *Schwenker*¹⁾ hat im Institut von *Bethe* derartige Untersuchungen ausgeführt und fand: „Zeigten die früheren Versuche bei Anwendung eines isotonischen Hebels mit geringer Belastung, daß ein Muskel bei Zufuhr der Verkürzungssubstanz eine maximale Verkürzung erreichen kann, die hinter Tetanushöhe nicht zurückbleibt, so zeigen nun die Versuche mit isometrischem Hebel, daß die Kraft, die im ersten Falle ausgeübt wird, die Kraft des maximalen Tetanus bei weitem nicht erreicht“ (S. 443). An anderer Stelle wird gesagt, daß, „die durch chemische Substanzen erzeugte Spannung (isometrisches Verfahren) beträchtlich hinter der Spannung im Tetanus zurückbleibt“. Er fährt dann fort: „Sie kann aber viel länger aufrechterhalten werden, so daß die Tragerecorder bei chemischer Verkürzung erheblich größer sind als im Tetanus.“ Als „Tragerekord“ definiert *Bethe* Last \times Zeit pro 1 qmm bei isometrischem Hebel. Der größere Tragerekord kommt dadurch



a Kalibrierung des Spannungshebels. b Maximale isometrische Tetani. c Isometrische Contractur nach Chloroform. d Maximale isometrische Tetani. e Eintauchen in HCl-Ringer (p_{H} 2,6) gibt keine Spannungserhöhung.

Abb. 1.

zustande, daß bei gewissen chemischen Contracturen zwar geringe Spannung, aber, wie aus unseren folgenden Versuchen deutlich hervorgehen wird, auch sehr verminderte Dehnbarkeit vorhanden ist.

Wir haben eine Reihe von Substanzen darauf geprüft, ob sie eine Spannung im Muskel entwickeln können. Es wurde der Muskel an einem isometrischen Hebel befestigt. Der Muskel befand sich in einem engen Gefäß mit 10 ccm Inhalt und es wurde untersucht, wie sich seine Spannung beim Eintauchen in verschiedene Flüssigkeiten ändert. Von allen untersuchten Substanzen wurde in anderen Versuchen gezeigt, daß sie am isotonischen (nur mit 2 gm belasteten) Hebel eine bedeutende Verkürzung (Contractur) verursachen. Solche Substanzen sind eine saure Ringerlösung (p_{H} unter 3), konzentrierte wässrige Chloroformlösung, Äthyl- und Methylalkohol, Glycerin, Anilin, Ammoniak usw. Einige Versuche sind abgebildet. Die Resultate bestätigen bezüglich der Säurewirkung die Befunde von *Schwenker*. Die Säure kann fast keine Spannung verursachen. Hierin unterscheidet sich diese Contractur

¹⁾ *Schwenker*, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **157**, 371. 1914; siehe auch *Kopyloff*, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **153**, 129. 1913.

von der natürlichen Muskelkontraktion, bei welcher die entwickelte Spannung sehr bedeutend ist. Zum Vergleich wurde bei tetanischer Reizung der Muskeln mit maximalen Reizen in jedem Versuch die

maximal entwickelte Spannung gemessen. — Die Zuleitung des Stromes geschah durch die beiden Befestigungsstellen des Muskels. — Wie aus Abb. 1 ersichtlich, übertrifft diese die Spannung bei Säurecontractur um das Vielfache.

Im Gegensatz zur Contractur durch Säure läßt sich bei Contractur durch eiweißfällende Substanzen eine recht bedeutende Spannung erreichen. In Abb. 1 ist zuerst die Kalibrierung unseres isometrischen Spannungshebels zu sehen (a). Dann folgt ein Versuch mit Chloroformcontractur. Zuerst wurden in allen diesen Versuchen mehrere isometrische Tetani bei maximaler Reizung in Ringerlösung ausgeführt (b, d). Dann folgte das Eintauchen des Muskels in die contracturerzeugende Substanz. Wie man sieht, war bei Contractur durch Chloroform (c) die Spannung sehr bedeutend und betrug etwa die Hälfte wie bei isometrischem Tetanus. Mit dem Sartorius der anderen Seite wurde derselbe Versuch ausgeführt, jedoch so, daß als contracturerregende Substanz Ringerlösung von p_H 2,6 benutzt wurde. Diese gibt am isotonischen unbelasteten Hebel, wie das aus Abb. 3 zu sehen ist, eine sehr große Contractur,

aus der Spannungskurve dagegen geht hervor, daß fast gar keine Spannung entwickelt wurde (e).

Ebenso wie Chloroform verhielt sich (Abb. 2) Methylalkohol, Anilin und Eiweißfällung durch Erwärmung auf $45^\circ C$, und auch Formalin.

Substanzen, die Contractur durch Wasserentziehung verursachen, wie Glycerin und konzentrierte NaCl-Lösung, gaben keine bzw. geringe

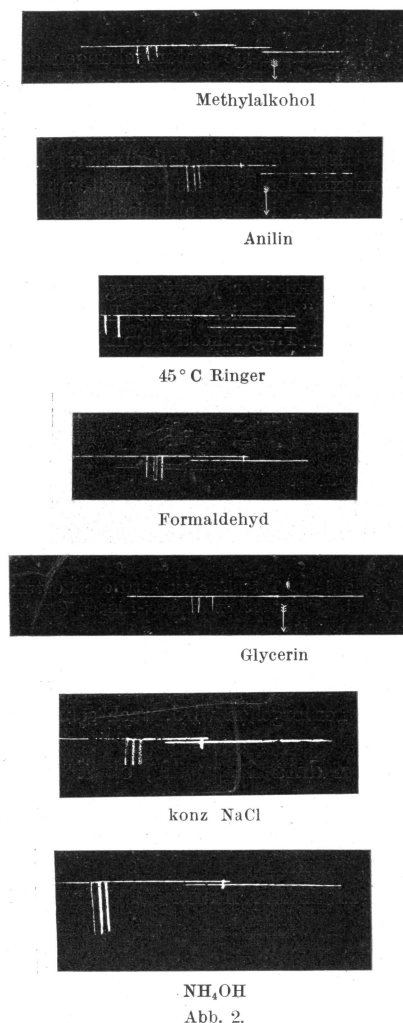


Abb. 2.

Spannung. Auch die Contractur durch NH_4OH gab im Verhältnis zu der sehr großen Spannung, die der benutzte Muskel beim Tetanus entwickelte, nur sehr geringe Spannung.

Von allen diesen Substanzen ist es bekannt, daß sie am isotonischen Hebel bei geringer Belastung sehr bedeutende Contracturen, sehr starke Verkürzungen zeigen. Aus den Dehnungskurven der nächsten Abbildungen ist ersichtlich, daß bei 2 g Hebelbelastung die Contracturen sehr groß waren.

Wir wollen hier vorerst keine weiteren Folgerungen daraus ziehen, wie sich die Entwicklung von Spannung bei anderen Contracturen verhält und nur darauf hinweisen, daß bei *Säurecontractur keine Spannung entwickelt wird*, während bei Contractur durch Eiweißfällung starke Spannung entsteht.

Nachdem sich somit herausgestellt hatte, daß *die Säurecontractur sich darin wesentlich von der natürlichen Kontraktion unterscheidet*, daß trotz starker Verkürzung nur minimale Spannung entwickelt wird, gingen wir über auf die Untersuchung der

Dehnbarkeit von contracturierten Muskeln.

Dehnungskurven gewinnt man, wenn man den Muskel nacheinander mit verschiedenen Gewichten belastet und die Länge registriert.

Als Ausdruck der Dehnbarkeit benützen wir einen willkürlichen Wert, nämlich das Areal, welches die Dehnungskurve mit der Ordinate und der Abszisse ihres höchsten Punktes einschließt. Dabei wird als Ordinate immer die Länge des unbelasteten Muskels benutzt. Je größer die Dehnbarkeit eines Muskels ist, desto größer ist dieser Wert. Beim normalen Muskel bezeichnen wir dieses Feld mit ABC, beim contracturierten mit DEF.

*Dreser*¹⁾ hat hierfür einen anderen Wert benützt. Er berechnete nämlich das Areal des von der Dehnungskurve und der aus dem Nullpunkt erhobenen Abszisse und Ordinate umschlossenen Raumes und brachte diesen Wert in Vergleich zu dem Dreieck, das entsteht, wenn man die 3 Endpunkte verbindet. Auch dieser Wert ist natürlich willkürlich gewählt und schien uns für unsere Zwecke vor der erwähnten einfacheren Ausdrucksweise keinen Vorteil zu bieten

Bezüglich der *Methodik* verfahren wir ebenso wie seit *Dreser*²⁾ und *Boudet*³⁾ üblich.

Wir belasteten die Muskeln mit steigenden Gewichten und registrierten die Länge bei 5facher Vergrößerung auf dem Kymographion. Die bei jeder Belastung gefundene Länge wurde auf Millimeterpapier eingetragen (Ausgezogene Kurve —●—●—●—●—). Oberhalb der Ordinate bedeutet Verlängerung des Muskels, unterhalb derselben Verkürzung. Sämtliche Versuche wurden am *M. sartorius* von *R. esculenta* ausgeführt.

1) *H. Dreser*, Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol. **27**, 50 (vgl. *Heinz*, Handb. d. exp. Pathol. u. Pharmakol. Bd. I (2), S. 513; I. (1), S. 576—587 1905).

2) *Dreser*, l. c.

3) *Boudet*, De l'élasticité musculaire. Thèse de méd. Paris 1880.

Um \bar{v} -vergleichbare Werte zu bekommen, mußten die folgenden besonderen Vorsichtsmaßregeln beobachtet werden. Ehe eine Dehnungskurve aufgenommen wurde, mußte eine konstante Länge des Muskels erreicht werden. Er wurde deshalb 3 Minuten lang mit 50 g belastet, wieder entlastet (3 Minuten) und dann immer in 3 Minuten-Perioden das 3 mal wiederholt. Man erhält so reversible Werte; der Muskel kehrt dann immer auf die gleiche Länge zurück. — Erst dann wird die Dehnungskurve aufgenommen. Der erste Punkt („unbelastet“) war mit 2 g Belastung, der nächste mit je 10 g mehr bis zu 50 g aufgenommen. Jede Belastung dauerte 3 Minuten, was erfahrungsgemäß genügend lang ist, um den Muskel auf die größte bei dieser Belastung erreichbare Länge zu bringen. Nach Entlastung kehrte der Muskel auf die Anfangslänge zurück. Die Muskeln befanden sich in einem engen Behälter, der in den Normalversuchen mit Ringerlösung gefüllt war; diese wurde dann abgelassen und an ihre Stelle die zu untersuchende, Contractur erregende Substanz (gelöst in Ringerlösung) gegossen. Die Contractur entwickelte sich sogleich, meistens in 3—5 Minuten. Dann wurde von neuem mit den verschiedenen Belastungen begonnen und die neue Dehnungskurve registriert (— — — — —).

In vielen Versuchen wurden auch die maximalen Kontraktionen des unvergifteten Muskels bei Belastung mit denselben Gewichten, die zur Dehnung benutzt wurden, registriert (—○—○—○—○—). Zur Reizung wurden maximale Öffnungsschläge benutzt. Die Stromzuleitung geschah einerseits durch den Hebel, andererseits durch die untere Befestigung des Muskels.

Säurecontractur.

Es wurde zuerst geprüft, bei welcher H^+ -Konzentration Säurecontractur zustande kommt und wie sich dabei die Dehnbarkeit verhält.

Die Muskeln wurden hierzu in Ringerlösung von verschiedener p_H getaucht. Die Ringerlösung wurde ohne Carbonat gemacht und mittelst n_{10} -HCl bzw. n_{10} -NaOH die entsprechende H^+ -Konzentration hergestellt und nach der Indicatormethode von *Michaelis*¹⁾ gemessen.

In der Tab. I sind die Resultate von 32 Bestimmungen an 22 Muskeln zusammengestellt. Die Größe der Contractur ist in Millimetern des Zeigerausschlages angegeben. Die Größen der Ausschläge in verschiedenen Versuchen sind nicht direkt miteinander vergleichbar, weil sie an verschiedenen Muskeln aufgenommen wurden.

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, konnte bis zu p_H 3,8 überhaupt keine Contractur erreicht werden. Erst von p_H 3 abwärts entwickeln sich regelmäßig starke Contracturen. In einigen Fällen konnte auch in alkalischen Lösungen bei p_H 9 bis p_H 10 eine geringe Alkalicontractur beobachtet werden, jedoch nicht konstant. In dem ganzen Bereich von p_H 3 bis p_H 7,5 ist gar keine Contractur zu erreichen. Versuche mit verdünnter HCl in physiologischer NaCl-Lösung gaben etwa dieselben Resultate, wie Lösungen von derselben p_H in Ringerlösung. Zur Erreichung einer Contractur bedarf es also einer $p_H = 3$.

¹⁾ Diese Zeitschr. **109**, 165. 1920.

Tabelle I.
Säurecontracturen.

Versuch	pH	Contractur mm	Bemerkung
V 84	1,4	50	
V 78	2,1	40	
B 55/3	2,0	28	
B 36/2	2,5	38	
B 38/2	2,5	38	
B 37	2,5	40	
B 35	2,5	51	
B 62	2,6	44	
B 58	2,6	40	
B 55/2	2,6	24	
V 86	2,61	7	
B 61	3,1	66	
B 36/2	3,8	4	Innerhalb d. Versuchsfehler.
V 96	4,1	0	
B 63/5	5,4	0	
V 82	6,1	0	
B 63/1	7,1	0	
63/4	7,1	0	
B 39	7,5	0	
V 93	7,67	0	
B 63	8,2	0	
B 46	8,5	0	
B 55	9,0	7	
V 85	9,4	0	
B 47	9,6	0	
V 87	10,0	14	
B 63/3	10,5	0	

Nach *Burridge*¹⁾ wurde eine maximale Contractur erreicht bei einer H-Ionenkonzentration von $1,5 \cdot 10^{-3}$ bei Anwendung von HCl, und bei Anwendung von Essigsäure bei einer H-Ionenkonzentration $3,2 \cdot 10^3$ n. Diese Werte entsprechen den hier gefundenen.

Nach *Schwenker* (l. c.) ist die H-Ionenkonzentration, bei der sie eben noch eine Contractur erzeugen können, davon abhängig, wie hoch sie in der Reihe der aliphatischen Reihe stehen, also mit ihrem Dissoziationsgrad verbunden.

An den durch die Säure in Contractur geratenen Muskeln wurden nun Dehnungskurven ausgeführt, die in den Kurven gestrichelt wiedergegeben sind. Als Beispiel ist Versuch V 78 und V 84 abgebildet (Abb. 3). Man sieht, daß die säurecontracturierten Muskeln sehr stark dehnbar sind.

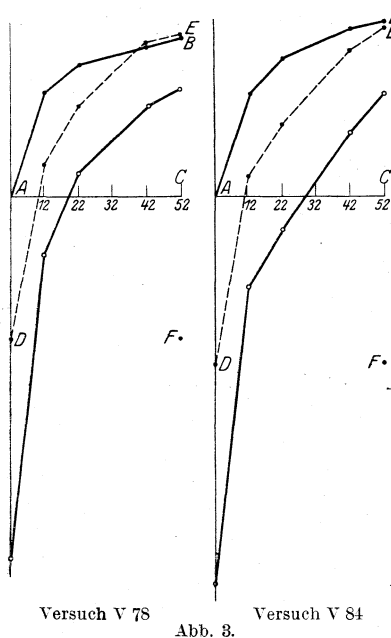
Wie aus den Dehnungskurven ersichtlich, ist ein mit 10 g belasteter Muskel in Säure ebenso lang wie ein unbelasteter. Etwa bei 30—40 gm sind die Muskeln in gewöhnlicher und in saurer Lösung ganz gleich lang. Als Maß für die Dehnbarkeit haben wir oben das Areal ABC beim normalen und EFG beim durch Säure verkürzten Muskel eingeführt. Wie

¹⁾ *Burridge*, Journ. of physiol. **41**, 285. 1910.

man sieht, ist dieses Areal beim Muskel in Säurecontractur bedeutend größer als beim normalen (in Ringerlösung von p_H 7,4). Die Dehnbarkeit ist also bedeutend größer. Das Verhältnis $EFG : ABC$ drückt das aus. Es zeigt eine etwa doppelt so große Dehnbarkeit an, wie am normalen Muskel. $EFG : ABC = 1,9$.

Wir finden also, daß die Säurecontractur mit *sehr geringer Spannung und großer Dehnbarkeit einhergeht*.

Es ist auch untersucht worden, wie groß der maximale Tetanus bei jeder zur Dehnung benutzten Belastung in gewöhnlicher Ringer-



lösung war (die mit $-o-o-o-$ bezeichneten Kurven). Man kann durch Säurecontractur bei keiner Belastung jene Verkürzungsgrade erreichen, wie sie bei natürlicher Kontraktion möglich sind. Hierzu wäre noch zu bemerken, daß nach den Angaben von *Burridge, Schwenker, Kopyloff, Mines* und *Dale*¹⁾ die stärksten Contracturen durch $\frac{n}{10}$ -HCl erreichbar sind. Selbst diese erreichen nach unseren Erfahrungen nicht die Verkürzungsgrade normaler tetanischer Kontraktionen. *Schwenker*, der auch die Größe der Contractur untersuchte, fand, daß die Säurecontractur diese erreichen kann. Wie wir nachträglich bemerken, erklärt sich das aus seiner Versuchsanordnung. Wenn er, wie

das meist geschah, während der Einwirkung der contracturerzeugenden Substanz die Muskeln tetanierte, so war die Contractur immer höher, als wenn er das nicht tat (S. 414). Wir reizten nicht dazwischen und haben deshalb auch nicht so hohe Contracturen erhalten. Eine genügende Erklärung für die contractursteigernde Wirkung von Kontraktionen liegt nicht vor.

Wenn man bedenkt, daß 1. im Muskel niemals so hohe Säuregrade entstehen, wie wir sie notwendig fanden, um eine Contractur zu verursachen ($p_H = 3$), daß 2. die Säurecontractur mit sehr geringer Spannung und 3. mit großer Dehnbarkeit einhergeht, so wird man zugeben müssen, daß diese Versuche durchaus nicht zugunsten der Säurequellungstheorie der Muskelkontraktion sprechen. Die Säure dringt, wie aus vielfachen Versuchen bekannt ist, sehr leicht in das Innere der Muskelfaser. Es

1) *Mines* und *Dale*, Journ. of physiol. **42**, 29. 1911.

kann also kein Zweifel darüber bestehen, daß sie auch in diesen Versuchen tatsächlich eingedrungen ist und auch jene Faserteilchen mit Säure durchtränkt sind, die nach der Säuretheorie der Muskelkontraktion durch die Säure quellen und die Verkürzung zur Folge haben. Trotzdem ist die Spannung und die Dehnbarkeit ganz anders als bei natürlicher Kontraktion.

Contractur durch Eiweißfällung.

Chloroform¹⁾. Abb. 4.

Ringerlösung wurde mit Chloroform geschüttelt und diese gesättigte Chloroformlösung zum Muskel gegossen. — Als Beispiel von 4 Versuchen diene Versuch b 24a. Die Contractur ohne Belastung (2 g) ist sehr groß.

Die Dehnbarkeit ist geringer oder ebenso groß wie beim normalen Muskel, denn es wurde bis zur Zerreißung der Muskelfasern (Versuch V 91) kein Gewicht gefunden, durch welches der Muskel auf seine normale Länge gedehnt wurde. So ist das Dehnungsareal in Versuch B 24 A normal 8,26, in Chloroformstarre 6,34, das Verhältnis $EFG : ABC = 6,34 : 8,26 = 0,8$. Die Größe der Contractur erreicht jene der maximalen tetanischen Kontraktion, wie das z. B. in Versuch V 91 zu sehen ist. Die Verkürzung des normalen Muskels beim Heben von Gewichten erreicht nie die Größe der Chloroformcontractur bei derselben Belastung. Die „Arbeitsleistung“ des Muskels in Chloroformstarre ist also größer als die des normalen Muskels.

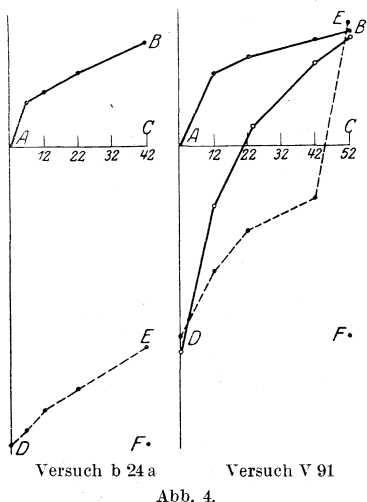


Abb. 4.

Bei einer Belastung oberhalb 40 g kann oft eine plötzliche Dehnung stattfinden. Diese dürfte die Folge einer Zerreißung von Fibrillen sein. Sie tritt in den Kurven als ein Knick auf. Sie ist also nicht ein Ausdruck der zunehmenden Dehnbarkeit des Muskels, sondern nur ein Beweis geringerer *Festigkeit* des chloroformstarrten Muskels.

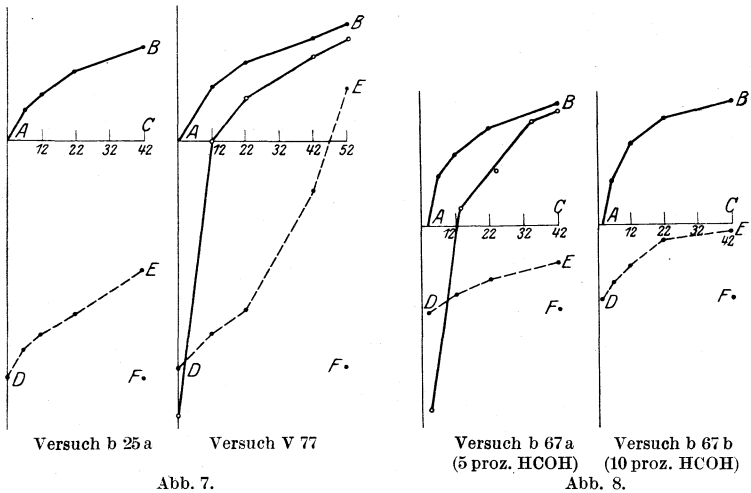
In solchen Fällen kann man die Dehnbarkeitskurven des normalen und contracturierten Muskels nur bis zur Knickung vergleichen. Auch das Dehnbarkeitsareal ist nur soweit berechenbar.

¹⁾ Es werden immer nur Versuchsbeispiele von zahlreichen gleichen Versuchen angeführt.

Die *Dehnbarkeit* ist also auch hier geringer als in Ringerlösung. Die *Festigkeit* des Muskels ist auch hier vermindert, wie z. B. aus Versuch V 77 hervorgeht, in welchem die Dehnungskurve als Folge einer Zerreißung der Fasern einen Knick nach oben zeigt. — Die Länge des contracturierten Muskels bei Belastung war außer bei geringster Belastung immer größer als bei tetanischer Kontraktion, die scheinbare Arbeitsleistung des contracturierten Muskels also größer.

Formaldehyd. Abb. 8.

Gibt in 5 proz. Lösung Contractur, die nicht die Größe der maximalen tetanischen Kontraktion erreicht. Die Dehnbarkeit ist vermindert.



Es wurde kein Gewicht gefunden, mit welchem der Muskel auf seine ursprüngliche Länge verlängert worden wäre. Der contracturierte Muskel ist bei jeder Belastung (über 2 g) immer länger als bei tetanischer Kontraktion mit derselben Belastung. — Die scheinbare Arbeitsleistung bei Contractur ist also größer als die wirkliche Arbeit beim Tetanus.

Anilin. Abb. 9.

1 proz. Lösungen machen sehr bedeutende, fast maximale *Contracturen*.

Die Dehnbarkeit ist etwas größer als beim normalen Muskel. Die Areale betragen in Versuch B 27 $12,2 : 8,2 = 1,5$, in Versuch V 95 $= 20,4 : 15,1 = 1,3$. Auffallend ist die langsame Nachdehnung. Der Muskel wird nicht sogleich, sondern erst nach und nach verlängert. Das Anilin wirkt also nicht ganz so, wie die typischen eiweißfällenden Contracturerreger. Trotzdem ist die Länge des contracturierten Muskels

bei Belastung immer größer als bei entsprechender tetanischer Kontraktion, die Arbeitsleistung bei Contractur also größer.

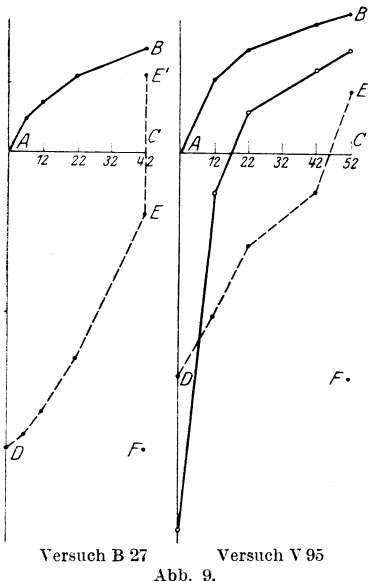
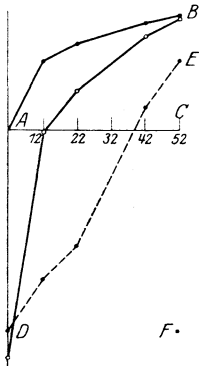


Abb. 9.

Gegenteil von dem, was bei der Säurecontractur beobachtet wurde.

Man könnte den Wert *Gewicht · Verkürzung* der Muskelfaser bei der Contractur als „scheinbare Arbeitsleistung“ bezeichnen. Nach diesen Befunden wäre *dieser Wert bei dem säurecontracturierten Muskel kleiner, bei dem chemischcontracturierten größer als die normale Arbeitsleistung*. Die Arbeitskurve des normalen Muskels liegt bei Säurecontractur unterhalb der Dehnungskurve (= Kurve der scheinbaren Arbeitsleistung in der Contractur); bei chemischer Contractur dagegen oberhalb dieser.

Versuch V 79
Abb. 10.

Konzentrierte NaCl-Lösung. Abb. 10.

Ihre Wirkung kann wohl im wesentlichen als die Folge von Wasserentziehung aus dem Muskel aufgefaßt werden. Es entsteht eine starke, maximalen Reizen an Größe entsprechende Contractur.

Die *Dehnbarkeit* ist geringer als bei Säurecontractur, jedoch größer als bei Contractur durch Eiweißfällung. Die Dehnbarkeitsareale waren z. B. in Versuch V 79 $EFG : ABC = 19,3 : 12,2 = 1,6$. Erst durch 38 g kann der Muskel auf die ursprüngliche Länge gedehnt

¹⁾ Die Größe und der zeitliche Ablauf der Contracturen bei den Alkoholen, Chloroform usw. ist bei *Schwenker* beschrieben.

Allen diesen eiweißfällenden Substanzen ist also gemeinsam, daß sie *starke Contracturen* verursachen [am wenigsten Äthylalkohol und Formaldehyd¹⁾]. Diese kann die Größe eines maximalen Tetanus erreichen. Sie geht mit *geringer Dehnbarkeit* einher, so daß der Muskel durch kein Gewicht auf seine Anfangslänge gedehnt werden kann. Hierin unterscheidet sich die Contractur durch Eiweißfällung sehr wesentlich von der Säurecontractur. Diese Eigenschaft des chemisch contracturierten Muskels bringt es mit sich, daß die contracturierten Muskeln bei Belastung immer länger sind als bei tetanischer Contraction mit demselben Gewicht. Diese Eigenschaft ist gerade das

werden, aber selbst bei der größten Belastung erreicht er nicht die entsprechende Länge wie in Ringerlösung. Bei jeder Belastung (außer der geringsten) ist der contracturierte Muskel länger als der mit derselben Belastung tetanisch kontraktierte. — Die „scheinbare Arbeitsleistung“ bei der Contractur ist also größer.

Glycerin. Abb. 11.

Wirkt auch im wesentlichen durch Wasserentziehung. Eine 15 proz. Glycerinlösung machte eine geringe Contractur, auch 50 proz. Glycerin gab nur eine Contractur, die bedeutend kleiner war wie durch maximalen Tetanus erreicht werden kann. Die Dehnbarkeit des Muskels ist nur wenig anders als die der normalen, mit keinem Gewicht aber könnte erreicht werden, daß der Muskel auf dieselbe Länge gebracht wird wie in Ringerlösung.

Die Dehnbarkeitsareale waren in Versuch V 97 $EFG : ABC = 8,3 : 9,1 = 0,8$, in Versuch B 33 $EFG : ABC = 13,7 : 10,6 = 1,3$.

Nebenbei sei noch erwähnt, daß die Contractur durch Wasserentziehung durch Glycerin bedeutend verstärkt wird, wenn man nachträglich noch eine eiweißfällende Substanz verwendet, z. B. Chloroform oder Amylalkohol.

Wie aus Versuch V 97 hervorgeht, ist außer bei den geringsten Belastungen der Muskel bei tetanischer Kontraktion immer länger als bei entsprechender Dehnung durch das Gewicht am contracturierten Muskel.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß durch Wasserverschiebung bedeutende Contracturen eintreten können, die allerdings nicht die Größe erreichen wie bei manchen Contracturen durch Eiweißfällung. Die Dehnbarkeit ist hier kaum größer als beim normalen. Die Verhältnisse sind also ähnlich jenen bei Eiweißfällung. Die „scheinbare Arbeitsleistung“ ist größer als die Arbeitsleistung beim Tetanus.

Destilliertes Wasser (Abb. 12).

macht ganz geringe Contracturen. Die *Dehnbarkeit* ist etwas größer als normal. Versuch V 83 diene als Beispiel. Die Dehnbarkeitsareale sind $EFG : ABC = 12,3 : 9,4 = 1,3$.

Die Verkürzung des Muskels bei tetanischer Kontraktion war immer größer, als wenn der contracturierte Muskel das Gewicht hielt.

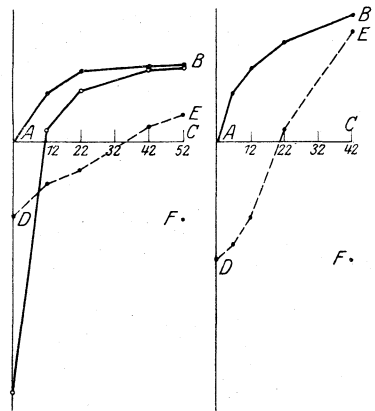


Abb. 11.

Andere Contracturformen. Abb. 13.

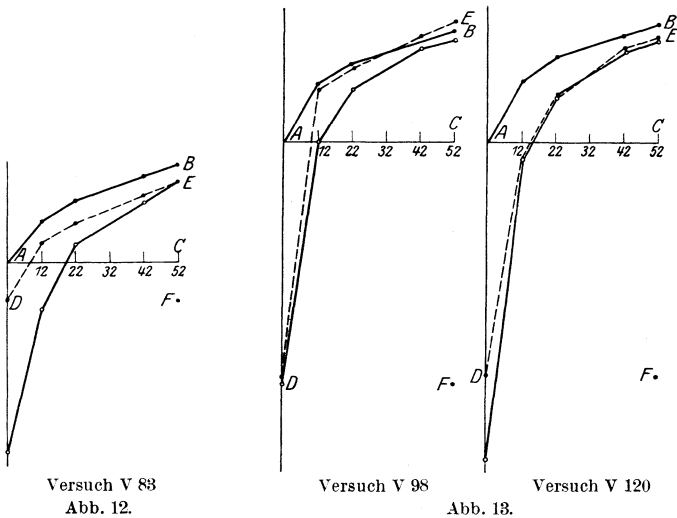
Von anderen Contracturformen haben wir jene durch NH_4OH und die sogenannte Wärmecontractur untersucht. Keine von beiden kann direkt in die vorigen Gruppen eingeteilt werden.

Ammoniak.

Die Contractur durch NH_4OH ist von *Bernstein*¹⁾ genau studiert und beschrieben worden und auf Grund dieser Beobachtungen hat *Bernstein* eine Auffassung der Contractur und Kontraktion entwickelt, die den modernsten Anschauungen sehr ähnlich ist.

Die *Contractur* war in allen 4 Versuchen sehr *bedeutend* und erreichte die Größe der maximalen Kontraktion bei elektrischer Reizung.

Wie aus den Dehnungskurven hervorgeht, ist die Dehnbarkeit der Muskeln sehr groß. Eine Belastung von 8–12 g dehnt den Muskel auf seine normale Länge. Die Dehnbarkeitskurven sind vollkommen



ähnlich jenen bei Säurecontractur. Die *Dehnbarkeit* ist sehr bedeutend vergrößert, wie das aus den Dehnbarkeitsarealen hervorgeht. In den beiden abgebildeten Versuchen war $\text{DEF} : \text{ABC} = 44,3 : 11,5 = 3,9$ bzw. $\text{DEF} : \text{ABC} = 38,6 : 12,0 = 3,2$.

Ebenso wie bei der Säurecontractur, so ist auch hier die Verkürzung des Muskels durch tetanische Kontraktion größer als die Verkürzung durch Zug des Gewichts am contracturierten Muskel, die „scheinbare Arbeitsleistung“ bei Contractur also geringer!

Die ganze Form der Contractur erinnert durchaus an die Säurecontracturen, als welche auch *Bernstein* diese Contractur aufgefaßt hat.

¹⁾ *Bernstein*, zit. nach *Fürth*, S. 468 (7).

Wärmecontractur. Abb. 14.

Die Versuche wurden so ausgeführt, daß der Muskel in warme Ringerlösung getaucht wurde bzw. solche in das Gefäß mit dem Muskel gegossen wurde. Die Lösung kühlte hier ziemlich rasch ab. Je nach der Temperatur, die angewendet wurde, erhielten wir verschiedene Resultate. Immer war die *Contractur sehr groß*, etwa entsprechend dem maximalen Tetanus ohne Belastung. Bei geringerer Erwärmung (Versuch 102 bei 45°C) war die Dehnbarkeit groß. Der Muskel konnte durch etwa 10 g auf seine ursprüngliche Länge gebracht werden; bei stärkerer Erwärmung (Versuch B 23 b, 53°C) war die Dehnbarkeit viel geringer und erst 32 g konnten die Verlängerung verhindern.

In ersterem Fall hatte die Dehnbarkeitskurve dieselbe Form wie bei Säurecontractur, in letzterem näherte sie sich eher der Dehnbarkeitskurve von durch Eiweißfällung erstarrten Muskeln. Die Dehnungsareale waren in ersterem Falle $45,7 : 10,7 = 4,3$, im zweiten $18,2 : 9,0 = 2,0$.

In dem ersteren Versuch ist auch gezeigt, daß die Verkürzung durch tetanische Kontraktion bei diesem (besonders kräftigen) Muskel immer größer war als die Länge des contracturierten Muskels bei entsprechender Belastung.

Diese beiden Formen der Wärmecontractur mit geringer und größerer Dehnbarkeit erkläre ich mir so, daß durch den geringeren Temperaturreiz eine plötzliche Säurebildung und dadurch Totenstarre eingetreten ist. — Dagegen hat die höhere Temperatur eine mehr oder weniger vollkommene Eiweißgerinnung zur Folge gehabt, so daß die Spannung und Dehnbarkeit ebenso verlief wie in Versuchen mit Eiweißfällung.

Wir fassen sowohl die Contractur durch geringe Erwärmungen, als auch die Contractur durch NH_4OH als eine mit großer Milchsäurebildung einhergehende *plötzliche Totenstarre* auf. Wie weiter unten gezeigt wird, verläuft die Spannung und Dehnbarkeit bei dieser ganz ähnlich wie eine Säurecontractur, jedoch sehr verschieden von der Kontraktion, die mit großer Spannung einhergeht. Es können diese Contracturen wohl mit Recht so aufgefaßt werden, daß dabei plötzlich der Muskel abgetötet wird (er bleibt auch unerregbar), dabei entwickelt sich Milchsäure in großen Mengen und auch eine Contractur bzw. Totenstarre. Die Spannung und Dehnbarkeitsverhältnisse entsprechen jenen der Totenstarre

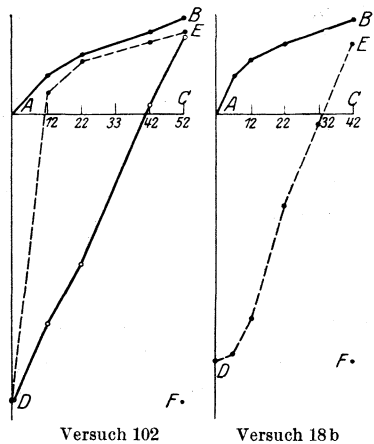


Abb. 14.

einerseits, der Säurecontractur andererseits. Demgegenüber ist die Contractur durch hohe Temperaturen einfach eine Eiweißfällungscontractur mit relativ geringer Dehnbarkeit.

Auch nach *Gottschlich*¹⁾ ist die Dehnbarkeit wärmestarrer Muskeln vermindert. Die Verkürzung der Wärmestarre läßt sich nur bei geringer Belastung beobachten. 16—20 g/qmm verhindert die Verkürzung vollständig. Dasselbe fanden auch *Brodie* und *Richardson*²⁾ und *Fick*³⁾ konstatierte aus demselben Grunde die sehr geringe Arbeitsleistung des wärmestarren Muskels.

Diskussion der Versuchsergebnisse.

Wir haben die verschiedenen Contracturformen in 4 Gruppen eingeteilt. Die erste Gruppe wird durch die Säurecontractur gebildet; in die zweite Gruppe gehören die durch Eiweißfällung, in die dritte die durch Wasserentziehung bzw. osmotisch bedingten Contracturen und endlich in die vierte Gruppe jene, deren Zustandekommen wahrscheinlich als Säurecontractur aufgefaßt werden darf.

Bei Anwendung aller dieser Substanzen wurde gezeigt, daß am *M. sartorius* von *R. esculenta* an fast gewichtlosem *isotonischem Hebel* befestigt (bzw. nur mit 2 g belastet, was eben genügte, um den Faden zu spannen) sehr bedeutende Contracturen zustande kommen.

Die Größe dieser Contracturen ohne Belastung ist bei den eiweißfällenden Substanzen, besonders Chloroform und Amylalkohol, so groß wie die maximale Verkürzung beim Tetanus (weniger bei Methylalkohol und Anilin, noch weniger bei Äthylalkohol).

Bei Contractur durch Wasserentziehung in konzentrierter NaCl-Lösung war die Contractur auch so groß wie der maximale Tetanus; viel weniger bei Glycerin.

Dagegen wurde mit Säurecontractur keine so große Contractur erreicht, wie sie bei maximalem Tetanus möglich ist.

Endlich haben die eine besondere Besprechung verlangenden Contracturen durch NH₄OH und Wärme ebenso große Contracturen verursacht, wie ohne Belastung mit maximalem Tetanus erreichbar ist.

Untersucht man jedoch die Größe der Contractur dieser Substanzen am *isometrischem Hebel*, mißt man also die bei der Contractur sich entwickelnde *Spannung*, so findet man, daß insbesondere die Säurecontractur nicht zustande kommt bzw. keine oder nur ganz minimale Spannung entwickelt wird. Die Spannung ist, wie man sich aus den Kalibrierungskurven des Spannungshebels überzeugen kann, geringer als 5 g.

Dagegen gab mehr oder weniger starke Spannung Chloroform und andere eiweißfällend wirkende Substanzen, während nur geringe bzw. keine Spannung entwickelt wurde durch die Contractur durch Wasserentziehung (Glycerin, konz. NaCl). Es läßt sich also in Übereinstimmung mit *Schwenker* sagen, daß bei Säurecontractur nur sehr geringe, fast keine Spannung entwickelt wird, während ohne Belastung große Contracturen zustande kommen. Bei Eiweißfällungscontractur dagegen ist die Spannung nach unseren Befunden groß.

Die *Dehnbarkeit* der Muskeln zeigt charakteristische Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen. Dehnungskurven wurden so gewonnen, daß der Muskel mit verschiedenen Gewichten belastet wurde, und bei jeder Belastung seine Länge

1) Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **54**, 123. 1893, zit. in Nagels Handb. Bd. IV, S. 432.

2) Journ. of physiol. **21**, 365. 1897.

3) Zit. nach Nagels Handb. Bd. IV, S. 432.

registriert und in ein Koordinatensystem eingetragen wurde. Als willkürlicher Wert der Dehnbarkeit wurde die durch die Dehnungskurve und die Koordinaten des höchsten Punktes begrenzte Fläche benützt. Wenn dieser Wert größer ist, so ist auch die Dehnbarkeit vergrößert.

Wir fanden, daß bei der *Säurecontractur* die Dehnbarkeit sehr stark vergrößert ist, so daß es gelingt, schon mit geringen Gewichten, etwa 10 g, den Muskel auf seine normale Länge zu dehnen. Bei etwas größeren Gewichten ist die Länge des säurecontracturierten Muskels dieselbe wie die des normalen bei derselben Belastung.

Die Dehnungskurven von Muskeln, die durch *Eiweißfällung* contracturiert waren, sehen ganz anders aus. Als Typus dient Chloroform; ähnlich wirken die Alkohole und Anilin. Die Dehnungskurven liegen fast ganz unter der Ordinate, d. h. daß es mit keinerlei Belastung gelingt, den Muskel auf die Länge des normalen Muskels zu dehnen. — Es drückt sich das darin aus, daß die Dehnbarkeitsareale hier kleiner, gleich groß oder nur unwesentlich größer sind als beim normalen Muskel. Das Verhältnis der beiden ist bei den Säurecontracturen um 2, bei den Eiweißfällungscontracturen um 1 (0,4—1,5).

Contracturen durch *Wasserentziehung* bilden ein Zwischenglied zwischen Eiweißfällungscontractur und Säurecontractur. Mit sehr großen Gewichten (50 g) gelingt es, den Muskel beinahe auf dieselbe Länge zu bringen wie der normale Muskel bei dieser Belastung.

Die Dehnbarkeit des Muskels in Ammoniakcontractur und Wärmecontractur verhielt sich ähnlich wie bei Säurecontractur. Bei stärkerer Erwärmung eher so wie bei Eiweißfällung.

Endlich wurde die *scheinbare Arbeitsleistung der contracturierten* Muskeln mit der wirklichen Arbeitsleistung der Muskeln verglichen: Wir bestimmten mit jedem Gewicht, das zur Dehnung des Muskels benutzt wurde, die Größe der Kontraktion des normalen Muskels bei maximaler tetanischer Reizung. Die Verkürzung der Muskeln —○—○—○—○— ist in dasselbe Koordinatensystem eingetragen, in welchem die Dehnungskurve des normalen —●—●—●—●— und des contracturierten ———●———●———●——— Muskels abgebildet ist. Die Arbeit läßt sich aus unseren Kurven als Gewicht \times Verkürzung der Muskelfaser bestimmen. Die Verkürzung der Fasern ist die Entfernung des Punktes bei Kontraktion von jenem, der die Länge des normalen ruhenden Muskels bei derselben Belastung angibt.

Ebenso läßt sich die „scheinbare Arbeitsleistung“ des contracturierten Muskels bestimmen. Dieser leistet natürlich nur scheinbar Arbeit, wenn er konstant verkürzt ein Gewicht hält. Die scheinbare Arbeitsleistung läßt sich also aus den Kurven bestimmen, wenn man jedes Gewicht mit der durch die Contractur entstandenen Verkürzung multipliziert.

Wenn man nun die „Arbeitsleistung“ bei natürlicher Kontraktion mit der „scheinbaren Arbeitsleistung“ bei Contractur und Belastung mit demselben Gewicht vergleicht, so wird dieser Wert um so größer sein, je größer die Verkürzung der Muskelfasern bei ein und demselben Gewicht ist. Aus unseren Kurven läßt sich deshalb das folgende ablesen:

Bei Säurecontractur ist die „scheinbare Arbeitsleistung“ viel geringer als die natürliche Arbeitsleistung. Die große Dehnbarkeit des durch Säure contracturierten Muskels bringt es mit sich, daß seine Länge größer ist als die bei Belastung und tetanischer Kontraktion. *Die Dehnungskurve des durch Säure contracturierten Muskels liegt über der Kontraktionskurve.*

Umgekehrt ist das Verhalten des Muskels bei Contractur durch Eiweißfällung (z. B. Chloroform, Methyl, Amylalkohol, Anilin). Hier ist die Verkürzung beim Heben eines Gewichtes bei tetanischer Kontraktion geringer als die Verkürzung des contracturierten Muskels bei derselben Belastung. Die scheinbare Arbeitsleistung ist also größer als die Arbeitsleistung beim Tetanus. In den Kurven

äußert sich das darin, daß die *Dehnungskurve des durch Eiweißfällung contracturierten Muskels unter der Kontraktionskurve liegt*.

Bei Contracturen durch Wasserentziehung ist die scheinbare Arbeitsleistung auch größer als die wirkliche Arbeitsleistung.

In den beiden letzteren Fällen ist die Ursache der größeren „scheinbaren Arbeitsleistung“ der contracturierten Muskeln die größere Spannung der Muskelfasern sowie ihre geringere Dehnbarkeit, und umgekehrt ist die Ursache für die verminderte scheinbare Arbeitsleistung der säurecontracturierten Muskeln ihre geringe Spannung und vergrößerte Dehnbarkeit.

Bei Contractur durch Ammoniak sowie durch 45° Ringerlösung war die „scheinbare Arbeitsleistung“ geringer als die Arbeit der Kontraktion. Die Dehnungskurven der contracturierten Muskeln liegen über den Kontraktionskurven, ebenso wie bei der Säurecontractur.

Wir haben diese Untersuchungen deshalb ausgeführt, um Anhaltspunkte dafür zu bekommen, ob das Verhalten von durch Säure contracturierten Muskeln die Annahme stützt, daß die bei der Kontraktion gebildete Säure bzw. die durch sie entstehende Quellung die Ursache der Kontraktion ist.

Wir fanden jedoch, daß 1. die bei Säurequellung gebildete Spannung so gering ist, daß sie sich vollkommen von der mit großer Spannung einhergehenden Kontraktion unterscheidet und 2., daß die Dehnbarkeit der durch Säure contracturierten Muskeln sehr groß ist, wodurch 3. ihre „scheinbare Arbeitsleistung“ geringer ist als die Arbeitsleistung normaler Muskeln.

Unsere Resultate zeigen also einen großen Unterschied zwischen Säurecontractur und natürlicher Kontraktion und sprechen nicht zugunsten der Säurequellungstheorie¹⁾. Es kann nicht bezweifelt werden, daß die Säure tatsächlich in die Muskelfaser eingedrungen ist. Alle daraufhin z. B. auch von *Schwenker* mit Indicatoren ausgeführten Versuche haben das erwiesen. Der Einwand kann noch gemacht werden, daß die Anordnung der quellenden Teile im Muskel eine irgendwie so spezifisch eigenartige wäre, daß die Quellung bei normaler Kontraktion mit anderen physikalisch-chemischen Erscheinungen einherginge, als wenn die Säure von außen eindringt. Es dürfte schwierig sein, dies näher zu begründen.

Die durch Eiweißfällung in den Muskelfasern bedingten Zustandsänderungen stehen insofern näher zur natürlichen Kontraktion als dabei die Spannung vergrößert und die Dehnbarkeit nicht vergrößert, sondern eher vermindert wird und die „scheinbare Arbeitsleistung“ auch größer ist. Es scheint also Wasserentziehung und Eiweißfällung in dieser Beziehung noch geeigneter zu sein als die Säurequellung, um als Erklärung der Arbeitsleistung zu dienen.

Dagegen hat die Verkürzung der Muskeln in der *Totenstarre* weitgehende Ähnlichkeit mit der Säurecontractur.

*Baumann*²⁾ hat bei *Grützner* gezeigt, daß die Totenstarre mit sehr geringer Spannung einhergeht. „Für mittelstarke Froschmuskeln liegen die Werte, die die Totenstarrewirkung hemmen können, bei 5—10 qmm, abgesehen vom Gastrocnemius, der stärker ist.“ Das sind Belastungen, mit welchen auch die Säurecontractur verhindert werden kann. Wir glauben, daß es wohl möglich ist, daß die Totenstarre eine Säurecontractur ist, bei welcher durch die entstehende Milchsäure die Fasern quellen. Ebenso dürfte auch die durch gelindes Erwärmen entstehende Contractur einfach als Totenstarre aufgefaßt werden, bei welcher auch durch die nachweislich entstehende Milchsäure Quellung zustande kommt. Auch für die merkwürdige Contractur durch NH_4OH dürfte dasselbe gelten. Möglicher-

1) S. hierzu auch: *Verzár*. Arch. Néerland. 1922.

2) Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **117**, 167. 1917.

weise entsteht dabei eine plötzliche Abtötung mit großer Säurebildung, deren Folge die Contractur (Totenstarre) ist. Die Dehnbarkeit ist auch hier ganz ähnlich wie bei Säurecontractur oder Totenstarre¹).

Zusammenfassung.

Säurecontractur verläuft im Gegensatz zur natürlichen Kontraktion mit sehr geringer Spannung, während bei Contractur durch Eiweiß-fällung bedeutende Spannung entsteht.

Die Dehnbarkeit des Muskels ist gegenüber der normalen, bei Säurecontractur vergrößert, bei den anderen Contracturformen eher vermindert.

Die scheinbare Arbeitsleistung bei Säurecontractur ist geringer, jene bei Eiweißfällungscontractur oder Wasserentziehung größer, als die maximale natürliche Arbeitsleistung.

Die Totenstarre hat gewisse Ähnlichkeit mit der Säurecontractur, dagegen zeigt die Kontraktion des quergestreiften Muskels, wie die vorstehenden Resultate zeigen, sehr wesentliche Unterschiede gegenüber der Säurequellung.

¹) Die von *Bernstein* beschriebene Abnahme der Contractur dürfte darauf beruhen, daß die gebildete Milchsäure nach und nach durch das H_4NOH neutralisiert wird.

1419-1367

	Seite
Rakusin, M. A. und Tatjana Gönke. Beiträge zur Kenntnis der negativen Adsorption. II. Mitteilung. Berechnung der Menge des aufgenommenen Lösungsmittels	82
Salkowski, E. Ein Beitrag zur Frage nach der chemischen Natur der Toxine und Antitoxine	84
Ogata, Daizo. Kann die avitaminöse Wachstumsstörung durch chemisch definierte Substanzen beeinflußt werden?	89
Zwaardemaker, H. Die K-Ca-Äquilibrierung in tierischen Systemen	95
Éderer, Stefan. Die Wirkung des künstlichen Lichtes auf die alveolare Kohlensäurespannung	103
Lindberg, Ernst. Über Gärungsaktivatoren	110
Wrzesnewski, A. N. Untersuchung der Pentaglykose eines neuen Falles von Pentosurie	135
Bornstein, A. und Kurt Holm. Über den Mechanismus der Parasympathicusglykämie	138
Scheminzky, Ferd. Über die verschiedene Empfindlichkeit der Forelleneier während ihrer Entwicklung dem elektrischen Strom gegenüber	154
Fürth, Otto und Fritz Lieben. Weitere Untersuchungen über Milchsäurezerstörung durch Hefe	165
Lieben, Fritz. Über das Verhalten von einigen Aminosäuren gegenüber sauerstoffgelüfteter Hefe	180
Ausenda, Camillo. Über die Carbaminoreaktion der Bluteiweißkörper und ihre angebliche Bedeutung für den Kohlensäuretransport im Blute	188
Bokorny, Th. Hippursäure und Harnstoff als Nährsubstanzen für Pflanzen	197
Kickinger, Heinrich. Der Abbau von Citronensäure der Kuhmilch durch einige Bakterien	210
Endres, Gustav. Über Gesetzmäßigkeiten in der Beziehung zwischen der wahren Harnreaktion und der alveolaren CO ₂ -Spannung . .	220
Pincussen, Ludwig. Analytische Mitteilungen III	242
Wirth, O. Über die biologische Wirkung von Lymphdrüsenextrakt auf Organe glatter Muskulatur, auf das Herz und den Blutdruck	245
Karczag, L. Studien über Oxydationskatalysen. III. Mitteilung. .	270
Karczag, L. und F. Sternberg. Studien an Blutzellen. I. Mitteilung. Über die Säurebehandlung der Blutzellen	279
Karczag, L. und F. Sternberg. Studien an Blutzellen. II. Mitteilung. Über das Verhalten der Blutzellen gegen Wasserstoffsperoxyd	284
Karczag, L., F. Sternberg und J. Halmi. Studien an Blutzellen. III. Mitteilung. Über die Anwendung der katalytischen Oxydationsmethode auf mikroskopischem Gebiete	288
Sammartino, Ubaldo. Über einen neuen Extraktivstoff aus der Thyreoidea	293
Schaal, Hans. Schilddrüse und Flüssigkeitsaustausch. Beobachtungen hierzu bei intravenösen Kochsalzfusionen und Wassergaben per os bei Kaninchen vor und nach Entfernung der Schilddrüse . . .	295
Rohonyi, H. Nachtrag zu der Arbeit: Die Entstehung elektrischer Ströme in lebenden Geweben	309

KLINISCHE WOCHENSCHRIFT

INHALT DES 36. HEFTES

Ausgegeben am 2. September 1922

- H. Opitz**, Zur Pathogenese der Anämien im Kindesalter.
F. Kraus und **S. G. Zondek**, Über die Durchdringungsspannung.
H. Freund, Untersuchungen über einen Fall von gleichzeitig bestehendem Diabetes mellitus und insipidus.
H. Abels, Über die Wichtigkeit der Vitamine für die Entwicklung des menschlichen fötalen und mütterlichen Organismus.
A. Adler, Kritische Bemerkungen zur Anwendung der Schlegelerschen Urobilin-Reaktion für klinische Zwecke.
A. Eckert, Erfolgreiche Behandlung der menschlichen Aktinomykose mit Yatron.
W. Scholtz und **Richter**, Die Behandlung der akuten Gonorrhöe mit intravenösen Traubenzuckerinjektionen.

- Fürbringer**, Schnellmessung der Körpertemperatur im Ham.
K. Bornstein, Die Ernährung bei geistiger Arbeit.
O. Kestner, Die Bedeutung des Fleisches für die Ernährung.
N. A. Bolt und **P. A. Heeres**, Der Einfluß der Milz auf die roten Blutkörperchen. I.
H. Eisenstädt, Zur Frage der Theorie und praktischen Brauchbarkeit von Widals hämoklastischer Krise.
L. Frigýér, Ein Fall von cerebellarer Encephalitis.
H. A. Dietrich, Die Behandlung fieberhafter Aborte.
L. Teleyk, Feststellung und Überwachung gewerblicher Erkrankungen in Preußen.
 EINZELREFERATE UND BUCH-BESPRECHUNGEN. VERHANDLUNGEN ÄRZTLICHER GESELLSCHAFTEN. NEUE SPEZIALITÄTEN (einschl. Nährpräparate und Geheimmittel). TAGESGESCHICHTE. AMTLICHE NACHRICHTEN.

INHALT DES 37. HEFTES

Ausgegeben am 9. September 1922

- W. Spielmeyer**, Histopathologische Forschung in der Psychiatrie.
E. Frank, M. Nothmann und **H. Hirsch-Kauffmann**, Dreifache motorische Innervation der quergestreiften Muskulatur.
H. Braun und **C. E. Cahn-Bronner**, Über den Verdunstungsstoffwechsel pathogener Bakterien.
J. Husler, Zur Frage der Impetigonephritis.
M. v. Babarczy, Die Veränderungen des Cholesteringehaltes im Blute bei Cholelithiasiskranken.
K. Herzberg, Bakteriologische und physiologisch-chemische Untersuchungen mit o-Oxyjodsulfon-Benzolpyridin (Yatron).
W. Storm, van Leeuwen und **H. Varekamp**, Über die Tuberkulin-Behandlung des Asthma bronchiale.
E. Gohrbandt, Wann sollen Kinderhernien operiert werden?
K. Stettner, Zur Tiefentherapie des Magencarcinoms.
J. Volkmann, Über das sogenannte Skapularkrachen.

- M. Samuel**, Gefahren bei Anwendung der Hypophysenpräparate.
R. Kaufmann und **C. J. Rothberger**, Über einfache zahlenmäßige Beziehungen zwischen Normal- und Extrareizrythmus bei atrioventrikulären und ventrikulären Extrasystolen.
A. Mahner, Über den Einfluß der Röntgenbestrahlung auf das Kohlensäurebindungsvermögen des Blutes.
H. Kahn und **P. Potthoff**, Über die Wirkung von Organen mit innerer Sekretion auf Kaulquappen.
E. Mertens, Periarthritis nodosa mit Massenblutung ins Nierenlager.
E. Sachs, Über die Behandlung einiger Anomalien der austreibenden Kräfte.
H. Ulrich, Das neue Preußische Tuberkulosegesetz.
 EINZELREFERATE UND BUCH-BESPRECHUNGEN. VERHANDLUNGEN ÄRZTLICHER GESELLSCHAFTEN. WILHELM VON LEUBE †. TAGESGESCHICHTE. AMTLICHE NACHRICHTEN.

INHALT DES 38. HEFTES

Ausgegeben am 16. September 1922

- W. His**, Zur Hundertjahrfeier der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte.
Perthes, Wiederherstellung im Bereiche der peripheren Nerven.
H. Hoffmann, Die Vererbung in der Psychiatrie.
R. Ohm, Der Herzkrampf, sein Nachweis und Vorkommen, sein Wesen und seine klinische Bedeutung.
L. Lichtwitz, Drei Fälle von Simmondscher Krankheit.
R. Meyer-Bisch, Wasserhaushalt und Blutveränderung bei Tuberkulose.
Br. Bloch, Die Behandlung der Syphilis mit Bismutpräparaten.
H. Klöse und **A. Hellwig**, Über Kropfrezidive.
G. Pietrkowski, Das Krause-Trocknungsverfahren zur Herstellung brauchbarer Arzneimittelformen.
F. Gudzent und **W. Lueg**, Digitalis-Kaltextrakt in Trockenform.
Er. Schiff und **H. Eliasberg**, Beobachtungen über den Icterus simplex (cath.) bei Kindern.
P. Hofer und **A. Kohlrausch**, Elektrokardiographische Untersuchungen über die Beziehungen des vegetativen Nervensystems zum anaphylaktischen Schock.

- A. Fröhlich** und **K. Paschkis**, Die Bedingungen des Flimmerns der Herzkammern.
O. Platz, Über die Wirkung des Adrenalins.
H. F. O. Haberland, Doppelseitige Muskelnekrose (M. glut. maximus) im Verlaufe einer Appendicitis.
H. Guggenheimer, Kausale und symptomatische Behandlung der Wassersucht.
E. Gotschlich, Über Seuchenforschung und Seuchenbekämpfung im letzten Jahrhundert.
G. Honigmann, Der ärztliche Stand und seine Entwicklung in Deutschland im vergangenen Jahrhundert.
K. Meier, Veränderungen des Säure-Basengleichgewichts des Blutes.
 EINZELREFERATE UND BUCH-BESPRECHUNGEN. VERHANDLUNGEN ÄRZTLICHER GESELLSCHAFTEN. DIAGNOSTISCHE UND THERAPEUTISCHE NOTIZEN. NEUE SPEZIALITÄTEN. FRAGEN UND AUSKUNFTEN. TAGESGESCHICHTE. AMTLICHE NACHRICHTEN.

Die „Klinische Wochenschrift“ erscheint am Sonnabend jeder Woche und kostet im In- und Ausland M. 400.— vierteljährlich. Sie ist durch die Postämter Deutschlands, Deutsch-Österreichs, Ungarns und der Tschecho-Slowakei, durch alle Buchhandlungen sowie direkt von der Verlagsbuchhandlung Julius Springer in Berlin W 9 zu beziehen. Bei Kreuzbandbezug treten zu dem Bezugspreise die Portokosten.

Probehefte stehen kostenlos zur Verfügung!