

sehen Verfahrens an 21 complicirten Frakturen der Extremitäten erzielte. Von zwei Fällen, die aus andern Ursachen zu Grunde gingen, abgesehen, gelang es sämtlichen Patienten nicht nur das Leben, sondern auch eine gute Gebrauchsfähigkeit der frakturirten Extremität zu erhalten.

Indem wir unsre Mittheilungen beschließen, bedauern wir nur, dass der enge Rahmen eines Referats es uns nicht gestattet hat, auf manche Einzelheiten näher einzugehen. Dass die Beiträge zur Biologie eine Fülle interessanter und wichtiger Tatsachen bieten, das, hoffen wir, geht auch aus diesen wenigen Zeilen hervor. Wir können dem Werk nichts Besseres zur Empfehlung sagen, als dass es des Mannes würdig ist, den es ehren soll. **H. R.**

Der chemische Bau der Muskelsubstanz.

Für die mit dem Namen Kontraktilität bezeichnete Fähigkeit gewisser tierischer und pflanzlicher Gebilde, infolge eines Reizes sich zusammenzuziehen und nach Aufhören des Reizes zu der frühern Form zurückzukehren, ist trotz aller Bemühungen bis zu dem heutigen Tage noch keine auch nur einigermaßen genügende Erklärung gefunden worden. Man wird aber auch nicht darauf rechnen dürfen eine solche zu finden, bevor nicht der anatomische und chemische Bau der kontraktilen Gebilde klar zu Tage liegt. Wie es in diesem Augenblicke mit unsrer Kenntniss des chemischen Baues steht, und zugleich nach welchen Gesichtspunkten die weitere Forschung zu gehen hat, soll in dem Folgenden geschildert werden¹⁾, um in Zukunft die Fortschritte daran anknüpfen zu können, jedoch, wie die Ueberschrift schon angibt, mit einer gewissen Einschränkung: die ungeformte kontraktile Substanz, oder wie man sich ausdrückt, das kontraktile Protoplasma, das in dieser Zeitschrift schon von andrer Seite wiederholt besprochen worden ist, bleibt ausgeschlossen, nur von der geformten kontraktilen Substanz oder den Muskeln wird die Rede sein. Diese Abgrenzung muss willkürlich erscheinen, weil zwischen kontraktilem Protoplasma und Muskelgewebe Uebergänge denkbar sind, und sich weiter an das erstere auch noch die bis dahin noch nicht erwähnten Flimmerzellen anschließen; sie muss aber auch unzweckmäßig erscheinen, weil das Wesen der Kontraktion, das zu ergründen doch stets die Hauptaufgabe bleibt, sicher am ersten verstanden wird, wenn sämtliche kontraktile Gebilde in das Auge gefasst werden. In der Praxis zieht

1) Nähere Ausführung eines Theils der hier nur kurz dargelegten Verhältnisse findet sich in meiner vor Kurzem erschienenen Schrift: Zur Anatomie und Physiologie der quergestreiften Muskelsubstanz. Leipzig 1882. F. C. W. Vogel.

sich indess die Grenze bei den Muskeln von selbst dadurch, dass wir von der chemischen Zusammensetzung der ungeformten kontraktile Substanz wenig mehr wissen, als die übrigens keineswegs zu unterschätzenden mikrochemischen Reaktionen gelehrt haben. Weiter ist nun aber noch bei den Muskeln selbst von den beiden Arten, glatten und quergestreiften, des massenhaften Vorkommens wegen bis jetzt die letztere Art in so hohem Grade bei der Untersuchung bevorzugt worden, dass man eigentlich nur von einer Chemie der quergestreiften Muskelsubstanz reden kann.

Wenn nun aber die Aufgabe darauf beschränkt wird den chemischen Bau der Muskeln und zwar zunächst der (physiologisch) frischen und ruhenden Muskeln festzustellen, und, trotzdem dass Material zur Genüge zur Verfügung steht und die Forschung nicht müde wird sich mit diesen Fragen zu beschäftigen, die Aufgabe vom Gelöstsein noch weit entfernt ist, so müssen offenbar Schwierigkeiten bedeutenden Grades im Wege stehen. Dieselben liegen zum Teil darin, dass niemals der Muskel als Gewebe, sondern stets nur der Muskel als Organ, das heißt unzertrennbar vereinigt mit verschiedenen andern Geweben und Organen zur Untersuchung kommen kann, und zu einem andern Teile darin, dass die Bedingung den Muskel frisch zu untersuchen wegen der ganz unvermeidlichen stetigen Veränderungen desselben sich niemals vollkommen erfüllen lässt. Ganz besonders schwer müssen diese Uebelstände in das Gewicht fallen bei der quantitativen Analyse. Es ist gelegentlich behauptet worden, die Muskelsubstanz als solche sei überall gleich zusammengesetzt, die Verschiedenheiten, welche die Muskeln in toto besitzen, seien nur durch verschiedene Entwicklung der in den Muskel als Organ eintretenden Gewebe bedingt, die Beweise für derartige Behauptungen sind aber mehr als ungenügend. Uebrigens würde diese Gleichheit nur eine sehr äußerliche, ökonomische, physiologisch unwichtige sein, sich etwa auf den Gehalt an Eiweiß, Fett, Wasser, Asche beziehen und schlösse eine Verschiedenheit in der Art der Eiweißstoffe u. s. w. keineswegs aus. Ich ziehe es vor, von der quantitativen Zusammensetzung bei dieser Gelegenheit ganz abzusehen.

So bleiben wir also bei der qualitativen Analyse, wollen aber weniger aufzählen, welche Stoffe überhaupt im Muskelgewebe angetroffen worden sind, als versuchen festzustellen, welche Stoffe allen Muskeln, oder auch wol nur der einen oder der andern Muskelart oder den Muskeln einer bestimmten Tierreihe zukommen, und in gewissem Sinne als wesentliche, das heißt zum Begriff „Muskel“ gehörige Bestandteile aufgeführt werden dürfen. Es ist wol kaum nötig zu bemerken, dass die Erklärung über wesentlich oder unwesentlich wie bei einer jeden solchen Zusammenfassung von Tatsachen mit einem Vorbehalt abgegeben wird. Nur durch ein statistisches Verfahren, nämlich durch Untersuchung von Muskeln der verschiedensten

Tiere lernen wir die sogenannten wesentlichen Bestandteile kennen: solange aber nicht wirklich alle Muskeln untersucht sind, und das wird aus äußern Gründen niemals der Fall sein, bleibt immer denkbar ein mit allen physiologischen Eigenschaften begabter Muskel, der an Stelle der als wesentlich erkannten Stoffe beliebige andre Stoffe enthält, etwa an Stelle des Glykogens ein andres Kohlehydrat, ähnlich wie gewisse Pflanzenfamilien an Stelle des Amylons Inulin führen.

Sind die wesentlichen Bestandteile ermittelt, so handelt es sich weiter darum ihren Sitz in den Muskeln zu bestimmen. Da ist dann zunächst Folgendes zu beachten. In allen Muskeln kann man morphologisch zweierlei unterscheiden: das eine ist die kontraktile Substanz im eigentlichen Sinne des Worts, die man auch die fibrilläre Substanz nennen kann, da sie bei glatten wie quergestreiften Muskeln in Fibrillen zerspaltbar ist, das andre umfasst die bei der Kontraktion nur passiv beteiligte Substanz, unverändertes Protoplasma nebst Kernen, räumlich sehr verschieden angeordnet, sowie Ernährungsflüssigkeit zwischen den Fibrillengruppen oder Muskelsäulchen, im Weiteren kurz als protoplasmatische Substanz zu bezeichnen. Manchen Muskeln kommt auch noch ein drittes, morphologisch ebenfalls zum Muskel gehöriges zu, nämlich häutige Umhüllung (Sareolemma), die hier aber keine weitere Besprechung finden soll. Da es nun unzweifelhaft zu sein scheint, dass sich eine isolirte Fibrille noch zu kontrahiren vermag, begreiflicherweise freilich nur kurze Zeit, weil ihre Ernährung unvollständig ist, und äußere Schädlichkeiten leicht einwirken, so werden die in der fibrillären Substanz enthaltenen Stoffe am meisten Interesse für uns haben und könnten als Stoffe erster Ordnung von den in der protoplasmatischen Substanz enthaltenen Stoffen als solchen zweiter Ordnung unterschieden werden. Die Muskelbestandteile vollkommen in dieser Weise in zwei Gruppen zu bringen, ist noch nicht gelungen; die mikrochemischen Reaktionen und die Untersuchung der Muskeln unter besondern Verhältnissen gestatten aber doch schon über die Rolle einer ganzen Anzahl von Muskelstoffen mit größerer oder geringerer Sicherheit zu urtheilen.

Wenn die fibrilläre Substanz aber auch in sich selbst ungleichartig ist, so kehrt die Notwendigkeit wieder auch in ihr den Sitz der durch die chemischen Operationen gewonnenen Stoffe zu bestimmen. Es besitzt nun die fibrilläre Substanz (wie vielleicht alle kontraktile Substanz) doppeltbrechende, positiv einaxige Theilchen, deren optische Axe mit der Richtung der Verkürzung zusammenfällt, Brücke's Disdiaklasten. In den glatten Muskeln sind dieselben gleichmäßig verteilt, in den quergestreiften in innerhalb gewisser Abstände regelmäßig wiederkehrende Gruppen (sarcous elements) vereinigt. So treten in den letztern in regelmäßiger Wiederkehr als optischer Ausdruck von die fibrilläre Substanz durchsetzenden Scheiben eine Reihe von senkrecht zur Verkürzungsaxe liegenden Streifen



auf, mindestens zwischen zwei schmalen doppeltbrechenden Streifen (Zwischenseiben Z); durch isotrope Substanz von ihnen geschieden je ein breiter zweiteiliger Streifen (Querscheibe Q), am ersten in die Augen fallend und daher am längsten bekannt, zugleich am stärksten doppeltbrechend; weiter meist noch in der Mitte des letztern, sodass man folgerichtig eigentlich von zwei Querscheiben sprechen müsste, ein schwach anisotroper Streifen (Mittelscheibe m); und in der erwähnten isotropen

Substanz je ein schmaler, ebenfalls schwach anisotroper Streifen (Nebenseibe n). Die beistehende Figur gibt diese Verhältnisse am einfachsten wieder. Die isotrope Substanz ist in derselben weiß gelassen.

Nummehr kehren wir zu der Frage zurück: Welche Substanzen sind regelmäßig in den Muskeln zu finden?

Konstant sind allen kontraktilem Gebilden, nicht blos den Muskeln neben Wasser und Aschenbestandteilen, letztere stets arm an Natrium-, reich an Kaliumverbindungen, Eiweißkörper verschiedener Art, wie sie zum Teil auch in andern Geweben vorkommen. Dieselben in möglichst unverändertem Zustand aus den Muskeln zu gewinnen hat Kühne gelehrt. Das Verfahren, das sich auch für andre tierische wie pflanzliche Gewebe und Organe ebenso anwenden lässt, bislang aber fast allein bei dem Muskel angewendet worden ist, daher auch die Kenntniss der Eiweißkörper hier am weitesten fortgeschritten ist, besteht darin, dass das betreffende Gewebe in fest gefrorenem Zustand zerkleinert und die ganz langsam aufgethaute Masse bei möglichst niedriger Temperatur filtrirt wird, wenn nötig unter Zusatz einer indifferenten Flüssigkeit. Das Filtrat, Muskelplasma, gerinnt sehr rasch und scheidet sich so ähnlich dem Blutplasma in eine Flüssigkeit, Muskelsrum, und ein Gerinnsel. Ersteres enthält verschiedene Eiweißkörper, darunter jedenfalls sogenanntes lösliches Eiweiß (Serumeiweiß) und Alkalialbuminat, das Gerinnsel besteht aus Myosin, einer zu den Globulinen zu rechnenden Eiweißart.

Das Myosin ist in wässrigen Lösungen neutraler Alkalisalze löslich, kann mittels derselben aus frischen wie auch aus totenstarrten Muskeln ausgezogen werden, jedoch stets nur teilweise, daher es auf diese Weise nie gelingt, ein für manche Untersuchungen sehr brauchbares Präparat von sicher myosinfreiem Muskel darzustellen. Nichtbeachtung dieser Tatsache hat zu manchen falschen Schlüssen geführt. Die zur Myosinengewinnung am meisten geeigneten Salzlösungen sind, sowol was die Salzart als die Konzentration der Lösung angeht, nicht dieselben für alle Muskeln, wie A. Danilewski's¹⁾ und meinen Beobachtungen zu entnehmen ist. Es ist hieraus, sowie aus der von

1) Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. V. S. 158. 1884.

Danilewski näher studirten verschiedenen Sättigungskapacität der Myosine für Säuren der Schluss zu ziehen, dass Myosin nicht überall die gleiche Substanz ist. Möglicherweise ist übrigens das Eiweiß selbst überall das gleiche, nur die mit ihm verbundenen anorganischen Bestandteile, die nach den Untersuchungen von Danilewski grade im Myosinmolekül von Wichtigkeit zu sein scheinen, sind quantitativ oder qualitativ verschieden. In ähnlicher Weise mögen sich auch wol bei den andern Eiweißkörpern der Muskeln gefundene Unterschiede, hauptsächlich die Gerinnungstemperatur angehend, erklären lassen. Man wird bei diesen Erfahrungen sich auch hüten müssen, aus dem Fehlen des Myosins in einem Muskelauszug, wenn zur Herstellung desselben nur eine bestimmte Salzlösung, etwa die zuerst von Kühne für Froschmuskeln empfohlene zehnpcoentige Kochsalzlösung verwendet worden ist, auf das Fehlen von Myosin zu schließen.

Charakteristisch für die kontraktile Substanz scheint das Myosin nicht zu sein; aus andern tierischen und sogar aus pflanzlichen Geweben sind Eiweißkörper mit ganz ähnlichen Reaktionen gewonnen worden. Ganz eigenartig ist aber die Lagerung des Myosins in den Muskeln: die Disdiaklasten bestehen aus Myosin, bei den glatten Muskeln überhaupt alle doppeltbrechenden Theilchen, bei den quergestreiften Muskeln sicher diejenigen, welche die Querscheiben bilden. Schon oft ist dieser Zusammenhang vermutet, ebenso oft aber auch bestritten worden; jetzt erst ist er bewiesen durch Untersuchungen, die unabhängig von einander von Catherine Schipiloff und A. Danilewski¹⁾ und andererseits von mir angestellt worden sind. Es stützt sich der Beweis hauptsächlich auf die Schwächung oder sogar temporäre Vernichtung der Doppeltbrechung im Muskel durch eine Reihe von Agentien, gewissen Säuren und Alkalien sowie gewissen Salzlösungen, welche das Myosin lösen oder auch nur stark quellen, sowie auf die Wiederherstellung der Doppeltbrechung durch Agentien, welche das Myosin aus seinen Lösungen ausfällen.

In das nach Kühne's Verfahren bereitete Muskelplasma tritt das Myosin wahrscheinlich nicht in vollkommen gleicher Weise über wie die andern Eiweißstoffe. Bei diesen sprechen wir von Lösung, das heißt, wir denken uns Nägeli's Vorstellungen folgend zwischen den Flüssigkeitsteilchen nicht die vereinzelteten Moleküle, sondern krystallinische Molekülgruppen (Micellen) verteilt. Die Myosinmicellen sind aber wol zu größeren Komplexen vereinigt, wie sie in dem Muskel selbst enthalten waren. Es erklärt sich hieraus die Schwierigkeit Muskelplasma zu filtriren und vielleicht auch, zum Teil wenigstens, die große Neigung des Muskelplasmas spontan zu gerinnen. Von dem Gerinnsel ist mit Bestimmtheit zu vermuten, dass die dasselbe zusammensetzenden Fasern ebenso doppeltbrechend sind wie die Fa-

1) Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. V. S. 349. 1881.

sern des Blutfaserstoffs, von denen L. Hermann¹⁾ vor Kurzem nachgewiesen hat, dass sie doppelbrechend sind, und zwar positiv einaxig wie die Muskelfasern und mit einer der Faserrichtung entsprechenden Axenlage. Diese Vermutung ist berechtigt, weil die aus einer künstlichen Lösung des Myosins (ebenso wie aus einer solchen des Fibrins) durch irgend ein Mittel in Gestalt von Fäden erzeugten Niederschläge doppelbrechend sind. Es darf übrigens nicht unerwähnt bleiben, dass auch andre Eiweißkörper derartige Fasern liefern können. Am leichtesten scheinen sich die Globuline aus ihren Lösungen in doppelbrechenden Fasern auszuschcheiden.

Ob auch die andern doppelbrechenden Scheiben des quergestreiften Muskels Myosin enthalten, hat sich nicht mit Bestimmtheit entscheiden lassen. Speciell das mikrochemische Verhalten der Zwischenscheibe und der Nebenscheiben schließt nicht aus, dass sie wenigstens zu einem Teil aus Myosin bestehen. Es finden sich im Muskel aber noch eine ganze Reihe von unter bestimmten Verhältnissen doppelbrechenden Substanzen; von einer derselben, dem Lecithin, behaupten C. Schipiloff und A. Danilewski, dass sie die Doppelbrechung der Zwischenscheibe bedinge. Hier liegt indess ein Irrtum vor, der dadurch entstanden ist, dass der mit verdünnter Salzsäure ausgewaschene Muskel als myosinfrei angesehen wurde; es lässt sich aber durch verdünnte Salzsäure ebensowenig wie durch die oben erwähnten Salzlösungen alles Myosin dem Muskel entziehen, der zurückgebliebene Rest genügt, um den Muskel wieder doppelbrechend erscheinen zu lassen, natürlich aber sehr viel schwächer doppelbrechend als früher, sobald der Muskel mit myosinfällenden Mitteln, Sodalösung oder Alkohol, behandelt wird. Es muss hierbei nur eine unregelmäßige Schrumpfung des Muskels vermieden werden, durch welche die doppelbrechenden Teilchen aus ihrer regelmäßigen Lage verschoben werden. Uebrigens zeigt auch ein ganz einfacher und einwurfsfreier Versuch, nämlich Kochen des Muskels mit Aether-Alkohol, einem trefflichen Lösungsmittel für Lecithin, dass ein auf solche Weise von Lecithin vollkommen befreiter Muskel das Doppelbrechungsvermögen in allen Teilen ganz wie früher besitzt. An der sichtbaren Doppelbrechung ist somit als beteiligt mit Sicherheit einzig das Myosin aufzuführen.

Wir können die Eiweißkörper nicht verlassen ohne den Zusatz, dass ein unbestimmter Teil derselben jedenfalls der protoplasmatischen Substanz angehört.

Wie alle lebensfähigen Gewebe enthalten auch die Muskeln Fett. Von dem in dem Muskel als Organ gefundenen Fett kommt natürlich ein großer, einstweilen gar nicht näher zu bestimmender Teil dem intermuskulären Fettgewebe und den Nerven zu, und von dem dem

1) L. Hermann, Handbuch der Physiologie. I. 4. S. 253. Leipzig 1879.

Muskel selbst verbleibenden Fett, das in seiner Zusammensetzung nach Tierart u. s. w. wechselt, ist jedenfalls ein guter Teil wieder auf Rechnung der protoplasmatischen Substanz zu setzen, in der es oft sogar in Form kleiner Tröpfchen auftritt, so dass es unentschieden bleibt, ob das Fett überhaupt zu den Muskelbestandteilen erster Ordnung zu zählen ist.

Weiter scheint nach Untersuchungen, ausgedehnt auf die verschiedensten Organismen mit glatten und quergestreiften Muskeln, Glykogen allen Muskeln, vielleicht sogar allen kontraktilen Gebilden regelmäßig zuzukommen. Nur außerhalb der fibrillären Substanz hat man aber bis jetzt das Glykogen nachweisen können. Da nun ferner der Muskel gehungertter Tiere, in welchen kein Glykogen mehr zu finden ist, sich noch einige, freilich nur kurze Zeit kontrahiren kann, so ist möglicherweise auch das Glykogen nur ein Bestandteil zweiter Ordnung. Neben dem Glykogen kommt in manchen Muskeln noch ein zweites Kohlehydrat, Inosit, vor. Von einer gegenseitigen Vertretung dieser beiden Stoffe in dem oben erwähnten Sinne kann jedenfalls die Rede sein.

Endlich führen die Muskeln wie alle Gewebe eine Anzahl von Fermenten, darunter jedenfalls ein diastatisches und ein peptisches. Auf ihre Bedeutung, soweit die mangelhafte Kenntniss von einer solchen überhaupt zu reden gestattet, wird bei dem Stoffwechsel der Muskeln einzugehen sein.

Hiermit ist die Reihe der konstanten und in dem früher angegebenen Sinne als wesentlich zu bezeichnenden Muskelstoffe vorläufig geschlossen. Es ist möglich, dass aus der großen Zahl der verschiedensten Substanzen, welche bereits aus den Muskeln isolirt sind, der eine oder der andre noch dazu zu rechnen ist. Ich denke hier an das Lecithin, einen Körper, der fast in allem lebensfähigem Gewebe zu finden ist, im Muskel wol dem protoplasmatischen Teil zugehört. Als kernhaltiges Gebilde muss der Muskel ferner Nuclein enthalten. Nur ganz beschränkt ist andererseits das Vorkommen von Haemoglobin in der fibrillären Substanz, sowie von dem schon erwähnten Inosit. Zum Schluss bleiben neben der nur ganz unregelmäßig auftretenden Milchsäure die sogenannten stickstoffhaltigen Extraktivstoffe übrig. In neuerer Zeit hat besonders Krukenberg¹⁾ denselben Aufmerksamkeit geschenkt. Aus den zahlreichen und mühevollen Untersuchungen ergibt sich, dass nirgends Körper dieser Art fehlen, dass aber keiner derselben, auch nicht einmal das Kreatin, das noch vor Kurzem für einen regelmäßigen Bestandteil der Muskeln galt, auch nur einer einzigen größern Tiergruppe eigen ist.

O. Nasse (Rostock).

1) Untersuch. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg, herausgeb. von W. Kühne, III. S. 194. Heidelberg 1880. IV. S. 33. 1881.

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): Nasse Otto

Artikel/Article: [Der chemische Bau der Muskelsubstanz 313-319](#)