

hielten noch die Rubrik: „Brustumfang bei Ein- und Ausatmung“. Wir haben früher diese Messungen auch ausgeführt, sie aber bald wieder aufgegeben, da sich zeigte, daß sie bei 6jährigen Kindern zu keinem einwandfreien Ergebnis führen. Ohne vorherige Atmungsübungen durch den Lehrer sind sie nicht durchführbar; aber auch wenn sie exakt ausgeführt werden könnten, würden sich aus den gewonnenen Zahlen kaum irgendwelche Schlüsse ziehen lassen, da ein großer Teil der Schulkinder erhebliche rachitische Deformationen gerade am Brustkorb aufweist.

B. *Rückseite des Gesundheitsscheines*. Sie enthält 8 Vertikalspalten für die Aufzeichnungen von Größe und Gewicht, für Bemerkungen des Klassenlehrers und für Untersuchungen zu besonderen Zwecken. Die Spalten 10–12 sind durch die Lehrer auszufüllen, ebenso die Spalte 13, falls er ein Kind zu einer Einzeluntersuchung in die Sprechstunde des Schularztes schickt, z. B. wenn ihm ein Hautausschlag bei einem Kinde aufgefallen ist. Ebenso kann die Befreiung von einzelnen Unterrichtsfächern, die Eignung und Bedürftigkeit für Schulfrühstück, Ferienkolonie, Waldschule, Landaufenthalt usw. hier und in den folgenden Spalten notiert werden. Hier kann ferner die ärztliche Entscheidung über die Aufnahme eines Kindes in die A- oder B-Klasse, (Klassen für Hochbegabte und für Schwachbegabte) in die Hilfsschule, die Schwerhörigen-Schule und in den Schwimmkursus eingetragen werden. Endlich können hier Aufzeichnungen über die Berufswahl beim Verlassen der Schule und über die Ansicht des Arztes hinsichtlich des erwählten Berufes Platz finden. Eine kurze Notiz an dieser Stelle schließt natürlich die Ausfüllung eines besonderen Fragebogens für die Berufsberatung nicht aus, wie sie an manchen Orten, z. B. in Charlottenburg, eingeführt ist. Sehr wichtig ist die Spalte 12 und deren eifrige Benutzung durch die Lehrer, die allerdings nicht so ganz leicht zu erreichen ist. Es kommt hier in der Hauptsache darauf an, ob der Schulleiter Interesse für die Arbeit des Schularztes hat und seine Lehrer zu diesen Eintragungen anhält und sie etwas überwacht. Wenn hier Infektionskrankheiten und schwere

Krankheiten, die das Kind im Laufe des Schuljahres durchgemacht hat und von denen der Klassenlehrer stets, der Schularzt jedoch nicht immer etwas erfährt, notiert werden, ist dies für den Schularzt bei der nächsten Reihen- oder Sprechstunden-Untersuchung von großem Werte, ebenso eine Mitteilung darüber, daß das Kind die Ferien bei Verwandten auf dem Lande oder durch Vermittelung von Privatpersonen oder Wohlfahrtsinstitutionen in einem Ferienhause verbracht hat. Dasselbe gilt für Todesfälle in der Familie, z. B. bei Tuberkulose oder für das Bestehen besonders ungünstiger wirtschaftlicher Verhältnisse, ungesunder Wohnung, unzureichender Ernährung usw. Die Spalten 13–17 können unter Umständen, falls die Vorderseite des Gesundheitsscheines keinen Raum mehr bietet, für Zwecke der Fortbildungsschule benutzt werden. Wer einen solchen Gesundheitsschein, der sorgfältig von Schularzt und Klassenlehrer geführt worden ist, bei der Schulentlassung durchsieht, kann sich ein gutes Bild von der Konstitution und der körperlichen Entwicklung eines Kindes während seiner Schulzeit machen. Ich glaube, daß dieses Formular allen Ansprüchen genügt und empfehle es zur Einführung für das ganze Deutsche Reich. Kleine Änderungen lassen sich, wie eingangs erwähnt, ohne Schwierigkeiten noch vornehmen. Es erscheint mir wichtig, daß die Diskussion über die Frage einheitlicher schulärztlicher Formulare wieder in Fluß gebracht wird. Wenn eine Einigung über den Typus des Gesundheitsscheines erzielt ist, wird sich ohne große Schwierigkeiten auch ein einheitliches Schema für die *schulärztlichen Jahresberichte* aufstellen lassen. Vorschläge und Kritiken in dieser Frage, sind durchaus erwünscht. Allerdings ist zu erwarten, daß sie nur von solcher Seite ausgehen, die über langjährige praktische Erfahrungen verfügt; von Theoretikern am grünen Tische lassen sich solche Fragen, in denen Kleinigkeiten oft eine große Rolle spielen, nicht lösen. Die Einführung eines einheitlichen Gesundheitsscheines für das ganze Reich, oder falls das z. Zt. noch nicht möglich erscheint, wenigstens für Preußen, würde einen entschiedenen Fortschritt bedeuten.

## REFERATENTEIL.

### NEUERE ERGEBNISSE DER MUSKELPHARMAKOLOGIE:

#### Beiträge zum Problem des Tonus der Skelettmuskeln.

Von

Prof. OTTO RIESSER.

Direktor des pharmakol. Instit. der Univ. Greifswald.

(Schluß.)

#### III. Der tonisch modifizierte Tetanus.

Wenn wir nunmehr zur Betrachtung der Erscheinungen der tetanischen Dauerverkürzung übergehen, als der praktisch wichtigsten Funktionsform der Muskeln, so erkennen wir, daß auch hier ein enger Zusammenhang besteht zwischen dem Mechanismus der tetanischen Dauerverkürzung und den gleichen physikalischen, bzw. kolloid-chemischen und nervösen Faktoren, die, wie wir soeben sahen, den mehr oder weniger tonischen Charakter der Einzelzuckung bestimmen. Denn wir wissen, daß die zur Aufrechterhaltung eines glatten Tetanus erforderliche Reizfrequenz bestimmt wird durch die Dauer, d. h. den Grad des „tonischen“ Charakters der Einzelzuckung. Je länger ein Muskel auf Einzelreiz hin auf der Höhe der Verkürzung verharrt, umso geringer ist die für Tetanus erforderliche Reizfrequenz, sie ist also, wie längst bekannt, bei den langsamen „tonischen“ Muskeln erheblich geringer als bei den flinken. Zwischen der extrem hohen Tetanusfrequenz der flink zuckenden Insektenmuskeln und dem Endfall der glatten Muskeln, bei denen zwischen den einzelnen Reizen außerordentlich lange Intervalle bestehen bleiben können, ohne daß die Kontinuität der Verkürzung beeinträchtigt würde, gibt es alle Übergänge. Wenn wir die glatten Muskeln als vielleicht nicht ohne weiteres mit den quergestreiften vergleichbar hier außer Betracht lassen, so werden wir die Unterschiede in der Tetanisierbarkeit verschiedener quer-

gestreifter Muskeln auf dieselben Faktoren zurückzuführen haben, die den Unterschied in der Zuckungsdauer bedingen, wie insbesondere: relative Verteilung von Fibrillen und Sarkoplasma, Intensität der Restitutionsprozesse, Permeabilität der Grenzschichten usw. Sind wir aber berechtigt die Abhängigkeit der tonischen Faktoren der Einzelzuckung vom Nervensystem anzunehmen, so müssen wir schließen, daß auch die Bedingungen des Tetanus nicht nur verschiedener Muskeln sondern auch des gleichen Muskels keine stets gleichen und ein für alle Mal feststehenden sind, sondern daß sie in Anpassung an den jeweiligen tonischen Zustand wechselnde sind, wechselnd in der Frequenz oder auch nur in der Stärke der tetanisierenden Einzelreize. Die *Bewegungen der lebenden, im Zusammenhang mit dem Zentralnervensystem stehenden Skelettmuskeln sind niemals reine Tetani, sondern sie sind das Ergebnis von Tetanus plus Tonus*. Dadurch ist es sicher zum Teil begründet, daß wir nicht in der Lage sind, den Typus der zügigen Muskelaktion, wie ihn der lebende Organismus aufweist, im isolierten und der nervösen tonischen Regulation beraubten Muskel nachzuahmen.

Die Anschauung von dem Ineinandergreifen tetanischer Reizungen und nervös regulierten tonischen Zustandes der Muskeln wird, wie wir noch zu erörtern haben werden, durch die Annahme einer gegenseitigen nervösen Regulation der beiden Faktoren ergänzt. Wir werden ihre Wichtigkeit indessen zunächst bei der Erörterung einer viel diskutierten Frage erkennen, nämlich der nach den *Stoffwechselvorgängen* und den *Aktionsstromerscheinungen* bei den tonischen Zuständen der Skelettmuskeln. Die Fragestellung nimmt ihren Ausgang von den Beobachtungen, die wir PARNAS<sup>10)</sup> und vor allem BETHÉ<sup>11)</sup> verdanken und die seither verschiedentlich bestätigt wurden, daß nämlich ein *glatter Muskel*, nachdem er sich auf einmaligen Reiz verkürzt hat, in dieser Lage verharrt, ohne daß gegenüber der Ruhe eine Steigerung des Stoffwechsels und ohne daß oszillatorische Schwankungen des Aktionsstromes wie bei der tetani-

schen Dauerreizung und Dauerverkürzung der Skelettmuskeln zu beobachten sind, vor allem auch ohne Ermüdungserscheinungen, obwohl jene glatten Muskeln in dem neuen Verkürzungszustand sehr erheblichem Zuge Widerstand zu leisten vermögen. Diese Erscheinung wird durchaus verständlich, wenn man sich klar macht, daß, nachdem ein Muskel sich auf einen Reiz hin verkürzt hat, er in dieser Stellung und in diesem Zustand verharren muß, wenn die Verkürzungssubstanzen nicht sofort wieder beseitigt werden. Das Verkürztbleiben des glatten Muskels beruht ohne Zweifel auf dem Fehlen oder der sehr geringen Intensität der Beseitigungsprozesse. Seine Dauerverkürzung ist der Ausdruck eines neuen *Ruhezustandes* des Muskels, vielleicht eines anderen Quellungsstandes, jedenfalls gekennzeichnet durch eine Veränderung der physikalischen Eigenschaften (Härte, Spannung) gegenüber der Ausgangslage. Es finden also gar keine steilen Schwankungen des Abbaues und Aufbaues in ihm statt, die in  $\text{CO}_2$ -Bildung oder  $\text{O}_2$ -Verbrauch sich äußern könnten, und da die Stoffwechselschwankungen fehlen, können auch die Aktionsströme nicht den Charakter oszillierender Vorgänge aufweisen. Man müßte vielmehr die Frage aufwerfen, warum dem quer gestreifte Muskel sich nicht auch so zu verhalten vermag. Nun ist vielleicht schon der Chemismus des Verkürzungsprozesses und der Verkürzungssubstanzen in beiden Muskelarten ein verschiedener. Sicher aber die Intensität und die Geschwindigkeit der Erregungsprozesse, hinsichtlich des Abbaues und Aufbaues der Verkürzungsstoffe und endlich die Art der reagierenden Muskelbestandteile (quergestreifte und glatte Fibrillen, relativer Gehalt an Sarkoplasma). Trotzdem hat sich die Frage erhoben, ob nicht gewisse Dauerzustände der Skelettmuskeln, insbesondere pathologischer Art, und zwar hauptsächlich *Dauerverkürzungen*, einen ähnlichen Charakter haben, wie die tonische Dauerverkürzung des glatten Muskels. Die Dauercontracturen bei Paralyse, bei WILSONscher Krankheit und Katatonie, die tetanische Starre, die Zwangstellungen bei Hysterikern und in der Hypnose haben alle das wichtige Kennzeichen gemeinsam, daß sie anscheinend keinerlei Ermüdungserscheinungen erzeugen, sich also in dieser Hinsicht der Dauerverkürzung glatter Muskeln gleich verhalten.

Mancherlei Beobachtungen sprachen zunächst dafür, daß die pathologischen Dauerverkürzungen mit der Dauerkontraktion glatter Muskeln identisch seien. Man fand keine Stoffwechselerhöhungen bei Fällen dieser Art und keine Vermehrung der Wärmebildung gegenüber dem Ausgangszustand, und man vermüßte vor allem in der Mehrzahl dieser Versuche die für die tetanische Verkürzung charakteristischen, oszillierenden Aktionsströme. Nun hat aber neuerdings REHN<sup>12)</sup> anscheinend sicher nachgewiesen, daß bei geeigneter Methodik in allen jenen Fällen doch oszillierende Aktionsströme vorhanden sind, mit dem Rhythmus der willkürlichen Kontraktion, nur mit erheblich geringerer Intensität der Einzelstöße. Diese geringe Intensität spricht für die Schwäche der zur Aufrechterhaltung des Tetanus erforderlichen Stoffwechselvorgänge und macht es verständlich, daß keine Stoffwechselerhöhung gegenüber der Ruhe erkennbar ist, erklärt auch, daß keine Ermüdungserscheinungen auftreten, da die normalen Säure-Beseitigungsprozesse völlig ausreichen müssen, um einer so geringen Säurebildung gegenüber jede Anhäufung hintenzuhalten. Wenn REHNS Untersuchungen zutreffen, so unterscheiden sich alle jene pathologischen Dauerverkürzungen nicht, wie man bisher meinte, dem Wesen nach sondern lediglich quantitativ von den gewöhnlichen tetanischen Verkürzungen der Skelettmuskeln. Es sind Tetani, deren Einzelreize bei stark erhöhtem Tonus außerordentlich geringe Intensität haben. Man kann sie am besten als *tonisch modifizierte Tetanie* bezeichnen. Gegenüber dem normalen Zusammenwirken von tetanischer Fibrillenaktion und tonischem Zustand des Muskels hat in den pathologischen Fällen eine Verschiebung in der Weise stattgefunden, daß der Tonus sich wesentlich verstärkt hat, während die Intensität der tetanischen Erregung im gleichen Maße zurückging.

Das Verständnis für die Physiologie und Pathologie des tonisch modifizierten Tetanus hat eine feste Basis gewonnen durch die berühmten Untersuchungen von SHERRINGTON über den propriozeptiven Tonusreflex und die Enthirnungsstarre. Bei Katten, denen das Großhirn bis auf die Vierhügel exstirpiert wurde, entwickelt sich ein sehr eigenartiger Zustand der Skelettmuskeln, eine Art von Starre, die vor allem durch das Merkmal der Plastizität gekennzeichnet ist. Die Glieder der Tiere lassen sich in jede Stellung

bringen und verharren darin. Nicht nur äußerlich gleicht dieses Verhalten der Muskelstarre von Paralytikern. Auch darin stimmt es mit dieser pathologischen Erscheinung überein, daß auch in der Enthirnungsstarre zwar Steigerung des Sauerstoffverbrauches und Erhöhung der Wärmebildung nicht gefunden, wohl aber *oszillierende Aktionsströme festgestellt wurden*. Diese Tatsache hat bisher, solange man die oszillierenden Aktionsströme bei den pathologischen Starreformen nicht kannte oder sogar bestritt, den nahe liegenden Vergleich dieser Erscheinungen mit der Enthirnungsstarre nahezu unmöglich gemacht. Die Ursache des geschilderten Zustandes ist nach SHERRINGTON in der Beseitigung hemmender Einflüsse des Großhirns auf gewisse Zentren der grauen Kerne des Mittelhirns zu sehen, die den Tonuszustand der Muskeln beherrschen und deren nunmehr ungehemmte Impulse den Tonus des Muskels maximal steigern. Die Beobachtung, daß Durchschneidung der sensiblen Muskelnerven die Starre zum Verschwinden bringt, führte zur Aufstellung der wichtigen Theorie, daß vom Muskel selbst ausgehende sensible Erregungen reflektorisch den Erregungskomplex der Enthirnungsstarre auslösen und aufrechterhalten: *Theorie des propriozeptiven Reflexes*. Von der Form der Reflexzuckung beim decerebrierten Tiere und ihrer reflektorischen Beeinflussung wurde oben schon gesprochen und ebenso über die auch von SHERRINGTON geteilte Annahme, daß der motorische, efferente Teil des Reflexbogens durch vegetative Bahnen gebildet werde. Hier sei nur besonders darauf hingewiesen, daß die gleichen Bedingungen sowohl eine tonisch veränderte Einzelzuckung als einen tonisch modifizierten Tetanus verursachen, was erneut die Berechtigung unserer Anschauung bestätigt, daß beide Erscheinungsformen des Tonus auf den gleichen Ursachen beruhen. SHERRINGTON stellt sich vor, daß auch am intakten Tier die propriozeptiven Reflexe dauernd wirksam sind und in stetem Zusammenwirken mit den zentralmotorischen tetanischen Erregungen die geordnete Muskelaktion bedingen, daß sie insbesondere für die Funktion der Haltung maßgebend sind. Es ist dieselbe Anschauung, die wir oben als Theorie vom Zusammenwirken von Tetanus und Tonus bei allen Bewegungen entwickelten, mit der wichtigen Ergänzung, daß dieses Zusammenwirken einer reflektorischen nervösen Regulation unterworfen ist.

#### IV. Die Erregungscontractur.

Es erhebt sich nunmehr die Frage, welcher Art die tonischen Faktoren sind, die sowohl beim normalen Bewegungsvorgang als besonders, in übermäßig verstärktem Maße, bei den pathologischen, tonisch modifizierten Tetani wirksam sind. Sicherlich sind es letzten Endes Zustandsänderungen des Sarkoplasma, von denen wir eine Anzahl bei der Besprechung der tonischen Einzelzuckung kennen lernten. Sind diese, wie etwa die Permeabilitätsänderungen, die Variationen im Gleichgewicht der Säure bildenden und Säure beseitigenden Prozesse, die Veränderungen der Quellbarkeit des Sarkoplasma, die einzigen wirksamen Faktoren oder gibt es noch andere? Kommen wir mit der physikalisch-chemischen Betrachtungsweise allein aus, oder müssen wir sie durch eine mehr funktionelle, etwa im Sinne der Theorie vom Dualismus der Muskelfunktion ergänzen? Für die Beantwortung dieser Fragen sind neueste Untersuchungen sicherlich nicht ohne Bedeutung, die von LANGLEY<sup>13)</sup>, von RIESSER und NEUSCHLOSZ<sup>14)</sup> sowie von E. FRANK<sup>15)</sup> stammen, und deren Gegenstand eine sehr eigentümliche Verkürzungsreaktion der Skelettmuskeln unter dem Einfluß bestimmter Gifte ist. Diese sehr eigenartige Erscheinung, die zuerst von LANGLEY bei der Einwirkung von Nikotin auf Skelettmuskeln beobachtet und eingehend beschrieben wurde, wird am besten an Hand neuer Versuche von RIESSER mit Acetylcholin besprochen, das die in Frage kommenden Wirkungen am reinsten hervorbringt. Berührt man mit einer Lösung von Acetylcholin-Hydrochlorid  $\frac{1}{500\,000}$  oder gar  $\frac{1}{1\,000\,000}$  einen Froschgastrocnemius an einer ganz bestimmt lokalisierten Stelle der Innenfläche, nahe dem oberen Ende und dicht an der Eintrittsstelle der Nerven, so erfolgt eine ziemlich schnelle Verkürzung, die solange aufrechterhalten bleibt, als das Gift jene Stelle berührt, die aber in kürzester Frist wieder der Verlängerung des Muskels Platz macht, wenn das Acetylcholin, z. B. durch Waschen des Muskels mit RINGERLösung, entfernt wird. Diese Dauerverkürzung kann durch Novocain oder Atropin verhütet bzw. aufgehoben werden. Ich habe sie als *Erregungscontractur* (LANGLEY: stimulation change) bezeichnet. Das Verhalten der Acetylcholin-

(und Nicotin-)Contractur gegenüber Curare, das im einzelnen hier nicht dargestellt werden kann, macht es nahezu sicher, daß die nervösen Gebilde der rezeptiven Substanz nichts mit der zentral-motorischen Bahn zu tun haben. Noch ist nicht bekannt, welcher Art der Erregungsprozeß ist, der die Acetylcholin-Verkürzung in letzter Linie bedingt, obwohl es schon jetzt höchst wahrscheinlich ist, daß er mit dem Erregungsvorgang der zentral-motorischen Fibrillenreizung, der Lactacidogenspaltung, nicht übereinstimmt. Jedenfalls erinnern Charakter und Verlauf der Acetylcholincontractur außerordentlich an die langgedehnte Zuckungskurve glatter Muskeln. Neueste Versuche, die ich zusammen mit STEINHAUSEN an BETHES Institut in Frankfurt/Main über das Verhalten des Aktionsstromes bei der Acetylcholinverkürzung anstellte, zeigen, daß sicher kein oscillatorischer tetanusartiger Vorgang vorhanden ist. Vielmehr erhält man eine einzige, sehr lang gezogene Stromschwankung, wie sie in ähnlichem Verlauf sonst nur bei glatten Muskeln beobachtet wird. Man muß die Frage aufwerfen, ob vielleicht bei der Acetylcholin-Verkürzung ein Vorgang sich abspielt, der mit der typischen verzögerten Zuckung, der Dauerverkürzung der glatten Muskeln zu vergleichen wäre. Man wird sich im Hinblick darauf daran erinnern, daß grade glatte Muskeln besonders leicht auf Nicotin und Acetylcholin reagieren. Jedenfalls ist die Acetylcholin-Contractur, die Erregungscontractur, eine funktionelle Erscheinung des Skelettmuskels, die weder mit der Einzelzuckung noch mit dem Tetanus zu vergleichen ist.

Zweifellos sind diese Befunde geeignet, die alte Theorie vom Dualismus der Muskelfunktion zu stärken. Tritt uns doch in der Acetylcholincontractur eine Verkürzungsform des Skelettmuskels entgegen, die neben der eigentlichen Zuckung eine Sonderstellung beansprucht und der Verkürzungserscheinung glatter Muskeln analog zu sein scheint. Auch wird man anzunehmen haben, daß der rezeptiven Substanz eine physiologische Rolle zukommt. Wir werden uns jedenfalls fragen müssen, ob in den Fällen von tonisch modifiziertem Tetanus, insbesondere also bei den pathologischen Dauerverkürzungen und Starreerscheinungen, das in allen diesen Fällen anzunehmende Zusammenwirken von tonischem Zustand mit tetanischer Erregung allein vom physikalischen Gesichtspunkt aus zu deuten ist, oder ob es sich, wenn nicht in allen, so doch in manchen Fällen um ein Zusammenwirken von tetanischer Fibrillenzuckung und tonischer Erregungscontractur handelt, daß also motorische Nervendigung und rezeptive Substanz stets gleichzeitig erregt werden, nur in verschiedenem gegenseitigen Intensitätsverhältnis, je nach den obwaltenden Bedingungen.

Betrachten wir aber die Dinge genauer, so sehen wir einen gemeinsamen Gesichtspunkt, zu dem die rein physikalische wie die funktionelle Beobachtungsweise offensichtlich hinführen. Denn der von uns aufgestellte Begriff des tonisch modifizierten Tetanus bleibt unter allen Umständen bestehen. Vom rein physikalischen Standpunkt aus stellen wir die Zustandsänderung der Muskelkolloide in den Vordergrund, mußten aber die Annahme machen, daß sie nervös reflektorisch geregelt werde. Vom funktionellen Standpunkt aus stellten wir die Erregung der rezeptiven Substanz in den Vordergrund, die ja ihrerseits wieder zu einer in der Erregungscontractur sich manifestierenden Zustandsänderung des Muskels führt. Und es wird nun schließlich Aufgabe der weiteren Forschung sein, festzustellen, ob die nervöse Regulation des physikalischen Tonus, bei der wir ja vegetative Impulse voraussetzen, in Beziehung steht zu der anscheinend ebenfalls unter dem Einfluß des vegetativen Nervensystems stehenden Erregung der rezeptiven Substanz und ob andererseits die der Erregungscontractur zugrunde liegende physikalische Zustandsänderung in die Klasse der Veränderungen gehört, die wir im ersten Teil unserer Abhandlungen als Ursachen des physikalischen Tonus kennenlernten. Es ist sehr wohl möglich, daß sich an dieser Stelle der Ring schließt, der die Theorie des physikalisch bedingten Tonus mit der Theorie der Erregungscontractur in eine einzige Theorie vereinigt. Angesichts des Anfangsstadiums, in dem sich die Erforschung der Erregungscontractur befindet, müssen diese Überlegungen und Anregungen vorderhand genügen.

Überblicken wir zusammenfassend den Inhalt unserer Betrachtungen, so sehen wir, daß an der Hand neuerer experimentell

pharmakologischer Untersuchungen das Tonusproblem sich wesentlich einheitlicher darstellen läßt.

Wir betrachten als *Ruhetonus* einen bestimmten physikalischen Zustand des Muskels, der durch einen gewissen Grad der Spannung der Härte, der Elastizität gekennzeichnet ist und wohl hauptsächlich durch den jeweiligen Quellungsgrad des Sarkoplasma-kolloide bestimmt wird. Dieser Quellungsgrad seinerseits hängt in erster Linie ab von der Intensität des Ruhestoffwechsels, von dem Verhältnis zwischen säurebildenden und säurebeseitigenden Prozessen, weiter von der Quellbarkeit des Sarkoplasma und der Durchlässigkeit der Grenzschichten. Es scheint, daß diese chemischen und ebenso auch die Bedingungen der tetanischen Dauerverkürzungen. Zwischen dem Grade des physikalischen Tonus, den wir in vielen Fällen sicher dem Quellungsgrade der Muskelkolloide gleichsetzen dürfen, und der Intensität der oscillatorischen, tetanischen Reize besteht ein, wahrscheinlich nervös reguliertes, Zusammenwirken der Art, daß die tetanischen Reize und die sie begleitenden chemischen und elektrischen Vorgänge um so weniger ausgebildet sind, je höher der Tonusgrad des Muskels, je stärker also insbesondere der Säurequellungsgrad des Sarkoplasma ist. Zwischen dem steil oszillierenden Tetanus flinker Muskeln und den langsameren und flachen Schwankungen der Erregung langsamer Muskeln gibt es viele Übergänge. Insbesondere betrachten wir alle bisher beschriebenen Fälle pathologischer Dauerverkürzung (paralytische und Enthirnungs-Starre, Katatonie usw.) nicht als Erscheinungen, die mit der einfachen Dauerzuckung der glatten Muskeln vergleichbar sind, sondern vielmehr als stark tonisch modifizierte Tetani.

Gegenüber dem tonisch modifizierten Tetanus der Skelettmuskeln mit deutlich oszillierendem Aktionsstrom, kaum meßbarer Wärmebildung und minimalem Stoffverbrauch, steht die lang anhaltende Verkürzung des glatten Muskels als Folge einer einmaligen Erregung. Grundlegende Verschiedenheiten des anatomischen Baues, der Innervationsart, wahrscheinlich auch des Erregungsstoffwechsels treffen zusammen mit außerordentlich langsam ablaufender Beseitigung der Verkürzungssubstanzen. Es scheint, als ob die durch Nicotin besonders aber durch Acetylcholin am quergestreiften Muskel erzeugte Dauerverkürzung die „Erregungscontractur“, die sicherlich keinen Tetanuscharakter hat, dem Wesen der Dauerverkürzung glatter Muskeln am nächsten kommt. Es bleibt noch zu erforschen, ob und welche Beziehungen zwischen der Erregungscontractur und dem Mechanismus des tonisch modifizierten Tetanus bestehen.

Die hier wiedergegebenen Betrachtungen können nur als ein Versuch gelten, das Problem des Tonus der Skelettmuskeln unter tunlichst einheitlichen Gesichtspunkten darzustellen. Viele der erörterten Fragen sind noch nicht endgültig beantwortet und das ganze Problem noch im Fluß. Wie jede Theorie wird auch die von uns entwickelte Anschauung vom Wesen des Tonus der Veränderung unterworfen sein. Indessen glauben wir, daß insbesondere die kolloidchemische Betrachtungsweise einen Fortschritt auf dem Wege zur schärferen Fassung und Scheidung der Begriffe bedeutet und daß auch das weitere Stadium der Erregungscontractur uns auf dem Wege zum Verständnis der Muskelfunktionen und Muskelzustände ein Stück weiter bringen wird.

Literaturverzeichnis. <sup>1)</sup> Zur Frage der sympathischen Beeinflussung des Muskelstoffwechsels: MANSFELD, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **161**, 478. 1915; RIESSER, Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmacol. **80**, 183. 1916; und neuestens KEN KURÉ u. Mitarbeiter, Zeitschr. f. d. ges. exp. Med. **26**, 176 u. 190. 1922. — <sup>2)</sup> RIESSER u. NEUSCHLOSZ, Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmacol. **93**, 163 u. 179. 1922. — <sup>3)</sup> Dieselben, ebenda im Druck. 1922. — <sup>4)</sup> NEUSCHLOSZ, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol., im Druck. — <sup>5)</sup> SCHÄFFER, Berl. Klin. Wochenschr. 1920, ebenda, S. 728 sowie Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **185**, 1920. — <sup>6)</sup> BEHRENDT, Zeitschr. f. physiol. Chem. **113**, 123. 1922. — <sup>7)</sup> DE BOER, Zeitschr. f. Biol. **65**, 239. 1914. — <sup>8)</sup> SHERRINGTON, Proc. of the roy. soc. of med. **86**. 1913. Zusammenfassende Darstellung: West London med. Journ **25**, 97. 1920 referiert in den Ber. über d. ges. Physiol. **4**, 359. 1921. — <sup>9)</sup> VIETS, Brain **43**, Ph. 3 S. 269. 1920. — <sup>10)</sup> PARNAS, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **134**, 441. 1910. — <sup>11)</sup> BETHE, ebenda **142**, 291. 1917. — <sup>12)</sup> E. REHN, Klin. Wochenschr. I. Jahrg. 1922, S. 309 u. 673. — <sup>13)</sup> LANGLEY, Journ. of physiol. **36**, **37**, **38**, **39**, **48**. 1907—1914. — <sup>14)</sup> RIESSER u. NEUSCHLOSZ, Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmacol. **91**, 342 u. **92**, 254. 1922. — <sup>15)</sup> E. FRANK u. A. KATZ, ebenda **90**, 149. 1921.