(Aus dem physiol. Institut der Universität Lemberg. Vorstand: Prof. Dr. A. Beck.)

Ergographische Untersuchungen über den Kniesehnenreflex.

Von

Dr. **Bogusław Klarfeld**,
Assistenten des Instituts.

(Mit 2 Textfiguren.)

Während die Ermüdbarkeit sowohl der peripheren Nerven als auch der psychomotorischen Zentren Gegenstand zahlreicher Forschungen war und blieb, hatte man die Reflexzentren so gut wie vergessen. In der mir zur Verfügung stehenden Literatur fand ich kaum drei Aufsätze, die Bezug auf diese Frage hatten. Und zwar erschien im Jahre 1899 im Zentralbl. f. Physiol. eine kurze Mitteilung von Uszyński¹⁾ aus Warschau, er hätte Tatsachen beobachtet, die von der Unermüdbarkeit der Reflexzentren des Rückenmarkes zeugten. Doch die zu dem Zweck von ihm angestellten Experimente — sie werden in der obengenannten Mitteilung angeführt — berechtigten keineswegs zu einem derartigen Schluss.

Bald darauf veröffentlichte Fräulein Joteyko²⁾ aus Brüssel ihre Untersuchungen am Froschrückenmark, aus denen sie folgendes ersieht: die Reflexzentren des Froschrückenmarkes seien gegen Ermüdung resistenter als Nervenendigungen.

1) N. Uszyński, Zur Frage von der Ermüdbarkeit der Reflexapparate des Rückenmarkes. Zentralbl. f. Physiol. Bd. 13 S. 4. 1900.

2) J. Joteyko, Recherches expérimentales sur la résistance des centres nerveux médullaires à la fatigue. Travaux de l'Institut Solvay vol. 3. — Le travail des centres nerveux spinaux. Compt. rend. de l'Acad. des Sciences t. 130 p. 667. 1900.

Schliesslich erschien im Jahre 1907 in Pflüger's Archiv ein Aufsatz von Scheven¹⁾ aus Rostock über den Kniesehenreflex. Der Verfasser untersuchte den Kniesehenreflex beim Kaninchen auf etwas anderes hin, beobachtete aber nebenbei, dass die Reflexgrösse zu Schluss des Experimentes ebenso gross wie zu Anfang war und zog daraus den Schluss, die Reflexzentren seien un- resp. schwer ermüdbar.

Dieser Aufsatz Schevens lenkte meine Aufmerksamkeit auf die Frage der Ermüdbarkeit der Reflexzentren und veranlasste die Anstellung folgender Versuche.

Für meine Versuche wählte ich den Kniesehenreflex beim Menschen. Um den Reflex in seiner reinen Form zu haben, nicht gehemmt durch zerebrale Einflüsse, suchte ich aus Individuen mit hemiplegischer Paralyse, bei denen die Verbindung zwischen den Reflexzentren für die gelähmte Extremität und dem Gehirn aufgehoben oder wenigstens hochgradig gestört war. Ich muss hierbei ausdrücklich bemerken, dass es mir nicht an der vollständigen Ausschaltung zerebraler Einflüsse gelegen war, sondern nur daran, dass diese Einflüsse nicht mächtig genug wären, störend im Verlauf des Versuches einzugreifen. Und dies wurde durchgängig erreicht.

Zur Durchführung der Versuche wurde die ergographische Methode gewählt. Von der Registriervorrichtung des Mosso'schen Ergographen wurde der Strang über zwei Rollen zu einem Bracelet geleitet, das um den Unterschenkel der untersuchten Person in der Knöchelgegend gelegt wurde. Die Versuchsperson sass auf einem Tisch mit frei herabhängendem Unterschenkel. Jedes reflektorische Emporschnellen des Unterschenkels hob das Belastungsgewicht am Ergographen.

Die Anwendung der ergographischen Methode brachte mir doppelten Nutzen. Erstens waren die Hubhöhen wegen Vergrösserung des Widerstandes geringer ausgefallen, was ihre Registrierung am Kymographion erleichterte. Zweitens waren die Reflexzentren gezwungen, um den vergrösserten Widerstand zu überwinden, auch stärkere Impulse an den M. quadriceps auszusenden, was selbst-

1) U. Scheven, Zur Physiologie des Kniesehenreflexes. Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 117 H. 1—2 S. 108. 1907.

verständlich die von ihnen geleistete Arbeit vermehrte und dadurch das Eintreten der Ermüdung erleichterte.

Die Richtigkeit meiner Überlegung, dass nämlich Vergrößerung des Widerstandes auch Verstärkung der von Reflexzentren zum Muskel ausgesandten Impulse nach sich ziehe, beweisen folgende Beobachtungen:

Wenn die Belastung am Ergographen allmählich vergrößert wurde, kam man schliesslich zu einer solchen, die der Reflex zu heben nicht mehr imstande war. Wenn nun jedoch trotzdem die Sehne beklopft wurde, so geschah es nach einem fünften oder sechsten Schlag, dass das Gewicht durch den Reflex anfangs schwach, allmählich immer stärker gehoben wurde.

Auch bemerkt man auf jedem der von mir aufgezeichneten Ergogramme, dass die Anfangserhebungen niedriger als die späteren ausgefallen waren ¹⁾.

Offenbar mussten die Reflexzentren, wenn sie auf einen grösseren Widerstand als sonst gestossen waren, erst die Stärke der an den Muskel ausgesandten Impulse regulieren lernen, mit einem Wort „sich anpassen“.

In Parenthese will ich bemerken, die ergographische Methode gestatte die Bestimmung der „absoluten Kraft“ des Reflexes, was besonders in manchen pathologischen Fällen von Interesse sein dürfte.

Zur Auslösung des Reflexes bediente ich mich eines gewöhnlichen Perkussionshammers, wobei ich beachtete, dass alle Schläge mehr oder weniger von derselben Stärke waren, obwohl dies für meine Versuche nicht absolut nötig war. Um dies zu erreichen, setzte ich mich auf den Tisch neben die Versuchsperson, stützte meinen Unterarm an meinen eigenen Schenkel und führte die Bewegung nur im Handgelenk aus, wodurch natürlich die Unterschiedsgrenzen in der Stärke der einzelnen Schläge möglichst eingeengt wurden.

Neuerdings habe ich einen von einem Motor betriebenen Apparat konstruiert, der es gestattet, die Sehne automatisch mit gleicher, regulierbarer Stärke und in gewünschten Zeitabständen zu beklopfen. Es wird mit diesem Apparat eine neue Versuchsserie angestellt werden.

1) Vielleicht ist diese Erscheinung analog der sogenannten „Treppe“, die man in den Anfangsstadien der Reizung eines Muskels bemerkt.

Zur Zeitmessung der Pausen wurde ein Metronom benutzt.
Die Umlaufgeschwindigkeit des Kymographions war sehr gering.
Hier die Ergebnisse einiger Versuche:

1. Weib, 25 Jahre. Rechte obere und untere Extremität seit 2 Jahren gelähmt. Belastung am Ergographen 4 kg. Die Sehne wurde je 3 Sekunden beklopft. Dauer des Versuches 28 Minuten. Wenn wir die vom M. quadriceps unter dem Einflusse der Reflexzentren geleistete Arbeit als Produkt von der Belastung und der Hubhöhe berechnen, so betrug sie — ich abstrahiere hiebei gänzlich von der durch Hebung des Unterschenkels geleisteten Arbeit —

in den 30 Anfangserhebungen 159,200 gcm

in den 30 Schlusserhebungen 147,000 gcm

Folglich waren die Reflexzentren nach einem Zeitraum von 28 Minuten, während dem sie je 3 Sekunden einen Impuls an den Muskel ausgesandt hatten, imstande, den Muskel zur Leistung einer nur unbedeutend geringeren Arbeit als zu Anfang des Versuches anzuhalten.

2. Belastung $4\frac{1}{2}$ kg. Die Sehne wurde je 3 Sekunden beklopft. Dauer des Versuches 29 Minuten.

Die geleistete Arbeit betrug:

in den 30 Anfangserhebungen 149,625 gcm

in den 30 Schlusserhebungen 130,950 gcm.

Geringer Unterschied.

3. Belastung 4700 kg. Die Sehne wurde je 3 Sekunden beklopft. Dauer des Versuches 40 Minuten. Die geleistete Arbeit betrug:

in den 30 Anfangserhebungen 85,070 gcm

in den 30 Schlusserhebungen 179,540 gcm

Die Arbeit zu Schluss doppelt so gross.

Da ich vermutete, die Pause von 3 Sekunden zwischen zwei aufeinanderfolgenden Reizen genüge, die Reflexzentren sich restituieren zu lassen, suchte ich in den folgenden Versuchen die Pause zu verkürzen.

4. Belastung 3 kg. Die Sehne wurde je 2 Sekunden beklopft. Dauer des Versuches 9 Minuten. Die geleistete Arbeit betrug:

in den 30 Anfangserhebungen 331,500 gcm

in den 30 Schlusserhebungen 456,150 gcm.

Die Arbeit zu Schluss bedeutend grösser.

5. Belastung 4 kg. Die Sehne wurde je 2 Sekunden beklopft. Dauer des Versuches 11 Minuten. Die geleistete Arbeit betrug:

in den 30 Anfangserhebungen 307,800 gcm

in den 30 Schlusserhebungen 448,400 gcm.

Die Arbeit zu Schluss bedeutend grösser.

6. Belastung 4700 kg. Die Sehne wurde je 2 Sekunden beklopft. Dauer des Versuches 23 Minuten. Die geleistete Arbeit betrug:

in den 30 Anfangserhebungen 152,985 gcm

in den 30 Schlusserhebungen 200,220 gcm.

Die Arbeit zu Schluss wiederum ziemlich bedeutend grösser.

7. Belastung 3 kg. Die Sehne wurde je $1\frac{1}{2}$ Sekunde beklopft. Dauer des Versuches 10 Minuten. Die geleistete Arbeit betrug:

in den 30 Anfangserhebungen 196,800 gcm

in den 30 Schlusserhebungen 437,400 gcm

Die Arbeit zu Schluss doppelt so gross.

Es war mir unmöglich, die Pause zwischen zwei Schlägen noch mehr zu verkürzen, da bei häufigerem Beklopfen ein Spasmus auftrat, der ein Registrieren der Bewegungen nicht gestattete.

Behufs Kontrolle stellte ich einige Versuche an anderen, ebenfalls hemiplegisch gelähmten Individuen an. Die Ergebnisse dieser Versuche stimmten mit den oben angeführten überein.

Hier zwei Versuche:

8. Weib, 41 Jahre. Lähmung der rechten oberen und unteren Extremität. Aphasie. Belastung am Ergographen 4 kg. Die Sehne wurde je 3 Sekunden beklopft. Dauer des Versuches 30 Minuten. Die geleistete Arbeit betrug:

in den 30 Anfangserhebungen 114,000 gcm

in den 30 Schlusserhebungen 150,800 gcm.

Die Arbeit zu Schluss ziemlich bedeutend grösser.

9. Mann. 60 Jahre. Rechte obere und untere Extremität gelähmt seit 15 Monaten. Belastung am Ergographen 5 kg. Die Sehne wurde je 3 Sekunden beklopft. Dauer des Versuches 17 Minuten. Die geleistete Arbeit betrug:

in den 30 Anfangserhebungen 249,000 gcm

in den 30 Schlusserhebungen 393,000 gcm.

Die Arbeit zu Schluss bedeutend grösser.

Aus den angeführten Zahlen ersehen wir, dass die vom Muskel zu Schluss des Versuches geleistete Arbeit entweder nur unbedeutend geringer oder sogar bedeutend grösser als zu Anfang war. Da nun der Muskel der gelähmten Extremität die Arbeit ausschliesslich unter dem Einflusse von aus den Reflexzentren hervorgehenden Reizen verrichtete¹⁾, so dürfen wir behaupten, dass die Reflexzentren zu Schluss des Versuches ebenso starke oder sogar stärkere Impulse wie zu Anfang zum Muskel aussandten.

Wenn wir alles bisher gesagte zusammenfassen, so ergeben sich aus meinen Versuchen folgende Tatsachen:

1. Die Zentren für den Kniesehenreflex beim Menschen besitzen die Fähigkeit des „sich Anpassens“, d. h. sie stufen ab die Stärke der Muskelimpulse nach der Grösse des Widerstandes.

2. Die Zentren für den Kniesehenreflex beim Menschen ermüden nicht durch einen bis 40 Minuten dauernden Aktivitätszustand, falls die Pause zwischen zwei aufeinanderfolgenden Reizen 3 Sekunden dauere, durch einen 30 Minuten dauernden Aktivitätszustand bei

1) Falls noch irgendwelche zerebrale Einwirkungen vorhanden wären, übten sie nur einen hemmenden Einfluss aus.

einer 2 Sekunden langen Pause; schliesslich durch einen 10 Minuten dauernden Aktivitätszustand bei einer $1\frac{1}{2}$ Sekunden langen Pause.

Wahrscheinlich genügt der Zeitraum von $1\frac{1}{2}$ Sekunden zur vollständigen Restitution der Reflexzentren, wäre also analog der sogenannten „Erholungszeit“ des Muskels.

Figurenerklärung.

Fig. 1 ist das vollständige Ergogramm vom Versuch 3, reduziert auf $\frac{1}{20}$ auf die Weise, dass von je 20 Erhebungen eine Durchschnittszahl gewonnen wurde und in Abständen von 5 mm aufs Papier übertragen.

Fig. 2. Darin sind in Abständen von 5 mm eingezeichnet die 39 Anfangserhebungen und darüber die 39 Schlusserhebungen vom Versuch 9.