Über die Kultur und Automatie des Lymphherzens (LH).

II. Mitteilung: Die Aktionspotentiale des in situ gelassenen
und ausgeschnittenen LH bei japanischen Kröten.

Von

Daizo Ogata und Kazuo Suenaga.

(緒方大象)

(末永一男)

(Aus dem I. Physiologischen Institut, Medizinische Fakultät,
Kyusyu Kaiserliche Universität, zu Hukuoka.

Vorstand: Prof. D. Ogata.)

Die Aktionsströme des LH der Amphibien wurden schon von einigen Autoren registriert. Die erste und genaueste Beschreibung wurde von v. Brücke und Umrath¹⁾ 1930 gegeben. Im Jahre 1937 registrierten 2 Forscher die Aktionsströme, u. zw. im Februar Morita und im Mai Reid. Pratt soll ebenfalls Versuche angestellt haben, ohne sie aber zu veröffentlichen. Nasu war der letzte Untersucher, sofern uns bekannt ist.

v. Brücke und Umrath benützten als Registrierinstrument einen Matthews-Oszillographen mit 2 Verstärkerstufen. Der durch eine konstante Eichspannung im Eingangskreis bewirkte Ausschlag fiel in 0,2 Sekunden auf 90% seines Anfangswertes. Die Empfindlichkeit der Apparatur liess sich nur so weit steigern, dass $2 \cdot 10^{-5}$ Volt auf der Schreibfläche einen Ausschlag von 11 mm gaben.

Die Ableitung erfolgte mittels Ag AgCl-Elektroden, die mit einer dünnen Lage Ringer-getränkter Watte umwickelt waren. Die eine lag direkt auf dem LH, die andere an dem Bindegewebsstrang in der Umgebung des LH. Bei der Ableitung von Nerven verwendeten die Forscher Pinselelektroden. Temporarien erwiesen sich geeigneter für Versuche am LH selbst, Esculenten dagegen für die von den Nerven aus. Die Frequenz der hohen Zacken im Tetanus betrug bei beiden Tierarten etwa 20–30 pro Sekunde. Das spinale Zentrum arbeitet also periodisch, ähnlich wie das Atemzentrum. Ludány²⁾, nach Reid, ist auch der Meinung, dass das LH des Frosches von einer Serie von Impulsen vom Rückenmark aus betrieben wird. Morita³⁾ stellte regel-

mässige diphasische Aktionsströme vom Kröten-LH mittels Yokogawaschen Oszillographen mit Verstärker und Zn ZnSO_4 -Elektroden vor. Reid⁴⁾ leitete den Aktionsstrom vom LH-Transplantat im Sinus basioid. ab und sah dabei einfache diphasische Aktionspotentiale anstatt eines Tetanus. Es wurde ein Oszillograph und *Rana catesbeiana* benutzt, aber die eingehendere Beschreibung fehlte dabei. Die neuesten Versuche wurden von Nasu⁵⁾ mittels Siemens Elektrokardiographen an den coccygealen LH der Esculenta ausgeführt, wobei Silberdraht-Elektroden verwandt wurden. Er beobachtete 2 Erhebungen: die erste deutlich auffallende, die nach dem Verf. der R-Zacke des Ekg. entspricht, und die zweite wellenförmige, die von verschiedenzeitiger Vollendung der Kontraktionen von zwei oder drei Kammern herrührte.

Fig. 1. Schaltbild eines Gleichspannungsmessverstärkers in drei Stufen für eine maximale Spannungsverstärkung von 6×10^5 .

Methodik.

Wir benützten als Registrierapparat einen Kathodenstrahlenoszillographen. Die Aktionsströme des vorderen und hinteren LH der Kröte (*Bufo vulgaris japonicus*), meist unter Urethan-Narkose (1 cc f. 100 g Körpergewicht von 10% Urethanlösung), wurden von einer Platinelektrode durch 3stufigen Verstärker zum Oszillographen abgeleitet und die zweite Elektrode am subkutanen Bindegewebe in der Nähe des LH gelegt. Die Versuchsanordnungen sind in Fig. 1 ersichtlich. Aus den Verbindungen vom Verstärker aus wird sich die ungefähre Aktionspotentiale leicht vermuten lassen.

Resultate und Diskussion.

Fig. 2 zeigt die Elektrogramme eines in situ spontan schlagenden LH. Wir sehen bei jedem Herzschlag eine Serie rasch aufeinander

Fig. 2. Aktionsströme von 4 in situ gelassenen LH von ein- und derselben Kröte.

- a. Vord. rech. LH.   b. Vord. link. LH.
c. Hint. rech. LH.   d. Hint. link. LH.
z. Zeit in 1/2 Sekunde.

folgender zweiphasischer Aktionsströme als Ausdruck einer tetanischen Erregung der Lymphherzmuskulatur. Die einzelnen Zacken sind ungleich hoch und sie stehen auch ungleich weit von einander ab; zwischen grössere Zacken schieben sich oft einzeln oder gruppenweise kleinere Zacken ein. Die Gesamtzahl der Aktionsstromzacken lässt sich nicht genau

fixieren. In der Regel lassen sich etwa 5–16 Zacken unterscheiden, dabei etwa 3–8 grössere Zacken. Die Frequenz ist im Durchschnitt etwa 20–60 Zacken pro Sekunde.

Der Aktionspotential ist in der Regel im hinteren LH grösser als im vorderen. Bezüglich der Frequenz der Zacken für einzelne Schläge sieht man Genaueres in der Tabelle I.

Tier	vord. rech. LH.	vord. link. LH.	hint. rech. LH.	hint. link. LH.
I.	8,2 (5,2)	7,4 (4,5)	10,8 (5,0)	9,8 (4,6)
II.	9,7 (5,4)	13,5 (5,5)	10,8 (5,1)	13,2 (4,8)
III.	13,1 (4,73)	9,5 (4,1)	12,7 (4,45)	10,0 (3,7)
D-Schn.	10,3 (5,1)	10,1 (4,7)	11,4 (4,9)	11,0 (4,4)

Die Zahl nicht in Klammern bezieht sich auf die Gesamtzahl der Zacken pro Schlag, und die in Klammern auf die grösseren Zacken allein. Jede Ziffer stammt als Durchschnitt von etwa 30 Bestimmungen ab.

Die individuellen Schwankungen sind in erster Linie sehr deutlich. In der Regel zeigt das hintere LH grössere Frequenz, doch ist es nicht immer der Fall. Manchmal ist die linke Seite vor der rechten bevorzugt, manchmal umgekehrt. Die einzige übereinstimmende Tatsache ist die folgende: Wenn das vordere rechte LH das vordere linke in Frequenz übertrifft, so ist das rechte hintere LH vor dem linken hinteren bevorzugt. Diese Verhältnisse erinnern an die rechte oder linke Händigkeit des menschlichen Körpers. Schon früher haben

Pratt⁶⁻⁷⁾ und nachher Ogata⁸⁻¹⁴⁾ den homolateralen Synchronismus (gegenüber kontralateralen Synchronismus) im LH-Schlag gezeigt. Dasselbe Verhältnis herrscht auch in den Frequenzen der Aktionsströme. Diese Homolateralität bemerkt man ebenso in Potentialen, Hemmungen und dergleichen Erscheinungen.

1937 gelang es Reid⁴⁾ das herausgeschnittene LH in den Sinus basihyoid. einzupflanzen, wo es dann weiter schlug. Ogata¹⁵⁾ hat dasselbe Verfahren an japanischen Kröten mit gutem Erfolg ausgeführt. Von dem Transplantat im Zungensinus konnte Reid einen einfachen diphasischen Aktionsstrom ableiten.

Uns gelang es zum erstenmal die Transplantate aus dem Zungenlymphraum herauszunehmen und ausserhalb des Körpers weiter schlagen zu lassen, etwa 30 Minuten lang. Gerade dieses LH zeigt einen sehr schönen diphasischen Aktionsstrom (Fig. 3, a.). Aus den Kurven sieht man sogleich, dass der Tetanus zur Zuckung übergeht, d.h. dass vermutlich die neurogene Innervation vollendet ist und sich myogene Automatie einstellt. Es liegt sehr nahe, dass das herausgeschnittene LH automatisch im Stande ist in der Nährflüssigkeit das Schlagen fortzusetzen.

Solche einwandfreien Kurven bekommt man nur im vorderen und

Fig. 3. Aktionsströme von den ausserhalb des Körpers schlagenden LH-Transplantaten.

- a. Vord. LH-Transplantat.
- b. Hint. LH-Transplantat.

nicht im hinteren LH, weil das hintere LH in der Regel aus 2-4 Kammern besteht (Fig. 3, b.).

Rienmüller¹⁶⁾ und Hotovy¹⁷⁾ fanden, dass das LH, dem die Innervation durch Operation abgeschnitten ist, nach einigen Wochen wieder spontan zu schlagen begann. In solchen Fällen soll man ebenso einfache Aktionsströme erwarten können.

Das LH hatte also anfänglich eine Automatie, die durch eine nachträglich auftretende Innervation vom Zentrum aus einmal verloren ging und beim Verschwinden der Innervation wieder in den Vordergrund trat. Dieselbe Umwandlung befindet sich, wie Reid zeigte, im Limulusherzen, wo Hoshino¹⁸⁾ die neurogene Kontraktion in myogene übergehen, und Carlson¹⁹⁾ sogar in der Embryonalzeit nach der umgekehrten Richtung hin umwandeln sieht.

Zusammenfassung.

1. Elektrogramme von LH wurden bei japanischen Kröten aufgenommen.
2. Der Schlag des in situ gelassenen LH ist von tetanischer Natur. Die Gesamtzahl der Aktionsstromzacken beträgt etwa 20–60 pro Sek. und etwa 5–16 pro Schlag.
3. Eine ziemlich strenge Homolateralität scheint zwischen den beiderseitigen LH zu herrschen. Beide homolateralen (vord. und hint.) LH übertreffen in der Schlagfrequenz die beiden kontralateralen oder umgekehrt.
4. Das in situ gelassene LH zeigt immer tetanische Aktionsströme, während das ausserhalb des Körpers automatisch schlagende LH einen einfachen diphasischen Aktionsstrom zeigt. Daraus ersieht man, dass die neurogene Kontraktion durch Kultur zur myogenen Kontraktion übergehen kann.

Dem Unterrichtsministerium sei gedankt für die Gewährung einer Unterstützung zur Anregung wissenschaftlicher Forschung.

Literatur.

- (1) v. Brücke, E. Th. u. K. Umrath; Pflüger's Arch. 1930, **224**, 631.
  - (2) v. Ludány, G.; Arb. II Abt. wiss. Stefan Tisza, Ges. Debrecen. 3 (4), 1929.
- Nach Reid.
- (3) Morita, I.; Nihon Seirigaku Zassi, 1937, **1**, 80.
  - (4) Reid, M.A.; J. Exp. Zool., 1937, **76**, 47.
  - (5) Nasu, M.; Okayama Igakkai Zassi, 1941, **53**, 15.
  - (6) Pratt, F.H. u. M.A. Reid; Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 1932, **29**, 1019.
  - (7) Derselben; J. Physiol., 1939, **95**, 345.
  - (8) Ogata, D. u. I. Morita; C. r. Soc. Biol., 1937, **125**, 528.
  - (9) Morita, I. u. D. Ogata; Ibid., 1938, **127**, 1351.
  - (10) Morita, I.; Nagasaki Igakkai Zassi, 1937, **15**, 879.
  - (11) Derselbe; Ibid., 1938, **16**, 360.
  - (12) Derselbe; Ibid., 1938 **16**, 1937.
  - (13) Ogata, D.; C. r. Soc. Biol., 1938, **130**, 1502.
  - (14) Sakimoto, Y.; Nagasaki Igakkai Zassi, 1939, **18**, 6.
  - (15) Ogata, D.; Tohoku J. Exp. Med., 1940, **39**, 162.
  - (16) Rienmüller, J.; Pflüger's Arch., 1935, **236**, 576.
  - (17) Hotovy, M.R.; Ibid., 1939, **242**, 180.
  - (18) Hoshino, N.; Pflüger's Arch., 1925, **208**, 245.
  - (19) Carlson, A.; Amer. J. Physiol., 1908, **21**, 1.