

In a number of experiments, the firing of the dark adapted cells was observed to fluctuate, disappearing and reappearing with a certain periodicity. The time course of these fluctuations, that is the 'period' of these retinal neurons, was sometimes of a few seconds, i.e. of the order of that observed in previous experiments on conger-eels¹, frogs^{2,3} and cats^{4,5}. Frequently, however, we found a surprisingly slow periodicity, of the order of a few and even of several minutes.

The discharge of the three retinal units recorded in the Figure lasted from $1\frac{1}{2}$ -2 min (A, C) and was interrupted by periods of silence (B) which persisted for 30-35 sec (in the Figure the horizontal bar represents 30 msec, while the voltage calibration is 100 μ V). This periodic activity went on regularly throughout the time of recording (2 h). In other experiments, the 'period' of the retinal unit was still longer: up to 5-6 min and in one case up to 20 min. Obviously we considered only those experiments where

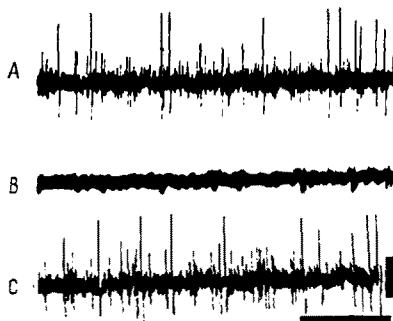
this alternation of activity was regularly and repeatedly observed. By moving the microelectrode just a few microns away, this alternating activity could not be observed in neighbouring cells. It would appear, therefore, to be specific to particular points of the retinal neural net.

Future research will aim at a statistical study of samples of very long duration of retinal cell activity. The origin of this alternation, whether autochthonous, e.g. arising in the retina, or dependent upon the activity of centrifugal fibres in the optic nerve, will also be investigated⁶.

Riassunto. La registrazione microelettronica della retina del gatto «cerveau isolé» adattato completamente all'oscurità ha messo in evidenza talvolta una attività ritmica a lungo periodo, nella scarica delle cellule ganglionari.

D. ASCOLI and L. MAFFEI

Istituto di Fisica e Istituto di Fisiologia dell'Università di Pisa e Centro di Neurofisiologia del C.N.R., Pisa (Italy), October 21, 1963.



¹ E. D. ADRIAN and R. MATTHEWS, J. Physiol. 65, 273 (1928).

² H. B. BARLOW, J. Physiol. 119, 69 (1953).

³ R. GRANIT, Acta physiol. scand. 1, 370 (1940).

⁴ S. W. KUFFLER, J. Neurophysiol. 16, 87 (1953).

⁵ A. ARDUINA and L. R. PINNEO, Arch. ital. Biol. 100, 425 (1962).

⁶ This research has been sponsored jointly by the office of Scientific Research, EOAR, through the European Office, Aerospace Research, United States Air Force, under Grant EOAR-62-9, and by the Rockefeller Foundation.

Über eine spontane Extrasystolie im Schrittmachersystem des Tunicatenherzens (*Ciona intestinalis* L.)¹

Bekanntlich zeigt das schlauchförmige, klappenfreie Tunicatenherz² periodische Reversionen des Herzschlags. Die herrschende Vorstellung über das Zustandekommen der sogenannten Schlagumkehr nimmt zwei terminale kompetitive Schrittmacher, ein viscerales und ein hypobranchiales Automatiezentrum an, welche normalerweise alternierende Serien peristaltischer Kontraktionswellen produzieren. Der vorhandenen diffusen Automatie bzw. den basalen Schrittmachereigenschaften des ganzen Herzschlauchs wird für die spontane Reversion keine funktionelle Bedeutung beigemessen³. Eine extrakardiale Regulation fehlt offenbar. Das Schrittmachersystem scheint rein myogen, eine Auffassung, die auch durch die bisherigen pharmakologischen Befunde gestützt wird^{4,6}.

Eigene experimentelle Untersuchungen (EKG) an nichtisolierten und isolierten Herzen von *Ciona intestinalis* lassen hingegen erkennen, dass die alternierende Dominanz der Endzentren nicht die Hauptursache der Reversion des Herzschlags ist, sondern dass der zentrale Schrittmacher über eine charakteristische Spontanaktivität und Extrasystolie verfügt, die eine echte Störung der Automatie herbeiführt und die Schlagumkehr induziert. Zunächst wurde mit Ligatur- und Zerschneidungsexperimenten bewiesen, dass die diffuse Automatie über den ganzen Herzschlauch ubiquitär verteilt ist, ohne Aus-

bildung eines Automatiegradienten. Bei gleichzeitiger Ableitung der Aktionspotentiale aus verschiedenen Herzregionen mit Hilfe von Platin-Aspirationselektroden⁶ findet man häufig an den Herzenden höhere Frequenzen, die von sehr niedrigen Potentialen herstammen. Das jeweils «dominierende Endzentrum» verfügt aber nicht über eine grösse Automatiestärke als die mittlere Herzregion. Synchronableitungen der Aktionspotentiale aus beiden Herzenden und zentralen Herzabschnitten mit Niederfrequenzverstärkung, Direktschreibung sowie gleichzeitiger photoelektrischer Registrierung der aktiven Pulsweile zeigten spontane Erregungsimpulse und Extrasystolen auf das zentrale Schrittmachergebiet beschränkt, welche der Reversion des Herzschlags unmittelbar vorausgehen (Figur 1). Führen diese Extrasystolen als echte Umkehrsytolen zur Schlagumkehr, so induzieren sie in

¹ Herrn Prof. W. v. BUDDENBROCK zum 80. Geburtstag.

² Nach bisher unveröffentlichten elektronenmikroskopischen Untersuchungen von W. SCHULZE, Berlin-Buch, handelt es sich beim *Ciona*-Herzgewebe um echte Epithelmuskelzellen (*vide* Exper. 20, Fasc. 5 (1964), im Satz).

³ Z. M. BACQ, P. FISCHER und F. GHIRETTI, Arch. int. Physiol. 59, 165 (1951).

⁴ B. J. KRIJGSMAN und NEL. E. KRIJGSMAN, Arch. int. Physiol. 67, 567 (1959).

⁵ B. J. KRIJGSMAN, Biol. Rev. 31, 288 (1956).

⁶ H. MISLIN, Rev. suisse Zool. 70, 317 (1963).



Fig. 1. Kurvenbeispiel für eine spontane Reversion am Ciona-Herz.

Oberste Kurve: Elektrogramm des visceralen passiven Herzendes. Darunter: zugehöriges Myogramm.

Mittlere Kurve: Elektrogramm der Herzmitte ($120 \mu\text{V}$). Bei Pfeil Extrasystole und Schlagumkehr. Man beachte die Erregungsüberleitung von der Mitte zum visceralen Ende. Darunter: Elektrogramm des dominanten hypobranchialen Endzentrums. Der Abstand zwischen zwei Potentialen beträgt 2 sec. Aktionspotentiale hier unverändert geblieben ($50 \mu\text{V}$).

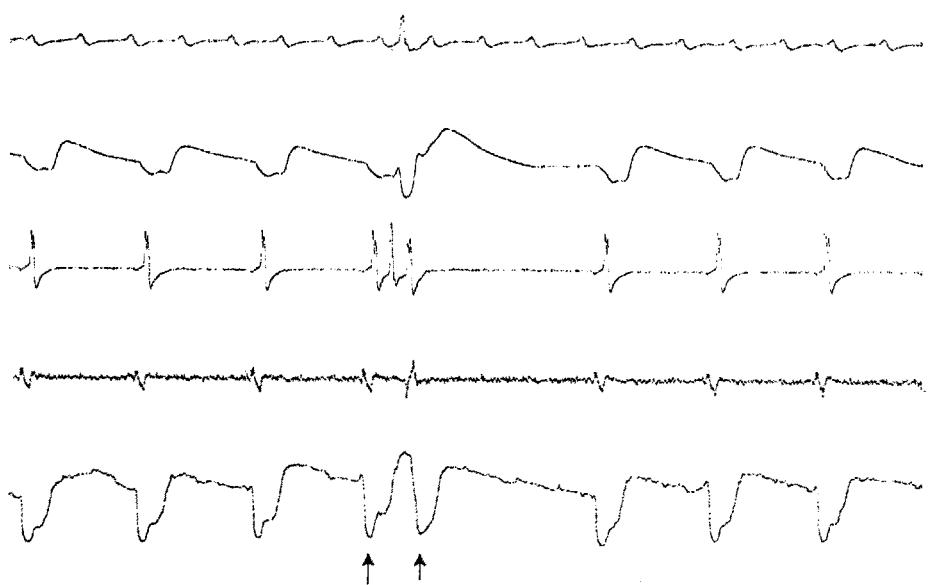
Unterste Kurve: zugehöriges Myogramm (sehr schwacher Puls).

Fig. 2. Kurvenbeispiel für eine spontane kurzfristige Reversion am Ciona-Herz.

Oberste Kurve: Elektrogramm des hypobranchialen Herzendes. Darunter: zugehöriges Myogramm.

Mittlere Kurve: Elektrogramm der Herzmitte mit Extrasystole und kompensatorischer Pause von 2,6 sec. Schlagumkehr auf eine Pulswelle beschränkt. Erregungsübertragung an beiden Herzen feststellbar.

Unterste Kurve: zugehöriges Myogramm.



der Regel an den Endzentren eine Potentialänderung (Figur 2). Im Zusammenhang mit Umkehrsystolen erscheinen häufig kompensatorische Pausen, die aber für eine Reversion des Herzschlags nicht obligat sind. Spontane Änderungen des Aktionspotentials können auch am aktiven oder passiven Herzen beobachtet werden, sie führen aber nicht zur Schlagumkehr. Hingegen ist die Formänderung des Potentials der mittleren Herzregion für jede Reversion typisch und bleibt während der ganzen Dauer der neuen Schlagrichtung unverändert. Auch am völlig stillstehenden Cionaherzen sind von den terminalen Schrittmachern autorhythmische Mikropotentiale abzuleiten. In der Regel zeigt dann die Herzmitte keine elektrische Aktivität. Wird jetzt mit einem Dehnungsreiz eine reaktive Pulswelle ausgelöst, so treten die zur Kontraktion führenden initialen Aktionspotentiale in allen Regionen des Herzens auf. Zur Etablierung eines dominierenden Endzentrums ist der Erregungsimpuls bzw. die Extrasystolie des zentralen Schrittmachers notwendig. Seine spontane Aktivierung, welche zur Schlagumkehr führt, beweist, dass die Aktivität der Endzentren eine andere ist, als wie bisher angenommen wurde, dass sie jedenfalls nicht in der Kontrolle über die basale Automatie besteht. Die Versuchsergebnisse führen dazu, in den periodischen Revisionen der Tunicatenherzen eine Leistung des gesamten Schrittmachersystems zu sehen,

wobei die extrasystolische Automatiestörung der zentralen Herzregion und die etwas erhöhte Frequenz der terminalen Schrittmacher von besonders funktioneller Bedeutung sind. Eine detailliertere Analyse der Extrasystolie im Zusammenhang mit dem Vorgang der Reversion und der Tätigkeit der Endzentren erfolgt an anderer Stelle⁷.

Summary. Some experimental results on action potential (EKG) in the pacemaker system of the tunicata heart (*Ciona intestinalis*) are presented. Synchronous records of both end and central heart regions show a spontaneous change of the electrical activity in the middle of the heart tube, just before the periodic reversal of the direction of the pulsating wave starts. Extra systoles in the central pacemaker influence the terminal centres and provoke reversal.

H. MISLIN

Station Biologique d'Arcachon (France) und 1. Zoologisches Institut der Universität Mainz (Deutschland),
31. Januar 1964.

⁷ Fräulein R. KRAUSE danke ich für die wertvolle Mitarbeit, der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Ermöglichung des marinen Forschungsaufenthaltes.