

Summary

The release of potassium ions from striated muscle, and the changes in mechanical tension developed by the gastrocnemius muscle on intraarterial injection of ACh, were investigated by isolated perfusion of the hind limbs in cats. The reaction of the normal innervated and chronically denervated muscle in the same animal were compared before and during perfusion with $2 \cdot 10^{-4} M/l$ desoxycorticosterone glucoside (DCG). The following results were obtained: after perfusion with DCG no change in the spontaneous release of potassium ions occurred neither on the innervated nor on the denervated muscle. The potassium release following intra-arterial injections of various doses of ACh was significantly reduced on innervated and denervated muscle. On the denervated muscle there was also a considerable reduction of the height of contractures caused by ACh administration. The results make it probable that DCG acts by an inhibition of depolarisation in the same way as *d*-tubocurarine.

Mengen Phenol oder Kresol enthaltendem Handelsheparin. Dagegen verursacht Zugabe von dialysiertem Handelsheparin nur eine unwesentliche Tonusverminderung.

Diskussion. Untersuchungen über den tonusvermindernden Effekt verschiedener Substanzen am histamin-kontrahierten Meerschweinchenileum zeigen, dass Zugabe von Tyrodelösung und von frisch gelöster 1%iger Heparinsubstanz keine Dekontraktion verursacht. Im Gegensatz dazu beobachteten wir wie PARROT und LABORDE, dass Handelsheparin eine brüsk eintretende Dekontraktion des Meerschweinchenileums verursacht; eine ähnliche Wirkung ergab sich nach Zugabe von Phenol oder Kresol in Konzentrationen, wie sie im Handelsheparin vorliegen. Die Ergebnisse zeigen, dass nicht Heparin selbst, sondern die den Handelspräparaten zur Konservierung zugesetzten Substanzen die am histamin-kontrahierten Meerschweinchenileum beobachteten Wirkungen verursachen.

R. KELLER und W. BURKARD

Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der Eidgenössischen Technischen Hochschule und Kantonsapotheke, Zürich, den 14. Juli 1956.

Untersuchungen über die Heparinwirkung am histaminkontrahierten Meerschweinchen-Ileum

PARROT und LABORDE¹ fanden, dass eine zur Suspensionsflüssigkeit zugegebene dialysierte Handelsheparinlösung am histaminkontrahierten, isolierten und atropinisierten Meerschweinchenileum dekontrahierend wirkt. Im Zusammenhang mit den Arbeiten der erwähnten Autoren sowie von WERLE und AMANN² über eine Komplexbildung zwischen Heparin und Histamin schienen uns diese Beobachtungen von Interesse, weshalb wir sie nachprüften.

Methodik. Der Suspensionsflüssigkeit (glucosehaltige Tyrodelösung, Volumen 10 ml) eines isolierten, atropinisierten Meerschweinchenileums wird $0,1 \mu g$ Histamin (Histamindichlorhydrat) zugegeben und die Histaminkontraktion registriert. Im Verlaufe der Kontraktion haben wir in verschiedenen Versuchen die Wirkung von Handelsheparin (Liquemin Roche, Heparin B. P. Boots, Pularin Evans), dialysiertem Handelsheparin, Heparinsubstanz (Biochemicum Roche; 1%ige Lösung in Tyrode), Tyrodelösung, sowie von Phenol (0,5%) und Kresol (0,3%), die den Handelspräparaten zur Konservierung zugesetzt sind, auf das Meerschweinchenileum verfolgt.

Ergebnisse. Wird im Zeitpunkt der Histaminkontraktion Tyrodelösung (0,5; 1,0; 2,0 ml) zugegeben, so kommt es zu einer unwesentlichen Verminderung des Darmtonus. Die Zugabe von Heparinsubstanz (0,5; 1,0; 2,0 ml) führt ebenfalls zu keiner Dekontraktion des Präparates.

Im Gegensatz dazu kommt es sofort nach Zusetzen von 0,2 ml Handelsheparin zur Suspensionsflüssigkeit zu einer brüsken Tonusverminderung, wie dies von PARROT und LABORDE beschrieben wurde. Fügt man während der Histaminkontraktion Phenol (0,2 ml einer 0,5%igen Lösung in Tyrode) oder Kresol (0,2 ml einer gesättigten Lösung (etwa 0,5⁰/₀₀) von *p*-Chlor-*m*-Kresol) zu, so kommt es zu einer ähnlich starken und brüsken Dekontraktion wie nach Zugabe von entsprechende

Summary

Freshly dissolved heparin substance, in contrast to heparin which is commercially available, causes no decontraction of the isolated atropinized guinea-pig ileum contracted in response to histamine. Phenol and Cresol, in the amounts in which they are normally present in commercially available heparin preparations, have the same effect as commercial heparin.

Structure and Functions of the Statocyst in Crabs

In his classical investigation, HENSEN¹ distinguished *thread hairs*, *hook hairs* and *group hairs* on the inside of the statocyst in crabs. In a preliminary study, we were able to show that the thread hairs are rotation receptors, acting more or less like the semicircular canals in the vertebrate labyrinth. Bilateral elimination of the thread hairs abolished all rotatory eye stalk reflexes, whereas the position reflexes remained unchanged. After additional elimination of the hook hairs, these remaining eye stalk reflexes were abolished as well².

In a more elaborate reinvestigation, these results were confirmed and the following new facts were discovered³.

Structure of the statocyst.—According to HENSEN's description, the thread hairs should be completely naked and unfeathered, except at their top. Although this may be correct for *Carcinus maenas*, it is not so for *Maja verrucosa*. In the latter animal, the thread hairs are feathered along most of their length. In this connection we may recall the fact that in *Carcinus* the thread hairs are much more numerous and stand correspondingly closer together than in *Maja* (Fig. 1).

¹ V. HENSEN, Z. wiss. Zool. 13, 319 (1863).

² S. DIJKGRAAF, Exper. 11, 407 (1955).

³ The work was again almost entirely done at the Zoological Station of Naples. My thanks are due to the director, Dr. PETER DOHRN, and his staff for their constant readiness to help. A grant of the Netherlands Organisation for Pure Scientific Research (Z.W.O.) enabled me to carry out this investigation.

¹ J. L. PARROT und C. LABORDE, C. r. Soc. Biol. Paris 145, 1047 (1951).

² E. WERLE und R. AMANN, Naturwissenschaften 42, 583 (1955); Klin. Wschr. 34, 207 (1956); 34, 624 (1956).

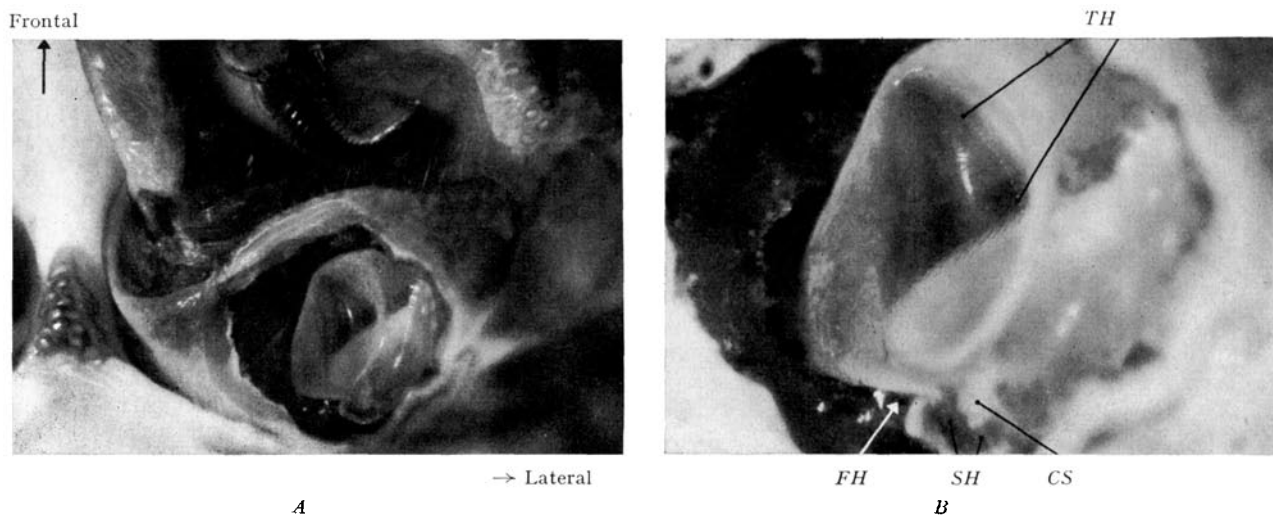


Fig. 1.—Left statocyst of *Carcinus maenas* (ventral view). *A* Basal segment of left antennula, opened ventrally, with statocyst *in situ*. *B* Same statocyst, enlarged. *TH* Row of thread hairs; points of attachment white (the basis of the hairs themselves can be seen shining through the statocyst wall). *CS* Cluster of statoliths. *SH* Statolith hairs. *FH* Region of free hook hairs.

More important is our discovery of typical statoliths within the statocyst of adult crabs, both *Carcinus* and *Maja*. From HENSEN¹ up to the present⁴, the lack of statoliths within the statocyst of crabs (and especially of *Carcinus*) has been stressed time after time⁵. Nevertheless, a little heap or cluster of numerous minuscule stone particles ($\varnothing$ of the biggest particles: 20–25 μ) is always found on a spot at the ventral side of the statocyst, just behind the caudal end of the thread hair row (Fig. 1, 2). The statolith particles were in every respect identical with the volcanic particles covering the sea bottom in the neighbourhood of Naples. Surrounding the statolith place, we saw a small number of hook hairs. Their tips were directed towards the statolith mass and touched its border. A slight pressure against the statocyst wall in this region made the statoliths drop off. The isolated particles are easily lost from sight. *Carcinus* and *Maja* from the Naples region had quite similar statoliths. The enormous stones which were described in much detail by KINZIG as “statoliths” from the statocyst of *Maja verrucosa* must have been pure artefacts of the museum material studied by her⁶. In fresh preparations, only the minuscule statoliths described above are present.

The great majority of the hook hairs in *Carcinus* stands on a more or less triangular field (Fig. 1, 2). Although the field begins near the statolith place, these hook hairs have no connection at all with statoliths. I propose to call them “free hook hairs”, as opposed to the statolith-bearing hook hairs mentioned above. A similar field with short, free sensory hairs is present in *Maja*, but in this case not all hairs are really hook-like: many are more or less straight. All these hairs are feathered over most of their length. They can reach about one third of the length of the thread hairs. Like those, the free hook hairs are apparently receptors for fluid movement (rotation), although they sway around much less easily and less extensively.

Functions of the statocyst.—The animals (*Maja verrucosa*) were forced to autotomize their walking legs. They were blinded by rubber tubes closed by the end of a toothpick and painted white (Fig. 3). After that, the compensatory eye stalk reflexes on rotation around the vertical, the longitudinal and the transversal axis were observed and filmed, both in the animal with intact statocysts and after elimination of different groups of sensory hairs. By careful preparation, the nerve fibres running to the thread hairs (*TH*), and those to the statolith-bearing hook hairs (*SH*), could be dissected and cut separately. The nerve fibres innervating the free hook hairs (*FH*) could only be reached and cut completely after previous cutting of the *SH*-nerve fibres.

Isolated elimination of the *TH* caused a loss of all eye reflexes on rotation around the vertical axis. On quick turning around horizontal axes (and fixing the animal in any inclined position), the eye stalks reached their compensatory posture only after some delay and

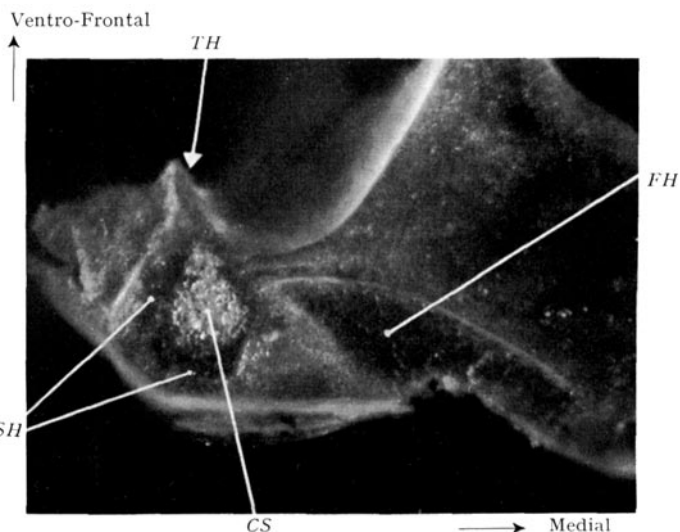


Fig. 2.—Left statocyst of *Carcinus maenas*: statolith place with statoliths and part of the free hook hair field (inside view). *CS* Cluster of statoliths. *SH* Region of statolith hairs. *FH* Part of free hook hair field. *TH* Caudal end of thread hair row.

¹ H. SCHOENE, Z. vergl. Physiol. 36, 241 (1954).

⁵ See amongst others A. BETHE, Arch. mikr. Anat. 50, 460 (1897). C. W. PRENTISS, Bull. Mus. comp. Zool. Harvard Coll. 36, 167 (1901).

⁶ H. KINZIG-CONRAD, Verh. naturh.-med. Ver. Heidelberg [N.F.] 14, 1 (1921).

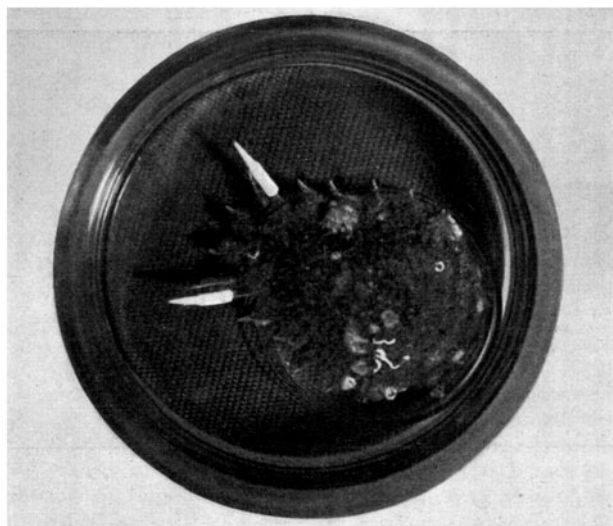


Fig. 3. — Blinded, leg-less *Maja verrucosa* on turntable for rotation around vertical axis (dorsal view).

with a velocity which seemed independent of the degree of angular acceleration or deceleration.

Isolated elimination of the SH caused a complete loss of all gravitational reflexes. Rotation reflexes on turning around the vertical axis were unchanged, and similar reflexes on rotation around both horizontal axes were present (including typical after effects). After additional elimination of the FH all rotation reflexes were changed; complicated, long-lasting after effects were observed.

Elimination of both TH and SH resulted in a complete loss of all eye stalk reflexes, even though the FH were left untouched. So the FH seem to exert only a regulating or inhibiting influence on the rotatory reflexes which are elicited by stimulation of the TH.

A full account of the present investigation (including the tonic influence of the statocysts, the effects of unilateral eliminations etc.) will be published elsewhere⁷.

S. DIJKGRAAF

Zoological Station, Naples, and Laboratory of Comparative Physiology, Utrecht, July 29, 1956.

Zusammenfassung

In Fortsetzung früherer Untersuchungen an der Krabbenstatocyste wurden einige weitere Tatsachen festgestellt.

Bei erwachsenen *Carcinus maenas* und *Maja verrucosa* wurden erstmalig die Statolithen aufgefunden und beschrieben. Sie werden von aussen her aufgenommen. Nur wenige Hakenhaare stehen mit diesen Statolithen in Kontakt (Statolithenhaare). Die Mehrzahl der Hakenhaare steht auf einem eigenen Feld und ist ganz frei beweglich (freie Hakenhaare).

An Hand der Augenstielreflexe geblendeter Krabben (*Maja*) bei Rotation und mittels isolierter Nervendurchschneidungen liess sich zeigen: dass die Statolithenhaare die einzigen Schwererezeptoren sind; dass die Fadenhaare Rotationsrezeptoren sind, die bei Drehung um alle Achsen ansprechen; dass die freien Hakenhaare vermutlich ebenfalls Rotationsrezeptoren sind; dass deren Beteiligung jedoch bloss in einer Veränderung (Hemmung) der durch Fadenhaarreizung ausgelösten Augenstielreflexe zum Ausdruck kommt.

⁷ Z. vergl. Physiol.

Die Wirkung von Adrenalin auf das Ruhepotential von Myokardfasern des Vorhofs*

Es ist bekannt, dass Vagusreiz bzw. Acetylcholin-Applikation das Ruhepotential der Fasern des Vorhofs erhöht¹; dabei nimmt der Membranwiderstand ab²; die Vagushemmung tritt ein. Es liegt nach diesen Befunden nahe, die Wirkung des Antagonisten Adrenalin mit der des Acetylcholin zu vergleichen.

Methodik. Die Präparate waren aus dem rechten Vorhof oder Aurikel des Hundes ausgeschnittene, etwa 10 mm lange und 1 mm dicke Muskelstreifen. Der Muskel wurde zwischen 2 Zangen in einem 5 mm breiten Spalt gehalten, durch den etwa 60 cm³/min Tyrodelösung (37°C, gesättigt mit 95% O₂ und 5% CO₂, pH = 7,2) zirkulierten³. Adrenalin und Acetylcholin wurden 4 cm vor dem Präparat innerhalb 0,5 s in den zuführenden Schlauch injiziert, die Dosis dürfte sich dabei in etwa 1 cm³ verteilen. Danach müsste zum Beispiel bei Injektion von 10 γ eine Lösung 1:10⁵ für 1 s am Präparat vorbeifliessen; die tatsächlich an der Zelle herrschende Konzentration ist wesentlich geringer, wird jedoch länger einwirken. Das Präparat schlug nicht spontan, es konnte durch elektrischen Reiz jederzeit zum Schlagen gebracht werden. Die Messung erfolgte mit zwei Glaskapillarelektroden: mit der einen wurde intrazellulär das Membranpotential gemessen, die andere wurde in 5–500 μ Abstand in das Syncytium eingestochen und rechteckige Impulse durch sie appliziert.

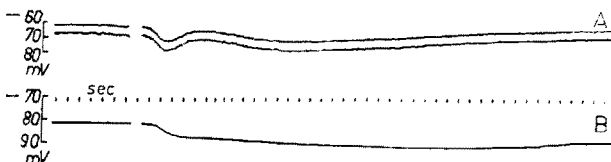


Abb. 1 A und 1 B. Ruhepotentiale von Vorhoffasern des Hundes. Abszisse Zeit in Sekunden. In A ist die untere Linie das Ruhepotential, auf das katelektrotonische Impulse gesetzt sind. Bei Unterbrechung wurden in A 1 γ , in B 100 γ Adrenalin gegeben.

Ergebnisse. Wirkt Adrenalin kurze Zeit auf die Muskelfasern des Vorhofs ein, so nimmt vorübergehend das Ruhepotential zu (Abb. 1, 2 und 3), der Effekt wurde 47mal registriert. Die Grösse und Dauer dieser Polarisation sind sehr verschieden. Sie hängen ab von der Dosis und der Höhe des Ruhepotentials, daneben offensichtlich auch von einer gewissen Adrenalin-Empfindlichkeit des Präparates. Auch bei Nor-Adrenalingabe vergrössert sich vorübergehend das Ruhepotential.

Die Abbildung 1 A zeigt das Ruhepotential einer Vorhoffaser, auf das katelektrotonische Impulse gesetzt sind, unter der Einwirkung von 1 γ Adrenalin. Es ergibt sich eine zweiphasische Polarisation: zunächst schnell von 68 mV auf 77 mV, später noch einmal langsamer auf 76 mV. Nach 100 γ Adrenalin nimmt in der Abbildung 1 B das Ruhepotential von 81 mV auf 92 mV zu; die zwei Phasen lassen sich nicht mehr voneinander abgrenzen, und die Polarisation hält länger an. Diese beiden Kurven

* Ausgeführt mit Unterstützung der deutschen Forschungsgemeinschaft.

¹ W. H. GASKELL, J. Physiol. 7, 451 (1886). – A. S. V. BURGEN und K. G. TERROUX, J. Physiol. 120, 449 (1953). – O. F. HUTTER und W. TRAUTWEIN, J. Gen. Physiol. 39, 715 (1956). – J. DEL CASTILLO und B. KATZ, Nature 175, 1035 (1955).

² W. TRAUTWEIN, S. W. KUFFLER und CH. EDWARDS, J. Gen. Physiol. (1956), in press.

³ J. DUDEL und W. TRAUTWEIN, Cardiologia 25, 344 (1954).