

1897. Born. Über die Verwachsungsversuche an Amphibienlarven. Arch. f. Entwicklungsmechanik, Bd. IV.
1897. Studnitzka. Über Histologie und Histogenese des Knorpels der Cyclostomen. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 48, p. 606—643, Taf. 30—31.
1898. Gegenbaur. Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere. Bd. I.
1898. Semon. Die Entwicklung der paarigen Flossen des *Ceratodus Forsteri*. Denkschriften d. med. nat. Gesellsch. Jena. Bd. IV.
1899. Hansen. Über die Genese einiger Bindegewebssubstanzen. Anat. Anz., Bd. 16, p. 417—438.
1902. E. Ruge. Die Entwicklungsgeschichte des Skelettes der vorderen Extremität von *Spinax niger*. Morph. Jahrb., Bd. 30.
1903. Fibich. Beitrag zur Kenntnis des hyalinen Knorpels. Anat. Anz., Bd. 24, p. 209—214.
1903. Schaffer. Über das vesiculöse Stützgewebe. Anat. Anz., Bd. 23, p. 464—479.
1903. Studnitzka. Histologische und histogenetische Untersuchungen über das Knorpel-, Vorknorpel- und Chordagewebe. Anat. Hefte, Bd. 21, p. 278—525, Taf. 35—44.
1906. Braus. Die Entwicklung der Form der Extremitäten und des Extremitätenskelettes. O. Hertwig's Handbuch der vergl. u. experim. Entwicklungsgeschichte. Bd. III, Teil 2, S. 167—235.
1906. Gaupp. Die Entwicklung des Kopfskelettes. Ibid. S. 573—627.
1906. Fuchs. Untersuchungen über die Entwicklung der Gehörknöchelchen, des Squamosums und des Kiefergelenkes der Säugetiere etc. Arch. f. Anat. u. Phys. Anat. Abt. Suppl., p. 1—90.
1908. Gaupp. Die Entwicklung des Kopfskelettes von *Echidna*. Jenaer Denkschriften.
1908. Krauss. Über die Genese des Chordaknorpels der Urodelen und die Natur des Chordagewebes. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 73, p. 69—116, Taf. 4—6. (Mit Literatur.)
1908. Lubosch. Über Wirbeltiergelenke. Verhandl. d. anat. Gesellsch. auf der 22. Versammlung, Berlin.
1908. — Die stammesgeschichtliche Entwicklung der Synovialhaut und der Sehnen. Biol. Centralbl., Bd. 28.
1909. Braus. Gliedmaßenpropfung und Grundfragen der Skelettbildung. I. Die Skeletanlage vor Auftreten des Vorknorpels und ihre Beziehungen zu den späteren Differenzierungen. Experimentelle Beiträge zur Morphologie. Bd. I, Heft 3. Leipzig, Engelmann.

Beiträge zur Muskelphysiologie von *Sipunculus nudus*.

Von F. J. J. Buytendyk.

Die manchen interessanten Eigentümlichkeiten der Rüsselretraktoren, welche J. v. Uexküll¹⁾ studiert hat, haben mir Anlass gegeben, den Einfluss gewisser Salzlösungen auf diese glatten Muskeln, welche sich auf direkte wie auch indirekte Reize hin schnell zusammenziehen und also in ihren mechanischen Verhältnissen den quergestreiften Muskeln sehr nahe kommen, zu untersuchen. Zum Teil erhielt ich bei diesen Untersuchungen Resultate,

1) J. v. Uexküll, Zeitschr. f. Biologie, Bd. 33 u. 44.

welche mit den Ansichten von v. Uexküll nicht ganz übereinstimmen.

I. Das Präparat der Rüsselretractoren wurde nach der vorzüglichen Methode Uexküll's angefertigt, und die vorläufigen Beobachtungen am Objekt sofort nach der Herausnahme aus dem Körper gemacht, indem Muskeln, Gehirn und Bauchstrang ohne Zerrung oder Dehnung auf eine Glasscheibe oder auf einen ausgespannten Teil des Hautmuskelschlauches ausgebreitet wurden. Mit dem Auge (Lupe) wurden die Effekte der Reizungen beobachtet. Ich konnte mich von der großen mechanischen und elektrischen Reizbarkeit vom Gehirn überzeugen. Der Bauchstrang ist durch Induktionsschläge schwerer, mechanisch gar nicht zu reizen.

Uexküll erwähnt weiter, dass die Muskeln direkt reizbar sind, aber nur zusammenzucken an und zwischen den Reizelektroden. Der Reiz würde sich also nicht im Muskel ausbreiten, wie das bei den quergestreiften der Fall ist.

Der Muskel eines großen *Sipunculus*, welcher, wie immer mit dem normalen Muskel der Fall ist, ein helles, durchsichtiges Aussehen hat, wurde auf eine Glasplatte gelegt und mit der Lupe beobachtet. Berührung der Oberfläche mit einer Nadel oder einem Glasfaden erzeugte sofort eine lokale Kontraktion, kenntlich an dem Weißwerden der kontrahierten Stelle.

Diese weiße Stelle breitet sich oft sternförmig aus, und also auch die Kontraktionen nach schwacher, mechanischer Reizung. Diese Zusammenzuckung erscheint blitzartig zu entstehen, geht aber nur bei Dehnung des Muskels zurück. Bei starker mechanischer Reizung folgt auf diese schnelle Zuckung eine langsame Kontraktion, indem die entstandene weiße Stelle sich wulstartig zusammenzieht. Induktionsschläge erzeugen schon bei sehr geringer Stärke eine derartige Zuckung an den Elektroden.

Etwas stärkere Schläge geben ein rasches Zucken des ganzen Muskels. Die Größe dieser Kontraktion ist sehr abhängig von der Reizbarkeit des Objektes, so dass oft nur die nachfolgende langsame Zusammenziehung an und zwischen den Elektroden beobachtet wird.

Öffnungsinduktionsschläge sind wirksamer als Schließungsschläge. Dass v. Uexküll meint, direkte Muskelreizung gäbe nur lokal eine Zuckung, kann, glaube ich, nur daher rühren, dass die rasche Zuckung, welche ich beobachtete, mit so wenig Kraftentwicklung erfolgt, dass diese schnelle Zuckung nicht graphisch zu verzeichnen ist. Nur wenn die Erregbarkeit stark erhöht wird, kann, wie wir sehen werden, die graphische Verzeichnung geschehen. Übrigens spielen auch die Ermüdung und der Salzgehalt der benetzenden Flüssigkeit eine große Rolle. Die erwähnte schnelle Zuckung des ganzen Muskels auf lokale Reizung hin kann wohl nur hervorgehen

aus einer Reizung der intramuskulären Nervenfasern. Bei erhaltenem Gehirn konnte ich auch durch genügend starke Reizungen reflektorisches Zucken der nicht gereizten Muskeln beobachten.

In der Versuchsanordnung Uexküll's, wobei der Muskel in einem horizontalen und vertikalen Teil zerfällt, sieht man, wenn das vertikale Stück nicht gedehnt wird, bei Reizung im horizontalen Stück auch das vertikale schnell zucken.

Auch wenn man den Muskel durch einen Faden umschnürt und auf einer Korkplatte angebracht hat, lässt sich bei Reizung der einen Hälfte eine Zusammenziehung auch des anderen Stückes ersehen.

II. In diesen Muskeln schienen also zwei verschiedene Kontraktionsprozesse nebeneinander zu bestehen und es fragte sich, ob diese beiden Zuckungsformen verschiedenen Muskelfasern angehören, wie das beim Schlingmuskel des Pekten der Fall ist, wo ein Teil des Muskels aus glatten, ein anderer Teil des Muskels aus quergestreiften Fasern bestehen. Es wäre möglich, dass beim *Sipunculus* am selben Element die verschiedenen Kontraktionen verschiedene histologische Änderungen hervorrufen würden.

Wenn man ein Muskelstückchen in Alkohol von 30% mazeriert, lässt sich sofort sehen, dass der ganze Muskel nur aus glatten Fasern besteht, welche ungefähr 2 mm lang sind. Fixiert man die Retraktoren in verschieden starker Kontraktion, so sieht man bei Fixierung nach einer schnellen Zuckung (z. B. Gehirnreizung) die Muskelfasern verkürzt und verdickt, indem eine leichte Schlängelung der Fasern zu sehen ist. Wenn man aber durch direkte tetanische Muskelreizung ein intensives Weißwerden (Kontraktion) erzeugt, welches, wie gesagt, langsam entsteht, sieht man bei Fixierung des Muskels selbst unter sehr bedeutender Spannung die Fasern im mikroskopischen Bilde stark geschlängelt verlaufen. Die Dicke jeder einzelnen Faser ist aber gleich derjenigen, welche wir nach schneller Kontraktion beobachteten. Hieraus geht also hervor, dass diese glatten Fasern wie quergestreifte sich schnell unter wirklicher Verkürzung und Dickenzunahme kontrahieren können. Diese Kontraktion erfolgt aber unter wenig Kraftentwicklung und geringer Verkürzung. Bei etwas starker Reizung folgt auf dieselbe eine langsame Zusammenziehung des Muskels unter großer Kraftentwicklung und Verkürzung, indem jetzt die Fasern sich stark schlängeln. Die Analyse der Kraftentwicklung und der Kurvenform bei isotonischer und isometrischer Zuckung ist also nicht so einfach wie v. Uexküll meint. Er sagt: „dass bei den *Sipunculus*-Retraktoren Spannungen und Verkürzungen keineswegs immer Hand in Hand gehen, sondern eine große Unabhängigkeit voneinander aufweisen.“ Diese Schlussfolgerung scheint mir etwas fraglich.

III. Wenn man die eine Hälfte eines *Sipunculus*-Muskels in

$\frac{1}{2}$ verdünntes Seewasser legt, lässt sich in einem gewissen Stadium der Anschwellung folgendes beobachten (die andere Hälfte des Muskels ist normal geblieben). Reizung des geschwollenen Teiles gibt eine rasche Kontraktion im normalen Teil des Muskels, indem die gereizte Stelle sich nur lokal langsam zusammenzieht. Man ersieht aus diesen Versuche, dass die Fortleitung des Reizes, welche die schnelle Kontraktion zur Folge hat, unabhängig von der Zuckung der gereizten Stelle ist und also wie beim Froschmuskel von den Nervenfasern fortgepflanzt wird. Die langsame Kontraktion bleibt bei Aufquellung länger erhalten als die rasche.



Fig. 1. Normale Kurve, direkte Reizung.

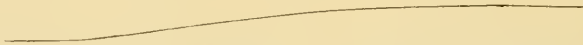


Fig. 2. Kurve, nachdem die Muskeln mit KCl-Lösung befeuchtet sind, direkte Reizung.

Die Retraktormuskeln haben sich außerordentlich empfindlich erwiesen für KCl und CaCl_2 -Lösungen, dennoch konnte eine genauere quantitative Untersuchung der Einflüsse dieser Salze nicht ausgeführt werden wegen der schnellen Änderung, welche die Reizbarkeit der *Sipunculus*-Muskeln mit der Zeit und der Ermüdung aufweist.

KCl ($\frac{1}{2}$ n.-Lösung) 1 Teil auf 100 Seewasser gibt schon eine sehr langsame vor sich gehende Tonuserhöhung des Muskels. In Verdünnung von 1 auf 50 Seewasser geht diese Kontraktion mit erheblicher Kraftentwicklung einher, indem ein Gewicht von 15 g gehoben wird.

Je stärker die KCl-Konzentration im Seewasser ist, desto größer ist die Tonuserhöhung; 1 Teil KCl $\frac{1}{2}$ n. erzeugt eine Verkürzung des Muskels bis auf weniger als ein Viertel seiner Größe. Bei so starker Kontraktion geht diese nur wenig zurück, wenn man den Muskel wieder in reines Seewasser bringt. Bei geringer Vergiftung mit KCl lässt sich langsame lokale Kontraktion leicht auslösen. Die schnelle Zuckung des ganzen Muskels ist nicht mehr hervorzurufen. Die Erregbarkeit des Muskels ist herabgesetzt für direkte und indirekte Reizung. Im mikroskopischen Bilde des in KCl kontrahierten Muskels sieht man eine starke Schlängelung der einzelnen Fasern.



Fig. 3. Kurve, nachdem die Muskeln mit CaCl_2 -Lösung benetzt sind; direkte Reizung.

Eine Lösung von CaCl_2 gibt, in geringer Menge auf einen *Sipunculus*-Muskel appliziert, eine sehr starke Herabsetzung der Tonus, so dass das Präparat durch ein Gewicht von 1—2 g bis mehr als $1\frac{1}{2}$ —2 seiner Länge gedehnt wird.

Der geringste Reiz gibt ein sehr schnelles Zusammenzucken des ganzen Muskels, auch lokale mechanische Reizung kann jetzt leicht eine Zuckung des Muskels herbeiführen. Im mikroskopischen Bilde sieht man die Muskelfasern, welche im Seewasser + CaCl_2 gelegen haben, außerordentlich lang und dünn geworden. Bei einiger Sorgfalt kann man an einem auf einer Glasplatte gelegenen Muskel, welcher mit CaCl_2 reizbarer gemacht ist, den Zipfelversuch von Kühne machen. Es können also auch hier die Nervenfasern rückgängig die Reize übertragen.

Um zu sehen, ob das CaCl_2 auch auf die Reizbarkeit der Nerven einen Einfluss hat, wurde folgender Versuch angestellt: Von den vier Retraktoren wurden zwei mit einem leichten Schreibhebel verbunden. Durch einen Faden wurden die zwei anderen Muskeln und das Gehirn auf einer Korkplatte fixiert. Wenn die Muskeln, deren Kontraktion aufgezeichnet wurden, mit CaCl_2 besetzt waren, gab direkte und indirekte Reizung eine größere und schnellere Zuckung. Waren umgekehrt das Gehirn und die anderen Muskeln mit CaCl_2 (in Seewasser) angefeuchtet, so erhält man auf indirekte Reizung nur die gewöhnlichen Kontraktionen.

Eine reine NaCl -Lösung von 3,45% gab keine Tonusänderungen der Retraktoren; die Reizbarkeit wurde aber etwas herabgesetzt.

IV. Es ließ sich nun fragen, wie die Latenzzeiten der Kontraktion und diejenige des Aktionsstromes bei der Einwirkung von CaCl_2 und KCl auf dem Muskel sich änderten. Mit dem Saitengalvanometer (Edelmann's) lässt sich leicht eine negative Schwan-
kung des Muskels aufzeichnen. Auf die photographische Platte, welche die Bewegungen der Saite registrierte, wurde auch ein Schattenbild vom Schreibhebel geworfen, so dass die Zuckungskurve auf derselben Platte aufgezeichnet wurde. Man konnte so die Latenzzeiten der Muskelzuckung und des Aktionsstromes ausmessen; denn auch ein elektrisches Signal verzeichnete das Moment der Reizung und eine Stimmgabel gab die Zeit in $\frac{1}{50}$ Sekunde an.

Es ergab sich nun, dass die Latenzzeit des Aktionsstromes eine größere Konstanz hat, als diejenige der Kontraktion, so dass bei Ermüdung des Muskels eine beträchtliche Verlängerung der letzteren eintritt.

Man sieht eine schöne Übereinstimmung in den Werten der ersten Reihe der Tabelle I. Die kleineren Unterschiede können sehr leicht herrühren von kleinen Verschiebungen der mit Seewasser getränkten Fäden, welche den Aktionsstrom vom Muskel ableiten, zum Saitengalvanometer.

Tabelle I.

	Latenzzeit Neg. Schwan- kung in Sek.	Latenzzeit Kontraktion in Sek.
1 normaler Muskel . . .	0,03	0,045
2 „ „ . . .	0,032	0,055
3 ermüdeteter „ . . .	0,035	0,08
4 „ „ . . .	0,028	0,09

Die Wirkung des CaCl_2 auf den Muskel erzeugt auch hier eine Änderung der Latenzzeit der Muskelkontraktion.

Tabelle II.

	Latenzzeit Neg. Schwan- kung in Sek.	Latenzzeit Kontraktion in Sek.
Muskel 3 (aus Tab. I) mit CaCl_2 + Seewasser angefeuchtet	0,03	0,04
„ 4 „ „ „ „ „ „ „	0,025	0,041
„ 5 (normal) „ „ „ „ „	0,025	0,025

KCl gibt, wie gesagt, eine beträchtliche Verkürzung des Muskels. Es ist erwähnenswert, dass diese langsame Kontraktion keine Spur von einem Aktionsstrom erzeugt. Dieses Salz gibt schon in sehr großer Verdünnung eine beträchtliche Verlängerung der Latenzzeit des Muskels.

Tabelle III.

	Latenzzeit Neg. Schwan- kung in Sek.	Latenzzeit Kontraktion in Sek.
Muskel 2 (aus Tab. I) mit KCl + Seewasser angefeuchtet	0,03	—
„ 6 (normal) „ „ „ „ „	0,028	0,26
„ 7 „ „ „ „ „	?	0,24

Ofters kann man bei schwacher Reizung nach KCl-Wirkung einen Aktionsstrom verzeichnen, ohne dass die geringste Spur von Kontraktion auftritt, eine Erscheinung, welche in Übereinstimmung ist mit der Beobachtung von Noyons²⁾, wobei von einem Froschherzen das Elektrokardiogramm zu verzeichnen blieb, obgleich durch KCl-Vergiftung alle Herzkontraktionen aufgehört hatten.

V. Sehr viel Ähnlichkeit mit der Wirkung auf die *Sipunculus*-Retraktoren hat der Einfluss von KCl und CaCl_2 auf die Tentakeln von *Carmarina hastata*.

Es ist bekannt, wie kolossale Schwankungen in ihrer Länge diese Tentakeln aufweisen, so dass 10 cm sich oft bis auf 3—2 cm verkürzen können. CaCl_2 erzeugt eine erhebliche Erregbarkeitssteigerung, indem auch die Kontraktion sich schneller und vollkommener von der gereizten Stelle dem Tentakel entlang ausbreitet. In Seewasser zurückgebracht verschwinden diese Eigenschaften wieder. KCl gibt in großer Verdünnung dieselben Erscheinungen

2) Noyons Verslagen Koninklyke Akademie v. Wetensch. Amsterdam 1908.

wie an den untersuchten Muskeln; also langsame Kontraktion, geringere Erregbarkeit.

Herrn Dr. Burian sage ich hier herzlichen Dank für seine freundliche Hilfe bei der Ausführung dieser Untersuchungen.

Über die Nahrungsaufnahme der Spatangiden.

Von Herzog A. Gandolfi Hornoyold, Dr. phil.

(Aus dem Biologischen Institut in Bergen.)

Während eines längeren Aufenthaltes an der Biologischen Station in Bergen habe ich auf Ersuchen von Dr. Appellöf die Biologie der Spatangiden einer näheren Untersuchung unterworfen. Die ausführliche Schilderung meiner Beobachtungen werde ich in einer späteren Arbeit geben. Vorläufig werde ich nur einige Beobachtungen über die Nahrungsaufnahme veröffentlichen. Als Material zu meinen Untersuchungen benutzte ich *Echinocardium flavescens* und *Spatangus purpureus*. Die bisher geltenden Ansichten über diesen Gegenstand, die in der Literatur zu finden sind, sind kurz wiedergegeben die folgenden:

Robertson (1) referiert über die Nahrungsaufnahme bei *Echinocardium cordatum*: These observations would lead to the belief that the long prehensile filaments convey the sandy matter that they gather from the surface to the dorsal impressions only, and that it is then passed along chiefly if not wholly, by the action of the narrow linear series of small spines stretching from the ovarian holes down the anterior groove and is then dropped on the sand below. The mouth is irregularly surrounded by processes which Forbes calls „short tentacula, with discs surrounded by clavate filaments“.

These I have seen on several occasions descend and grasp the sand or other matter dropped down the anterior groove, and conveying it into the mouth. This operation, however appears to be seldom performed and will only be observed by the exercise of patient attention. There can be little doubt that the office of these organs is to transmit to the mouth the food material thus brought to gether by the agency of the small spines of the anterior groove.

Lovén (2) sagt über die Nahrungsaufnahme folgendes: La plaque péristomienne destinée à fonctionner comme une lèvre immobile, un labrum en forme de cuillère, moyennant lequel l'animal, fouillant la couche superficielle du fond, recoit dans sa bouche la vase riche en substances organisées qui lui sert de nourriture, est encore très peu adaptée à cet usage chez l'*Echinospatangus* et l'*Hétéraster* et le *Micraster*, et elle n'y repond guère qu'à mesure qu'elle prend cette forme arquée, convexe, à bord adoral saillant

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1909

Band/Volume: [29](#)

Autor(en)/Author(s): Buytendyk Frederik Jacobus Johannes

Artikel/Article: [Beiträge zur Muskelphysiologie von Sipunculus nudus.
753-759](#)