
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

RENDICONTI

GENNARO PALUMBI

Aspetti istologici ed ultrastrutturali della innervazione sensitivo-motrice dei muscoli oculari estrinseci della rana

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 39 (1965), n.6, p. 536–539.*
Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1965_8_39_6_536_0>

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>

Anatomia. — *Aspetti istologici ed ultrastrutturali della innervazione sensitivo-motrice dei muscoli oculari estrinseci della rana*^(*).
Nota di GENNARO PALUMBI, presentata^(**) dal Socio A. PENSA.

I dati della letteratura sulla innervazione recettrice dei muscoli estrinseci dell'occhio dei vertebrati inferiori (pesci, anfi e rettili), con particolare riguardo ai fusi neuromuscolari, sono scarsi, vaghi e contrastanti.

Abraham e Stammer (1959) riferiscono di non aver mai riscontrato nella rana terminazioni di tipo sensitivo né nei muscoli oculari né nel connettivo perimuscolare; terminazioni a gomito si troverebbero solo nel connettivo perimuscolare del *levator* e del *retractor bulbi*; queste degenererebbero dopo resezione del nervo oftalmico.

Fra gli Autori più recenti, G. H. Sabussow, D. W. Maslow e D. V. Burnasehewa (1964) sostengono invece che la muscolatura estrinseca dell'occhio di rana presenta terminazioni nervose libere di varia forma situate nel punto di connessione delle fibre muscolari col tendine; alcuni di questi recettori sarebbero limitati alla estremità tendinea di una singola fibra muscolare, altri invece interesserebbero più fibre. Non sono stati mai riscontrati fusi neuromuscolari.

Incidentalmente ricordo che fusi neuromuscolari sono stati invece riscontrati nei muscoli dell'occhio di scimmia, pecora, capra (Tiegs, 1953 e Cooper, 1960), in alcuni muscoli dell'occhio dell'uomo (Voss, 1957). Meno sicura è invece la presenza di fusi nei muscoli oculari di gatto, cane e coniglio (Cooper e Daniel, 1949).

Data l'importanza dell'argomento ho creduto opportuno riprendere in esame l'innervazione della muscolatura estrinseca dell'occhio di *Rana esculenta* avvalendomi anche del microscopio elettronico.

Il primo importante dato da me ottenuto con la semplice osservazione di detti muscoli con un binoculare da dissezione a 40× è di ordine morfologico e riguarda l'esistenza di un piccolo rigonfiamento biancastro in corrispondenza del margine laterale del muscolo retto inferiore, del margine posteriore del muscolo obliquo inferiore e del margine antero-mediale del m. retto laterale (Tav. I, fig. 1).

L'esame istologico di tale rigonfiamento situato in vicinanza della inserzione di questi muscoli sulla sclera, ha dimostrato che ciascuno di essi è costituito da un complesso di fibre muscolari striate trasversalmente, diramate, disposte a plesso ed in parte anastomizzate, che nel loro insieme costituiscono

(*) Istituto di Anatomia umana normale e di Istologia dell'Università di Pavia. Centro di studio di Anatomia del Sistema nervoso di Pavia.

(**) Nella seduta del 13 novembre 1965.

un sistema unitario. Questo è avvolto da una capsula connettivale, dipendenza del perimio del muscolo di cui è satellite, ed è collegato anteriormente alla sclerotica per mezzo di un sottile tendine.

È da precisare che, mentre le fibre più esterne di tale sistema hanno la stessa struttura delle comuni fibre muscolari somatiche, quelle intermedie sono generalmente molto ricche di sarcoplasma e percorse da fascetti di miofibrille più o meno fittamente anastomizzate.

Il metodo Bielschowsky, opportunamente modificato, ha dimostrato che ciascuno di questi corpuscoli è provvisto di una ricchissima innervazione. Una parte delle fibre midollate termina a ridosso delle fibre muscolari con placche motrici di due diversi tipi, le une con terminazioni a T – caratteristiche delle fibre α – le altre con terminazioni a placchette o bottoncini – caratteristiche delle fibre γ .

I cilindri di altre fibre midollate di grosso calibro si dividono invece in un numero vario di rami che, perduta la guaina mielinica, si avvolgono con volute spiraliformi attorno ad una o più fibre muscolari e terminano infine con piccole espansioni e sottili filamenti varicosi che formano delicati plessi fra loro connessi alla periferia dell'organulo da rami disposti ad arcata. Vi è quindi ben poco della caratteristica distribuzione delle fibre sensitive e motrici dei tipici sistemi fusoriali della rana come descritti da Katz (1949, 1960, 1961), da Hunt e Kuffler (1951) e da E. G. Gray (1956).

Tuttavia la ricchezza di innervazione del corpuscolo in esame suggerisce l'idea di essere in presenza di un apparato sensitivo-motore *sui generis* equivalente ad un fuso neuromuscolare.

La microscopia elettronica ha rivelato numerosi interessanti particolari sia sulla ultrastruttura delle fibre muscolari che sul comportamento delle fibre nervose.

Le fibre muscolari sono anzitutto caratterizzate da un enorme accumulo di mitocondri nel loro abbondante sarcoplasma; questi in prossimità di talune giunzioni mioneurali assumono l'aspetto di lunghi nastri flessuosi aggregati in modo da costituire eleganti apparati mitocondriali di tipo reticolare. Numerose fibre muscolari presentano nel loro sarcoplasma vistosi sistemi di lamelle a superficie liscia il cui spessore varia da 30 a 70 Å, disposte in modo da delimitare esili cisterne la cui ampiezza varia da 150 a 500 Å. Dette cisterne in parte ordinate in strati concentrici o a spirale appaiono spesso in continuità con le cavità dilatate del circostante reticolo endoplasmatico. (Tav. II, fig. 3). Spesso, direttamente applicata alla membrana plasmatica di alcune fibre muscolari, immediatamente sotto alla membrana basale del sarcolemma, si trovano particolari cellule satelliti di forma fusata, con estremità molto allungata, il cui citoplasma è estremamente ricco di vescicole di pinocitosi.

Per quanto riguarda la componente nervosa mi limito ad esporre nella presente Nota quanto si osserva a carico delle fibre di natura motrice riservandomi di illustrare il comportamento delle fibre sensitive e vegetative in altra Nota.

Premetto che al microscopio elettronico le fibre nervose midollate ed amidollate, di vario ordine e grandezza, appaiono in parte circondate dalla guaina connettivale endoneurale, dalla guaina di Henle ed in parte libere nel connettivo intermuscolare. La guaina di Henle appare costituita dalle espansioni laminari di voluminose cellule; tali lamelle sono disposte attorno ai fasci nervosi in uno o più strati; sono ricchissime di vescicole di pinocitosi, contengono fascetti di sottili filamenti e sono tra loro connesse da desmosomi; per questi caratteri, ritengo si possa loro attribuire una natura epiteliale di tipo schwanniano.

Nelle sezioni ultrasottili, ancora più evidente appare la enorme ricchezza di giunzioni mioneurali le cui caratteristiche morfologiche per nulla differiscono da quelle solite, ormai ben note (Tav. I, fig. 2).

Ora, il reperto nuovo e più interessante sul quale desidero richiamare l'attenzione consiste nella esistenza di insospettate giunzioni sinaptiche, mai osservate in precedenza, fra terminazioni nervose di differente natura situate immediatamente prima di talune giunzioni mioneurali.

La sinapsi (II° tipo di Gray) si stabilisce fra un processo terminale ricco di vescicole sinaptiche, simili a quelle delle fibre nervose motrici che prendono parte alla costituzione della giunzione mioneurale ed un altro processo nervoso a struttura fibrillare, di aspetto chiaro, ricco di mitocondri e privo di vescicole. Si stabilisce così una tipica giunzione asso-asonica terminale (Tav. I, fig. 2 e Tav. III, fig. 4).

Le opposte membrane nella zona di giunzione o contatto manifestano per tutta la loro lunghezza o solo per alcuni tratti, un aumento di spessore e densità: il loro spessore è di 70 \AA , la distanza che le separa è di 150 \AA ; il materiale addensato alla superficie citoplasmatica delle due membrane ha uno spessore medio di 210 \AA ; la lunghezza del tratto sinaptico può raggiungere i 4300 \AA . Una stessa cellula di Schwann avvolge i due processi meno che in corrispondenza della fessura sinaptica.

La sinapsi ora descritta ricorda quella riscontrata da Peterson e Pepe (1961) in corrispondenza delle terminazioni recettrici di tensione dei gamberi nelle quali però sono presenti cellule nervose che mancano nel mio caso.

Questo nuovo reperto complica notevolmente lo schema funzionale corrente basato soprattutto sui dati istologici, ultrastrutturali e sperimentati dal Katz (1960) e sui dati fisiologici illustrati recentemente dal Matthews (1964).

Sorge infatti il problema di stabilire quale natura sia da attribuire alla fibra chiara della giunzione sinaptica sopra descritta; se cioè trattasi di una fibra di natura afferente o efferente di tipo inibitorio. Si può per ora solo affermare che queste giunzioni asso-asoniche partecipano ai complessi fenomeni di regolazione che hanno luogo in seno al corpuscolo mioneurale, in funzione dello stimolo meccanico a cui il corpuscolo stesso è sottoposto.

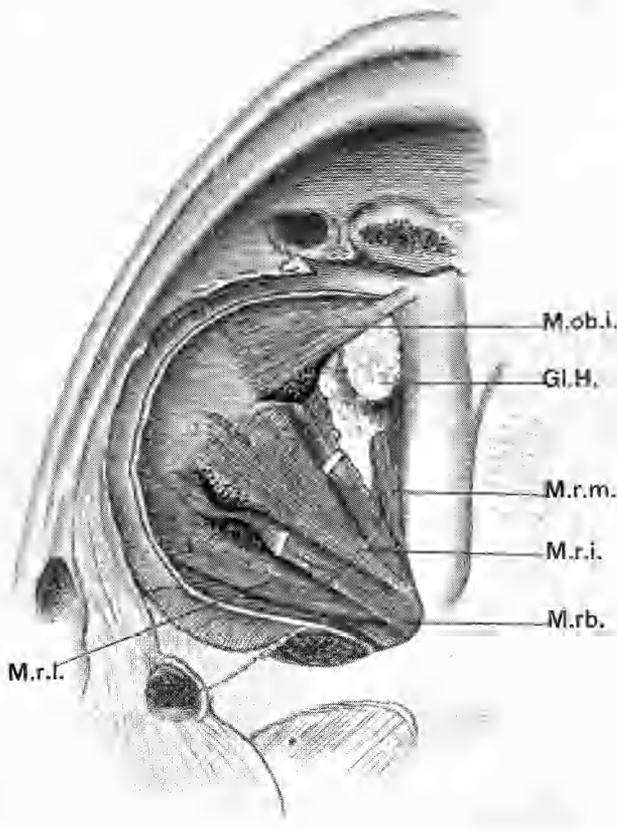


fig. 1

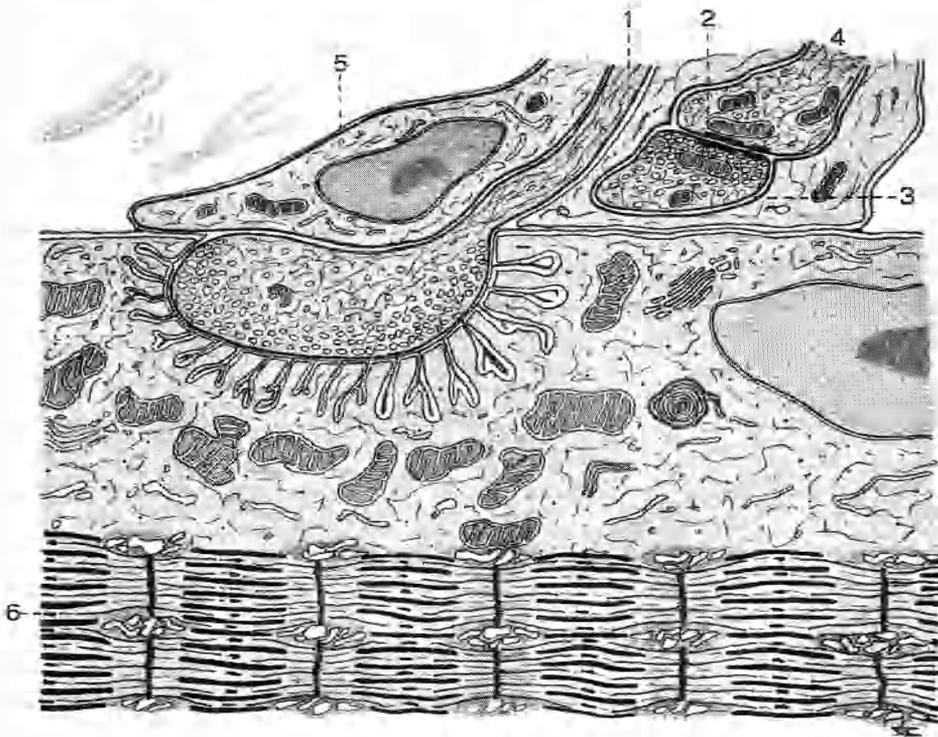


fig. 2

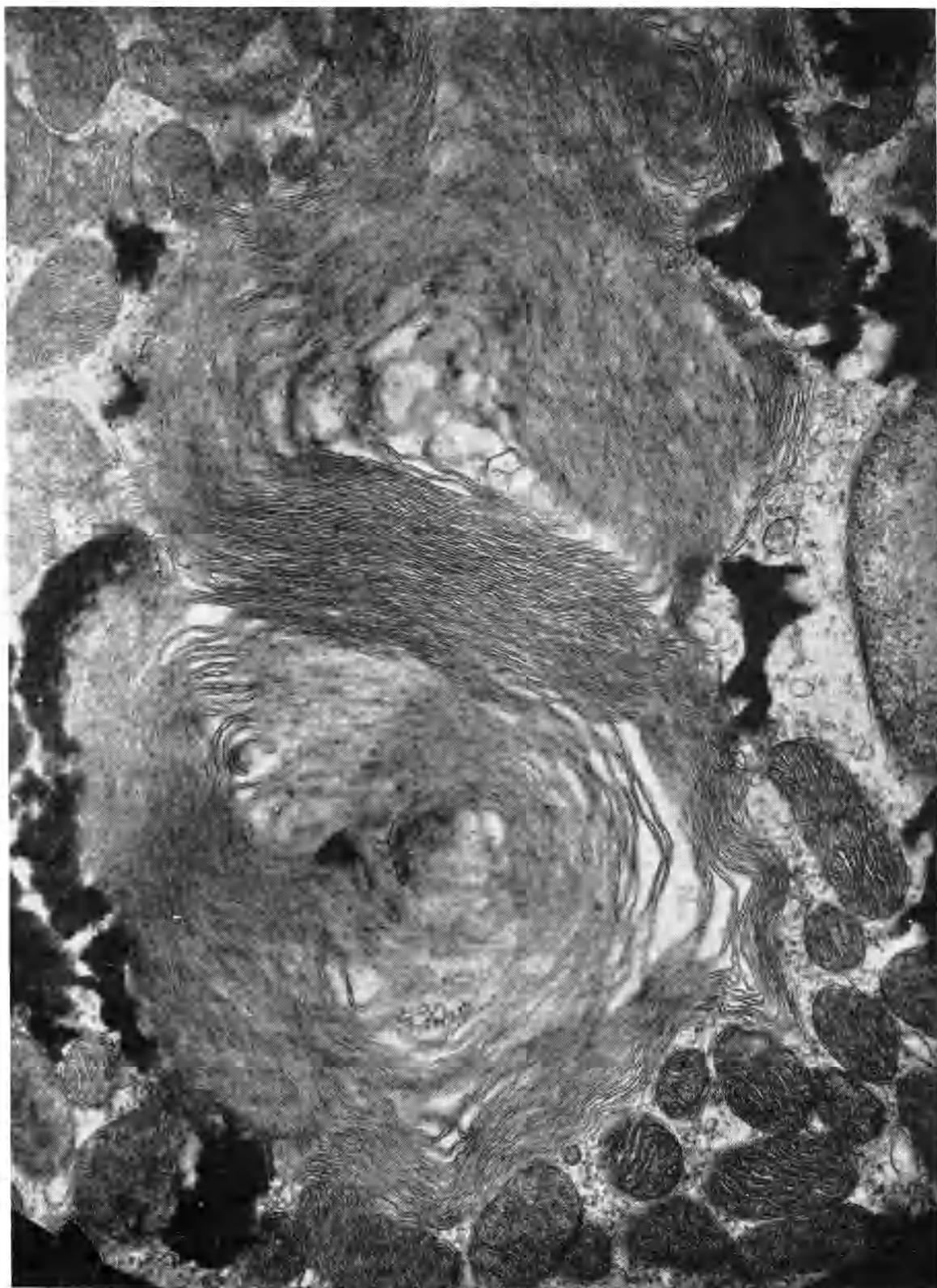


fig. 3



fig. 4

AUTORI CITATI.

- A. ABRAHAM e A. STAMMER, «Z. f. mikr. Anat. Forsch.», 65, 582 (1959).
 G. H. SABUSSOW, A. P. MASLOW e D. W. BURNASCHEWA, «Anat. Anz.», 114, 27 (1964).
 O. W. TIEGS, «Physiol. Rev.», 33, 90 (1953).
 S. COOPER, *The structure and function of muscle*. Ed. G. H. Bourne, Vol. I New York and London (1960).
 S. COOPER, P. M. DANIEL e D. WHITTERIDGE, «Brain», 78, 564 (1955).
 S. COOPER e P. M. DANIEL, «Brain», 72, Part. I.
 H. VOSS, «Anat. Anz.», 104, 345 (1957).
 R. P. PETERSON e F. A. PEPE, «J. Bioph. Biochem. Cytol.», 11, 157 (1961).
 E. G. GRAY, «Proc. Roy. Soc.», B 146, 416 (1957).
 B. KATZ, «Phyl. Trans.», B 243, 221 (1961).
 P. MATTEWS, «Physiol. Rev.», 44, 219 (1964).

SUMMARY. — The author demonstrates that some extrinsic eye muscles of the frog are provided with a small satellite «organulus» to which he ascribes, because of the structural characters of the muscular component and because of the particular very rich innervation, the value of a sensitive-motor terminal apparatus, equivalent to a neuromuscular spindle.

The ultrastructural research revealed among other data the existence, inside of the «organulus», of unexpected axo-axonic synapses of the II type of Gray, situated immediately before some myoneural junctions.

SPIEGAZIONE DELLE TAVOLE I-III

TAVOLA I.

Fig. 1. — Muscoli oculari estrinseci di *Rana Esculenta* visti dalla loro faccia inferiore, dopo asportazione del muscolo levator bulbi.

È schematicamente indicata la sede dei corpuscoli neuromuscolari satelliti sul margine laterale del m. retto inferiore (m.r.i.), sul margine posteriore del m. obliquo inferiore (m.ob.i.), e sul margine antero mediale del m. retto laterale (m.r.l.), aggiungendoli ad una figura del Gaup.

Fig. 2. — Disegno schematico di sinapsi asso-asonica riscontrata nei corpuscoli neuromuscolari annessi ai muscoli oculari estrinseci di *Rana Esculenta*.

1) Tipica giunzione mioneurale formata dal processo terminale di una fibra motrice; 2) contatto sinaptico fra un processo nervoso contenente vescicole sinaptiche; 3) identico al precedente, ed altro processo nervoso chiaro; 4) privo di vescicole e ricco di mitocondri. (Ricostruzione da preparati di microscopia elettronica).

TAVOLA II.

Fig. 3. — Accumulo di mitocondri e vistoso sistema di lamelle delimitanti esili cisterne ordinate in strati concentrici e comunicanti con le cavità dilatate del circostante reticolo endoplasmatico, situati nel sarcoplasma di fibra muscolare del corpuscolo neuromuscolare annesso al muscolo retto laterale.

Ingr. 60.000 ×

TAVOLA III.

Fig. 4. — Corpuscolo neuromuscolare annesso al m. retto inferiore dell'occhio di *Rana esculenta*.

Sinapsi asso assonica di II tipo Gray situata poco prima di una giunzione mioneurale. Le membrane opposte, nella zona di giunzione, manifestano un aumento di spessore e di densità; l'elemento presinaptico (in alto) ripieno di vescicole appartiene ad una fibra motrice; quello postsinaptico chiaro (in basso) privo di vescicole e ricco di mitocondri appartiene ad una fibra di natura imprecisata (afferente o inibitoria?). Ingr. 140.000 ×