

# A TAVI KAGYLÓ (ANODONTA CYGNEA L.) ZÁRÓIZMÁNAK MIKROSZKÓPOS BEIDEGZÉSE

TÁNCZOS JÓZSEF

## Bevezetés

A kagylók és a többi puhatestű állatok hám-, kötőszövet- és izomszövetével igen sokan és sokat foglalkoztak. Annál kevesebbet foglalkoztak a szerveknek, különösen pedig a Lamellibranchiatak különböző szerveinek a beidegzésével.

A kagylók többsége igen jó kísérleti alany az élettani megfigyelésekhez. Ezek élettani megfigyelésével már PAVLOV is foglalkozott [4] 1885-ben ideg-izomkészítményeinek megfigyelése során. A megfigyelés középpontjában elsődlegesen a záróizmok működése volt. A záróizmok összehúzódásának és elernyedésének koordinálását az idegrendszer dúcaiban elhelyezkedő neuronoknak tulajdonította. Feltételezte, hogy ebben a rendszerben van egy motorikus, összehúzódást létrehozó rész és egy ezt megszüntető, elernyedést eredményező, gátló rész.

Ezek a feltételezések készítettek az élettani megfigyelések morfológiai alapjainak a vizsgálatára a tavi kagyló záróizmán. (A vizsgálatokról már korábban az Állattani Szakosztályban beszámoltam.)

## Anyag és módszer

A vizsgálatokhoz szükséges tavi kagylók egyik része a Szeged környékén levő tavakból, többsége pedig a Szegedi Fehér-tót a Tiszával összekötő csatornarendszerről lett begyűjtve.

A begyűjtött anyag egy részét közvetlenül a begyűjtés után felboncoltuk és a záróizmokat a hozzátartozó izmokkal együtt rögzítettük. A rögzítés egyrészt Bouin-féle folyadékkal, másrészt 10%-os neutrális formalinnal történt. A rögzítés során a kiboncolt záróizmok erőteljesen zsugorodtak. Ennek a kiküszöbölését bódított állatok közvetlen rögzítő szerekbe való tételével sikerült elérni.

A begyűjtött anyag másik részét akváriumban tároltuk. Ezeken az állatokon a záróizmokkal kapcsolatos élettani megfigyeléseket, valamint idegdúc extirpatios kísérleteket végeztünk.

A rögzített anyag feldolgozása egyrészt az izom szerkezetének a vizsgálatára történt vashaematoxilín-eosin festéssel. Míg a formalinnal rögzített anyagot *Biel-schowsky—Abrahám* ezüstimpregnációs módszerrel készítettük a záróizom beidegzési viszonyainak tanulmányozására.

## A záróizom anatómiája és szövettana

A záróizmok rendkívül erős és vastag izmok, haránt irányban futnak az egyik teknő belső felületétől a szemben fekvő teknő belső felszíne felé. Kontrakciójukkal a két teknőt egymáshoz közelítik, a héjat zárják. Ugyanakkor a héj nyitásában is tevő-

kenyen vesznek részt. A teknő belső felszínén a záróizomnak megfelelő benyomatok láthatók, amelyek üres héjakon jól tanulmányozhatók.

A kiboncolt záróizmok trapéz alakúak. A hátsó záróizom mindig nagyobb mint az elülső. Az elülső záróizom hossza 1,5 cm, szélessége 1 cm és vastagságbeli átmérője 5—6 mm. A hátsó záróizom hossza a dorsalis oldalon 2 cm, míg a ventralis oldalon 3,5 cm, szélessége 1 cm és a vastagságbeli átmérője ugyancsak 5—6 mm (1. ábra).

A záróizom egy kötőszöveti hártáival van körülvéve, amely septumokat bocsát az izom belsejébe, s az így elsődleges nyalábokra osztott izomkötegeket a kötőszövet másodlagos és harmadlagos kötegekre osztja. Ezen kötőszövetben és a kötőszöveti septumokban futnak a nagyobb idegkötegek.

A záróizmok idegrostjait a mellettük elhelyezkedő dúcokból kapják (1. ábra). Az elülső záróizom a páros agydúcból (*ganglion cerebrale*) — amely a záróizom distalis részén kétoldalt helyezkedik el — kapja a rostokat. E két dúcot egy igen tekintélyes vastagságú kommissura kapcsolja össze. Mindkét ganglionból igen rövid ágak mennek az izom belsejébe. A hátsó záróizom pedig a zsigeri dúcból (*ganglion viscerale*) kapja rostjait. Ez a dúc a záróizom ventralis részén helyezkedik el. Ezek a rostok is igen rövidek. A hátsó záróizomhoz a köpenyből is mennek rostok, melyek fejlődéstanilag tulajdonképpen szintén a zsigeri dúchoz tartozók. Ezt igazolják PAVLOVNAK [4] a köpeny elektromos ingerlése során létrejött izomkontrakciók is.

A záróizom szövettani szerkezetére vonatkozóan az irodalomban igen különbözőek a nézetek. MARGÓ [3] dolgozatában az izomrostokban apró rögöcskéket írt le, amelyek tömötten egymás mellé helyezkedve adták a kettősen törő részeket.

APÁTHY [1] nem tételezi fel az izotropok és anizotropok jelenlétét.

Soós [6] a puhatestűek haráncsikolt izmairól szóló összefoglaló munkájában ismerteti a különböző bűvárok nézeteit, valamint a haráncsikolt izmok fejlődését. Irodalmi adatok alapján a haráncsikolt izmok szerkezetére is.

A záróizmok beidegzésének vizsgálatával kapcsolatban először az izom szerkezetét igyekeztünk megismerni. Erre a célra Bouinban rögzített paraffinba ágyazott és Heidenhain-féle vashaematoxilín-eosin festéssel készült mikroszkópi készítményeket használtunk. Az izmok finomabb szerkezetének a tanulmányozására ezt a festési módot találtuk a legmegfelelőbbnek.

A záróizmok lapos izomrostokból és hosszú lapos izomsejtekből állnak. Az izomsejtek hosszan megnyúltak, két végrészük kihegyesedő. A záróizom két végső részén pedig az izomkötegek sejtjei ecetszerűen szétesnek vagy a végrészük lekerekedik és így szoros kapcsolatba kerülnek a kötőszöveti hártáival s ezen keresztül a héjjal. Az izomrostokon, izomsejteken ferdéncsikoltság állapítható meg, de ez a jelenség úgy látszik nem más, mint a miofibrillák spirális irányban való lefutásai az izomsejt tengelye körül. E spirális meredeksége igen változó, függ a miofibrilláktól, az izomrost, izomsejt vastagságától és különösképpen ezek mindenkor fiziológiai állapotától. A vastagabb és több miofibrillát tartalmazó izomroston illetőleg izomsejten a ferdén csikoltság kifejezettebb.

Ha olyan Anodontának a záróizmát vizsgáltuk, amely természetes módon pusztult el, vagyis mechanikai és kémiai hatást nem gyakoroltunk az izomra, akkor azt tapasztaltuk, hogy az ebből készített preparátumokon a miofibrillák spirális lefutása egész kis szög alatt vagy egyáltalán nem volt látható. Abban az esetben pedig, amikor az élő állatnak a záróizmát boncoltuk ki, a miofibrillák meredekségének a szöge az izom tengelyére lényegesen nagyobb volt.

## Vizsgálati eredmények

A formalinban rögzített és *Bielschowsky*—*Ábrahám* féle ezüstimpregnációs készítményeken a záróizom mikroszkópikus beidegzésére vonatkozóan a következők állapíthatók meg.

Az idegszöveti kép egyszerű, egyszerűek az idegrostkötegek és az idegvégződések is.

A nagyobb idegek az izomkötegek közötti kötőszövetben haladnak, azokkal megközelítően párhuzamosan nyalábokat alkotva. Számuk aránylag kevés, az idegrostok gazdagságához képest. Lefutásukban kevésbé hullámosak, mint a kevesebb idegrostot tartalmazók. A kevesebb idegrostot tartalmazó kötegek további részekre különülnek s ezek többségének haladási iránya az izomkötegekre merőlegesen helyezkednek el. Ezekből azután finomabb elágazások figyelhetők meg a mikroszkópi készítményeken (2. ábra). Az idegrostok ilyenformán gazdagon átjárják, átszövik a záróizmot (3. ábra).

Az idegrostok lefutásában morfológiailag vastagabb típusú, és ezekkel olykor párhuzamosan haladó vékonyabb rostokat lehet megkülönböztetni. E rostokat PUMPHREY [5] 1938-ban megjelent dolgozatában közölte. Ő ezeket a megállapítást az egyes rostok működési áramának vizsgálata során tapasztalta. Kettős beidegzést tulajdonított neki, mint ahogy azt korábban PAVLOV tette. A vékony rostok rendszerének szerepét azonosította a vegetatív idegrendszer szimpatikus részével, úgy ahogy azt ORBELLÉ és GINECINSZKIJ a vázizomzat beidegzésére vonatkozóan leírták. E rostok valószínűleg fiziológiailag is különbözők, vagyis az egyik fajtája mozgató, a másik rosttípus pedig, amely vékonyabb, a PAVLOV szerinti gátló idegnek felel meg [4]. Az előbbi az izom kontrakcióját, az utóbbi pedig az izom elernyedését szabályozza. A gátló idegek a magasabban differenciált központból, az agydücből származnak. Ezt igazolják PAVLOVNAK [4] a *cerebro-viscerális* konnektívumok átmetszési kísérletei is, amelyeknek során a hátsó záróizom tartós és erős tónusos összehúzó-dást mutatott. Nem volt meg az ellensúlyzó, gátló, koordináló hatás az agydúc részéről. A konnektívum ingerlésére a tónusos feszülés megszűnik. Ez viszont azt látszik igazolni, hogy nemcsak az agydúc hat a *cerebro-viscerális* konnektívumon keresztül a hátsó záróizom működésére. A motorikus idegrostok pedig az izom közelében levő dúcokból indulnak ki.

A kétféle rost sokszor egymás mellett halad a záróizmokban, szinte párhuzamosan, máskor pedig a lefutásukat illetően igen sokféle formában mutatkoznak (4. ábra *a, b, c*).

Az egyes rostok elágazása igen gyér. Az oldalágak, főleg pedig a kötegek erősen *varicosusak*, sőt egyes helyeken igen tekintélyes megvastagodások láthatók rajtuk, amelyek alakra igen különbözők (5. ábra). Egyes varixokban igen jól látszanak a *neurofibrillák*, máskor viszont ugyanazoknak a rostoknak a lefutásában is egészen tömör formában mutatkoznak. Olykor a vastag, erősen fibrillázott rostszakaszokat igen vékony rostok kapcsolják össze. Megfigyelhető az is, hogy a vastag, vagy motorikus rostok lefutásukban neurofibrillás lemezzé esnek szét. A neurofibrillák ezekben a lemezekben szétválnak, fellazulnak, majd újra egyesülnek (6. ábra). A megvastagodások a vékony rostokon is megvannak, és sűrűn egymás után helyezkednek el, gyöngyfűzészerűen.

A rostok végződéseit igen nehéz megállapítani és az egyes végeket felfedezni. Vannak esetek, amikor a rostok rendeltetési helyüknek közelében számtalan vékony ágra esnek szét. Ezek semmiféle végkészülékkel nem rendelkeznek. Megfigyelhető az is, hogy az igen vékony rostok végső részei a mag felé hajolva az izomsejtek a

plasmájában vagy magán a sejten végfejecskében végződnek. Egyes esetekben a végződés előtt a rost kis gomolyt illetve hurkot is formálhat (2., 7. ábra).

A két záróizom működési állapota eltér egymástól, mint ahogy ezt PAVLOV [4] és BARNES [2] idevonatkozó munkáiból ismerjük.

PAVLOV a hátsó és erőteljesebb izmot tónusos, míg az elülsőt nem erős és nem tónusosnak nevezte. Hasonló értelmezésben BARNES is a héjak periodikus kinyitásban és zárásában kétféle izomzatot tételez fel: tónusos és tetanusos. Az izom kétféle különítése nemcsak működésében, hanem szerkezetében és kémiai felépítésében is eltérő.

A két záróizomnak idegellátásában is eltérés tapasztalható. A mikroszkópi készítmények vizsgálata alapján megállapítható, hogy az elülső záróizomban lényegesen több a finom vékony rost, mint a hátsó záróizomban (4. ábra). A hátsó záróizomban viszont a vastagabb rostok a jellemzőek, valamint a neurofibrillás lemezek, amelyeket az elülső záróizomban alig vagy egyáltalán nem lehet megfigyelni.

Annak a megállapítására, hogy a rostok honnan erednek és milyen szerveket idegeznek be, erre vonatkozóan operációs kísérleteket végeztünk. Az agydúcot és a zsigeri dűcot extirpáltuk és figyeltük a dúc hiányában levő elváltozásokat.

Az extirpáció előtt a kísérleti állatokat 1%-os kálium-klorát oldatba helyeztük. Az oldat hőmérsékletét fokozatosan emeltük 26—28 °C-ig. Ennek hatására a záróizmok elernyedtek és a két teknő kb. 2 cm-nyire szétnyílt, amely tulajdonképpen a normális szétnyílásnak felel meg. Hogy a szétnyílt héjak közti hézagot állandóvá tegyük, rögzítő ékeket helyeztünk a héjak ventrális oldala közé. A dűcnek és magának az izomnak szabaddá tétele végett a kopoltyúk elülső és hátsó részét levágtuk. Az így szabaddá tett izmok mellett elhelyezkedő dűcokat az élő kagylóból könnyűszerrel ki lehet venni.

A vizsgálatokat úgy végeztük, hogy az egyik állatból csak az agydűcot, a másiktól pedig csak a zsigeri dűcot operáltuk ki. Az állatokat azután akváriumba tettük és figyeltük a dúc hiányában kialakult változásokat.

Az agydúc eltávolítása okozott nagyobb változást, amennyiben a héjak periodikus mozgása a kinyitás és zárás rendezetlenné vált, hasonlóképp a siphó működése is a kontroll állatokhoz, illetve a dúc eltávolítása előtti viszonyokhoz képest. A PAVLOV által már korábban leírt tónusos állapotot tapasztaltuk, amit ő a *cerebro-viszcerális* konnektívum átvágása után tapasztalt [4]. Az izom elernyedése 4 óra múlva következett csak be. Mechanikai ingerekre nehezen és hosszú idő elteltével reagált. A zsigeri dűc eltávolítása csak a hátsó izom működésében és főleg a siphók működésében mutatott változást. Az első napon ez jelentéktelen volt. A második napon a hátsó záróizom működése az elsőhöz képest észrevehetően gyengült. Ugyanakkor a siphó is gyengébben reagált a mechanikai ingerekre. A harmadik nap a hátsó záróizom teljesen elernyedett és a siphó is működésképtelenné vált. Az elülső záróizom működésében különösebb változás nem történt, amit a megfigyelés mellett az idegészvettani vizsgálat is bizonyít.

A megoperált állatokat 3 nap után megöltük és az extirpált dűcokkal együtt 10%-os formalinba rögzítettük, az idegészvettan vizsgálatának tanulmányozása végett.

A vizsgálatokat szintén *Bielschowsky—Ábrahám*-féle ezüstimpregnációval végeztük. A vizsgálatok eredménye a következő:

Az agydúc eltávolítása után az elülső záróizomból készült preparátumokon a rostok, különösen a vékony rostok degenerációs folyamatait lehetett megfigyelni. A vékony rostok degenerációs elváltozásai a hátsó záróizomból készült mikroszkópi

metszeteken is látható volt. Mintegy igazolva látszik a PAVLOV megfigyelései és feltevései a vékony, illetve gátlórostok vonatkozásában.

A zsigeri dúc eltávolítása után a mikroszkópi készítményeken viszont inkább a vastagabb idegrostok hiányoztak, illetve degenerációs jelenségei voltak láthatók. Neurofibrillás lemezeket sem sikerült megfigyelni. Viszont azok a rostok (vékony rostok egy része), amelyekről el lehet mondani, hogy az agydúchoz tartozó pavlovi különleges, detonizáló, tónuscsökkentő hatású rostok ugyanúgy megfigyelhetők, mint a nem operált állatokon.

### Összefoglalás

1. A záróizmokon ferdéncikoltság figyelhető meg, amely nem más, mint a miofibrillák spirális lefutása és az izom mindenkori élettani állapotától függő változás.

2. Az elülső záróizom a *ganglion cerebrále*ből, a hátsó pedig a *ganglion viscera-*leből a köpenyből és a *ganglion cerebrále*ből kapja rostjait.

3. A rostok lefutásában kétféle rosttípus különböztethető meg, egy vastagabb motoricus és egy vékonyabb gátló idegrost. A vékonyabb gátló idegrost az agyddc-ből származik.

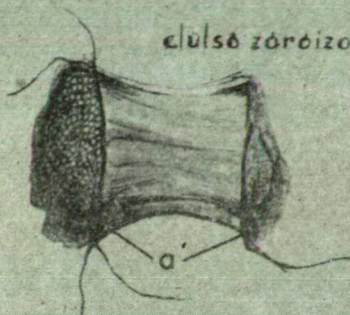
4. A rostokon varixok és neurofibrillás lemezek figyelhetők meg.

5. A végződéses egyszerűek. Egyes esetekben a rostok szétesnek és simán, más-  
kor pedig végfejecskékben végződnek.

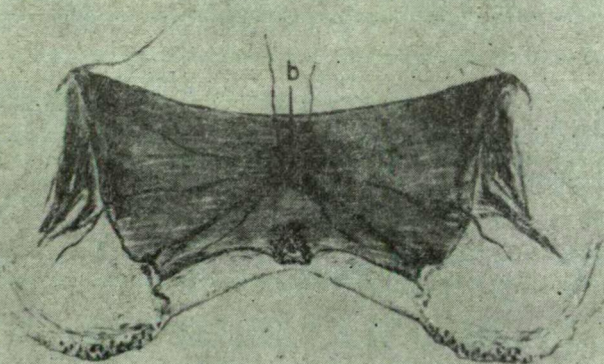
6. Extirpációs kísérletek utáni degenerációs vizsgálatok igazolják, illetve meg-  
adják a Pavlovi élettani megfigyelések morfológiai alapjait.

# ANODONTA CYGNEA

elülső záróizom

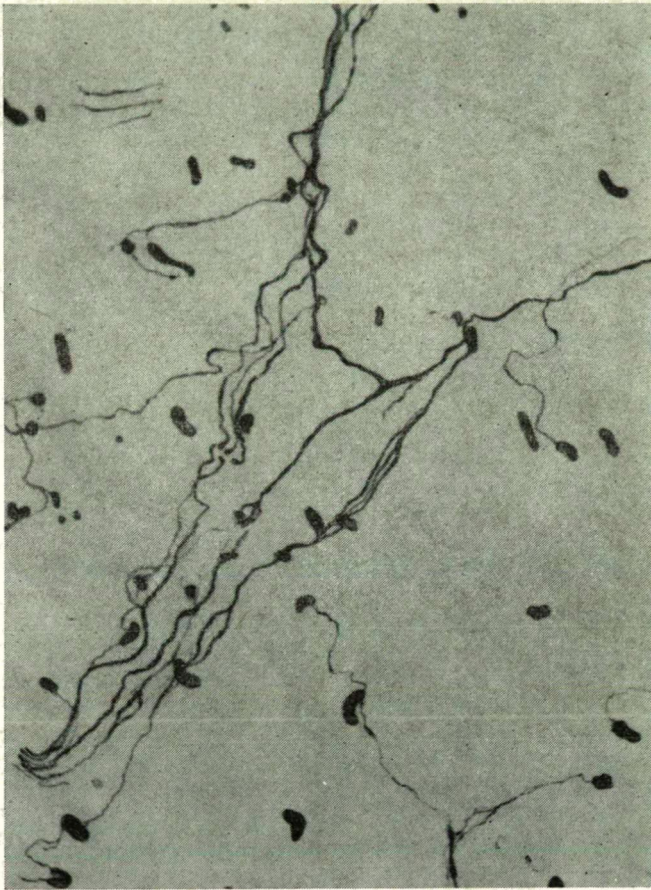


hátsó záróizom



1. ábra: *Anodonta cygnea*. a) Ganglion cerebrale; b) Ganglion viscerale.



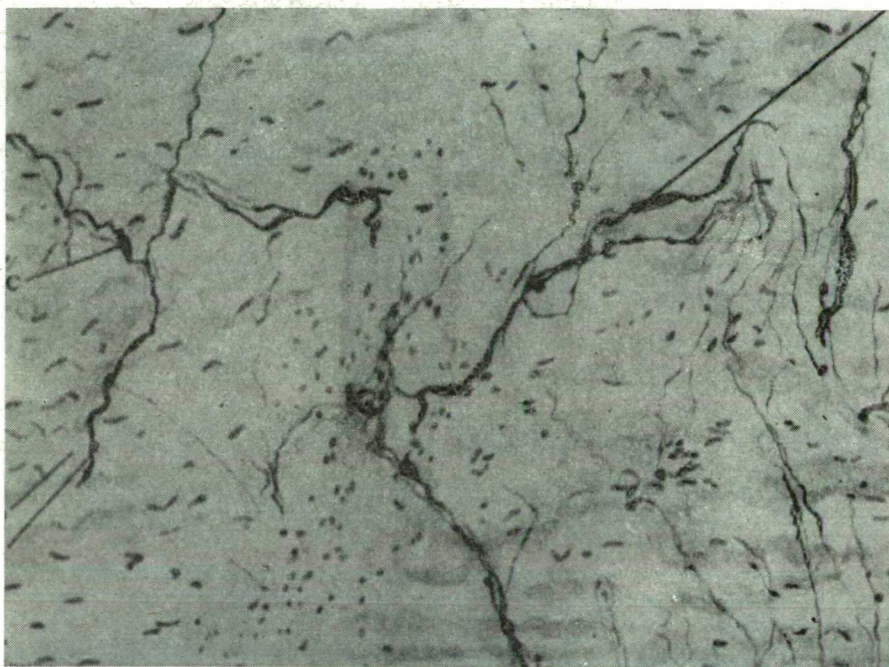


2. ábra: *Anodonta cygnea*: Az izomrostokra merőlegesen elhelyezkedő idegrost kötegek, idegrostok és végződéseik.



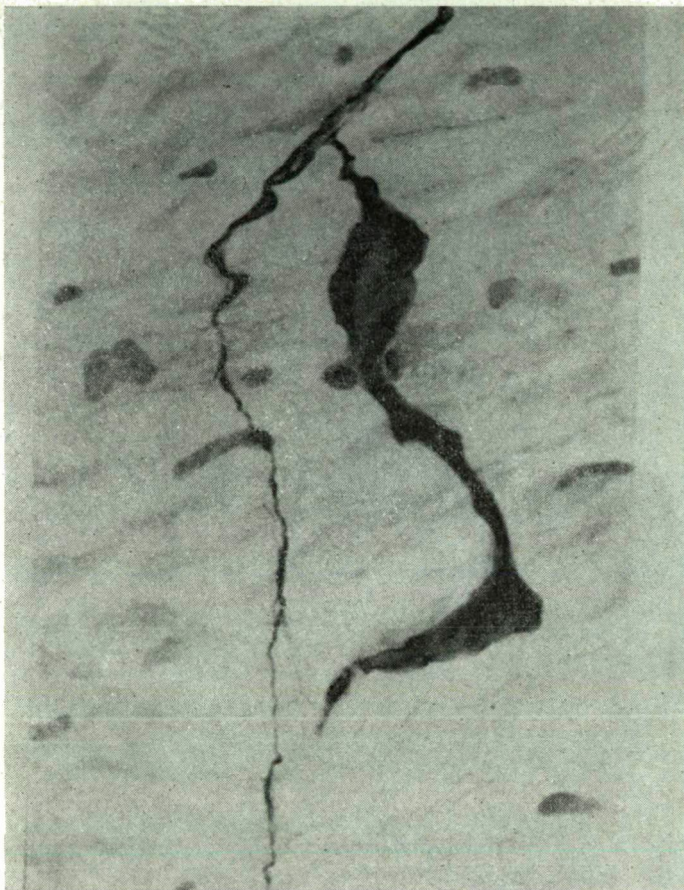


3. ábra: *Anodonta cygnea*: Záróizom beidegzési részlet.

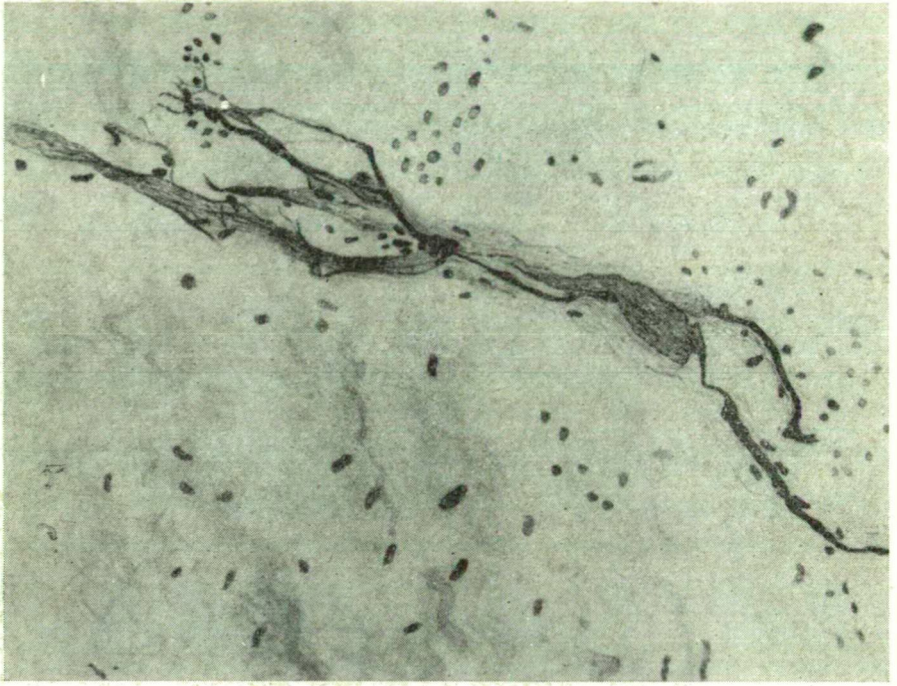


4. ábra: *Anodonta cygnea*: Az elülső záróizom beidegzésének képe. Vastagabb és vékonyabb rostok és *varix*.



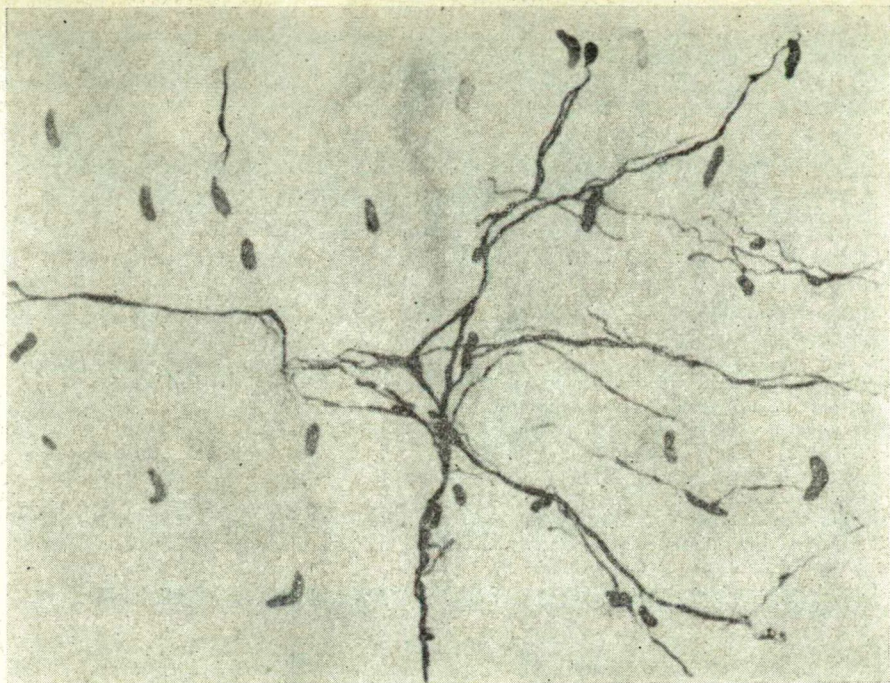


5. ábra: *Anodonta cygnea*: Kiszélesedő varix.



6. ábra: *Anodonta cygnea*: Az idegrostok neurofibrillás lemezei.





7. ábra: *Anodonta cygnea*: Az idegrostok végződése.

## IRODALOM

- [1] APÁTHY, I.: Tanulmány a *Najadeák* szövettanáról. Értekezések a természettudományok köréből. Budapest, 1885.
- [2] BARNES, G.: 1955. The behaviour of *Anodonta cygnea* L. and its neuro-physiological basis. J. exp. Biol. 32, 158—175.
- [3] MARGÓ, T.: A puhányok izomrostjairól. A Magyar Akadémiai Évkönyvek X. kötetének IV. darabja. Budapest, 1861.
- [4] PAVLOV, I. P.: Wie die Muschel ihre Schale öffnet. Pflüg. Arch. ges. Physiol. 1885, 37, 6—31.
- [5] PUMPHREY, R.: 1938. The double innervation of muscle in the clam (*Mya arenaria*). J. exp. Biol., 15, 500—505.
- [6] Soós, L.: A Mollusca harántcsíkos izmairól. Állattani Közlemények, 1912, XI. kötet, 3. füzet.

### DIE MIKROSKOPISCHE INNERVATION DER SCHLISSMUSKEL DER TEICHMUSCHELN (ANODONTA CYGNEA L.)

József Tánzos

Während der Innervation der Schliessmuskel der Teichmuscheln sind die folgenden aufgrund der Versuchsergebnisse festzustellen:

1. Auf den Schliessmuskeln sind schräge Streife zu beobachten welche eigentlich der spirale Ablauf der Mikro fibrillen und eine mit dem biologischen Zustand zusammenhängende Veränderung sind.
2. Die vordere Schliessmuskel erhielt ihr Faserstoff aus Ganglion cerebrale, die hintere erhielt es aus Ganglion viscerales, aus Mantel und aus Ganglion cerebrale.
3. Im Ablauf der Faser sind zwei Fasersorte zu unterscheiden: ein dickerer motorischer Nerv und ein dünnerer Hemmungsnerv. Der dünnere Hemmungsnerv stammt aus Ganglion cerebrale.

4. Auf den Fasern sind Varixen und neurofibrillischen Platten zu beobachten.
5. Die Ausgänge sind einfach. In einigen Fällen zerfallen die Faser und sie enden sich entweder glatt oder in kleinen Ausgangsköpfchen.
6. Die Degenerationsuntersuchungen nach den Extirpationsversuchen beweisen bzw. ergeben die morphologische Grundlage der Beobachtungen von Pavlov.

## МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ ЗАКРЫВАЮЩИХ МЫШЦ ОЗЁРНОЙ РАКУШКИ

(ANODONTA CYGNEA L.)

*И. Танцов*

В ходе программирования закрывающих мышц озёрной ракушки о микроскопических препаратах и по результатам опытов, можно определить следующее:

1. На закрывающих мышцах можно наблюдать кривые полосы, это спиральный ход миофибрилл, и изменение зависит от данного биологического состояния мышц.
2. Передняя закрывающая мышца получает свои жилы из ganglion cerebrale, задние из ganglien viscerale, из обочин и ganglion cerebrale.
3. В ходе жилы можно различать два вида жил, одна более толстая двигательная и одна тормозящая нервная жила. Тонкая, тормозящая нервная жила происходит из мозгового (нервного) центра.
4. На жилах можно наблюдать вариксы и нейрофибриллирные пластинки.
5. Окончания простые. В одних случаях жилы распадаются и гладко кончаются, в других случаях оканчиваются головками.
6. Дегенерационные наблюдения после экстирпационных исследований доказывают и дают морфологическую основу павловским биологическим наблюдениям.