

ADATOK A BÉKÁK (ANURA) ÍNHÁRTYÁJÁNAK MIKROSZKÓPIKUS BEIDEGZÉSÉHEZ

Írta: STAMMER ARANKA

Bevezetés

A szövettani oktatásban minden évben felhívjuk a figyelmet a kötőszövetek ama érdekes és jól ismert sajátosságára, hogy nemcsak az egyedfejlődésben, hanem a törzsfejlődésben is átalakulásokat mutatnak. Az utóbbira mindig a gerincesek ínhártyáját (sklera) emlegetjük, amelynek szövege a halaknál még rostos kötőszövet; a kétélűeknél és a hüllők nagy részénél már porcszövet; bizonyos hüllőknél és valamennyi madárnál csontszövet; az emlősöknél pedig ismét tömött rostos kötőszövet. Ezen különös phylogenetikai változás hangoztatásakor joggal merül fel az a kérdés, milyen lesz az idegellátás a különböző szövetekben. A szem összehasonlító idegszövettani vizsgálatát során arra a megállapításra jutottunk,* hogy beidegzés tekintetében nemcsak a szövettani felépítettség, hanem a phylogenetikai fejlettségi fok is lényeges eltéréseket okoz. Ennek bizonyítékát legszebben éppen az ínhártya beidegzése mutatja, ahol az első vizsgálatok azt igazolták, hogy a beidegzés a szövettani szerkezetnek megfelelő, ugyanis csak a halak és az emlősök tömött rostos sklerájában találtunk idegtörzseket, a kétélűek és hüllők porcos, illetve a hüllők és madarak csontos skleraszövetében egyáltalán nem mutatkozott idegellátás.

A későbbi vizsgálataink során, amikor nemcsak a sklera főszövetét, hanem minden rétegét tanulmányoztuk kiderült, hogy lényegesebb különbségek vannak a sklera idegellátásában. Ezek a különbségek már nemcsak a sklera szövettani szerkezetével, hanem a vizsgált állat rendszertani helyéből következő fejlettségi fokával kapcsolatosak. Az ilyen irányú beidegzési eltérés két területen tapasztalható szembetűnően. Egyik hely az emlősök sklerájának a belső rétege, a másik pedig a békák episklerális kötőszövege. Az emlősök sklerájának a belső rétege a corneo-skleralis határnál a corpus ciliare felől kapott rostok szétágazása folytán hihetetlen gazdag beidegzést mutat [1, 4, 5]. Különösen a vastag rostok receptorrendszerei azok, amelyeket más gerinces csoportnál sohasem találunk meg. Ezek a receptorrendszerek egy sajátos érző zónát alakítanak ki az emlősök, különösen a patások (*Bos*, *Capra*, *Capreolus*, *Cervus*, *Ovis*) és az ember szemében. A tapasztalt sajátos viszonyoknak bizonyosan igen fontos élettani szerepük van a szemreflexek kialakításában.

* A szem beidegzésének összehasonlító vizsgálatán mint akadémiai tervtémán Prof. Dr. ÁBRAHÁM AMBRUS akadémikussal közösen dolgozom.

Az emlősökéhez hasonló, ugyancsak igen gazdag érző jellegű beidegzés más formában tapasztalható a békák szemének episklerális rétegében. Mivel egyrészt az irodalmi adatok alapján úgy láttam, hogy még senki sem vizsgálta a békák episklerájának a beidegzését, másrészt előzetes vizsgálataim alapján olyan eredmények mutatkoztak, amelyek alapján az itt tapasztalható beidegzés kapcsolatba hozható a magasabbrendűek sklerájának az idegellátásával, indokoltnak láttam a kérdés részletes idegszövet-tani vizsgálatát. Eredményeimről az alábbiakban számolok be.

Vizsgálati anyag, módszer

Vizsgálataimhoz túlnyomórészt a kecskebéka (*Rana esculenta*) és a tavi béka (*Rana ridibunda*) példányait használtam. Ezek a fajok alkalmasabbak voltak a vizsgálatokhoz mint a barna ásóbéka (*Pelobates fuscus*) és a varasbéka (*Bufo bufo*), mert nagyobb méretű szemüket könnyebb kiboncolni.

A metszetek a sklera legfelső episklerális rétegéből készültek, mivel a sklera főszövege (porcos réteg) és a belső kötőszöveti rétege nem tartalmaz ideget. A metszetek vastagsága 15–20 μ volt. A metszeteket a BIELSCHOWSKY-féle eljárás különböző módosításaival impregnáltam.

Az episklerális réteg mikroszkópikus beidegzése

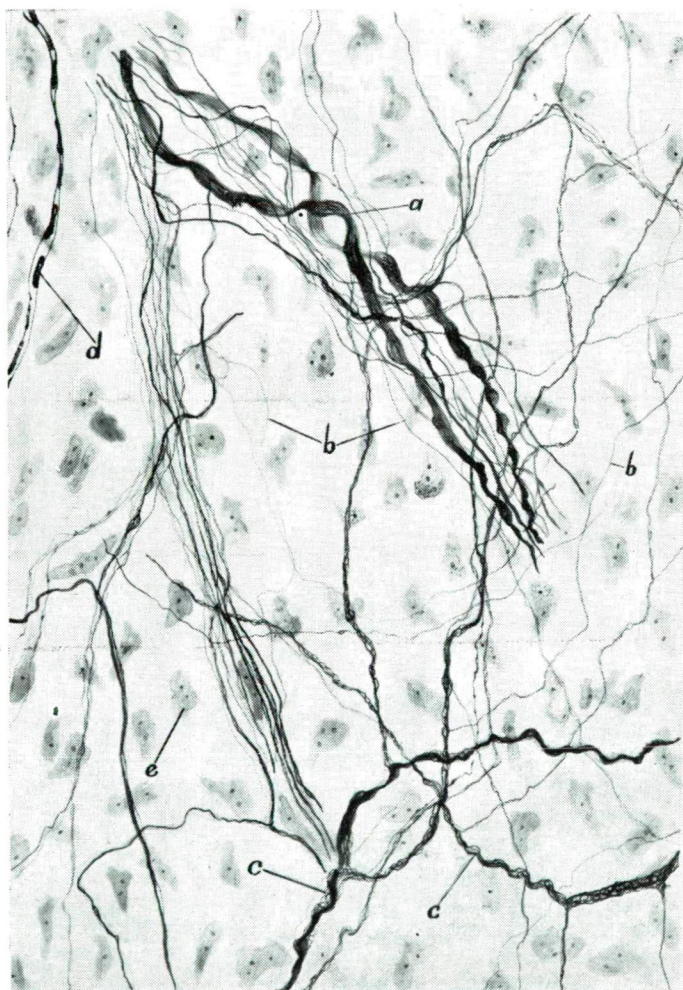
Szabad szemmel egyáltalán nem látható a békák sklerájába belépő ideg. A mikroszkópiusan kimutatható idegek a musculus retractor inán át lépnek be a sklera külső kötőszöveti rétegébe. Különösen akkor lehet a nagyszámú belépő idegtörzset és idegrostot megfigyelni, hogyha a retractor izmokát óvatosan letépjük a skleráról. Ilyenkor az episklerális rétegből is szakad le kisebb-nagyobb darab, tehát az összefüggés kimutatható. A belépő idegtörzsek egy része a corneába lép át s annak idegfonadékát alkotja. Az idegtörzsek és az idegrostok másik része a belépés helyénél, tehát a corneo-sklerális határ közelében gazdagon szétágazik, és sűrű fonadékgyűrűt formál a sklera külső kötőszöveti rétegében. Az idegfonadék az episklerális réteg minden részére kiterjed, csak sűrűsége és a benne található idegrostok milyensége a változó. A legsűrűbb az idegellátás a fent említett belépési területen, s legritkább a nervus opticus kilépésének tájékán. Ha az episklerális fonadékban résztvevő idegrostokat a leggazdagabban beidegzett helyen, tehát a cornea közelében nézzük meg, négy típusba sorolható idegrostot tudunk elkülöníteni (1. ábra).

Az episklerális réteg idegrostjainak típusai

A legszembetűnőbbek a vastag rostok (1. ábra: a). Sötéten festődő csavaros lefutású rostok ezek, amelyekben helyenként a kisebb-nagyobb fellazulásoknál jól láthatók a neurofibrillák. A vastag rostok mindig idegtörzsekben jelennek meg. Mellettük mindig láthatók a feltűnően vékony, sima szélű egyenes lefutású rostok. Ezek az igen vékony sima rostok sorolhatók a sklera idegrostjainak második típusába (1. ábra: b). Az episklerális fonadék rostjainak legnagyobb része ilyen. E rostok mellett soha sincsen Schwann-féle mag. Ha követjük az

első típusba tartozó vastag rostokat amint ágleadásokkal mind vékonyabbakká válnak, arra a meglepő eredményre jutunk, hogy kissé sötétebb színűkről és kisebb-nagyobb varixaikról, majd egészen kis szemecskés megvastagodásairól jól megkülönböztethetők és mindvégig követhetők a fonadékban. A vastag rostok útját követve az is világossá válik, hogy ezeknek a szemecskés végrostoknak az előfordulása csak a cornea közvetlen közelében levő episkleralis rétegben a jellemző. Itt jóformán teljesen ezek adják a beidegzést (2. ábra).

A bulbus hátsóbb szakaszain az episkleralis fonadékot jóformán teljes mértékben a második típusba sorolt rostok végágai alkotják. Ezek a sima szélű



1. ábra. *Rana ridibunda*: sklera beidegzés. Az episkleralis réteg beidegzése a corneo-skleralis határtól két milliméterre, a: vastag rost (1. típus), b: vékony rost (2. típus), c: vékony rost (3. típus), d: vékony rost (4. típus), e: kötőszöveti sejtmag, BIELSCHOWSKY-féle eljárás. Nagyítás: 300×.

igen vékony rostok itt fonadékrendszert formálnak. A kötőszöveti sejtek között néha a mag közvetlen közelében végződnek. A végződésnél nincs semmi-féle végkészülék.

A békák episklerájában ezen a két jellemző és általánosan előforduló rosttípuson kívül még másik két típus is előfordul. Míg az előbbiek mindig közös idegtörzsből lépnek be, az utóbbiak teljes önállóságot mutatnak. A békák episklerájának beidegzésében különösen a cornea közelében levő területeken feltűnnek olyan idegtörzsek, amelyekben csak vékony rostok mutatkoznak (1. ábra: c). Végrostjaik kimutathatók az episkleralis réteg kevés számú véredénye közelében, de az első típusba sorolt vastag rostok végágai mentén is. Ezeknek végrostjain is megjelenhet egész apró varix, ami kétségtelen megnehezíti az elkülönítést. Hullámosabb lefutásuk, vékonyságuk és világosabb festődésük biztosítja a megkülönböztetés lehetőségét, s mindezek alapján a 3. típusba tartozó idegrostnak minősíthetők. Ezenkívül lehet még látni a sklera beidegzésében olyan vékony rostokból felépülő idegtörzseket, amelyek mentén a hosszúkás SCHWANN-féle magvak mindig jól megfigyelhetők (1., 2., 3. ábra: d). Az utóbbi idegtörzsekben a rostok száma nem sok (2–8). Ezek a törzsek az episkleralis réteg egész területén gyakoriak. Érdekeségük, hogy a törzsből kilépő rostok mentén is követhetők a SCHWANN-féle magvak. Különösen akkor tűnnek ki ezek a hosszúkás magvak, amikor két idegrost között fekszenek (2. ábra: d).

Az episkleralis réteg idegrostjainak eredete

A négyféle idegrost alaktani különbözősége arra enged következtetni, hogy azok különböző eredetűek. A szemgolyó burkaiban levő idegrostok eredete a szembeidegzés egyik fő kérdése. Az eldöntést nehezíti az a tény, hogy a magasabbrendű gerincesek szemének idegtörzseiben mindig keverten futnak a különböző rostok. A béka sklera beidegzésében résztvevő négy típusú rost azonban olyan sajátosságokkal rendelkezik, amelyek alapján ha tekintetbe vesszük kapcsolódási viszonyait, eredetüket könnyen eldönthetjük.

Az első típusba tartozó vastag rostok eredete nem vitás, kétséget kizáróan jól elkülöníthető trigeminus rostágak ezek. Jól látható, hogy ezek a rostok a cornea mikroszkópikus beidegzésében is résztvevő érző rostokkal azonosak, végig követhetők az átlépésnél is. Mivel az anatómiai, kísérleti és a mikroszkópikus beidegzési vizsgálatok a cornea beidegzést egyöntetűen a trigeminus rostok által ellátottnak tartják [3, 7, 8], az ugyanezen rostok alkotta idegfonadék a sklerában csak érző jellegű lehet.

Ezeknek a vastag rostoknak a végágai a sklerában a cornea előtti 1–2 mm-es gyűrűben rendeződnek. Így az emlősök receptorikus zónájához hasonló magasságban alakul ki a békák sklerájának is az érző jellegű terület. A szemreflex kiváltásához feltételezett receptorikus zóna, ezek szerint a békák szemében is megvan, de csak a sklera külső kötőszöveti rétegében alakul ki, nem pedig a belsőben, mint az emlősöknél. Mind a békák, mind pedig az emlősöknél az érző zóna területe a corneo-sklerális határvonal közelében van, tehát a két érző jellegű terület ezen az alapon is összehasonlítható. A békáknál tapasztalható eltérést minden valószínűség szerint a belső szemizmok gyenge fejlettsége okozza.

A második típusú rostok eredetének a megállapítása nem nehéz. Boncolás útján sikerült megtalálni azt az idegkapcsolatot, amit GAUPP [6] közölt, mi-

szerint a ganglion ciliareből kilépő postganglionaris rostok a retractor izomnyalábjaiba sugároznak. Mint valamennyi gerinces szem beidegzésében, itt is ezek a rostok a legnagyobb számúak. A ganglion ciliare postganglionaris ágainál mutatkozó bonyolult idegkapcsolatok révén alakulnak ki azok a kevert idegtörzsek, amelyek az episkleralis idegfonadék fő tömegét alkotják. A fonadékok



2. ábra. *Rana ridibunda*: sklera beidegzés. Az episkleralis réteg beidegzése közvetlen a corneo-skleralis határnál. a: vastag rost (1. típus), b: a vastag rost végágai (1. típus), c: vékony rost végágai (3. típus), d: vékony rost végágai (4. típus), e: kötőszöveti sejtmag, f: varix. BIELSCHOWSKY-féle eljárás. Nagyítás: 400×.

keveredése miatt a békáknál a ganglion ciliareből kilépő nervi ciliares brevis és longi elkülönítése teljesen lehetetlen.

Míg az első két esetben az idegkapcsolatok miatt könnyű az eredetbeli kérdés eldöntése, a harmadik és negyedik típusú rostok eredetének a megállapítása nehézségekbe ütközik. A megjelenési forma és az erek menti gyakori előfordulás arra enged következtetni, hogy a harmadik típusú hullámos lefutású vékony rostok a plexus caroticusból származó sympathicus rostok lehetnek. Bizonyosságul szolgál az a tény, hogy a béka agyerei mentén találunk hasonló törzseket, és ugyanezen típusú törzsek kísérik valamennyi gerinces állat agyereit [2], amelyek mint jól ismertek a sympathicus törzs faji szakaszából származnak.



3 ábra. *Rana ridibunda*: sklera beidegzés. Az episkleralis réteg beidegzése a szemgolyó hátsó pólusán. a: vékony rostok (2. típus), b: kötőszöveti sejtmag, c: végág, d: idegtörzs (4. típus). BIELSCHOWSKY-féle eljárás. Nagyítás: 300×.

A negyedik típusú rostok a morfológiai sajátosságok alapján szintén csak a vegetatív idegrendszerhez tartozhatnak. Eredetük kérdésére azonban csak akkor derült némi fény, amikor a béka sajátosság összeolvadt dúca, a ganglion prooticum is mikroszkópikus vizsgálat alá került. E dúcból kilépő idegtörzsekben találkoztam azokkal a hosszúkás SCHWANN-féle magvakkal, amelyek a sklerát beidegző rostok némelyike mellett is megjelent. Ezek szerint a negyedik típusba sorolt rostok azoknak a sympathicus dúcsejteknek a nyúlványai, amelyek a ganglion prooticumba olvadtak, és valószínűen a ganglion ciliare körül nehezen áttekinthető különféle eredetű törzsek találkozásánál már ezek a törzsek is megjelennek.

Vannak-e idegsejtek a sklerában?

A béka sklera sajátágosan gazdag idegfonadékra igen világos, tisztán kivethető képet ad (1—3. ábra). Mivel itt igen vékony réteg idegfonadékról van szó, alkalom kínálkozik annak a kérdésnek felvetésére, vajon részt vesznek-e idegsejtek a szem idegfonadékainak, így jelen esetben a sklera fonadékának alkotásában? Az idegsejt előfordulás mellett és ellenszólók nagyszámú táborra [8] azt bizonyítja, hogy a kérdés eldöntése nem egyszerű. *Eddigi vizsgálataink alapján azonban az a megállapításunk, hogy nincsenek idegsejtek a szem idegfonadékaiban.* Ez erősítést nyer a béka sklera beidegzésében is, ahol a rendkívüli gazdag idegfonadékban jóformán minden idegtörzset, idegrostot követni lehet, de lefutásukban idegsejteket sehol nem találunk.

Összefoglalás

A békák sklerájának vizsgálata alapján a következők állapíthatók meg:

1. A béka sklera beidegzése phylogenetikai vonatkozásban egyedülálló, episkleralis gazdag idegfonadék.

2. A fonadékban morfológiai sajátosságok alapján négy típusú idegrost különböztethető meg, amelyeknek különböző az eredete.

a) Az első típusba sorolt vastag rostok egy része a corneába lép, másik része a corneo-skleralis határ végfonadékában gazdagon szemecskézett végrostokkal tűnik fel. Érző jellegű trigeminus rostok ezek, amelyek a retractor izmok inán át a második típusú rostokkal kevert idegtörzsekben érkeznek az episkleralis rétegbe.

b) A második típusú rostok vékony, sima szélű egyenes lefutású rostok, amelyek az episkleralis kötőszöveti sejtek között ágaznak szét. Az első típusú rostokkal kevert idegtörzsekből lépnek ki és az episkleralis réteg minden részébe kiterjednek. A ganglion ciliare-ből jövő postganglionaris rostok ezek, amelyek a magasabb rendű gerincesek nervi ciliares brevi és longi ágainak felelnek meg.

c) A harmadik típusba tartozó rostok szintén vékonyak, hullámos lefutásúak, az episkleralis kötőszövet véredényeinek sympathicus idegei, amelyek csak a plexus caroticusból származhatnak.

d) A negyedik típusba sorolt rostok egészen sajátágosak, hosszú SCHWANN-féle magvakkal kísért egyenes lefutású rostok, amelyek valószínűleg a ganglion prooticumba olvadt sympathicus dúcsejtek nyúlványai.

3. A békák sklerájának idegfonadékában, az idegtörzsek, illetőleg az idegrostok lefutásában idegsejtek nem találhatók.

4. A béka sklera külső kötőszövetének beidegzése a corneo-skleralis határ gyűrűjében érző jellegű, és a szemreflexek kiváltásához szükséges receptorikus zónát képviseli.

IRODALOM

- [1] AGABABOW, A.: Über die Nerven in den Augenhäuten. Graef's Arch. Ophthalm. 83. 317. 1912.
- [2] ÁBRAHÁM, A.: Die Innervation der Blutgefäße. Acta Biol. Acad. Scient. Hung. 4. 69. 1953.
- [3] ÁBRAHÁM, A.: Microscopic Innervation of the Cornea with Reference to the Neural Connections of the Fibrocytes. Acta Biol. Acad. Scient. Hung. 6. 31. 1955.
- [4] ÁBRAHÁM, A.: New sensory end apparatuses in the sclera of mammals. Acta Morph. Acad. Scient. Hung. Supl. 7. 34. 1956.
- [5] BOEKE, J.: Zur Nervenversorgung der Augenhäute. Zeitschr. mikr-anat. Forsch. 39. 477. 1936.
- [6] GAUPP, E.: Wiedersheim, R. Anatomie des Frosches III. 1904. (Fr. Vieweg, Braunschweig).
- [7] KOLMER, W.: Lauber, H.: Haut und Sinnesorgane in Möllendorff's Handbuch der mikr. Anat. des Menschen III/2. 1936. (Springer, Berlin).
- [8] STÖHR, PH.: Mikroskopische Anatomie des vegetativen Nervensystems in Möllendorff's Handbuch der mikr. Anat. des Menschen. IV/5. 1957. (Springer, Berlin).

ДАННЫЕ К МИКРОСКОПИЧНОЙ ИННЕРВАЦИИ СКЛЕРЫ ЛЯГУШЕК

А. Штаммер

Микроскопичная иннервация склеры лягушек представляется энисклеряльным нервным сплетением без нервной клетки, в образовании которого во всех случаях хорошо отделяется четвертипильное нервное волокно.

THE MICROSCOPICAL INNERVATION OF THE FROGS' SCLERA

by

A. STAMMER

The innervation of the frogs' sclera examined with the BIELSCHOWSKY-method showed quite a specific situation. A rich episcleral nerveplexus is found here without nerve-cells but with four types of the nerve-fibres.

One type is thick myelinated fibres originating from the sensory trigeminus and ends in the cornea or in the cornea-scleral ring with fine varicous end-fibres. Thus in the frogs' eyes the sensory receptorial zone — induces the different eye-reflexes — situated in the episcleral coat.

Most of the fibres belong to the second type that are thin, oculomotoric postganglionar fibres ever running straight, sometimes together with the trigeminal fibres and form the greatest part of the episcleral plexus.

The third type of the fibres is also thin but always very wavy and in all probability they come from the plexus caroticus.

Quite peculiar is the fourth type, thin, rigid fibres followed by very long SCHWANN nuclei. They pass in separate trunk and we suppose they originate from the processes of the sympathetic cells merged in the ganglion prooticum.