

hogyan a mellékvesekéreg és a köztiagy egyik sejtcsoportja között idegi kapcsolat van. Ezzel kapcsolatos észlelést az, hogy az egyik oldali mellékvese eltávolítását követően a műtött oldalon a hipotalamusz nukleusz ventromediálisában az idegsejtek magja kisebb lett, míg az ellentétes oldalon megduzzadt. Féloldali beavatkozásra fellépő ellentétes irányú változás pedig csak idegi úton jöhet létre. Ezt követően Halász Béla munkatársa, Gerendai Ida professzorasszony behatóan foglalkozott az ivarszervek és a hipotalamusz közötti idegi kapcsolat kérdéskörével. Elsőként közölte, hogy féloldali gonadektomia után a jelzett leucin fehérjébe való beépülésének mértéke a hipotalamusz egyik kétoldali sejtcsoportjának tagjai között szignifikánsan eltér (Gerendai – Halász, 1976). Gerendai Ida eljárást dolgozott ki a petefészek lokális farmakológiai denervációjára. Megfigyelései szerint az egyik petefészek denervációja esetén a másik oldali petefészek eltávolítását követő jól ismert kompenzatorikus hipertrófia nem fejlődik ki.

A perifériás endokrin mirigyek és a hipotalamusz közötti idegi kapcsolat morfológiai

igazolása csak a közelmúltban történt meg Gerendai Ida és munkatársai részéről (Gerendai et al., 1998). Az ivarmirigyek központi idegrendszeri kapcsolatának felderítése céljából neurotrop vírust fecskendeztek a petefészekbe, és néhány nap elteltével az agyat és a gerincvelőt feldolgozva, keresték bennük a vírusfertőzött idegsejteket. Ilyeneket kimutattak mind a gerincvelő, mind az agy különböző részeinek (nyúltvelő, híd, középagy, hipotalamusz) körülírt területeiben, idegsejtcsoportjaiban, ami jelzi a jelölődés szelektív voltát. Hasonló megfigyelést tettek vírusnak a herébe történt beadását követően. Olyan régiók sejtjei jelölődtek, melyek mai ismereteink szerint fontos szerepet játszanak a vegetatív működések szabályozásában. A csoport ezen megfigyeléseivel elsőként mutatta ki, hogy az agy és az ivarmirigyek között idegi kapcsolat van (7. ábra), s feltérképezték a kapcsolat szempontjából szóba jövő agyi régiókat.

**Kulcsszavak:** *neuroendokrin rendszer, hipofiziotrófarea, hipotalamusz, hormonális szabályozás, idegi szabályozás, belső feedback*

Brain and Spinal Cord from the Ovary Using Viral Transneuronal Tracing Technique. *Neuroendocrinology*. **68**, 244–256.

Szentágothai János – Flerkó B. – Mess B. – Halász B. (1972): *Hypothalamic Control of the Anterior Pituitary. An Experimental-morphological Study*. Akadémiai, Budapest, 3<sup>rd</sup> Edition Reprinted 1972.

#### IRODALOM

Gerendai Ida – Halász Béla (1976): Hemigonadectomy Induced Unilateral Changes in the Protein-synthesizing Activity of the Rat Hypothalamic Arcuate Nucleus. *Neuroendocrinology*. **21**, 331–337.

Gerendai Ida – Tóth E. I. – Boldogkői Zs. – Medveczky I. – Halász B. (1998): Neuronal Labeling in the Rat

## SZENTÁGOTHAI JÁNOS ÉS A KISAGYKUTATÁS

Hámori József

az MTA rendes tagja,  
Semmelweis Egyetem Anatómiai, Szövetani és Fejlődéstan Intézet  
hamori.jozsef@med.semmelweis-univ.hu

Az UNESCO minden évben egy kiemelkedő tudóst nevez meg az „év emberének”. 2012-ben tudományos teljesítménye elismeréseként a száz éve született Szentágothai János lett az „év embere”. A kiváló anatómus tudományos munkássága, az idegrendszer funkcionális szerkezetének kutatása során igen kiterjedt témakörben ért el világviszonylatban is kiemelkedő eredményeket. Szentágothai az idegrendszeri szerkezetekben mindig a szerkezetben rejlő működést, s megfordítva, az idegi működések alapjául szolgáló struktúrát kutatta. Érdeklődése széles körű volt: az agykéreg, a látórendszer, az agytörzs, a gerincvelő és a kisagy funkcionális szerkezetének kutatása során ért el máig érvényes eredményeket. Szentágothai és munkatársai a kisagy neurális szerkezetének elemzése során elért eredményei jelentős mértékben járultak hozzá ezen agyrész működésének tisztázásához.

#### Kisagy

A cerebellum vagy „kisagy” neve ellenére igen fontos régiója az agynak. Érdekes megemlíteni, hogy ez a viszonylag kis méretű, kis volumenű (1. ábra) agyi régió az összes idegsejtek mintegy felét, kb. százmilliárd idegsejtet tartalmaz. Ez is arra utal, hogy „kicsinysége”

ellenére sok fontos funkciót lát el. Ezek közül már régen ismert a motoros funkciók koordinációjában játszott szerepe. Ma már tudjuk, hogy a kisagy a motoros koordináción kívül számos más tevékenységben is részt vesz, például a motoros tanulási folyamatban, sőt a kognitív, a beszéddel, tudati jelenségekkel kapcsolatos működésekben is. Az emberi kisagy, jóllehet nem életfontosságú, mégis *sine qua non* minden emberi tevékenység számára a már említett motoros működésektől kezdve a beszéd, egyes tudati tulajdonságokon keresztül egészen az intellektuális képességekig (Eccles et al., 1967).

A cerebellum törzsfelődésileg az agy egyik legősibb, morfológiailag pedig talán a legjellegzetesebb állománya (Hámori, 2012). A kisagykéreg szerkezete ugyanis a halaktól az emberig, azaz az elmúlt 450 millió év során alig változott. A kisagy makroszkópos anatómiája a törzsfelődés során ugyan jelentősen módosult, de ez is inkább mennyiségi, mint minőségi változás volt: a fejlődés során történt térfogat-növekedés ugyanis a kéreg szaporulatát a kisagyi magvak [a kisagynak a kéreg mellett a másik, fontos állománya (1. ábra)] hasonló fejlődése kísérte. Így az arány e két fő komponens, a kéreg és a kéreg alatti kisagy

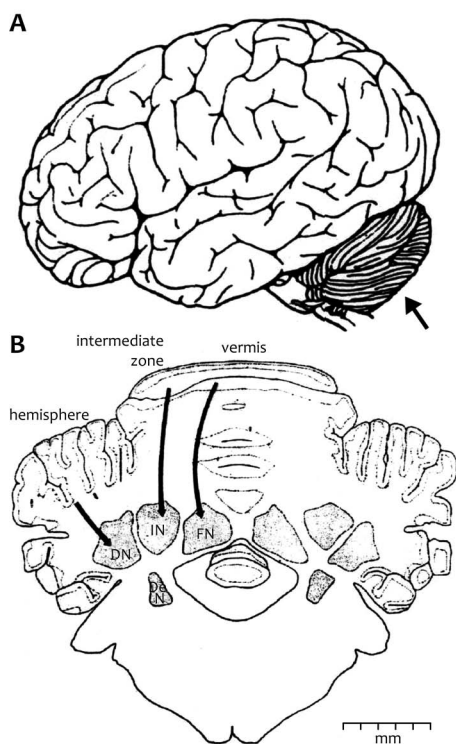
magok között lényegében nem változott, bár maga a kisagy, főleg az emlősnél, igen nagyra nőtt.

#### A kisagy mikroszkópos anatómiája

Külön tárgyaljuk a rétegzett kérget és a belső fehérállományba ágyazott kisagyi magvakat.

##### A.) Kisagykéreg

A kisagykéreg külső, háromrétegű szürkeállományból áll, amely a vékony, rostokat tartalmazó fehérállományt borítja. A kéreg jól látható redőzöttségét az egymásra hajto-



1. ábra • (A) (nyíl) – az agy hátsó részében található • (B) a kisagy keresztmetszete: a kéreg-foliák és a belső magvak között vastag nyilak jelzik az összeköttetést. A jelzett kisagyi magok közül legjelentősebb az oldalsó (DN).

gatott, haránt irányú foliumok okozzák. A foliumok (1. ábra) a fehérállomány központi részéből kiindulva szinte „szétsugároznak”, s így, longitudinális (szagittális) metszetben a kisagnak a *Thuja occidentalis*-ra emlékeztető formáját alakítják ki, amelyet korábbi anatómusok igen szemléletesen az „élet fájának” (*arbor vitae*) neveztek el.

A három réteg:

- 1.) szemcsés réteg, melyet a fehérállomány határol,
- 2.) a legfelületesebb, pia mater által határolt molekuláris réteg, és
- 3.) a két réteg között elhelyezkedő, egysejtű Purkinje-sejt (vagy ganglionáris réteg) (2. ábra).

1.) Szemcsés réteg • Nevét a rendkívül szorosan egymáshoz szorított kicsiny idegsejtektől, a szemcsesejtektől nyerte. Ezek az agy legkisebb idegsejtjei (5–8 mm), számuk azonban óriási. Az átlagban 133 grammos emberi kisagy 100 milliárd idegsejtjéből 94 milliárd szemcsesejt. A szemcsesejtnak három-öt rövid dendritje van (2. ábra), melyek végei fogazottak, és több kis, rákollószerű, ún. protrúzióval csatlakoznak a preszinaptikus moha axonokhoz. A szemcsesejt axonja általában csupas, nem mielinhüvelyes, és a molekuláris rétegbe jutva „T”-alakban elágazódik, majd a sok („parallel”) axon kötegekbe rendeződve fut a Purkinje-sejtek dendritfájára merőlegesen, a foliumok hossz tengelyében. Az axonok hossza a folium hossz méretétől függően 2–7 mm lehet (2. ábra). (Eccles et al., 1967).

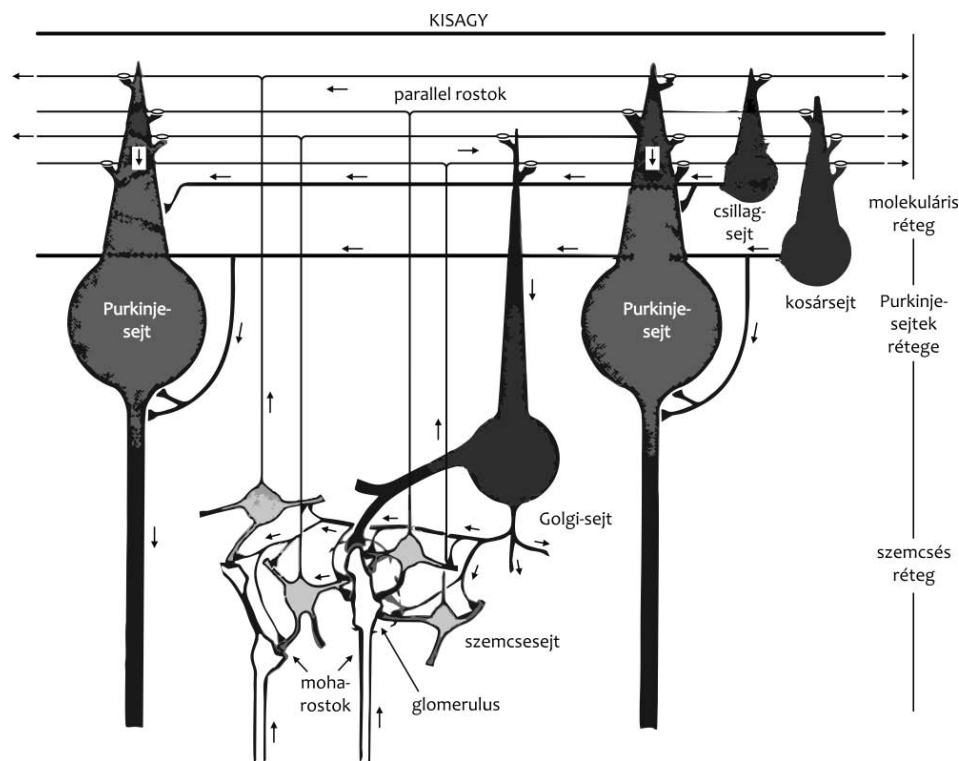
A kis méretű, „serkentő” szemcsesejtek mellett elszórtan nagyobb sejttestű, ún. Golgi-, gátló idegsejtek találhatóak.

A kisagyi glomerulus vagy kisagyszigetek (2. ábra) sejtmentes területek a szemcsesejtek közé ékelve (Hámori – Szentágothai, 1966). A glomerulus fő elemei:

- a.) szemcsesejt dendritek az ollószerű végződésekkel,
- b.) serkentő (glutamaterg) moharost végződés és
- c.) gátló, GABA-erg axonok. Mindezen pre- és posztzinaptikus elemek igen bonyolult, komplex szinaptikus szerveződést hoznak létre.

A rendszerint centrális helyzetű moharost végződés általában serkentő. A moharost a dendritekkel aszimmetrikus szinaptikus érintkezéseket létesít. A kisebb, varikózus, a glomerulus perifériáján található Golgi-axonvégződés minden esetben gátló. A szemcsesejt dendritek térbeli rekonstrukciójával kiderült,

hogyan egy glomerulusban kb. 54 szemcsesejt dendrit található – mindegyik másik szemcsesejtből! Minthogy minden dendritnek 3–5 posztzinaptikus végbunkója van, ezeken keresztül egy-egy dendrit ugyanennyi szinaptikus kontaktust létesíthet a moharosttal, a Golgi-axonnal vagy akár mindkettővel. Ennek megfelelően a moharost átlagban 145, míg a Golgi-axon 87 szinaptikus kontaktust létesít a szemcsesejt dendritekkel, azaz összességében (átlagban) 232 szinaptikus érintkezés található egy kisagyi glomerulusban. Ezek a számok is érzékeltetik, hogy a glomerulus cerebelliben rendkívül komplex ingerületátadási folyamatok mennek végbe, amelyekben



2. ábra • A glomerullusszal kezdődő moharost rendszer (moharost → szemcsesejtek, parallel rostok által képzett átkereszteléses szinapszisok, melyek a Purkinje-sejtek tüskéivel szinaptizálnak. A kosáresejt axonjai a Purkinje-sejteket gátolják.

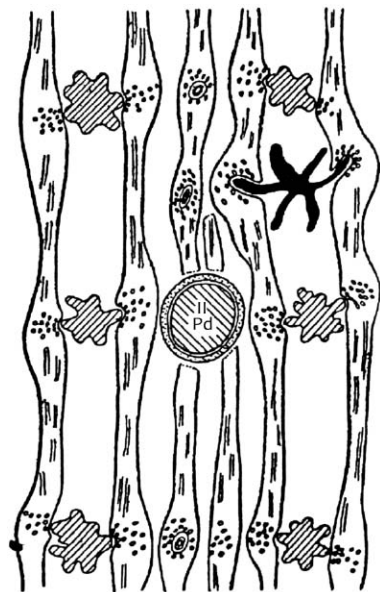
a serkentő moharost szinapszisok és a gátló Golgi-axon által kialakított szinapszisok működésének szimmetriája vagy aszimmetriája határozza meg a posztszinaptikus szemcsesejtek (s ezen keresztül a parallel axonok) ingerületi állapotát. Ez tovább bonyolódik azzal, hogy a szemcsesejt négy dendritje négy különböző moharosttól kap ingerületet, azaz a folyamatban az ingerdivergencia (1 moharost → 54 dendrithez a glomerulusban), illetve konvergencia (4 különböző moharost → 1 szemcsesejt) egyaránt jelentős szerepet játszik.

2.) *Purkinje-sejtek rétege* • A Purkinje-sejtek, a központi idegrendszer talán legkarakterisztikusabb idegsejtfeleségét *Jan Evangelista Purkyně* (1787–1869), a Breslauban, majd Prágában működő cseh élettan- és szövettan-professzor látta meg először, ezért róla nevezték el. A nagy, ovoid Purkinje-sejtestek (16–30 × 21–40 mm) a szemcsés réteg és a felületes, molekuláris réteg közé ékelt egysejtréteget alkotnak. A Purkinje-sejtek fő dendritnyúlványa a molekuláris rétegbe száll fel, s a szagittális síkban többszörösen osztódva a kéreg felszínéig húzódik, míg axonja a sejtest másik pólusán eredve a szemcsés rétegen keresztül (ahol mielinizálódik) éri el a fehérállományt. Az axon induló része, vagyis a nem velőhüvelyes szakasz 15–20 mm hosszú. A viszonylag vastag mielinhüvelyes rostok többnyire a kisagyi magvakhoz futnak, s e magok fő gátló bemenetét képezik (Eccles et al., 1967). *Ito Maszao* (Masao Ito) japán tudós mutatta ki ugyanis, hogy a Purkinje-sejtek, illetve axonjaik gátlók, és transzmitterük a GABA.

3.) *Molekuláris réteg* • A kisagykéreg ele-gáns, szemet gyönyörködtető mértani elrendeződésének két fő tényezője a molekuláris rétegben található. Ezek egyike a Purkinje-sejtek legyezőszerűen, szigorúan a paraszagittális síkban szétterülő dendritfája, a másik az erre

pontosan merőlegesen (tehát a folium hossz-tengelyében) futó több száz ezer parallel axon (2., 3., 4. ábra). A réteg három másik lényeges neuronális eleme a két (gátló, GABA-erg) interneuron, a kosár- és csillagsejt, valamint az olivo-cerebelláris pálya itt végződő axonjai, a kúszórostok (2., 5. ábra).

A Purkinje-sejtek dendritfája a folium hossz-tengelyére merőleges, szagittális síkban ágazódik el. E két-dimenziós arborizáció vastagsága 9–18 mm között van. A vastagabb elsődleges és másodlagos dendriteken viszonylag kevés dendritikus tüske található, míg a harmadlagos vékony dendritnek, az ún. *tüskés* dendritnek viselik egy Purkinje-sejt 30 000–80 000 posztszinaptikus tüskéinek túlnyomó többségét (3. ábra). (Eccles et al., 1967)



3. ábra • Az átkeresztelődés (crossing over) szinaptikus rendszer a kisagykéreg molekuláris rétegében. • Pd – Purkinje fő dendrit. A kisebb dendritek tüskéi szinaptizálnak a dendritek között futó parallel axonokkal. Fekete tüskés dendrit: kosársejt dendritje.

A vastagabb (elsődleges, másodlagos) dendriteken általában három különböző axon végződik. Két végződéstípus GABA-t tartalmaz, ami a gátló szinapszisokra jellemző. E két gátló végződést a kosár- és csillagsejtek axonjaiként azonosították. A harmadik fajta axonvégződés, a kúszórost szinapszisa excitatórikus. A kúszórostok eredetét az egyik agytörzsi magban (oliva inferior) Szentágothai János és Rajkovic Károly (1959) kísérletes módszerek segítségével még az 50-es években azonosította, s így értelmezhetővé tette a kisagy két fő afferensének (moharostok, kúszórostok) a kisagy működését alapvetően befolyásoló funkcionális szerepét. A kúszórostok mielinhüvelyüket a Purkinje-sejtek magasságában veszítik el. A velőtlen rost szorosan hozzáfekszik a Purkinje-sejt dendritfájának vastagabb ágaihoz, annak oszlásait is követve, s a hosszú érintkezés során számos, egyes számítások szerint 400–500 aszimmetrikus, serkentő szinaptikus kontaktust létesít egy Purkinje-sejt, főként elsődleges és másodlagos dendritjeivel. A szinaptikus kontaktusokat a kúszórost általában a dendritek elágazódásánál vagy ahhoz közel hozza létre, méghozzá a vastagabb dendritek öt-hat dendritikus tüskéjével. Ezek a tüskék tehát – melyek a harmadlagos dendritek tüskéinél jóval rövidebbek – a fő helyei a kúszórost – Purkinje-sejt közötti, rendkívül hatékony excitatórikus szinaptikus transzmisszióknak. Figyelemre méltó, hogy bár az aszparaginsav volt a kúszórost lehetséges transzmitterei között az első számú jelölt, a posztszinaptikus receptorok közül a metabotrop glutamát receptor dendritikus tüskékben való erőteljes jelenléte valószínűvé teszi azt, hogy egyedül vagy az aszparaginsavval együtt a glutaminsav működik transzmitterként a kúszórost–Purkinje-sejt szinapszisban.

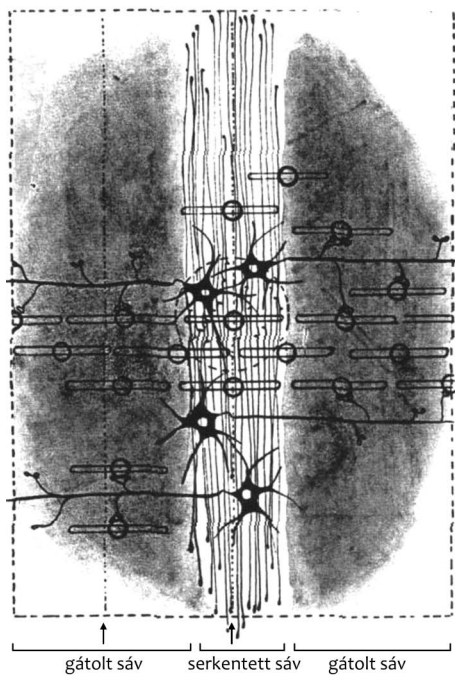
Jellemző a már *Santiago Ramón y Cajal* által is felismert kvantitatív viszony kúszórost és Purkinje-sejt között. Egy Purkinje-sejtet egy kúszórost idegez be, mint ahogy említettük, 400–500 egyedi szinapszissal, ami érthetővé teszi, hogy miért olyan erőteljes a kúszórost serkentő ingerülete a beidegzett Purkinje-sejt számára. Ugyanakkor az eredő olivo-cerebellaris rost – mindig szigorúan a paraszagittális zóna határain belül – tizenöt szomszédos, néha távolabbi foliumba küld (terminális) kúszórostot, azaz egy oliváris neuron tizenöt Purkinje-sejt ingerületét képes szimultán kiváltani.

A kúszórostok a harmadlagos („tüskés”) dendritekkel nem szinaptizálnak. Ezek a vékony, tüskés dendritek (3. ábra) a teljes dendritikus arborizáció jóval több mint felét teszik ki: egy Purkinje-sejt harmadlagos dendritjeinek (összeadott) hossza 40 mm! A tüskék viszonylag nagyok és hosszúak (1,5–2,0 mm a hosszuk), és rendkívül sűrűn helyezkednek el a vékony dendriteken: egy 10 mm hosszú dendritszakaszon 15–42 tüske figyelhető meg. Egy Purkinje-sejten egyébként, mint említettük, fajtól függően 30 000–80 000 tüske található (emberben 50 000).

A harmadlagos dendritek tüskéivel a parallel axonok szinaptizálnak. Újabb adatok szerint a 0,09–0,35 mm vékonyságú parallel axonok hossza általában 6 mm, azaz a felszálló rost T-elágazódása (2. ábra) után a folium mindkét (hosszanti) irányában 3–3 mm. Természetesen a foliumok végein ez az arány akár 0,5–5,5 mm is lehet. A parallel axonok, kötegekbe rendeződve, a lefutások során nemcsak Purkinje-, hanem a kosársejtek és nagy Golgi-sejtek ugyancsak paraszagittálisan elágazódó dendritjeivel, dendritikus tüskéivel is szinaptizálnak. Ennek következtében a parallel axonok szinapszisaik túlnyomó többsége

ún. „átkereszteződés” szinapszis (3. ábra), amelynél a preszinaptikus (parallel) axon nem „végződik”, hanem csupán a rost helyi *en passant*, kisebb megvastagodása képez szinapszist a dendritikus tüskéken (Hámori – Szentágothai, 1964).

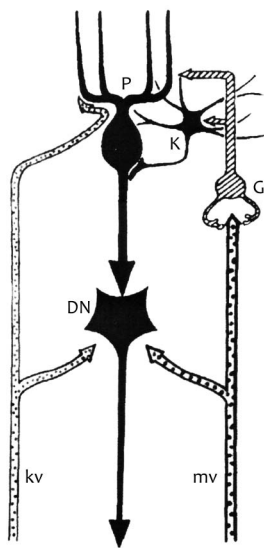
A parallel axon szinaptikus transzmittere a glutaminsav, amely a fogadó dendrittüske glutamát receptorával együtt felelős a szinapszis serkentő jellegéért (Görcs et al., 1993; Takács et al., 1997). Egy Purkinje-sejt dendritfáját cca. 400 000 parallel axon keresztezi, ami az anatómiai háttérét biztosítja annak, hogy (a folium hossz tengelyében!) Purkinje-sejtek százai kerüljenek – megfelelő parallel axon ingerlés esetén szinte szimultán jelleggel



4. ábra • Szentágothai János kérgi modellje, serkentett és gátolt Purkinje-sejtrétegek a parallel axonok által serkentett, illetve a kosársejtek (fekete nyúlványos sejtek) által gátolt mezők dinamikus kialakításával

– ingerelt állapotba. Az ily módon kialakult transzverzális ingerületi sáv (4. ábra), illetve az erre merőleges, a kúszórostok által kiváltott paraszagittális ingerületi csík közösen „dolgozzák ki” a tényleges, magokba vetítő, kortikonukleáris egység (5. ábra) (dinamikusan változó!) formáját, jellegét.

Két interneuron típus van a molekuláris rétegben, ezek közül a lényegesebb a réteg alsó, mélyebb rétegében található kosársejtek. Mindkét neurontípus GABA-erg, gátló. Elszórtan, szinte „molekulaként” található, innen egyébként a réteg neve is. Számuk még így is több, mint a Purkinje-sejteké. Mindkét interneuron denritfája a Purkinje-sejtek dendritikus orientációjával megegyezően, azaz



5. ábra • Purkinje-sejtek (P) axonja a kisagyi mag (DN) sejtjeit gátolja. A serkentő kúszórostok (kv) közvetlenül, a moharostok (mv) a szemcsesejteken (G) keresztül excitatorikus, míg a kosársejtek (K) gátló szinapszissal végződnek a Purkinje-sejten. Mindkét serkentő kisagyi afferens (kv és mv) kollaterálisokat küld a kisagyi magba.

paraszagittálisan alakul ki, és mindig szigorúan a paraszagittális réteg határain belül maradva. Ennek megfelelően mindkét sejt fő serkentő bemenetét a dendritfára merőlegesen futó parallel axonok képezik: egy kosársejten kb. 2400 parallel axon szinaptizál.

Az interneuron jellegnek megfelelően mindkét molekuláris rétegbeli gátló idegsejt axonja a kérgen belül végződik.

A kosársejtek axonhossza 500–600 mm (azaz kb. tíz Purkinje-sejt távolsága). A vastag, paraszagittális fő axon mellékágakat bocsát ki (Szentágothai, 1965), amelyek mintegy 300–320 mm távolságban innerválnak számos Purkinje-sejtet. A kollaterálisok részben a Purkinje-sejt vastagabb dendritjeit, másrészt (és főleg) a sejttestet, illetve a sejttest alsó pólusának régióját kosárszerűen látják el gátló axonvégződésekkkel. Mintegy ötven kosár axon kollaterális látja el a Purkinje-sejt bázisán kialakult axonkosarat. (Innen az axonokat adó neuron „kosársejt” elnevezése.)

A Purkinje-sejt alsó pólusát körülvevő axonkosár (Hámori – Szentágothai, 1965) szerkezetének különlegessége, hogy a legtöbb axon „vakon” végződik, s csak a kisebb hányad formál valódi, axo-szomatikus, illetve – s ez különösen lényeges – axon-axonikus szinapszist. Az iniciális axonszegmentumon található, négy-hat szinapszis a szegmentum felszínének mintegy 25%-át borítja (Hámori – Szentágothai, 1965), ami erősíti az axonkosár ismert, igen erőteljes gátló hatását. A gátlás – amennyiben létrejön – kb. 1/2 másodpercre lehetetlenné teszi, hogy a Purkinje-sejt axonja ingerületet továbbítson a magok felé. (Az igen elnyújtott gátlásban nyilvánvalóan nagy szerepe van a „vakon” végződő kosáraxonokból felszabaduló GABA-nak is, amely így kedvező transzmitter miliót teremt a hosszantartó gátláshoz.)

A kosáraxon, illetve a Purkinje-kosár morfológiája alapján gondolta Szentágothai, hogy ez a sejt (és axonjai) nagy valószínűséggel gátlók (Szentágothai, 1965, 1968). A biológiai bizonyítás (Eccles–Andersen) mintegy négy évvel később történt meg (Eccles et al., 1967).

A kosársejtek és nyúlványaik térbeli elhelyezkedését és az axon kollaterálisok számát figyelembe véve (a kollaterálisok száma az axon eredéséhez közel, illetve disztális, terminális szakaszán jóval kisebb, mint a „közép”-szakaszon) Szentágothai már 1963-ban a kéreg olyan funkcionális modelljét állította fel (4. ábra), amely kisebb változtatásokkal a mai napig érvényes. Ennek megfelelően a parallel axonok által kiváltott, a folium hossz tengelyében kialakuló serkentett szélesebb mezőt a kosárgátlás egy vékonyabb serkentett mezőre „fókuszálná”, amelyet oldalt gátolt területek határolnak. Természetesen, az így kialakított „funkcionális egység” nem statikus, hanem a mindenkori afferens ingerületi mintától függően dinamikusan változó.

#### Kisagyi magvak

A kisagykéreg mellett a kisagyban található ún. *kisagyi magvak* jelentősége a kisagy egészének működésében kiemelkedő (Eccles et al., 1967; Palkovits et al., 1977). A négy páros magcsoportból (1. ábra) legfontosabb az ún. *fogazott mag*, amelynek idegsejtjeihez serkentő rostok (moharostok és kúszórostok) kollaterálisai szállítják az agyféltekék, gerincvelő és agytörzs felől az excitatorikus ingereket (5. ábra). A Purkinje-sejtek (számuk 26× nagyobb a mag neuronjainál) gátló (GABA-erg) szinapszisei erős gátlást jelentenek a mag neuronjai felé: a Purkinje-sejt 35 nukleáris magot innervál (divergencia); a magidegsejt több száz Purkinje-sejtből kap gátló szinapszist (konvergencia). A kisagy magjában tehát a kéreg

felől érkező gátló impulzusok (62%) és az agy különböző részeiből érkező serkentő rostok (38%) által hordozott információ feldolgozása után a kisagy magidegsejtek rostjai közvetítik az extracerebelláris régiók felé a kisagy „hozzájárulását” a folyamatokhoz. Ami igen lényeges: jóval több afferens lép be a kisagyba, mint ahány (ugyancsak excitatorikus!) efferens hagyja el (40:1). Ez is aláhúzza a kisagykéreg fontosságát az információk feldolgozásában!

Szentágothai Jánosnak és munkatársainak a kisaggyal kapcsolatos legfontosabb kutatási eredményei összegezve a következők:

- A kisagy két fő afferense közül a kúszórost eredési helyének kimutatása (oliva inferior), a Szentágothai által kidolgozott degenerációs módszer segítségével.
- A gátló kosársejtek szerepe az első kisagy modell megalkotásában. A Szentágothai-modell ma is érvényes.

#### IRODALOM

- Eccles, John C. – Ito, M. – Szentágothai J. (1967): *The Cerebellum as a Neuronal Machine*. Springer, Berlin
- Görcs Tamás J. – Penke B. – Bóti Zs. et al. (1993): Immunohistochemical Visualization of a Metabotropic Glutamate Receptor. *NeuroReport*. 4, 283–286.
- Hámori József (2012): Az idegrendszer funkcionális szerveződése és plaszticitása. *Studia Physiologica*. 17, 1–44.
- Hámori József – Szentágothai János (1964): The “Crossing Over” Synapse: an Electron Microscopic Study of the Molecular Layer in the Cerebellar Cortex. *Acta Biologica Academiae Scientiarum Hungaricae*. 15, 95–117.
- Hámori József – Szentágothai János (1965): The Purkinje Cell Baskets: Ultrastructure of an Inhibitory Synapse. *Acta Biologica Academiae Scientiarum Hungaricae*. 15, 465–479.
- Hámori József – Szentágothai János (1966): Participation of Golgi Neuron Processes in the Cerebellar Glomeruli: An Electron Microscope Study. *Experimental Brain Research*. 2, 35–48.
- Palkovits Miklós – Mezey É. – Hámori J. – Szentágo-

- „Átkeresztezéses” szinapszisrendszer mint a kisagykérgi működés modelljének alap-eleme. A Szentágothaitól származó angol elnevezés („crossing-over” szinapszis) ma is használatos a kérgi működések leírásánál.
- Gátló és excitatorikus elemek kapcsolódásának szerepe (glomerulus) a moharostok által szállított információk feldolgozásában.

*Ito Maszao* japán neurofiziológus vizsgálatai szerint a kisagy tanulása „székhelye” a kéreg molekuláris rétege. Immuncitológiai módszerekkel (glutamát-receptorok lokalizálása) munkacsoportunk bizonyította a dendritikus tüskék részvételét a kisagy tanuláiban.

Kulcsszavak: *kisagy, kisagykérgi idegsejtek, kisagy glomerulus, moharostok, kúszórostok, keresztezéses szinapszisrendszer, kisagykérgi modell*

thai J. (1977): Quantitative Histological Analysis of the Cerebellar Nuclei in the Cat. I. Numerical Data on Cells and on Synapses. *Experimental Brain Research*. 28, 189–209.

Szentágothai János (1965): The Use of Degeneration Methods in the Investigation of Short Neuronal Connexions. *Progress in Brain Research*. 14, 1–32. • [http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6123\(08\)63737-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6123(08)63737-1),

Szentágothai János (1968): Structuro-Functional Considerations of the Cerebellar Neuron Network. *Proceedings of the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*. 56, 960–968.

Szentágothai János – Rajkovich Károly (1959): Über den Ursprung der Kletterfasern des Kleinhirns. *Zeitschrift für Anatomie und Entwicklung Geschichte*. 121, 130–141.

Takács József – Gombos G. – Görcs T. et al. (1997): The Distribution of mGluR1a Receptor in the Purkinje Dendritic Spines is Independent of the Presence of the Presynaptic Parallel Fibers. *Journal of Neuroscience Research*. 50, 433–442. • DOI: 10.1002/(SICI)1097-4547(19971101)50:3<433::AID-JNR9>3.0.CO;2-J

## Tanulmány

### MÉLTÓ EMLÉKEZÉS RODOSTÓBAN MIKES KELEMENRE

F. Tóth Tibor

ny. akadémiai szakmai főtanácsadó,  
a Magyar–Török Baráti Társaság volt alelnöke

A Rákóczi-emigráció törökországi krónikása halálának 250. évfordulója alkalmából jelentős kulturális események helyszíne volt Rodostó, mai nevén *Tekirdağ*. Az elmúlt évben Tüskés Gábor irodalomtörténész, az MTA BTK Irodalomtudományi Intézete XVIII. századi irodalom osztályának vezetője kezdeményezésére – a török Kulturális és Idegenforgalmi Minisztérium és a rodostói önkormányzat támogatásával – a 47. Cseresznye Fesztivál keretében megtartott 9. Magyar nap rendezvénysorozata keretében rangos magyar tudósok részvételével tudományos konferenciát tartottunk török nyelven, a Rákóczi Múzeumban. A szervezési feladatokat a Rodostói Magyar Baráti Társaság és magyar testvérszervezete, a budapesti Magyar–Török Baráti Társaság végezte el. A konferencián előbb Tüskés Gábor méltatta a neves Mikes-kutató, Hopp Lajos irodalomtörténész tudományos munkásságát, majd Vásáry István turkológus, egyetemi tanár a Rákóczi-szabadságharcot lezáró szatmári béke háromszáz éves évfordulójára emlékezett. Felolvasták Tasnádi Edit turkológus-műfordító *Hely és idő Mikes Kelemen Törökországi leveleiben* című, erre az

alkalomra írt monográfiáját. Majd Tüskés Gábor *Rodostó 1720 körül Mikes Kelemen Törökországi leveleiben* című írását ismerhették meg a résztvevők. Tüskés Gábor új kutatási eredményeket is tartalmazó, gondolatébresztő írásában több olyan kérdést is felvetett, amelyek Mikes Kelemen rodostói levelei alapján a jövőben még vizsgálatra várnak. Könyvbemutató helyszíne is volt a Rákóczi Múzeum, a török szervezők felkérésére bemutattam – a Rodostói Magyar Baráti Társaság és a budapesti Magyar–Török Baráti Társaság gondozásában, szerkesztésében megjelent – a *Török menedékkert kapott magyar emigránsok rövid életrajzi összefoglalója* című két-nyelvű – Mikes életrajzát is tartalmazó – lexikont, tudós szakemberek: Hermann Róbert, Joó András, Mészáros Kálmán és Seres István tollából. A rendezvénysorozat csúcspontja volt a kezdeményezésemre létesített Mikes Kelemen utca felavatása a Rákóczi Múzeum mögött. (A rodostói önkormányzat erről szóló határozata és a szöveg fordítása látható az 1. képen. A 2. kép mutatja a veretes utcatáblát.) Emléktáblát helyeztünk el azon a kopjafán, amely Mikes egykori házának