

Kitekintés

GIMES JÚLIA GONDOZÁSÁBAN

AGYTAKARÍTÁS

Az emberi agy nyirokrendszerének több kulcsfontosságú elemét a világon elsőként mutatta ki munkatársaival Mezey Éva az amerikai NIH (National Institutes of Health) neurobiológusa. Az erről szóló publikáció az Amerikai Tudományos Akadémia lapjában, a tekintélyes PNAS-ben (*Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*) jelent meg. A kutatásokat a világhírű magyar agykutató, az Akadémiai Aranyérem idei kitüntetettje, a Semmelweis Egyetem kutatóprofesszora, Palkovits Miklós akadémikus vezette. Amikor a szerkesztőt, Lawrence Steinmant, a Stanford University School of Medicine professzorát e-mailben a közlemény jelentőségéről kérdeztem, azt válaszolta: „ez a cikk igazi gyöngyszem”.

Mivel az agyban sem nyirokcsomók, sem nyirokerek nincsenek, 250 éve foglalkoztatja a kutatókat, hogy hogyan szabadul meg a hulladékoktól. „Az agyban 20–22 milliárd sejt van. Ha egy adott pillanatban csak egy százalékuk működik, az 200 millió sejt. Ha végtermékként mindegyik csak három darab molekulát bocsát ki, az 600 millió molekula. Ezek hová tűnnek?” – magyarázza számomra a probléma lényegét Palkovits Miklós.

A perifériás nyirokrendszer, a vért szállító érrendszerhez hasonlóan, egy csőrendszer. Az agyban azonban csőszerű nyirokerek nincsenek. Ezért nem találták meg évszázadokon át az agyi nyirokrendszert, mert ugyanolyan nyirokereket kerestek, mint amilyenek a test többi részén vannak. A nyirokerek belső felszíne nagyon specifikus markerekkel rendelkező endotél sejtekből áll. Bár a vért szállító erek falát is endotél sejtek bélelik, azok a sejtek ilyen nyirok-specifikus markereket nem tartalmaznak.

A vizsgálatok elhunytak agyából származó mintákon három különböző immunhisztokémiai módszerrel történtek. „Mi olyan sejteket kerestünk az agyban, amelyek mutatják ezeket a sajátos markereket. Ezzel a módszerrel igazoltuk, hogy az agyállományon belül, a lágy agyhártyák alatt, az erek körül, valamint az erek falában léteznek nyirokutak. Hangsúlyozom, nem nyirokerek! – mondja Mezey Éva. – Annak bizonyítására pedig, hogy ezek valóban nyirokrések, megnéztük, vannak-e bennük nyiroksejtek. Minden vizsgált agyterületen találtunk ilyen sejteket. Ezek között egyaránt voltak baktériumokat, vírusokat elpusztítani vagy bekebelezni képes makrofágok, illetve idegen anyagokat és sejteket felismerni tudó T-sejtek. Bizonyos nyiroksejtek felszínén kimutattuk a jelenlétét azoknak a

»ragasztó« molekuláknak is, amelyeket az erek falához való tapadáshoz a nyiroksejtek az egész szervezetben használnak.”

Mezey Évák vizualizált formában bizonyították, hogy a nyiroksejtek az egyre vékonyodó erek falán keresztül jutnak be az agyba, a sejtközi térbe. Ebben a szinte virtuális térben, amit likvór tölt ki, az idegsejtek és a gliasejtek által termelt vízdíszítő végtermékek átjutnak a vér-agy gáton, és a vénás vérrel távoznak az agyból. Az agyi „hulladékok” egy másik része a kemény agyhártya (dura mater) alsó, lemezes részének résein talál utat magának a távozáshoz, és zömmel az agyból kilépő idegek külső burka alatt szedődik össze. Legnagyobb részük a szaglóideg és a háromosztatú ideg, továbbá a nyelv- és garatideg, valamint a bolygóideg külső burka alatt, mintegy potyautasként, jut ki az agy alapon az agyból, beleömlik a nyaki nyirokerekekbe, és eljut a nyaki nyirokcsomókba. A zárt koponyatérben az oldhatatlan végtermékek haladásához valószínűleg az agyi erek pulzálása szolgáltatja az energiát.

A tanulmány jelentőségét az adja, hogy összefüggéseiben, eddig soha nem látott részletességgel, emberben mutatja be az agyi nyirokrendszer anatómiai struktúrájának fontos elemeit, az agy immunrendszerrel való kapcsolatát. Ez alapvető fontosságú az agyi nyirokrendszer működésének megértéséhez, egy évszázadok óta meg nem oldott rejtély felderítéséhez. A korábbi tanulmányok elsősorban állatokon – kutyákon, egereken, patkányokon – végzett vizsgálatok eredményeit közzétették, emberben csupán egyes kis részleteket írtak le, melyek jelentőségét sokáig nem ismerték fel.

A téma fontosságát az is bizonyítja, hogy az utóbbi években például az is felmerült, hogy az agyi anyagcsere végtermékeinek gátolt elszállítása szerepet játszik az Alzheimer-betegségben megjelenő kóros fehérjék agyban történő lerakódásában.

Mezey Éva és Palkovits Miklós rendkívül fontosnak tartják a nyirokkutatás hazai hagyományait és előzményeit. Hangsúlyozzák ezek különleges értékét, mert „azok a kutatók, akik az elmúlt évtizedekben állatokon bizonyítva újra felfedezték az agyi nyirokrendszert, úgy tesznek, mintha munkájuknak nem lenne előzménye: a múlt század ilyen jellegű munkáit, a szerzők nemzetiségétől függetlenül, nem említik”. Földi Mihály belgyógyász és Csandra Endre ideggyógyász az 1960-as évek elejétől kezdve foglalkoztak a nyirokrendszer és az agy kapcsolatával. Az öt éve elhunyt Csandra Endrével fiatal orvosként dolgozott a témán Komoly Sámuel is, aki ma a Pécsi Tudományegyetem neurológus professzora. Állatkísérleteikből nyert eredmények, melyek számos nemzetközi folyóiratban jelentek meg, ma is értékes adatok.

Mezey É. – Szalayova, I. – Hogdena, C. T. – Brady, A. – Dósa Á. – Sótónyi P. – Palkovits M.: An Immunohistochemical Study of Lymphatic Elements in the Human Brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA (PNAS)*, 19 January 2021. 118, 3, e2002574118. DOI: 10.1073/pnas.2002574118, <https://www.pnas.org/content/118/3/e2002574118>

IGAZSÁGOS TÁRSADALOM?

John Rawls amerikai morálfilozófus szerint az emberi társadalmakban úgy lehetne igazságos működést elérni, ha a javak elosztásáról a személyes nyereségek eléréséhez szükséges információk nélkül születnének döntések. Egy nemzetközi kutatócsoport szerint az emlős állatok világában létezik olyan társadalom, ahol valamilyen szokatlan evolúciós fejlődés eredményeként ilyen helyzet alakult ki. Az afrikai sávós mongúzoknál a nőstények furcsa mód pontosan összehangolják a szülést, így egy időben sok kölyök születik. Az egy éjszaka született gyerekeket közösen gondozzák, táplálják, senki nem tudja/tartja számon, hogy melyik kölyök melyik anyához tartozik.

A kutatás során ezt a rendszert tesztelték, oly módon, hogy szabadon élő mongúzközösségek állapotos egyedei egy részének rendszeresen plusz táplálékot biztosítottak. Ennek az lett a következménye, hogy az ő kölykeik születési súlya jóval nagyobb lett. A közös gondoskodás eredményeként azonban a születéskor meglévő különbségek rövid idő alatt csökkentek, illetve eltűntek, ugyanis az anyák a kisebb utódokat jobban táplálták. A természetben az az általános, hogy a saját utódokat kell előnyben részesíteni. De ha nem tudjuk, hogy melyik a miénk?

Marshall, H. H. – Johnstone, R. A. – Thompson, F. J. et al.: A Veil of Ignorance Can Promote Fairness in a Mammal Society. *Nature Communications*, 2021. 12, 3717. Published: 23 June 2021. DOI: 10.1038/s41467-021-23910-6, <https://ore.exeter.ac.uk/repository/bitstream/handle/10871/125751/s41467-021-23910-6.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

ENERGIA A VÍZ ALÁ NYOMOTT LUFIKBAN

Az energiarendszerek átalakulásának idejét éljük, a megújuló energiaforrásokból származó energiának világszerte egyre nagyobb szerep jut. Ezek közül több forrás csak szakaszosan áll rendelkezésre (például a nap- és a szélenergia), ezért energiatároló kapacitást kell telepíteni hozzájuk. Az elektromos energia tárolásának különböző módzatai – egymással is versengve – napról napra fejlődnek. Brazil, német és dán kutatóhelyek munkatársai olyan kombinált energiatárolási rendszer terveit publikálták, amely a napi energiatárolásra jelenleg legalkalmasabb akkumulátorok és a hosszabb távú, szezonális energiatárolásra alkalmas szivattyús víztárolók közötti űrt töltheti ki, és gazdaságosan használható tengerparti területeken szakaszosan termelt energia 1-2 hetes elraktározására.

A módszer alapja a víz felhajtó erejének kihasználása. Gázzal töltött ballonokat süllyesztenek a tengerbe, a rájuk ható felhajtóerő a tenger mélységével arányosan nő. Jelenleg az energiatárolás költsége akkumulátorokban megawattóránként kö-

rülbelül 150 \$, a felhajtóerőt használó eljárás a tenger mélységétől függően 50 és 100 dollár között van, a telepítés költsége azonban kilowattontként 4 és 8 ezer dollár között. A szerzők szerint, ha a tenger fenekére süllyesztett és ott lehorgonyzott ballonokban gázként hidrogént használnak, akkor a hidrogénalapú energiarendszerrel kombinálva tovább növekedhet a hatékonyság, és csökkennének a költségek, mert a víznyomás alatt kompresszáldott hidrogént nyomásálló tartályokban felszínre lehetne hozni.

Hunt, D. J. – Zakeri, B. – Giulietti de Barros, A. et al.: Buoyancy Energy Storage Technology: An Energy Storage Solution for Islands, Coastal Regions, Offshore Wind Power and Hydrogen Compression. *Journal of Energy Storage*, August 2021, 40, 102746. Available online 4 June 2021. DOI: 10.1016/j.est.2021.102746, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352152X21004771>

A LEGRÉGIBB ISMERT CÁPATÁMADÁS

A modern kor bulvárosodó sajtótermékeinek egyik kedvenc rémhíre a cápatámadás, így ezek azonnal nyilvánosságra kerülnek, valószínűleg manapság nem marad egyetlen ilyen eset sem regisztrálatlan. A statisztikákból azonban az derül ki, hogy valójában elég kevés az ilyen baleset. A régészeti leletek között is ritkaság az erre utaló jel, az eddigi legrégebbi dokumentált cápatámadás körülbelül ezer évvel ezelőtt történhetett.

Most egy jóval korábbi, háromezer éves cápatámadás részleteit hozta nyilvánosságra egy nemzetközi kutatócsoport. A halálos sérülésekkel járó támadást – a csontvázat és a rajta található sérüléseket felhasználó háromdimenziós modellezés alapján – egy nagy fehér vagy egy tigriscápa követte el. A három évezrede történtek rekonstruálásához a régészet és a törvényszéki szakértői vizsgálatok legmodernebb eszközeit használták. A szokatlan és feltűnő csontsérüléseket két oxfordi kutató fedezte fel a Kiotói Egyetemen, mikor egy korábban a cukumói régészeti lelőhelyen feltárt csontvázat vizsgáltak.

White, J. A. – Burgess, H. G. – Nakatsukasa, M. et al.: 3000-year-old Shark Attack Victim from Tsukumo Shell-mound, Okayama, Japan. *Journal of Archaeological Science: Reports*, August 2021. 38, 103065. DOI: 10.1016/j.jasrep.2021.103065