

Természet Világa



TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY

149. évf. 3. sz.

2018. MÁRCIUS

ÁRA: 780 Ft

Előfizetőknek: 670 Ft

MIRIGYSEJTEK ÖNEMÉSZTÉSE

A FLUORIT

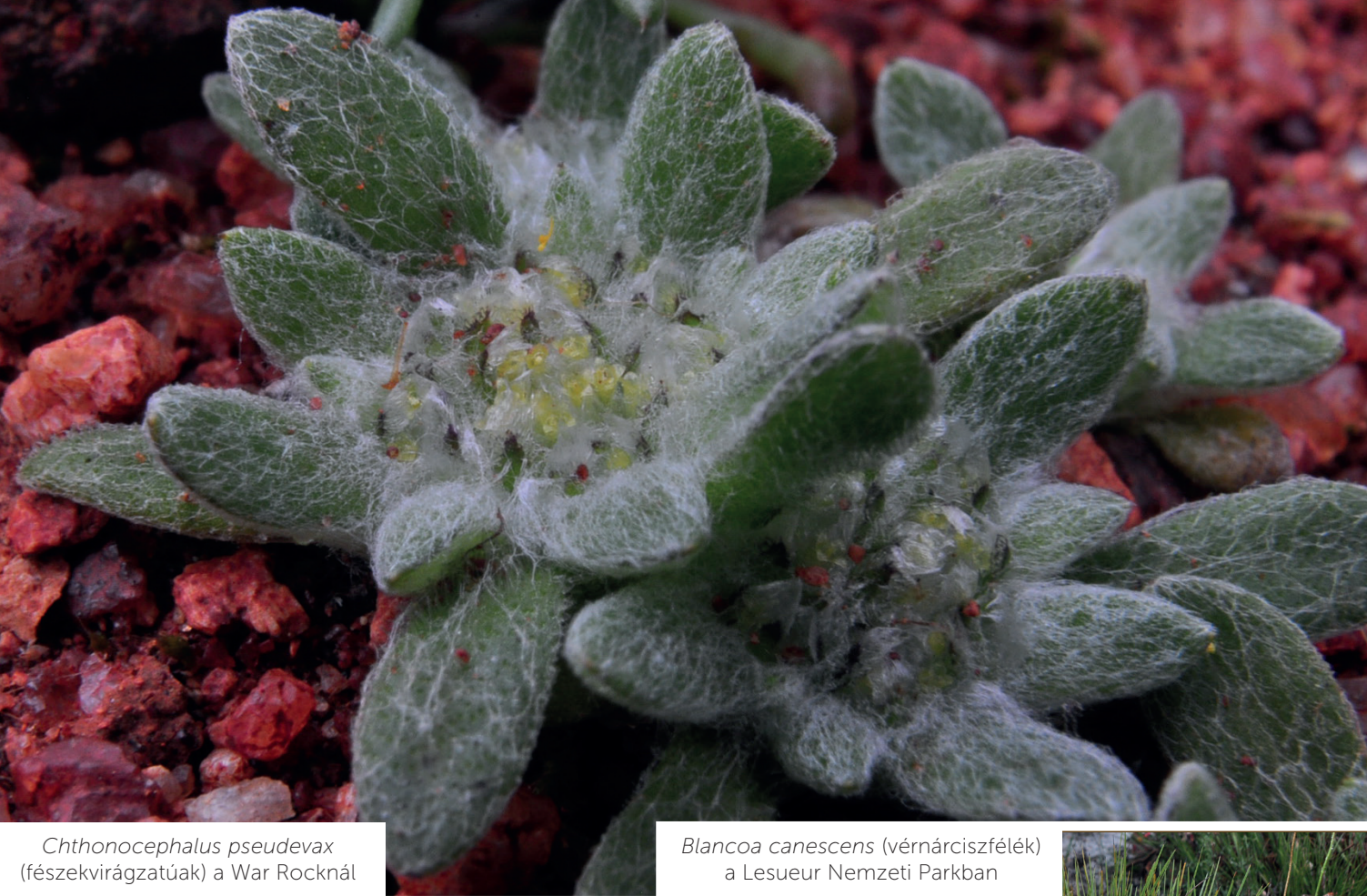
MEZŐGAZDASÁG ÉS BIODIVERZITÁS-KRÍZIS

GALAXISKATALÓGUS

AUSZTRÁLIA VIRÁGOSKERTJEI

KOPONYASÉRÜLÉSEK

HALÁLOS ÉLŐLÉNYEK



Chthonocephalus pseudevax
(fészekvirágzatúak) a War Rocknál

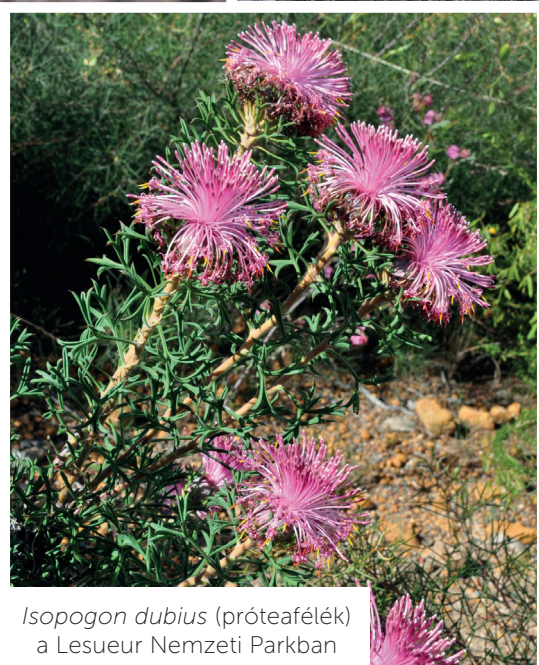
Blancoa canescens (vérnárciszfélék)
a Lesueur Nemzeti Parkban

Képek Nyugat-Ausztrália virágoskertjeiből

Turcsányi Gábor és Siller Irén felvételei



Caladenia flava subsp.
maculata (kosborfélék) a
Lesueur Nemzeti Parkban



Isopogon dubius (próteafélék)
a Lesueur Nemzeti Parkban



Cephalopterum drummondii
(fészekvirágzatúak) a War Rocknál



A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben
SZILY KÁLMÁN
KIRÁLYI MAGYAR
TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY
149. ÉVFOLYAMA

2018. 3. sz. MÁRCIUS
Magyar Örökség-díjas és
Millenniumi Díjas folyóirat



Megjelenik a Nemzeti Kulturális Alap, az Emberi Erőforrások Minisztériuma, az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő, a Magyar Tudományos Akadémia és a Nemzeti Tehetség Program támogatásával.

Főszerkesztő: GÓZON ÁKOS

Szerkesztőség:
1088 Budapest, Bródy Sándor u. 16.
Telefon: 06–1–327–8950, fax: 06–1–327–8969
E-mail-cím: termvil@titnet.hu
Internet: www.termeszettvilaga.hu

Felelős kiadó:
PIRÓTH ESZTER
a TIT Szövetségi Iroda igazgatója

Kiadja
a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat
1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.
Telefon: 06–1–327–8900

Nyomás:
PAUKÉR Nyomda

Felelős vezető:
Vértes Gábor

INDEX25 807
HU ISSN 0040-3717

Hirdetésfelvétel a szerkesztőségben

Korábbi számok megrendelhetők:
Tudományos Ismeretterjesztő Társulat
1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.
Telefon: 06–1–327–8950
e-mail: titlap@telc.hu

Előfizetés, reklamáció:
Magyar Posta Zrt.
Telefon: 06–1–767–8262
E-mail: hirlapelofizetes@posta.hu
Internet: eshop.posta.hu
Postacím: MP Zrt., Budapest 1900.

Előfizetésben terjeszti: Magyar Posta Zrt.
Árusításban megvásárolható a Lapker Zrt.
árúthelyein.

Előfizetési díj:
fél évre 4200 Ft, egy évre 8040 Ft

Csizmadia Tamás–Lőw Péter: Mirigysejtek önemésztése.....	98
E számunk szerzői	104
Hollósy Ferenc: A fluorit.....	105
Batáry Péter–Báldi András: Mezőgazdaság és biodiverzitás-krízis.....	109
Dálya Gergely: Galaxiskatalógussal a világegyetem titkainak nyomában.....	115
Turcsányi Gábor–Siller Irén: A Lesueur Nemzeti Park és környéke.....	118
Vizi E. Szilveszter: Tökéczki László, a hűséges ember (1951–2018)	125
Büki András és munkatársai: Az agy nem felejt	126
Corvin-lánccal tüntették ki Sótonyi Pétert.....	132
Tompa Anna–Gábor Dóra: Állati eredetű mérgek	133
A XXVII. Természet–Tudomány Diák pályázat nyertesei.....	140
Zsakó László: Nemzetközi Informatikai Diákolimpia	141
HÍREK, ESEMÉNYEK, ÉRDEKESSÉGEK	143
KÖNYVISMERTETÉS.....	144

Címképünk: Fluoritkristályok galenites alapkőzeten (Rogerley Mine, Weardale, Durham County, Egyesült Királyság, Géry Parent gyűjteményéből, 2011)

Borítólaponk második oldalán: Képek Nyugat-Ausztrália virágoskertjeiből (Turcsányi Gábor és Siller Irén felvételei)

Borítólaponk harmadik oldalán: Fluoritok a világ minden tájáról

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

Tagok: ABONYI IVÁN, BACSÁRDI LÁSZLÓ,
BAUER GYÖZŐ, BENCZE GYULA, BOTH ELŐD, CZELNAI RUDOLF,
CSABA GYÖRGY, GÁBOS ZOLTÁN, HORVÁTH GÁBOR, KECSKEMÉTI TIBOR,
KORDOS LÁSZLÓ, LOVÁSZ LÁSZLÓ, NYIKOS LAJOS, PAP LÁSZLÓ,
PATKÓS ANDRÁS, RESZLER ÁKOS, SCHILLER RÓBERT, CHARLES SIMONYI,
SÓTONYI PÉTER, SZATHMÁRY EÖRS, SZERÉNYI GÁBOR,
VIDA GÁBOR, WESZELY TIBOR

Főszerkesztő-helyettes:

PÁSZTOR BALÁZS (pasztor.balazs@eletestudomany.hu; 06–1–327-8952)

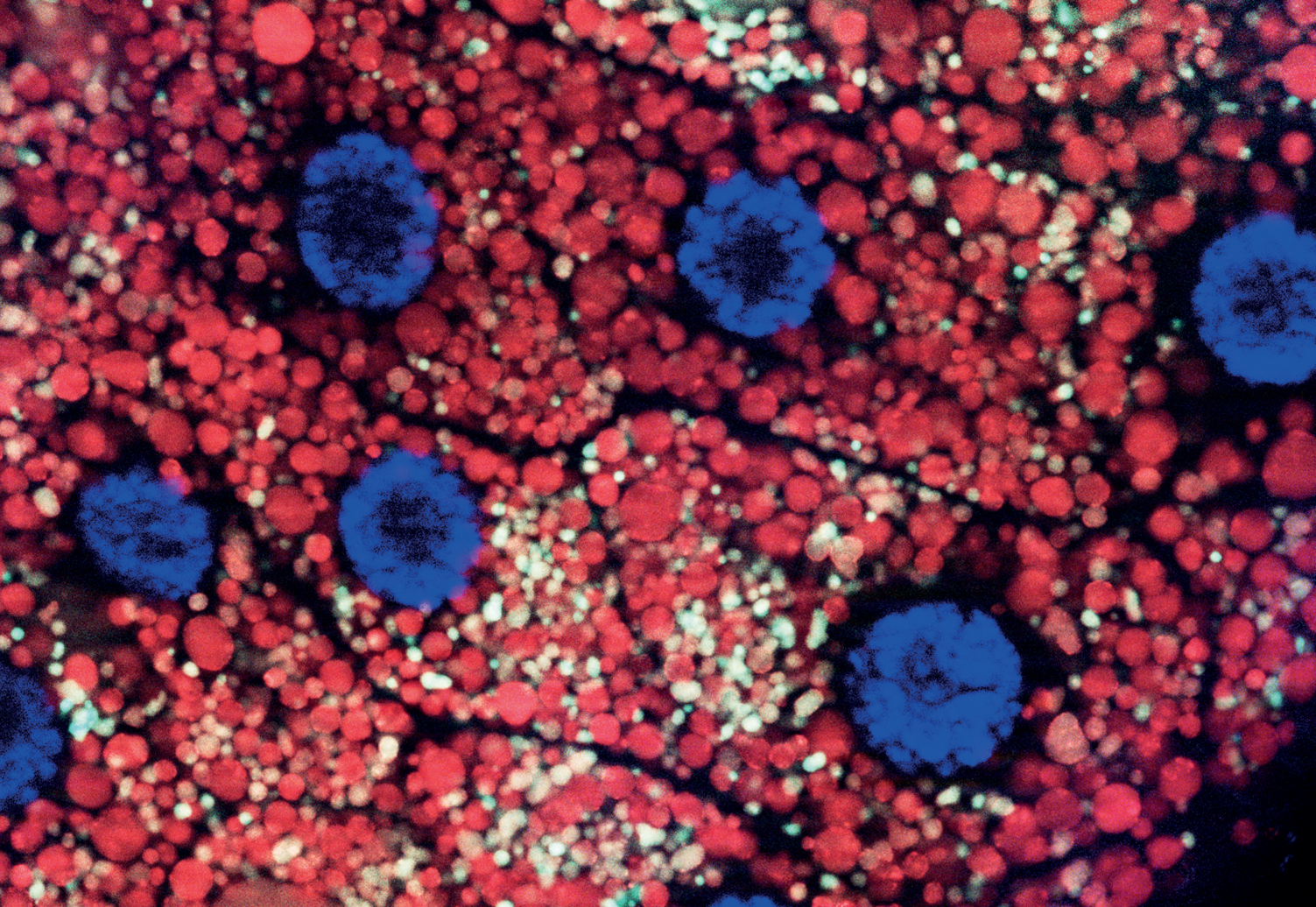
Szerkesztők:

KAPITÁNY KATALIN (yka@titnet.hu; 06–1–327–8962)
LŐRINCZ HENRIK (lorinczhenrik@telc.hu; 06–1–327–8961)
NYERGES GYULA (nyergesgyula@telc.hu; 06–1–327–8960)

Tördelés: LÉVÁRT TAMÁS

Szerkesztőségi irodavezető:

KISS ZSUZSANNA (titlap@telc.hu; 06–1–327–8950)



EGY 50 ÉVE LEÍRT SEJTBIOLOGIAI FOLYAMAT ÚJRAFELFEDEZÉSE

Mirigysejtek önemésztése

Az eukarióta sejtek önmegújító, hulladék-újrahasznosító rendszere rendkívül fejlett. Ennek egyik lényeges eleme a sejtés önemésztés (autofágia), mely minden eukarióta sejtben általánosan előforduló, alapvető mechanizmus. A sejtés önemésztés során a sejt saját anyagai emésztő enzimekkel kerülnek közös térbe, ahol megemésztődnek, majd a belőlük felszabaduló építőkövek visszajutva a citoplazmába, más felépítő folyamatokban hasznosulhatnak újra.

Az eukarióta sejtben jelen tudásunk szerint négy fő sejtés önemésztési folyamat alakult ki, melyek abban különböznek egymástól, hogy a lebontandó saját anyag milyen módon kerül a lizoszomális enzimekkel közös térbe. Így a sejtben megfigyelhető a makro-, a mikro- és a chaperone-mediált autofágia, valamint a krinofágia folyamata. Az autofágia egyik legismertebb típusának kutatásáért, a makroautofágia folyamatában szereplő gének felfedezéséért ítelték oda 2016-ban az orvosi-élettani Nobel-díjat, melyet *Ohsu-mi Yoshinori* japán kutató kapott. Az autofágia fő típusairól e folyóirat 2017/2. számában lehet olvasni.

A továbbiakban részletes betekintést nyújtunk a főként mirigysejtekben zajló váladékszemcse-lebontásba, a krinofágiába.

A feledés homályába merült krinofágia

A sejtés önemésztési folyamatok legkevésbé ismert, rég elfeledett formája a sejt által megtermelt, kiürítésre szánt fehérjék sejtben belüli tárolására, majd az abból való kiürítésére szolgáló váladékszemcsék (szekrécios granulomok) speciális lebontása. Ezt a folyamatot krinofágiának hívjuk, mely a görög krino (elválaszt, kiválaszt) és

a fagein (enni) szóösszetételből származik. *Christian de Duve* orvosi-élettani Nobel-díjas professzor adta a váladékszemcse-degradáció ezen speciális típusának nevét, mely a lebontandó saját (elválasztott, megtermelt) anyag jellegére utal. A folyamat során a kiürítésre nem kerülő, a citoplazmában maradó, így feleslegessé vált, idős váladékszemcsék közvetlenül egyesülnek a lebontó enzimeket és az azokat aktiváló alacsony pH-jú környezetet tartalmazó emésztő szervecskékkel, a lizoszómákkal (1. ábra). A krinofágia tehát membránfúziós (sejthártyák összeolvadásával járó) folyamat, amely a felhasználásra, kiürítésre nem kerülő váladék gyors eltüntetését, lebontását, majd újrahasznosítását teszi lehetővé a sejt számára.

A váladékszemcsék és a lizoszómák egyesülése során egy új, lebontást végző sejtsejtszervecske keletkezik, melyet krinoszómának hívunk. Ez a sejtsejtszervecske tulajdonképpen már szekunder lizoszómának tekinthető, melynek a

neuroeszkreciós mirigysejtekben fordul elő, mivel ezek azok a sejtek, melyek a szervezet számára hasznos anyagok jelentős mennyiségű elválasztására, részleges tárolására, majd kiürítésére specializálódtak. Azonban a krinofágia minden egyéb sejt típusban is előfordulhat, amely anyagokat választ el, majd ürít a külső környezetébe.

A krinofágia folyamatának felfedezése

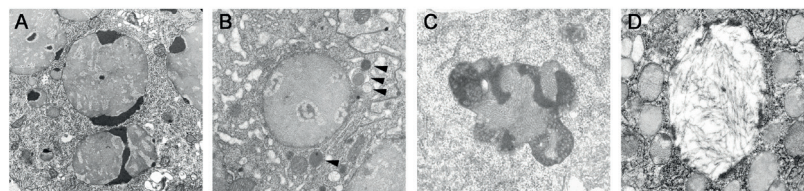
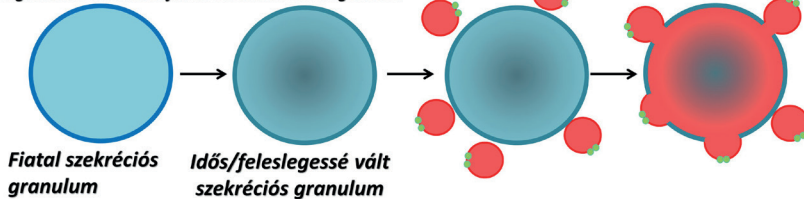
A krinofágia jelenségét *Marilyn G. Farquhar* (2. ábra) és *Robert E. Smith* fedezték fel 1966-ban a patkány agyalapi mirigy elülső lebenyének tejelválasztást serkentő hormont (LTH) termelő sejtjeinek elektronmikroszkópos megfigyelésével. Az elektronmikroszkópot a múlt század hatvanas éveiben kezdték biológiai minták vizsgálatára használni. Ebben úttörő munkásságot végzett *George Emil Palade* román-amerikai sejtbiológus, Marilyn

G. Farquhar férje, aki 1974-ben *Albert Claude*-dal és *Christian de Duve*-val közösen elnyerte az orvosi-élettani Nobel-díjat „a sejt strukturális és funkcionális szerveződését illető felfedezéseikért”. Többek között az autofágia jelenségét is először az elektronmikroszkópban láttott képek alapján írták le.

Farquhar és Smith vizsgálataikat szoptató és utódiaktól elválasztott patkányokból származó mintákon végezték. Megfigyelték, hogy a szoptató egyedek esetében az LTH-t termelő sejtekben jól fejlett Golgi-készülék, terjedelmes durva felszínű endoplazmatikus retikulum (dER) és rengeteg membrán határolta váladékszemcse (szekreciós granulum) volt látható. Ezekben a sejtekben a primer lizoszómák és a lebontást végző testek (szekunder lizoszómák) száma elhanyagolható volt. Ezzel szemben a már nem szoptató patkányokban, amelyeknek már nem volt szüksége LTH termelésére, visszafejlődött a Golgi-készülék és a dER, valamint a váladékszemcsék száma is erősen csökkent. Az elektronmikroszkópos vizsgálatok során számos lizoszómát és lebontást végző sejtsejtszervecskét találtak, melyek savas közegben emésztő enzimeket tartalmaztak. Ezekben sötétre festődő anyagot figyeltek meg, amely igencsak hasonló volt a váladékszemcsékben találhatóhoz. Kiderült, hogy ez a feleslegessé vált váladék volt, amely bekerülve a lebontó sejtsejtszervecskébe, lebontás alatt állt. A kutatók észrevették azonban, hogy membránrészek nem voltak megfigyelhetőek a sötétre festődő váladék körül a lebontó sejtsejtszervecskében. Ez arra engedett következtetni, hogy a váladékszemcse és a lizoszóma membránja közvetlenül egyesült (krinofágia).

A krinofágia folyamata

A granulum membránjának változása az öregedéssel



Ép glue granulum Degradációra kijelölt, emésztődő granulum Krinoszóma

1. ábra. A krinofágia folyamatának sematikus ábrázolása és ultrastrukturális megjelenése *ecetmuslica* lárvális és fiatal báb nyálmirigyében. Az elektronmikroszkópos képek a rajzon látható stádiumoknak felelnek meg. A fiatal, ép váladékszemcse készen áll a kiürülésre (A). Amennyiben ez elmarad, a váladékszemcse membránjának lipid- és fehérjeösszetétele megváltozik, amely így lebontásra jelöli ki. Ezen változások hatására számos fehérje a váladékszemcse membránjához szállítódik, melyek a lizoszómákkal való egyesülésben játszanak szerepet. Ezután megjelennek a lizoszómák a szekreciós granulumok közül (B), majd megtörténik a váladékszemcsék és lizoszómák fúziója (C). A folyamat eredményeként egy laza szerkezetű, emésztődés alatt álló beltartalmú sejtsejtszervecske, a krinoszóma jön létre (D) (FOTÓ ÉS GRAFIKA: CSIZMADIA TAMÁS)

membránja és a beltartalma is kevert, vagyis egyaránt tartalmazza a váladékszemcse és a lizoszóma membránjában és azok belsejében található fehérjéket is. Krinofágia elsősorban külső és belső elválasztású, valamint



2. ábra. Marilyn G. Farquhar, a patológia professzora, a krinofágia folyamatának társfelfedezője (FORRÁS: https://openi.nlm.nih.gov/detailedresult.php?img=PMC3117420_yjbm_84_2_69_g15&req=4)

Ezzel a megfigyeléssel egyrészt felfedeztek egy addig nem ismert, sejten belüli lebontási folyamatot, másrészt bizonyítékot találtak arra, hogy a krinofágiának jelentős szerepe van a túltermelt, előregedett vagy éppen szükségtelené vált váladékszemcsék lebontásában.

A krinofágia modellállata

Az ecetmuslica (*Drosophila melanogaster*) a genetikusok és sejtbiológusok kedvenc modellállata, melynek segítségével egyszerűen tanulmányozhatóak a különféle sejten belüli folyamatok. Ezek az állatok igen gyorsan szaporodnak, így már két hét alatt új muslicageneráció áll a kutatók rendelkezésére. Fontos továbbá, hogy olcsón, kis helyen sokat lehet belőlük fenntartani, valamint könnyű őket genetikailag módosítani. A sejtés önmészési folyamatok vizsgálatára a muslica igencsak alkalmas: teljes átalakulással fejlődő (holometabola) rovarként a posztembrionális fejlődés során a bábállapoton belül fokozottan mennek végbe olyan autofág, illetve különféle sejthalál-folyamatok, melyek hozzájárulnak a lárva anyagainak lebomlásához, majd újrahasznosulásához, ezáltal a kifejlett rovar kialakulásához. Fontos megemlíteni, hogy ezek a folyamatok az emberi sejtekben is lejátszódnak, így a muslicákkal végzett kutatások orvosi biológiai jelentősége óriási. A muslicalárvák szervezetének jelentős részét óriás, azaz többszörös kromoszómaszerelvénnyel rendelkező (poliploid) sejtek alkotják. Ezek mint „természetes nagyítók”, jelentősen megkönnyítik

a sejtbiológusok munkáját, hiszen a nagyobb sejtekben a fejlődési jelek által fokozódó autofág folyamatok vizsgálata egyszerűbb és hatékonyabb.

A krinofágia molekuláris történéseinek tanulmányozásához a muslica lárváinak nyálmirigvét használjuk. A muslicalárva igen gyorsan növekszik, fejlődik. Az állat nyálmirigye a bábozódás előtti 14. óráig emésztőenzimeket termel, melyeket a környezetébe juttat és segítségükkel elfolyósítja a táplálékot, amit aztán könnyedén felvehet. A bábozódás előtti 14. óra után a lárva nyálmirigye hormonális, főként vedlési hormon (ekdizon) hatására működést vált: emésztőenzimek helyett cukoroldalláncokkal gazdagon ellátott ragasztó fehérjét (glue) termel. A táplálkozás befejeztével a lárva vándorolni kezd, nyálmirigyében ilyenkor már nagyméretű, ragasztó fehérje tartalmú váladékszemcsék vannak (1. ábra). Ezeket az ún. ekdizon hormon hatására az állat kiüríti magából, ezáltal a teste és az adott felület közé juttatja a granulumból felszabaduló ragasztó fehérjét, amellyel az adott felülethez tapasztja magát, biztosítva ezáltal a nyugodt, bábban belüli fejlődését.

Már a krinofágia folyamatának felfedezése után 6 évvel, 1972-ben megjelent egy tanulmány, melyben az ecetmuslica egy közeli rokonának (*Drosophila pseudoobscura*) lárvális és fiatal báb nyálmirigvét vizsgálták elektronmikroszkóp segítségével. Azt tapasztalták, hogy a szekréció befejeztével a sejtekben maradó ragasztó fehérjét tartalmazó váladékszemcsék jelentős része késői endoszómákkal/lizoszómákkal fuzionált, majd beltartalmuk degradálódott. Elképzelhető tehát, hogy az ecetmuslicában is hasonló módon zajlik a ki nem ürült, ragasztó fehérje tartalmú szekréciós szemcsék lebontása.

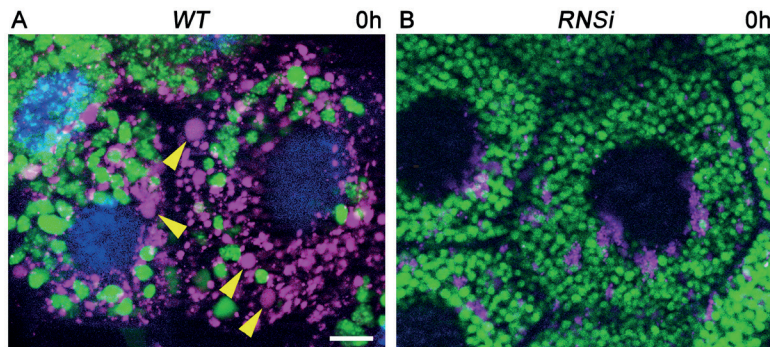
A váladékszemcsék krinofágia általi degradációjának molekuláris mechanizmusa és genetikai szabályozása máig ismeretlen a tudomány számára. Éppen ezért munkatársainkkal a folyamat molekuláris szereplőinek jellemzését és szabályozásának tanulmányozását tűztük ki célul, melyet genetikailag módosított ecetmuslicák lárvális és fiatal báb nyálmirigyeinek segítségével végzünk.

A krinofágia kutatásának kezdetei

Az ecetmuslica lárvális és fiatal báb nyálmirigvét vizsgáló kutatók bizonyos makroautofágiában fontos gének szerepét tanulmányozták a váladékszemcsék kiürítési folyamataiban. A kísérletek során a nyálmirigysejtekben található váladékszemcsékben a váladékfehérjét (glue-t) zöld fluoreszcens fehérjével jelölték meg, így a granulumok helyzete és sorsa a mirigysejtekben nyomon követhetővé vált az állat fejlődése során. Az így megjelölt nyálmirigye élő lárvákban és fiatal bábokban könnyen azonosítható

fluoreszcens mikroszkóp segítségével. Normál esetben a lárvák és az éppen bebábozódott állatok nyálmirigye zölden világít. Négy órával a bábozódást követően azonban a zöld eltűnik a rendszerből, a nyálmirigysejtek már nem mutathatók ki. Amennyiben a kutatók olyan nyálmirigysejteket vizsgáltak, melyekből genetikai mutációk révén hiányoztak a *Vps34*, illetve az *Atg6* nevű, makroautofágiában is szerepet játszó gének, azt tapasztalták, hogy az adott génekre mutáns állatokban a nyálmirigyek még négy órával a bábozódást követően is zölden világítottak, ellentétben a vad típusú állatokban tapasztaltakkal. A mikrosz-

melyek nyálmirigyében nyomon követhetővé tettük magát a folyamatot. A váladékszemcsékben a ragasztó fehérjéhez zölden (GFP) és pirosan (DsRed) világító fluoreszcens fehérje is kapcsolódott, így a váladékszemcsék kezdetben ultraibolya fényben sárgán világítottak. Amennyiben egy váladékszemcse lizoszómákkal egyesült, azok alacsony pH-jú környezete az emésztőenzimekkel együtt a váladékszemcse (ami már tulajdonképpen krinoszóma) üregébe jutott. Fontos megjegyezni, hogy a zöld komponens (GFP) az alacsony pH-jú környezetben visszafordítható módon inaktíválódik, fluoreszcenciája kialszik, így azok



3. ábra. Az ecetmuslica nyálmirigysejtekben zajló krinofágia (A) és annak elmaradása (B). Mindkét képen frissen bebábozódó állat (0h) nyálmirigysejtjei láthatók. Figyeljük meg, hogy az A panelen a zölddel és pirossal is megjelölt granulumok csak igen kevés része maradt ép (sárga), jelentős részük már degradáció alatt áll (piros). A WT (wild type) a vad típusú, egészséges állatra utal. Ezzel szemben a B panel sejtjeiben egy, a krinofágia folyamatához szükséges gén van csendesítve (RNSi), ezért a granulumok jelentős része még emésztetlen (sárga). A méretvonal 20µm-t jelöl (FOTÓ: CSIZMADIA TAMÁS)

kópos vizsgálatok során kiderült, hogy a zölddel jelölt váladékszemcsék a sejtekben maradtak. A megfigyelésekből a kutatók azt a következtetést vonták le, hogy az említett makroautofágiában szereplő gének a váladékszemcsék kiürülésében játszhatnak fontos szerepet. Ezzel a 2013-ban megjelent tanulmánnyal indult a krinofágia vizsgálata laboratóriumunkban. Elképzelhető volt ugyanis, hogy a váladékszemcsék nem a szekréció hibájából maradtak meg hosszú ideig a sejtekben, hanem azok degradációja sérült az érintett gének hiányában. Ez utóbbi feltételezést kutatásaink során sikerült igazolnunk.

A krinofágia molekuláris mechanizmusának kutatása

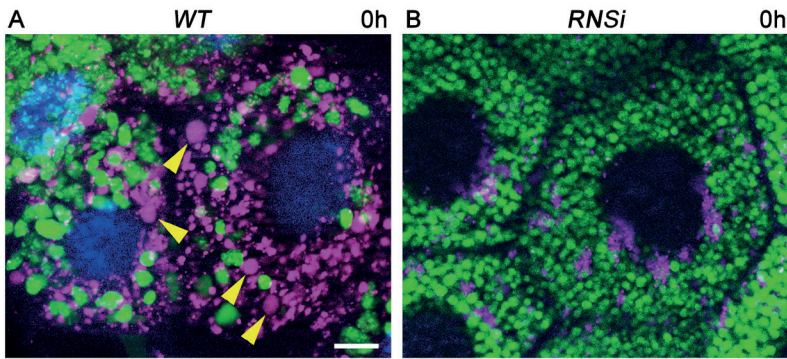
A váladékszemcse-lizoszóma összeolvadásának molekuláris szintű tanulmányozásához kezdetben olyan genetikailag módosított muslicákat hoztunk létre,

a váladékszemcsék, amelyek már egyesültek lizoszómákkal (krinoszóma), csak pirosan világítottak (**3. ábra**). A kísérleti eredmények azt mutatják, hogy a frissen bebábozódó állatok nyálmirigyében a ragasztó fehérje tartalmú szekréciós granulumok mintegy 2/3-ada már krinoszóma alakult.

A továbbiakban láthatóvá tettük a granulumok lebontásában szereplő sejtstruktúrákat, a váladékszemcsék mellett a lizoszómákat is. A granulumok ebben az esetben csak zölddel voltak jelölve, míg a lizoszómák üregében található savas hidrolázok egyike, a katepszin-B magenta (mCherry) színnel. A két kompartment egyesülése során a képződő krinoszóma a zöld komponens folyamatosan halványodott, magenta színe pedig egyre inkább fokozódott (hiszen egyre több savas beltartalmú, magenta színnel jelölt katepszin-B-t tartalmazó lizoszómával egyesült (**4. ábra**). Mindkét rendszerbe olyan genetikai kapcsolókat építettünk, melyek segítségével adott gének csendesítésével megállapítható volt, történt-e váladékszemcse-degradáció az adott gének hiányában. Azokra a génekre voltunk kíváncsiak, melyek hiánya a szekréciós granulum-lizoszóma fúzió (krinofágia) folyamatának megakadályozásához vezetett. Kutatásaink során sikerült azonosítanunk ezeket a géneket, amelyek a váladékszemcsék és a lizoszómák fúzióját szabályozzák (pányvázó faktorokat, kis GTP-ázokat, adaptor és SNARE fehérjéket kódoló gének; **3–5. ábra**).

A szekréciós szemcsék degradációjának egyéb lehetőségei

Patkányokból származó hasnyálmirigyek Langerhans-szigeteiben előforduló inzulintermelő β -sejtekben genetikai módszerekkel megakadályozták az inzulin-tartalmú β -granulumok kiürülését. Megfigyelték, hogy a gátló szekréció a β -granulumok fokozott lebomlását idézte elő a citoplazmában. Ezek a váladékszemcsék kicsi



4. ábra. Az ecetmuslica nyálmirigysejtjeiben zajló krinofágia (A) és annak elmaradása (B). Mindkét képen az állat nyálmirigysejtjei láthatóak 2h-val a bábozódás előtt. Az A panel a normál, vad típusú állatból származó sejteket mutatja, melyekben a zöld a váladékszemcséket, a magenta szín a lizoszómákat jelöli. Figyeljük meg, hogy a lizoszómák mérete a pötyyszerű struktúráktól itt már jelentősen eltér: akadnak váladékszemcse méretű magenta színű struktúrák (krinoszómák), ezeket sárga nyílhegyek jelölik. A krinoszómák jelenléte a sikeres szekréciós granulum-lizoszóma fúzióra utal. Ezzel szemben a B panelen egy krinofágiában gátolt állat nyálmirigysejtjei figyelhetők meg, ahol egyrészt több az épen maradt (zöld) váladékszemcse, másrészt nem látszódnak nagy méretű krinoszómák. Helyettük sok kicsi apró magentapötty halmozódik fel a váladékszemcsék körül. Ez a ragasztó fehérje váladékszemcsék-lizoszómák fúziójának elmaradására utal. A méretvonal 20 μ m-t jelöl (FOTÓ: CSIZMADIA TAMÁS)

méretüknél fogva alkalmasak arra, hogy a krinofágián túl azok autofagoszómába csomagolódva vagy a lizoszóma üregébe lefűződve makro-, illetve mikroautofágiával bomoljanak le. A megfigyelések azt mutatták, hogy a szekréció gátlása során degradációra kerülő β -granulumok mintegy 2/3-ad részben krinofágiával bomlottak le. Emellett azonban kisebb arányban megfigyelhető volt ezeknek a szemcséknek a makro-, illetve mikroautofágiával zajló degradációja is. Miért részesítheti előnyben a sejt a krinofágiát a többi lebontási folyamattal szemben? Egyrészt a krinofágia a β -granulumok rendkívül gyors lebomlását idézi elő, hiszen maga a folyamat igen egyszerű, így viszonylag kevés molekuláris szereplőt igényel végbemeneteléshez. Másodsor pedig a krinofágia az egyetlen olyan autofág folyamat, melynek során a β -granulumok membránja megmarad, mivel a lizoszómákkal való fúzióval az újonnan kialakuló kompartment (krinoszóma) membránjának része lesz (a makroautofágia esetében az autofagoszóma külső membránja ugyan megmarad, de a belső membrán az autolizoszómába kerülve lebomlik).

Mi a helyzet azonban a nagyobb méretű váladékszemcsék lebontását illetően? Idős ecetmuslica-lárvák és fiatal bábok nyálmirigyében a váladékszemcsék

mérete igencsak nagy, mintegy 3,5–5 μ m. Ez limitálja ezeknek a szemcséknek az autofagoszómákba csomagolódását, illetve a parányi lizoszómákba kerülését a mikroautofágia során. Ebben az esetben tehát a váladékszemcsék lebontásának egyetlen módja azok lizoszómákkal való egyesítése, amely a váladékszemcsék beltartalmának igen gyors és hatékony emésztését idézi elő.

A váladékszemcse-degradáció orvosi biológiai jelentősége

A krinofágiának nagy jelentősége van orvosi szempontból is, hiszen a hormonok rendkívül kis mennyiségben is hatékonyak, ezért fontos termelésük pontos szabályozása. (Itt jegyezzük meg, hogy vannak nem fehérje jellegű hormonok is, például a szteroidok. A szteroid hormontermelő sejtekben nem figyelhető meg a krinofágia jelensége.) Általában elmondható, hogy a peptidhormont termelő sejtekben (agyalapi mirigy, pajzsmirigy, mellékpajzsmirigy, hasnyálmirigy Langerhans-szigetei) a krinofágia erősödik az elválasztás gátlása, illetve a hormon túlermelődés hatására, bár a szabályozás részletei még ismeretlenek.

A krinofágiát legrészletesebben az agyalapi mirigyen vizsgálták. A mirigy a koponya töröknyereg elnevezésű részén helyezkedik el. Két részből áll: az elülső lebenyből vagy adenohipofizisből és a hátulsó lebenyből vagy más néven neurohipofizisből. Az adenohipofizisben különböző hormonok termelésére specializálódott sejtek találhatóak, amelyeket a hipotalamusz is szabályoz. Az agyalapi mirigy elülső lebenyének tejelválasztást serkentő hormont termelő sejtjei tökéletes modellrendszerei a krinofágia vizsgálatának, mert az elektronmikroszkópban a többi sejtípustól jól elkülöníthetőek. Szétszóródva találhatóak meg az elülső lebenyben, annak mintegy 15%-át teszik ki, és bennük vannak a legnagyobb váladékszemcsék (600–900 nanométer). Az LTH termelését a hipotalamusz thyrotropin – releasing hormonja (TRH), az ösztrogének és a VIP (Vasoactive Intestinal Polypeptide) serkenti. Ennek köszönhetően számos kísérletet lehet vele végezni. Jellemző, hogy ösztrogén hatására megnő a váladékszemcsék száma az LTH-t termelő sejtekben, majd a szoptatás utáni időszakban a felesleges váladék krinofágiával lebomlik.

Egyes agyalapimirigy-tumorsejtekben is felfedeztek krinofágia útján keletkező, bomló szekréciót tartalmazó sejtstruktúrákat, azaz krinoszómákat, mint például az LTH termelő sejtek patkányokon vizsgált spontán kialakuló adenomájában. Ember esetében kortikotrop (ACTH

termelő) sejtek adenomájában találtak krinoszómákat, amelyek a gátolt szekréció miatt jöttek létre. Leírták a krinofágia előfordulását neuroblasztomákban is.

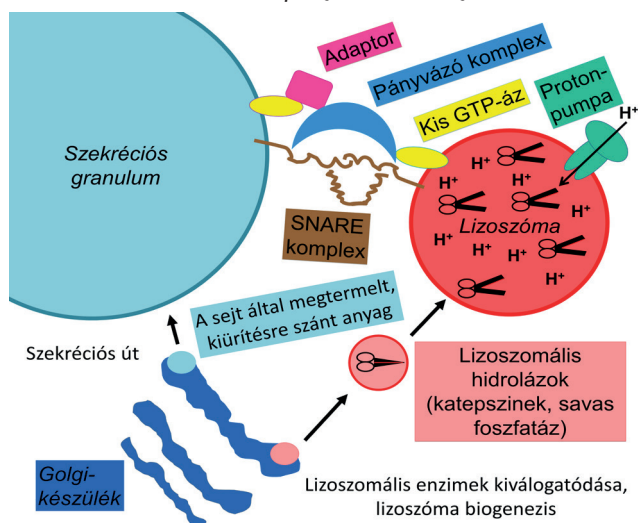
Egy másik fontos mirigy, amiben a krinofágiának különleges orvosbiológiai szerepe van, a hasnyálmirigy. A hasnyálmirigynek külső és belső elválasztású sejtjei is vannak. A belső elválasztó funkcióért a Langerhans-szigetekben lévő sejtek felelnek, melyek emberben a mirigy 1–2%-át teszik ki. A szigetekben négyféle sejtípus található: az α -sejtek glukagont, a β -sejtek inzulint, a δ -sejtek szomatostatint, az F-sejtek pedig pancreaticus polipeptidet termelnek. A β -sejtek a szigetek közepén helyezkednek el, őket az α - és δ -sejtek veszik körül. Egy sziget emberben 50–300 sejtből áll.

A krinofágia vizsgálatára a legalkalmasabbak az inzulint termelő β -sejtek, mert ez a folyamat járul hozzá az inzulint tartalmazó váladékszemszék (β -granulumok) sejten belüli mennyiségének finombeállításához, valamint azok jó minőségének fenntartásában is szerepet játszik az idős, sérült granulumok gyors degradációján keresztül. Az inzulin termelését a vér szőlőcukor- (glükóz) szintje befolyásolja: ha nő a vér glükózkoncentrációja, akkor a β -sejtek elkezdik az inzulin képzését. A β -granulumok féléletideje mintegy 3–5 nap. Azok a váladékszemszék tehát, melyek nem ürülnek ki a sejtől, krinofágiával bomlanak le, így a folyamat nagymértékben járul hozzá a β -granulumok mennyiségének közel állandó szinten tartásához. (Fontos megjegyezni, hogy utóbbit a krinofágián kívül a szekréciós út megtermelt, kiürítésre szánt anyag, a váladékszemszék biogeneze, valamint a β -granulumok ürülése — exocitózis — is szabályozza). A hasnyálmirigy Langerhans-szigeteiben az inzulintúltermelés, valamint a β -granulumok szekréciójának gátlása a krinofágia mértékét fokozza, továbbá a progeszteron és a kortikoszteron is szabályozhatja a krinofágiát. Ezekben a sejtekben makroautofágia is felfedezhető, amely jelentős szerepet tölt be a hibásan működő, már elöregedett organelumok, így a β -granulumok lebontásában is.

Az akut hasnyálmirigy-gyulladás (pankreatitisz) során már aktivált emésztőenzimek jutnak a sejten belüli, majd kívüli térbe, ez kezdetben a külső, majd a belső elválasztású hasnyálmirigy-sejtek pusztulását is kiváltja. Ez a betegség lehet enyhe lefolyású, de krónikussá is válhat, vagy akár rákos elváltozáshoz is vezethet. Egyes vizsgálatok során azt figyelték meg, hogy a fokozott krinofágia a hasnyálmirigy külső elválasztású sejtjeiben képes aktiválni az inaktív előenzimeket, így feltehetően részt vesz a hasnyálmirigy-gyulladás kialakulásában. Az emésztőenzim-tartalmú szemcsék lizoszómákkal való egyesülése során a lizoszomális hidrolázok aktiválják az addig inaktív előenzimeket. Ez egyrészt ahhoz vezet, hogy az aktivált enzimek

képesé válnak a kialakult krinoszóma membránjának lebontására, így aktivált enzimek jutnak a citoplazmába, ennek során az adott sejt nekrozissal pusztul el. Másrészt az ilyen lizoszomális hidrolázok által aktivált enzimek kiürülése esetén a mirigyállomány is sérül. Mindkét esetben tehát gyulladás alakul ki a hasnyálmirigyben.

A krinofágiának szerepe lehet a kettes típusú cukorbetegség (diabétesz) kialakulásában is. Erre a betegségre az inzulinrezisztencia és a β -sejtek funkciójának elvesztése



5. ábra. A váladékszemszék-lizoszóma fúziójának modellje. A váladékszemszék és lizoszóma is a Golgi-készülékről lefűződve keletkeznek. Mindkét kompartment érési folyamatokon megy keresztül, majd ha a sejt olyan jelet küld a granulumok felé, mely alkalmasá teszi őket a lizoszómákkal való egyesülésre, megtörténik a fúzió. A membránfúziós folyamatokhoz szükségesek a pályvázó komplexek, melyek megfelelő közelségbe hozzák az adott sejtsejtszervecskéket, másrészt a GTP-ázok, melyek az organelumok szállításában és a pályvázó komplex membránokhoz kötődésében játszanak szerepet. A különféle adaptor fehérjék segítik más fehérjék egymáshoz való kötődését. Harmadrészt szükség van SNARE fehérjékre is, melyek egyrészt pontosan meghatározzák, ki-kivel egyesülhet a sejtben, másrészt magát a fúziót végzik. A protonpumpa feladata az alacsony pH-jú környezet biztosítása a lizoszómában az emésztőenzimek aktiválásához (GRAFKA: CSIZMADIA TAMÁS)

jellemző. A bajt a β -sejtek számának csökkenése és az inzulinválasztás meghibásodása okozza. A β -sejtek az inzulinrezisztencia ellen még több inzulint termelnek és választanak el, ami viszont ahhoz vezet, hogy az endoplazmatikus retikulumban felhalmozódnak a hibásan feltekeredett fehérjék, főleg a proinzulin. Ez ER-stresszhez vezet, amely hatására a β -sejtek nem lesznek képesek megfelelően ellátni a funkciójukat, ami így hiperglikémiához és gyulladásához vezet. Az autofágia és azon belül a krinofágia véd ezektől a

stresszhatásoktól azáltal, hogy a rosszul feltekeredett fehérjék általuk lebontásra kerülnek. Viszont, ha nem működik megfelelően a folyamat, akkor ez fokozhatja a diabétesz kialakulását.

A krinofágia jelenségére egy harmadik példát a Crohn-betegség, az emésztőrendszer ismeretlen eredetű krónikus gyulladással járó betegsége szolgáltatja. A Crohn-betegség kialakulása esetében keveset lehet tudni az autofág folyamatok szerepéről, de feltehetőleg egyes makroautofágia gének fokozott működése növelheti a betegség kialakulásának esélyét. Az elektronmikroszkópos vizsgálatok során kiderült, hogy a betegségben a bélfal oszródni képes őssejtjei mellett található ún. Paneth-sejtekben fokozódott a krinofágia, azaz csökkent a kiürítésre alkalmas váladékszemcsék mennyisége, amely hozzájárulhat a Crohn-betegség tünetegyüttesének kialakulásához.

A krinofágiát 1966-ban, 52 évvel ezelőtt fedezték fel, azonban a folyamat molekuláris mechanizmusa és genetikai szabályozása csak napjainkban kezd feltárulni. A krinofágia molekuláris hátterét az ELTE Anatómiai, Sejt- és Fejlődésbiológiai Tanszék munkatársai vizsgálják. Ezeknek a kutatásoknak az eredményeként született meg a folyamat molekuláris szereplőiről szóló legelső nemzetközi tanulmány, mely a *Journal of Cell Biology* neves sejtbiológiai szaklapban

jelent meg 2017 októberében. Érdekességként megemlítendő, hogy a krinofágia felfedezéséről szóló legelső publikáció is ennek az újságnak a hasábjain jelent meg 1966 novemberében. Látható, hogy orvosbiológiai szempontból igencsak releváns sejtbiológiai folyamatról van szó, hiszen molekuláris komponenseinek és szabályozási lehetőségeinek alaposabb ismerete hozzájárulhat különféle betegségekben betöltött szerepének jobb megértéséhez és így az adott megbetegedések hatékonyabb kezeléséhez.

Köszönettel tartozunk a kézirat megírása során nyújtott segítségéért Nagy Anikó Zsuzsannának, aki biológia BSc szakdolgozatában széleskörű és alapos betekintést nyújtott a krinofágia folyamatához kapcsolódó betegségekbe.

CSIZMADIA TAMÁS – LŐW PÉTER

IRODALOM

- Smith RE, Farquhar MG, Lysosome function in the regulation of the secretory process in cells of the anterior pituitary gland. *J Cell Biol.* 1966 Nov 1;31(2):319-47.
- Shravage BV, Hill JH, Powers CM, Wu L, Baehrecke EH, Atg6 is required for multiple vesicle trafficking pathways and hematopoiesis in *Drosophila*. *Development.* 2013 Mar;140(6):1321-9. doi: 10.1242/dev.089490. Epub 2013 Feb 13
- Csizmadia T, Lőrincz P, Hegedűs K, Széplaki S, Lőw P, Juhász G, Molecular mechanisms of developmentally programmed crinophagy in *Drosophila*. *J Cell Biol.* 2017 Oct 24. pii: jcb.201702145. doi: 10.1083/jcb.201702145.

E SZÁMUNK SZERZŐI

AMREIN KRISZTINA, Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Idegsebészeti Klinika, Pécsi Tudományegyetem, Szentágotthai János Kutatóközpont, Neurotrauma Kutatócsoport, Pécs; BATÁRY PÉTER ökológus, Göttingeni Egyetem, Agrárökológiai Tanszék, Göttingen, Németország; DR. BÁLDI ANDRÁS főigazgató, MTA doktora, MTA Ökológiai Kutatóintézet, Vácrátót; DR. BÜKI ANDRÁS professzor, Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Idegsebészeti Klinika, Pécsi Tudományegyetem, Szentágotthai János Kutatóközpont, Neurotrauma Kutatócsoport, Pécs; CSIZMADIA TAMÁS tudományos segédmunkatárs, ELTE- Anatómiai, Sejt- és Fejlődésbiológiai Tanszék, Budapest; DR. CZEITER ENDRE Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Idegsebészeti Klinika, MTA-PTE Klinikai Idegtudományi Képző Kutatócsoport, Pécs; DÁLYA GERGELY PhD-hallgató, ELTE Atomfizikai Tanszék, Budapest; DR. DÓCZI TAMÁS professzor, Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Idegsebészeti Klinika, MTA-PTE Klinikai Idegtudományi Képző Kutatócsoport, Pécs; FAZEKAS BÁLINT, Pécsi Tudományegyetem,

Általános Orvostudományi Kar, Idegsebészeti Klinika, Pécsi Tudományegyetem, Szentágotthai János Kutatóközpont, Neurotrauma Kutatócsoport, Pécs; GÁBOR DÓRA gyógyszerész, Tura; DR. HOLLÓSY FERENC klinikai kutatási munkatárs, Syneos Health, Budapest; DR. KOVÁCS NOÉMI Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Idegsebészeti Klinika, Pécs; DR. LŐW PÉTER tanszékvezető, habilitált egyetemi docens, ELTE Anatómiai, Sejt- és Fejlődésbiológiai Tanszék, Budapest; TAMÁS VIKTÓRIA, Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Idegsebészeti Klinika; Pécs; DR. TÓTH ARNOLD, MTA-PTE Klinikai Idegtudományi Képző Kutatócsoport, Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Radiológiai Klinika, Pécs; DR. TÓTH PÉTER, Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Transzlációs Medicina Intézet, MTA-PTE Klinikai Idegtudományi Képző Kutatócsoport; DR. SCHWARCZ ATTILA professzor, Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Idegsebészeti Klinika, Pécs; DR. TOMPA ANNA egyetemi tanár, Semmelweis Egyetem Népegészségtani Intézet, Budapest; VIZI E. SZILVESZTER akadémikus, MTA Kísérleti Orvostudományi Kutatóintézet, Budapest; DR. ZSAKÓ LÁSZLÓ tanszékvezető egyetemi docens, ELTE Média és Oktatásinformatika Tanszék, Budapest.

AZ ÉV ÁSVÁNYA

A fluorit

A Magyarhoni Földtani Társulat 2017-ben is meghirdette az Év ásványa programot. A közönségszavazatok alapján 2018-ban az Év ásványának a fluoritot választották, ami nemes küzdelemben „győzte le” két vetélytársát, a kalcitot és a szfaleritet. Bár a kalcit elterjedtsége és formagazdagsága meghaladja a fluoritét, annak színeivel és gazdasági jelentőségével aligha vetekedhet. A szfalerit – noha fontos cinkérc – a dobogó harmadik helyezettje lett.



Fluorit az Egyesült Királyságból, Diana Marie Mine-ből
(Forrás: <https://www.crystalclassics.co.uk/Uploads/Image/Events/Tucson/1.%20Fluorite,%20Diana%20Maria%20Mine,%20England%206.0x4.7x3.3cm%20170914CC02379.1.jpg>)

A fluoritot színgazdagsága avatja a gyűjtemények kedvelt ásványává. Kristályai alapvetően színtelenek, de a nyomelemeknek köszönhetően szinte minden színben előfordulhat. Leggyakrabban zöld, lila és sárga változataival találkozhatunk, ritkábban vörös, kék és fekete árnyalataiban gyönyörködhetünk. A színek olykor változtatják egymást, ami egzotikus sávok megjelenést kölcsönöz az

ásványnak. Olyan példányok is akadnak azonban, melyek belsejében egy eltérő színű kristály körvonalai látszanak. Ezeket fantomkristályoknak nevezzük.

A fluorit szabályos rendszerben kristályosodik, melyek alakja legtöbbször hexaéderes vagy oktaéderes, de gyakoriak ezek kombinációi is. Az oktaéderek felszíne legtöbbször érdes és „parkettázott”, ami az apró hexaéderek tökéletlen összenövésének következménye. Kristályai gyakran ikresednek. Főleg átnövéses ikreket képeznek. A kristályok formája a képződés hőmérsékleti körülményeitől függ: magasabb hőmérsékleten lapokban gazdagabb, sötét árnyalatú kristályok keletkeznek, míg alacsonyabb hőfokon világosabb színű, egyszerű kockaformák a jellemzők.

A fluorit nem túl kemény ásvány. Mindössze 4-es a Mohs-féle 10-es keménységi skálán. Ez az érték azt sugallja, hogy viszonylag könnyen megmunkálható, ez azonban nincs így. A kristályok fizikai behatásra bizony ridegen törnek, és rendszerint oktaéderlapok mentén hasadnak. Akinek van egy nagyobb darab fluoritja és türelme is, az a hexaéderből oktaédert hasíthat ki! (Az ásványbörzéken kapható szinte tökéletes oktaéderek is mind így készülnek).

Az a tény, hogy a régészek számos fluoritból készült ékszert és műtárgyat találtak egyes ásatásokon, arra utal, hogy a helybéli mestereknek sikerült megoldást találniuk e kényes anyag megmunkálására. Főleg az apró repedések miatti törésekre kellett nagyon ügyelniük, ami pillanatok alatt tönkretettehette addigi munkájukat. Ennek elkerülésére, különböző gyantákat és ragasztókat alkalmaztak rögzítésként és tartósságuk növelésére. Feltehetőleg ezeknek az anyagoknak köszönhető, hogy egyes történetírók gyakran különlegesnek említik a fluoritkupák-ból ivott borok ízét, zamatát.

Számos fluoritból készült faragványt ismerünk a különböző ókori kultúrákból. Így sok szépen megmunkált lelet került elő egykori sumér, egyiptomi, görög, római, pártus területekről. De gazdag az indián és kínai leletanyag is. Az utóbbiak egy részéről kiderült, hogy valójában a drága jádét helyettesítették az olcsóbb, de jó minőségű zöld fluorittal. A fluoritból készült műtárgyak



Fluorit az USA-beli Illinois állam Cave-in-Rock lelőhelyről
(FORRÁS: http://www.artandantiquesmag.com/2014/05/rare-minerals/201405_minerals_01/)

közül több is komoly hírnévre tett szert. Talán a leghíresebbek az ún. murrhini vázák. Értékükről idősebb Plinius ókori történetíró számolt be, aki szerint egyetlen hárompintes edényért 70 ezer, míg egy másikért 300 ezer szeszterciust fizettek. Ezek az összegek akkoriban kisebbfajta vagyonnak számítottak. Értéküket persze nemcsak a fluorit nehéz megmunkálhatósága befolyásolta, hanem a jó minőségű anyag ritkasága is.

Ilyen jó minőségű anyagra bukkantak a mai Castleton (Derbyshire, Anglia) környéki bányákban, melyeket még a rómaiak kezdtek el művelni. Az itt bányászott ibolyaszín és fehér, vagy sárgasávos fluoritváltozatot ma Blue Johnnak nevezik, ami valószínűleg a „kék-sárga” jelentésű francia „bleu-jaune” szavak torzításából keletkezett.

A fluorit általában nem tartozik a ritka ásványok közé. Számos földtani képződményben megtalálható. Elsősorban granotinooidokban, pegmatitokban, magas hőmérsékletű pneumatolitos kiválásokban; az ércek gyakori kísérő ásványa: főleg ón-volfram és ón-réz érctelepekben, hidrotermás-teléres ércesedésekben (a legnagyobb tömegek a fluorit, illetve a fluorit-barit kiválásokban található), kisebb gyakorisággal hévizes kiválásokban, karbonátos, üledékes és sókőzetekben.

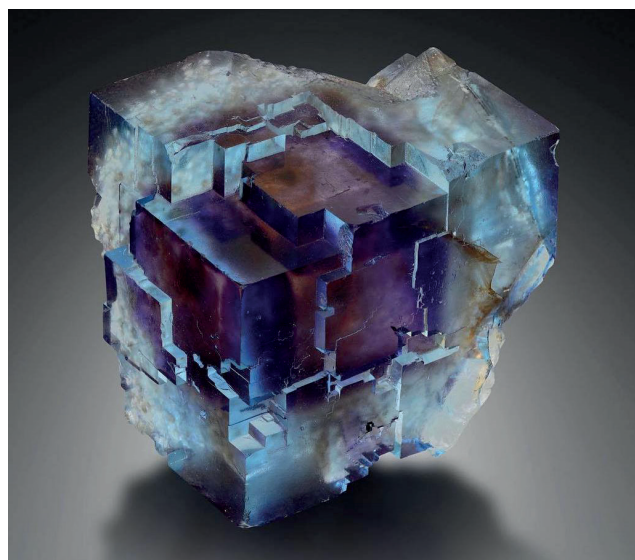
Tipikus előfordulási helyei a telérek üregei, kőzetrepedései pl. ólom- és ezüstércek kísérelőjeként. Hazánkban különösen szép tengerzöld, víztiszta, áttetsző, fehér fluorit-hexaéderek kerültek elő az egykori gyöngyöroszói ércbánya egyes szakaszaiból. Ezek olykor kockacukor nagyságot is elértek. Ugyancsak szép fluoritkristályokat

találtak a Velencei-hegység gránitjában (Sukoró, Szűzvár), ahol a fluorit galenit (ólomérc) kísérelőben jelentkezett. Továbbá Mórágyon, Nadapon (andezitben), Gyöngyörosziban, Recskén, Pátkán (hidrotermás ércesedésekben). A felszíni bányászat során itt a fehértől a sárgán és a zöldön át a kék és vörösbe játszó kristályos tömegekig tonnaszámra bányásztak fluoritot ipari célokra. Sajnos ez már a múlté. Hírmondója sem maradt az egykori dicsőségnek.

Híres fluorit-lelőhelyek találhatóak Nagy-Britanniában (Alston Moore, Weardale, Rogerly mine, Tavistock). A Cumberland és Derbyshire ólomércbányáiban talált kék színű szalagos változat egykor valóságos fluoritlázat idézett elő a bányászok és a szakemberek körében.

De híresek a Cornwall ónbányáiból előkerült példányok is. Különösen a Trevaunance bánya (St. Agnes), Carn Brea (Redruth) bánya büszkélkedik csodás példányokkal.

A svájci Zinggenstock környékén rózsaszínű fluorit-kristályokra bukkantak. Németországban Freiberg ismert fluoritjairól, a bajor Wölsendorfól pedig ritka szkalenoéderez kristályok kerültek elő. Különlegesen izgalmas lila- és arany színű kristálykombinációra lettek a szászországi Ehrenfriedsdorfban. Szlovákiában Selmezbánya, Romániában Kapnikbánya, Erzsébetbánya, Stanizsa fluorit-előfordulásait kell megemlíteni. Különlegesen tiszták Dalnyegorszk (Oroszország) fluoritjai, de szépségükben nem marad el Hunan (Kína) fluoritjainak pazar szín- és formagazdagsága.



Fluorit a Minerva bányából, Hardin Co., Illinois, USA
(FORRÁS: <https://i.piniimg.com/736x/7d/77/10/7d77102376c-884508c18e706ab034cc1-fluorite-crystal-clutter.jpg>)

Az amerikai Illinois állambeli Rosiclare és a Cave-in-Rock fluoritjai méltán tettek szert világhírnévre. Az innen előkerült világossárga kristályok felszíne lila, a

kristályok élhosszúsága olykor még a 30 cm-t is meghaladja! Ezzel szemben nagyon picik, de csodálatosan színesek a kanadai Mont St. Hilaire (Quebec) nefelinszintjének fluoritjai. S persze még hosszasan folytathatnánk a sort a híres lelőhelyeket illetően.

A felsorolt fluorit-előfordulásokra jellemző, hogy a kristályok sokszor elszórtan jelentkeznek; máskor pedig tömeges megjelenésűek és iparilag is hasznosítható mennyiségben halmozódnak fel.

A legjelentősebb fluorit- vagyonnal rendelkező országok Mexico, Kína, Dél-afrikai Köztársaság és Mongólia. A világ becsült fluorit- vagyona mintegy 230–240 millió tonna. Meglepő módon a világ fluorit-termelésének kb. 70%-át két ország, Kína és Mexikó adja!

A leggazdagabb fluorit-lelőhelyek és egyben Mexico legnagyobb fluorit-bányája a hidrotermális-epitermális eredetű Las Cuevas lelőhely, ami San Luis Potosí városától délkeletre fekszik. Ebből a mélyművelésű bányából származik a világtermelés 7%-a!

A Sumochaganaobao (Sumo) bánya Kína legnagyobb fluorit-bányája, ami Wulanchabu város külterületén a Belső-Mongólia Autonóm Régió területén helyezkedik el. A kezdetben küszíni fejtéssel, majd később mélyműveléssel fejtett fluorit- vagyont 1,523 millió tonnára becsülik.

Mongólia a világ egyik legnagyobb fluorit-termelője. A Bor Undur bányaüzem Mongólia legnagyobb fluorit-bányája. A termelés 2 mélyművelésű és 3 külfejtéses bányában zajlik. A feltárt telepek nyersanyag-tartalma a becslések szerint 12,2 millió tonna, 5200 tonna fluorit-tartalommal.

Gazdaságilag jelentős fluoritbányák találhatók még a Dél-afrikai Köztársaságban (Vergenoeg bánya), Namíbiában (Okorusu lelőhely), Mozambikban (Mount Muambe ritkaföldfém-fluorit bánya).

Kémiai összetételét tekintve a fluorit egyszerű vegyület. Két vegyértékű kalciumion és egy vegyértékű fluoridion építi fel. A CaF_2 összegképletű vegyület a halogenidok közé tartozik. A halogének egyik fő tulajdonságát érhetjük tetten elnevezésükben. (A halogenid szó a latin „hals” = só és a „gennao” = képezni szavakból származik, melynek jelentése *sóképző*. S valóban, a halogenidekre jellemző módon sószerű (ionos) kötést találunk a fluoritnál. A fluorit a halogenidok között a legstabilabb.

Bár a tiszta ásvány színtelen, a fluoritok többsége színes, amit a kristályrácsba beépülő, többnyire ritkaföldfémionok (Eu^{2+} , Y^{2+} , Sm^{2+} , Eu^{3+} , Dy^{3+} , Er^{3+} stb.) és más szennyeződések (pl. Mn^{2+} , U^{6+} , szerves zárványok és rácshibák) okoznak. Ma már tudjuk, hogy ezek az „aktivátorként” működő színcentrumok idézik elő azt az érdekes optikai jelenséget, amelyet a fluorit ásvány neve után a brit *George Gabriel Stokes* fizikus és matematikus írt le és nevezett el

fluoreszcenciának 1852-ben. Stokes megfigyelte, ha ibolyántúli (UV) sugárzásnak teszi ki az ásványt, az jellegzetes kék fényel világít addig, amíg a gerjesztés tart. Ma ismerünk olyan fluoritokat is, melyek melegítés hatására is képesek fényt kibocsátani (termolumineszcencia).

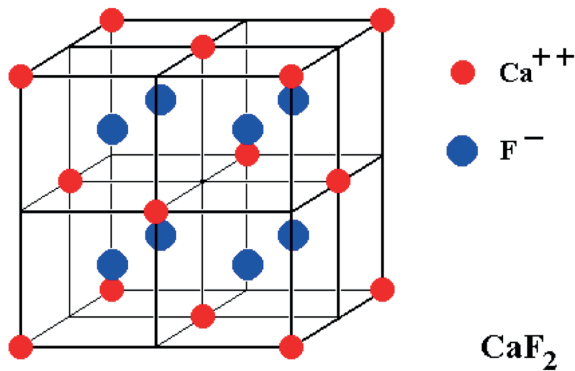
A fluorit neve a latin *fluere* (folyik) szóból ered. Az ásvány magyar neve, a „folypát” is igen találó, mert a szó két tagja az ásvány két fontos tulajdonságát mutatja és ötvözi. A „foly” tag arra utal, hogy ércekhez adagolva csökkenti azok olvadáspontját (vagyis „folyásra” készíti őket), a „pát” tag pedig a jó hasadási képességre utal, melyet a német „path”-ból vettünk át (angolul „fluorspar”).



Fantom fluorit Namíbiából
(Okoruso Mine, Otjiwarongo District)
(FORRÁS: <https://i.pinimg.com/originals/2f/23/2a/2f232ac277d41ed35d7b8bcc87625ba4.jpg>)

A fluorit iparilag sokoldalúan felhasználható, gazdaságilag nagyon fontos nyersanyag. Olvadáspont-csökkentő tulajdonságát jól tudják hasznosítani a kohászatban, a vas- és acélgártásban, továbbá színesfémek előállításánál. További kedvező tulajdonsága, hogy foszfort von ki az acélből, ami speciális acélok előállítását teszi lehetővé. A fluorit rokonai fluorforrások, ilyen a szintetikus kriolit (Na_3AlF_6) és az alumínium-fluorid (AlF_3), melyek az elektrolízis fontos adalékanyagai az alumíniumkohászatban.

A kohászat mellett a fluorit másik nagy felhasználója a vegyipar. A vegyipari termelés közel kétharmad részét a hidrogén-fluorid (HF) előállítása teszi ki, melyből számtalan terméket állítanak elő. A hidrogén-fluorid nagyon veszélyes anyag. Vizes oldata a platina kivételével a fémeket mind megtámadja. Csak néhány fém (ólom, réz) képes ellenállni, melyek felületét védő fluoridréteg vonja be.



A fluorit kristályrácsa szabályos rendszerű
(FORRÁS: http://www.metafysica.nl/turing/preparation_3dim_3.html)

A műanyagiparban fluor alapú polimereket pl. PT-FW-gyantát, Teflon®-t állítanak elő, melyek jó hőtűrőképességűek, kémiailag stabilak, kis sűrűlési tényezőjű műanyagok. Az etilén-tetrafluoretilén (Fluon) pedig üveghelyettesítő anyag, mely olcsóbb az üvegnél, a látható fényt jobban átengedi, és szilárdsága is nagyobb. A magas fokú kémiai stabilitás következtében jó színtartó képességű festékek készítésére is alkalmasak.

A fluort az 1930-as évektől használták halogénezett szénhidrogének, ún. CFC (chlorofluorocarbon) előállítására. Később (1974) viszont észrevették, hogy ez a gáz károsítja az ózonréteget. Így született meg 1987-ben a Montreali Protokoll, mely döntött a CFC használatának visszaszorításáról. Ennek ellenére még sokáig használták aeroszolak és habok (pl. PUR, polisztiirén stb.) hajtógázaként, kondenzációs hűtőgépek hűtőközegeként, a tűzoltásban fojtógázként.

A fluoritot a kerámiaiparban opálüvegek, üvegkerámiák gyártására használják. Szervetlen fluorid-vegyületek (pl. bárium-fluoridnak stb.) mázhoz való adagolásával a „kerámiaiparban” alacsony olvadáspontú, átetsző kerámiamázakat állítanak elő.

A fluorit egyedülálló tulajdonsága a rendkívül alacsony színszórás, amely semmilyen más, az optikai iparban felhasznált üvegnél nem tapasztalható. Az optikai lencsék egyik gyakori hibája az ún. kromatikus aberráció, ennek kiküszöbölése látványosan megnöveli a felbontást és a kontrasztot. Amióta kristályait szintetikus úton is növeszteni tudják, azóta elterjedten használják távcsövekben, műholdak nagy felbontású kameráiban, speciális mikroszkópokban stb.

Az elektronikai iparban nitrogén-trifluoridot (NF₃) tisztító gázként alkalmazzák a félvezető- és az LCD képernyő gyártásában.

A kőolaj-feldolgozás során az alkilezési folyamatokban katalizátorként használják.

A nukleárisenergia-termelésben is találkozhatunk vele. Még hozzá az uránérc dúsításából nyert uránvegyület urán-hexafluoriddá történő átalakításánál. Erre azért van szükség, hogy alkalmas fizikai eljárásokkal (diffúzió, centrifugálás) elválasszák egymástól az urán jól hasadó 235-ös izotópját a nem hasadó 238-as-tól. (Ezzel a módszerrel választották szét az atombombához szükséges hasadóképes és nem hasadó uránizotópokat a Manhattan-terv során!)

A szabad fluor a szervezetre nagyon ártalmas, mert minden élő szövetet azonnal elroncsol. A bőrön nehezen gyógyuló sebeket okoz. Jogosan merülhet fel az olvasóban, hogy akkor miért találkozhatunk a fluorral például a fogkrémekben?

A fluor felhasználása az egészség megőrzésében azon alapszik, hogy kemény szöveteink (csont, fog) fluoridion-megkötő képessége nagy. A csontokba való beépülése azok kalciumtartalmának tulajdonítható, amely kalcium-foszfát formában van jelen. A fluoridionok beépülése nem változtatja meg jelentősen a kristály szerkezetét, de megnöveli stabilitását és keménységét.

A fogpasztában levő fluoridionok beépülése a fogzománcba vitatott. Valószínű, hogy a szájban végbemenő enzimatikus bomlási folyamatok gátlását szolgálják. A fluoridionok a fogpasztában levő kréttal vízben gyakorlatilag nem oldódó CaF₂-ot képeznek, s így alkalmatlanok a kristályszerkezetbe való beépülésre. Ellenben ma már vannak olyan fogkrémek, melyek nem kréttal, hanem finoman diszpergált kovasavat tartalmaznak és ezekhez szerves ammóniumfluorid-származékot adnak. Bizonyított, hogy ebből a fluorid a fogfelszínen jól kötődik és be tud épülni a fogzománcba.

Bízom benne, hogy a rövid összeállítás segítségével sikerült az olvasónak az idei év ásványáról, és valóban sokoldalú hasznosságáról képet kapnia. A másik két jelöltről, a kalcitról és a szfaleritről legalább ennyi szöveg és hasznosat lehetett volna írni.

HOLLÓSY FERENC

IRODALOM

Fluorite: The Collector's choice, Lithographic LLC, East Hampton, Connecticut, USA, 2006.
Jan H. Bernard and Jaroslav Hyrsl: Mineral and their localities. Edited by Vandall T. King. Published by Granit, Praha, 2004.
George Udubasa, Rudolf Duda, Sándor Szakáll, Victor Kvasnytsya, Ewa Koszowska, Milan Novák: Minerals of the Carpathians, Published by Granit, Praha, 2002.
CriticE1: Monográfia sorozat 3. A Pátka-Szűzvár egykori fluorit- és ércelőfordulásunk újraértékelése. Szerkesztette: Molnár József; Miskolc, 2013 Sorozat szerkesztő: Földessy János.



FENNTARTHATÓ ÉLELMEZÉSBIZTONSÁG

Mezőgazdaság és biodiverzitás-krízis

A mezőgazdaság kialakulásának óriási jelentősége van az emberiség történelmében: lehetővé tette a kulturális fejlődést és civilizációk kialakulását. Mindamellett, hogy szerepe megkérdőjelezhetetlen az élelmiszertermelésben, a mai napig egyre intenzívebbé váló mezőgazdaság komoly környezeti és természeti következményekkel jár. Ez a cikk annak lehetőségeit vázolja fel, hogyan egyeztethető ez össze a biodiverzitás-védelemmel.

Jared Diamond, az amerikai orvos-geográfus kutató a *Háborúk, járványok, technikák* című könyvében az emberiség történelmét a biológiai-ökológiai folyamatokat figyelembe véve írta le. Ennek lényege, hogy Európa közelében alakulhatott ki elsőként a mezőgazdaság, ott, ahol a környezeti és földrajzi lehetőségek mind növénytermesztési, mind állattenyésztési szempontból adottak voltak. Ez a vidék az ún. termékeny félhold, az egykori Mezopotámia és Kánaán területe. Itt sikerült mind a mai napig az egyik legnagyobb mennyiségben termesztett növény, a búzát nemesíteni több más fontos haszonnövény mellett (árpa, borsó, lencse, csicscriborsó, len). Ezekon kívül az öt legfontosabb használatból itt házasítottak négyet (marha, kecske, juh és sertés; az ötödiket, a lovat is a közelben). Minden nagyobb testű háziállatot egybevéve, egy kivétellel (láma/alpaka páros), mindegyiket Euráziában „szelidítették” meg. A vadászó-gyűjtögető életmóddal szemben a mezőgazdaság kialakulása a gyors populáció-növekedés

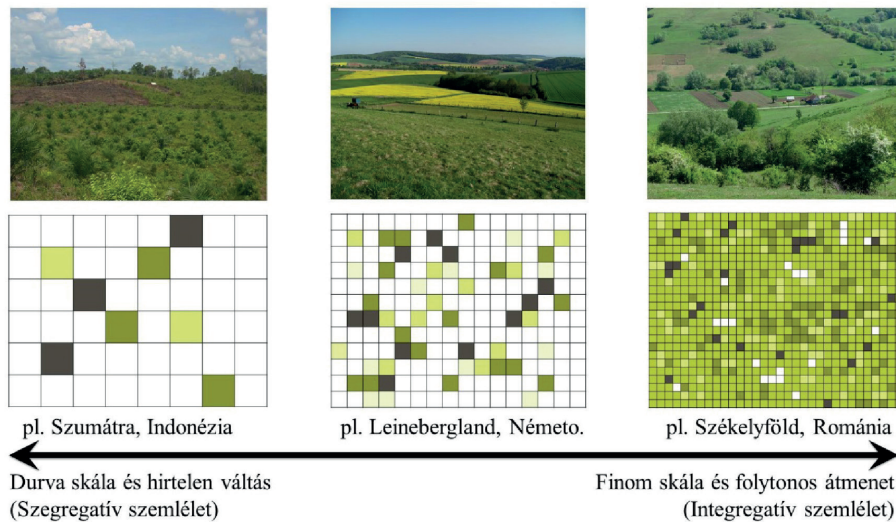
mellett lehetővé tette, hogy egyes emberek specializálódhassanak, hiszen nem kellett mindenkinek minden idejét élelemszerzéssel töltenie. Így jöhettek létre a különböző kézműves és egyéb szakmák csirái.

Természetesen felmerülhet az olvasóban, hogy a világ más részein is kialakultak az élelmiszertermelés különféle központjai, ezeken a helyeken azonban az adottságok messze elmaradtak a termékeny félholdétól. A mezőgazdaság azután a Nílus völgye mellett leginkább Európa felé terjedt el. Sajátos módon pont a termékeny félhold az, ahol a nem fenntartható öntözés súlyos talajromláshoz és vízhiányhoz vezetett és vezet ma is. Nem véletlen, hogy a vallási és etnikai feszültségek mellett a vízhiányt és a mezőgazdaság mára erősen korlátozott lehetőségeit tartják az egyik legfontosabb konfliktusforrásnak ezen kultúrák egykori bölcsőiben.

A mezőgazdaság terjeszkedése azóta is tart. Európa 44%-át és bolygónk szárazföldjeinek kb. 40%-át mezőgazdasági területek borítják. Tehát a mezőgazdaság

óriási mértékben befolyásolta, befolyásolja, és mára jelentős részben át is alakította a környezetünket, beleértve az ökológiai funkciókat és folyamatokat. Az azonban megkérdőjelezhetetlen, hogy a mezőgazdaságnak jelentős direkt haszna van az emberiség szempontjából a híres 4f („food, feed, fuel and fiber”: élelmiszer, takarmány, üzemanyag és rost) termelése révén. Ezek között azonban egyre nagyobb a feszültség, gondoljunk csak arra a példára, hogy amíg eddig leginkább élelmiszert és takarmányt természetettek hazánkban, mára egyre nagyobb területeket vesz el a biodízel termelése

Természetvédelmi Világalap (WWF) legfrissebb jelentése szerint a vadon élő gerinces állatok populációinak létszáma nagyjából feleződött. Nem szabad elfeledkezni azonban arról a trendről sem, hogy az emberiség ökológiai lábnyoma (az adott társadalmi fejlettséghez szükséges mennyiségű szárazföldi és tengeri terület kiaknázása évente) is folyamatosan nő. Tehát úgy tűnik, hogy egyre többet, egyre többfélét, szükségszerűen egyre nagyobb területen kell termelnünk, azaz tovább kell fokoznunk az eddig is gyors ütemben erősödő mezőgazdasági intenzifikációt, ami kiindulási alap az ún.



Tudományos háttér

Bináris táj („sziget modell”)	kontra	Folytonos és heterogén táj
Egyensúly optimalizása	kontra	Rendszer rugalmasságának fenntartása
Fajokat additívan kezeli	kontra	Fajok közti interakciókra fókuszál
Természetet és mezőgazdaságot külön kezeli	kontra	Mellékhatásokat és ökoszisztéma-szolgáltatásokat figyelembe veszi
Egyéneket elkülöníti a természettől	kontra	Egyén része a természetnek

1. ábra. A biodiverzitás-megőrzés és a mezőgazdaság kombinálásának modellje. A szegregatív és az integratív természetvédelem ezen kontinuum két végpontjának tekinthető. Az adott cella zöld szín tónusa a biodiverzitás gazdagságát szemlélteti. A sötétebb szín magasabb értéket jelent (Fischer et al. 2008 nyomán) (FOTÓK: K. Darras, P. Batáry, A. Kovács-Hostyánszki)

érdekében a repce, vagy pl. Németországban a biogáz érdekében a kukorica. Tehát az igény az újabb és újabb mezőgazdasági területekre továbbra is megvan, sőt fokozódik, részben mert az emberi populáció továbbra is nő (a legutóbbi néhány egy milliárdos létszám ugrásához már kevesebb, mint 15 évre volt szüksége az emberiségnek), részben mert közben az igények is egyre növekednek. Míg negyven évvel ezelőtt mintegy feleannyi ember élt a Földön mint ma, ez idő alatt a

szegregatív természetvédelmi szemlélet esetén. Azonban számos kutatás rávilágított már, hogy nem feltétlenül kell többet termelnünk ugyanazon vagy még nagyobb mezőgazdasági területen, hiszen már most elegendő élelmiszert termel az emberiség a következő negyven évben várhatóan már 10 milliárdos emberi népesség számára. Csakhogy az élelmiszertermelés és fogyasztás közötti útvonalak, a tárolás és feldolgozás nagyon nem hatékonyak. A globális gabona-termelés egyharmada például takarmány, ezáltal kb. nyolc kalória gabonából egy kalória marhahúst nyerünk. Nem ördögtől való ötlet tehát a húsfogyasztás csökkentése, vagy akár a vegetarianizmus (a húsfogyasztás rekorderei a luxemburgiak évi 136 kg/fővel). További probléma, hogy a terményeknek közel harmadát pusztítják el kártevők vagy megy tönkre a nem megfelelő tárolás miatt. Végül pedig – különösen Észak-Amerikában és Nyugat-Európában, de hazánkban is – igen jelentős az eldobott, sok energiával és drágán megtermelt élelmiszer aránya (becslések szerint az összes élelmiszer 30–50%-a).

Mi is ez a mezőgazdasági intenzifikáció, amivel idáig jutottunk? A folyamat alatt a mezőgazdaság térnyerése által a természetes élőhelyek elvesztését, élőhely-átalakítást és a megmaradt természetes élőhelyek feldarabolódását (fragmentációját) értjük. Egyértelműen ez a felelős mind a helyi, mind a globális biodiverzitás drámai csökkenéséért. Éppen ezért a jelen korszakot nevezik manapság a földtörténeti korszakok nevei alapján antropocénnek, amit az emberi tevékenység földi ökoszisztémára

TÁJ/ÖKORÉGIÓS SKÁLA

Ipari mezőgazdaságban jelentősen magasabb hozamok.

Az élővilág nagyon érzékeny a mezőgazdasági zavarásokra.

A mellékhatások (szennyezés, élőhely-degradáció, társadalmi konfliktusok) a magas hozamú mezőgazdaságban alacsonyak.

Az urbanizáció elősegíti a vidék elhagyását, ezáltal csökkentve a szegregáció társadalmi költségeit.

Természetbarát mezőgazdaság magas hozammal és alacsony termelési költséggel.

A védendő fajok jól alkalmazkodtak az emberi zavaráshoz.

A kis diverzitású (kevés terményfajta) mezőgazdaság sokkal érzékenyebb a környezeti stresszekre (pl. kártevők, klímaváltozás).

Az élelmezési biztonság a helyi termények diverzitásán alapul.

Az urbanizáció támogatja az ipari mezőgazdaság terményeinek fogyasztását.

A globalizáció növeli az élelmezés- biztonságot a hatékonyabb kereskedelmi rendszereken keresztül.

A magas hozamú mezőgazdaság hatékonyabb a termények legmegfelelőbb területen való termesztésében;

és a termények tárolásában és szállításában gazdasági értelemben.

Az árak kis rugalmassága a Jevons-paradoxhoz vezethet, miszerint azok a technológiai fejlesztések, amelyek egy erőforrás kihasználásának hatékonyságát javítják, ahelyett hogy csökkentenék az erőforrás használatát, valójában növelik azt.

A globalizáció hozzájárul a helyi rendszerek külső ökonómiai tényezők általi sérülékenységéhez.

SZEGREGATÍV ELŐNYÖSEBB

NEMZETI/GLOBÁLIS SKÁLA

2. ábra. A szegregatív, illetve az integratív természetvédelem viszonylagos előnyei két különböző térléptéken (Grau et al. 2013 nyomán)

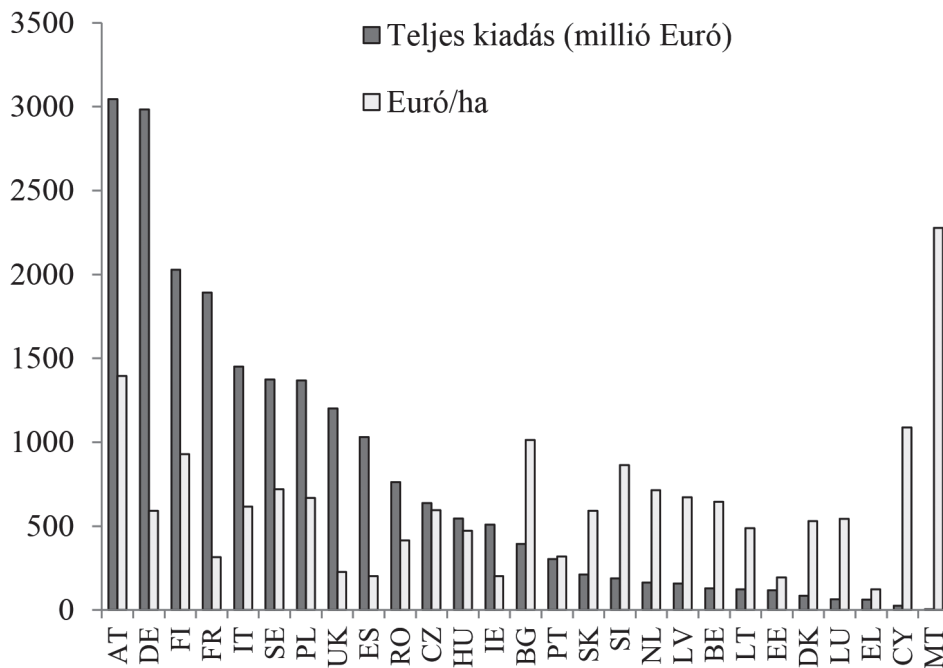
gyakorolt jelentős hatásai határoznak meg, mint például az imént említett globális biodiverzitás-krízis. Bár viselkedés tekintve a középkori Európára, a mezőgazdasági területek kiterjedése nagyobb volt, mint ma, azok biodiverzitása a maihoz képest kimagasló volt az akkori hagyományosan extenzív művelésnek köszönhetően. Éppen ezért, az európai természetvédelmi tevékenységek jelentős része ma arra irányul, hogy az évezredek alatt az extenzív műveléshez alkalmazkodott gazdag fauna és flóra további veszteségeit megakadályozza. Nem meglepő tehát azt feltételezni, hogy milyen gazdag élővilág lehetett ez anno nehézgépek és vegyi növényvédelem nélkül. Természetesen ez alacsony terméshozammal járt, ebben pedig

a kritikus változást a második világháború utáni időszak hozta meg. Ez idő tájt a háborútól kimerült kontinens nagy részén éhínség volt, s mind az alakuló keleti blokkban, mind nyugaton az egyértelmű cél a termelés növelése volt. Ebben mérföldkőnek számító lépést *Fritz Harber* ért el az ammónia szintetizálásával, ami alap volt az első műtrágya sikeres előállításában, amiért aztán később Nobel-díjat is kapott (nem mellesleg ő találta fel az első világháborúban bevetett mustárgázt és a második világháború gázkamráiban használt cianidgázt). Harber találmánya alapján azután a vegyész technikus, *Carl Bosch* új technológiával elkezdődött a nitrogén alapú műtrágyák (és robbanóanyagok) gyártása. Ez a későbbiekben, kiegészülve

a kémiai növényvédelemmel és gépesített műveléssel, rohamos terméshozam-növekedéshez vezetett, azonban a biodiverzitás extrém módon csökkent a „vegyi zuhanyon” átesett területeken. A mezőgazdasági intenzifikáció további tér- és időbeli hatásairól és következményeiről egy korábbi Természet Világa számban tájékozódhat az olvasó (Batáry 2006).

A biológiai sokféleség drasztikus csökkenésére a kutatói közösség is reagált. Megalakult a természetvédelmi biológia mint interdiszciplináris tudományág, melynek célja a biodiverzitás megőrzésének tudományos alapjait biztosítani. Létrejött egyesülete (Society for Conservation Biology, 1985), folyóirata, mely mára az egyik vezető ökológiai lap (Conservation Biology, Wiley, 1987), illetve aktívan dolgozik a társaság a tudomány és gyakorlat közötti távolság áthidalásán. A biodiverzitás-krízisre a társadalom egyik válasza a védett területek növelése. Az Európai Unióban a Natura 2000 hálózat például a teljes unió szárazföldi területének 18%-át lefedi, védelmet biztosítva a legértékesebb fajoknak és élőhelyeknek. E területek jelentős része mezőgazdasági művelés alatt van, hiszen ritka fajaink jó része kötődik az extenzíven művelt agrárterületekhez.

A mezőgazdasági művelésnek és a biodiverzitás védelmének együttes megvalósítása komoly kihívás. Ehhez kapcsolódó régebbi keletű, alapvetően a gyarmatosított trópusokról eredő vita, hogy a mezőgazdasági és természetvédelmi irányelveket elválasszuk-e egymástól, vagyis az egyik területen csak természetvédelem, a másikon meg csak termelés legyen (szegregatív természetvédelem, „land sparing”). Ezzel szemben a kettő kombinálása, integrálása ugyanazon területen történő termelést és természetvédelmet jelent (integratív természetvédelem, „land sharing”), ezt természetbarát művelésnek is nevezik. A szegregatív természetvédelem támogatói abból indulnak ki, hogy a vadon élő fajok jelentős része még a legtermészetbarátabb mezőgazdasági termelést sem viselik el, ami jogos felvetés, gondoljunk csak egy erdei fajra, például a mókusra. Éppen ezért a természetes területek gazdálkodás nélküli, embert kizáró, szigorú védelmére lenne szükség. Ezek a kutatók úgy gondolják, hogy a



3. ábra. Az Európai Unió közös agrárpolitikája a 2007–2013-as periódusban agrár-környezetgazdálkodási programokra (AKG) történt összes kiadása tagországonként (kétfegyű ISO országkóddal jelölve). Teljes kiadás (sötétszürke), kiadás hektáronként (világosszürke) (Batáry et al. 2015 nyomán)

további mezőgazdasági intenzifikáció (adott területen belüli terméshozam-növelés) szükségszerű, hogy korlátozzuk az emberiség további igényét újabb földterületeken, ezáltal csökkentve a növekvő élelmiszertermelés (4f) hatásait a biodiverzitásra. Ez sántít egyrészt abból a kiindulási szempontból, hogy többet kell termelnünk, másrészt abból, hogy úgy gondolja, az integratív természetvédelem feltétlenül nagyobb mezőgazdasági területet igényel ugyanazon terméshozam eléréséhez a kevésbé hatékony természetbarát művelés miatt. Ez utóbbi cáfolatára azért jócskán akad ma már példa, melyek azt mutatják, hogy a természetbarát művelés igenis összeegyeztethető a nagy terméshozammal és a magas biodiverzitással. Mára ez vált a természetvédelmi biológia egyik legvitatottabb kérdésévé, aminek a gyakorlatba való átültetése komoly kihívás az ökológiai és társadalmi-gazdasági folyamatok rendkívüli bonyolultsága miatt. Hogy miért is eredeztethető ez a vita a trópusokról, az annak köszönhető elsősorban, hogy ezekre a területekre ért legkésőbb a mezőgazdaság (persze vannak kivételes régiók), s általában itt a legnagyobb a fajok diverzitása. Magyarán, talán pont ezek a területek azok, ahol az őserdőhöz, mocsarakhoz stb. alkalmazkodott fajok kis hányadának is minimális esélye és ideje volt/

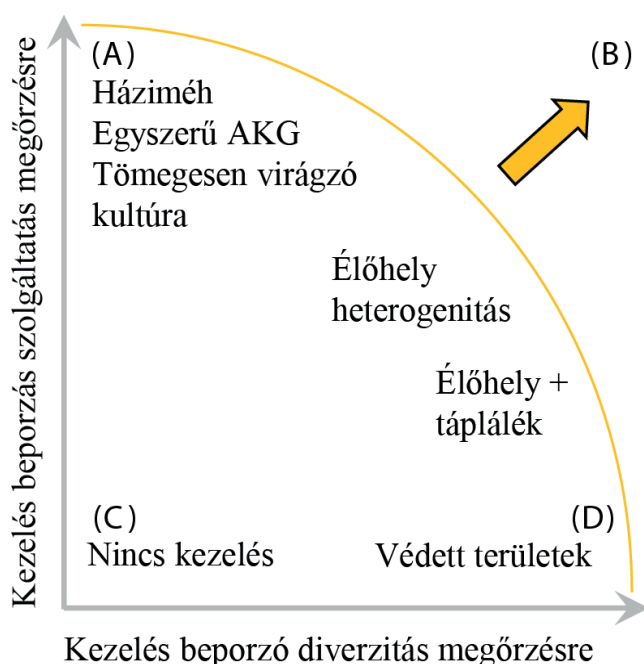
van alkalmazkodni a mezőgazdaság által átalakított környezethez. Azaz pont itt lehet a szegregatív természetvédelemnek nemzeti parkok és ún. „vadvilág szentélyek” létrehozásában jelentősége. Ezzel szemben Európa jelentős részén épp az agrár-biodiverzitás, vagyis az extenzív mezőgazdasági területekhez alkalmazkodott élővilág megőrzése a természetvédelem egyik fő célja. Mások mellett, jelen cikk szerzői is úgy látják, hogy ezt a dichotómiát nem szabad fekete-fehér felosztásként nézni, hanem mint egy kontinuumot, ahol bizonyos körülmények között és feltételek mellett hol az egyik, hol a másik irányba elmozdulva lehet megtalálni a megfelelőbb stratégiát (Fischer és munkatársai, 2008, nyomán). Az **1. ábrán** három szembevető különbségre világítanak rá a szerzők a két szemlélet között. Az első az, hogy a szegregatív szemlélet szerint erős kontraszt van a mezőgazdasági és a természetvédelmi területek között (a kettő térben szeparálva, de egymás mellett van). Ezzel szemben az integratív mezőgazdasági szemlélet szerint ez a különbség kevésbé kifejezett, mi-

vel a mezőgazdaság és a biodiverzitás részben egyazon területen osztozik. A második különbség arra utal, hogy a szegregatív szemlélet alapján a mezőgazdasági területek sokkal homogénebbek (intenzívebben és egységesebben műveltek), míg az integratív szemlélet szerint sokkal heterogénebbek. Végül a harmadik fő különbség abban mutatkozik, hogy a különböző tájhasználati elemek (pl. gyepek, szántók, erdők, mocsár, épített környezet) és azok biodiverzitás-értéke sokkal finomabb, azaz kisebb térbeli skálán mutatkozik meg, szemben a szegregatív szemlélettel. Véleményünk szerint ez utóbbi két pont sem húzható rá minden szituációra. Gondoljunk csak például hazánk természetvédelmi szempontból legértékesebb pusztagyepjeire. Ezek (szerencsére még) sokszor nagy területet borítanak be és viszonylag homogének, azonban fajgazdagok, és pont ebben rejlik természetvédelmi értékük. Viszont az imént vázolt szempontok alapján nem illik rá egyik szemlélet sem.

Szerencsésebb felosztást tettek *Grau* és munkatársai (2013). A **2. ábrán** látható, hogy egy 2×2-es kis táblázatot hoztak létre, az integratív kontra szegregatív, illetve a táji/regionális kontra nemzeti/globális skála felosztás szerint, ahol érveket soroltak fel, hogy melyik léptékben melyik szemlélet lehet a kedvezőbb, bár ez szintén a korábban említett fekete-fehér felosztás irányába mutat. Ahogy ebből látható, mindkét szemléletnek megvannak a maga előnyei és hátrányai, s ezek jelentősen eltérnek annak függvényében, hogy milyen társadalmi-gazdasági, illetve biofizikai (milyen életföldrajzi területen) szempontból vizsgáljuk.

Ehhez a vitához szorosan kapcsolódnak a főleg Európában és sok fejlett országban alkalmazott agrár-környezetgazdálkodási programok (például a Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Program: <https://www.nak.hu/kiadvanyok/kiadvanyok/130-akg-kezikonyv>). Ezek lényege, hogy a gazdálkodók anyagi támogatásban részesülnek annak fejében, hogy kevésbé intenzíven, meghatározott feltételek mellett művelik a területeiket. Egy friss áttekintő vizsgálat alapján (Batáry et al. 2015) érdemes áttekinteni ezeket a programokat. Ma Európában ez jelenti a legnagyobb anyagi kiadást, elsősorban természetvédelmi céllal (**3. ábra**). Rendkívül sokféle program létezik, amelyek országról országra, sőt sokszor régióként eltérőek. Ökológiai hatékonyságuk, azaz, hogy a támogatott területeken nagyobb-e a biodiverzitás (több virág, rovar, gerinces fordul-e elő, mint a nem támogatott területeken), sok tényezőtől függ. Például attól, milyen ökoszisztémát, milyen élőlénycsoportot vizsgálunk, milyen a táj szerkezete (sok vagy kevés-e a természetes élőhely), milyen a régióban a mezőgazdaság intenzifikációjának a szintje. Nem mindegy ugyanis, hogy egy szuper intenzív Holland

4. ábra. A beporzás mint ökoszisztéma-szolgáltatás, illetve a beporzók védelme közti csereviszony sematikus ábrázolása. A, B, C és D a következő scenáriókat mutatja be: (A) alacsony diverzitás – magas ökoszisztéma-szolgáltatás (vesztes–nyertes), (B) magas diverzitás – magas ökoszisztéma-szolgáltatás (nyertes–nyertes), (C) alacsony diverzitás – alacsony ökoszisztéma-szolgáltatás (vesztes–vesztes) és (D) magas diverzitás – alacsony ökoszisztéma-szolgáltatás (nyertes–vesztes) (Senapathi et al. 2015 nyomán)



régióban, vagy egy extenzív magyar pusztán vizsgálódunk-e. De az sem, hogy mit veszünk referenciának (pl. hogy egy organikus, de azért intenzíven művelt rétet egy vegyszeresen művelt réthez vagy egy féltermészetes hegyi kaszálóréthez hasonlítunk-e). Azonban a meta-analízisek azt mutatják, hogy a programok általában nagyobb fajgazdagsághoz vezetnek. Ezeknek a programoknak a hatékonyságában azonban a gazdálkodók is kulcsfontosságúak: kérdés, hogy mennyire fogadják el és használják ki ezeket az önkéntes alapon működő programokat, mennyire elhivatottak irántuk, mi motiválja őket, és részesülnek-e valamilyen környezetgazdálkodási, természetvédelmi oktatásban, tanácsadásban és együttgondolkodásban. Az utóbbi időben számos tudományos cikk látott napvilágot, melyek az agrár-környezetvédelmi programokat nemes egyszerűséggel az integratív szemlélethez sorolják, amiben azért sok igazság van, hiszen ezek lényege a biodiverzitás védelme mezőgazdasági területeken.

A mezőgazdaság agrokemikálián és iparosodáson alapuló intenzifikációjának lehetséges alternatívája az ökológiai intenzifikáció. Lényege, hogy az adott ökoszisztéma működését támogassa a beavatkozás, amely azután természetes módszerekkel „oldja meg” a nagy terméshozamot. A féltermészetes élőhelyek (csatornapartok, útszegélyek, mezsgyék, sövények stb.) élővilága például olyan ragadozó és parazitoid fajoknak adhat otthont, mely a szomszédos mezőgazdasági táblák kárttevőit vissza tudja szorítani (biológiai védekezés), vagy olyan pollinátorok lakják, melyek a beporzásban tudnak részt venni. Az ökológiai intenzifikációt két nagy EU-s projekt is vizsgálja, mindkettőben magyar részvétellel (<http://www.fp7liberation.eu>, <http://www.quessa.eu>). A legfrissebb kutatási eredmények azonban arra is rávilágítanak, hogy a fenntartható, ökológiai intenzifikáció sem kedvez a fajok többségének: főleg csak azt az aránylag kevés fajt részesíti előnyben, melyek az adott ökoszisztéma-szolgáltatáshoz a leginkább hozzájárulnak. Ezt szemlélteti a **4. ábra**, mely a különböző agrár-környezetgazdálkodási programokat és egyéb természetvédelmi eszközöket ábrázolja annak függvényében, hogy a beporzást, a beporzók diverzitását vagy mindkettőt támogatják-e. Így az ma már megállapítható, hogy az ökoszisztéma-szolgáltatás támogatása önmagában nem elegendő a fajok diverzitásának védelmére, annak ellenére, hogy ma az ökoszisztéma-szolgáltatás egyet jelent a természetvédelemmel. Az agrárökológusok és a természetvédelmi biológusok újabban úgy gondolják, a jó megoldás a változatos gazdálkodás („diversified farming”), mely több ökoszisztéma-szolgáltatást vesz figyelembe, és magába foglalja a természetes

élőhelyek támogatását is. Nem véletlen, hogy ez az integratív és szegregatív természetvédelmet ötvözi (Kremen et al. 2012).

Mit tehet az olvasó a biodiverzitás-krisis lefékezéséért? Nagyon is sokat. Idevágó idézet a csimpánzok világhírű kutatójától, *Jane Goodall*-tól: „Nem telik el nap anélkül, hogy a környezetünkre ne fejtenénk ki valamilyen hatást. Tehát, amit tehetünk, azt eldönteni, hogy milyen és mekkora hatást szeretnénk elérni.” Ez alapján akár minden reggel feltehetünk magunknak számos kérdést: kell-e mindig új és újabb (legtöbbször GMO gyapotalapú) ruha, olajpálma-alapú kozmetikum (amiért irtják az esőerdőt), vagy szójjával hizlalt sertéshús (amiért szintén irtják az esőerdőt)? Vagy például melyik zöldséget, gyümölcsöt részesítsük előnyben, a helyit vagy a tengerentúlit (melyiknek lehet nagyobb ökológiai lábnyoma), a vegyszeresen művelt területről származót vagy a „bio”-t? Kell-e annyit utazni és milyen közlekedési eszközzel (bioüzemanyagok)? S talán a legsúlyosabb: kidobjuk-e az élelmiszert? Rengeteg hasonló kérdést lehet és kell is feltenni, melyek ökológiai és természetvédelmi szempontú megválaszolásához arra van szükség, hogy globálisan gondolkozunk és helyben cselekedjünk („Think global, act local”). Ez utóbbihoz ad tippet például a Messzelátó Egyesület honlapja (<http://www.messzelato.hu/valtozatossag>).

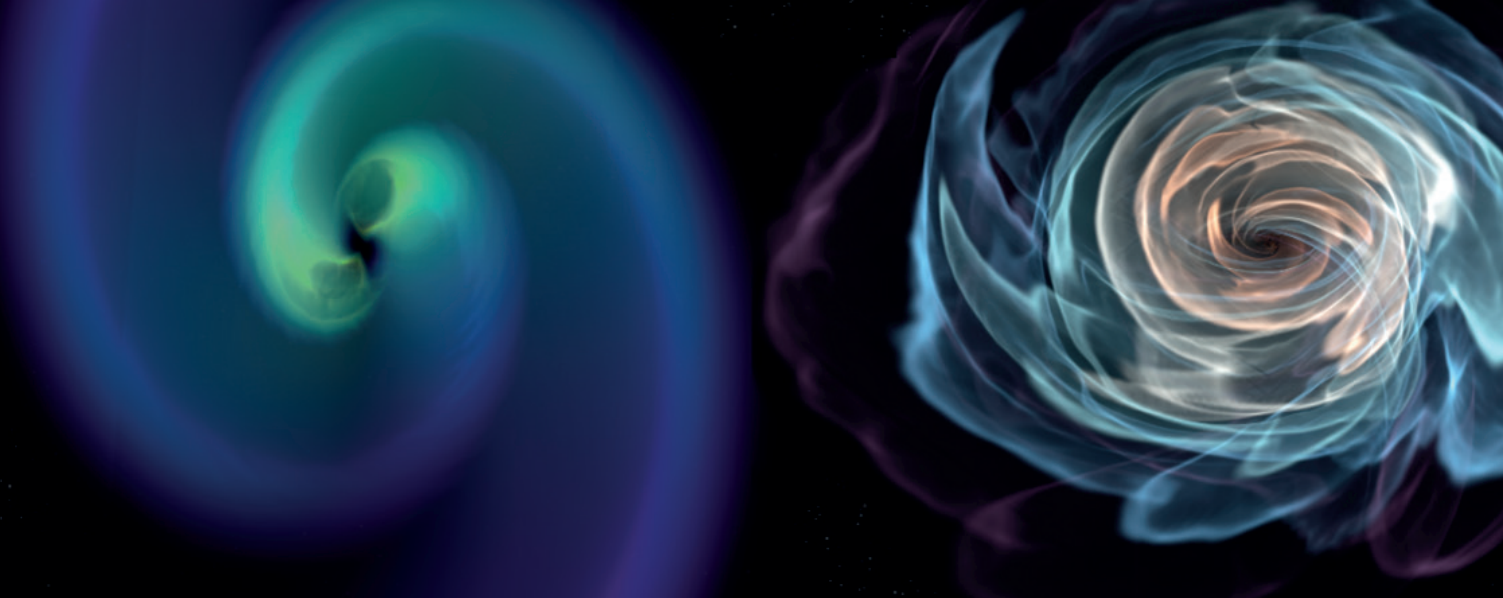
BATÁRY PÉTER – BÁLDI ANDRÁS

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

DFG BA 4438/2-1, OTKA NN 101940

IRODALOM

- Batáry P. (2006): Mezőgazdaság kontra természetvédelem. *Természet Világa*, 5, 232-233.
- Batáry P., Dicks L. V., Kleijn D. & Sutherland W. J. (2015): The role of agri-environment schemes in conservation and environmental management. *Conservation Biology*, 29, 1006-1016.
- Diamond J. (2000): Háborúk, járványok, technikák. Typotex, Budapest.
- Fischer J., Brosi B., Daily G. C., Ehrlich, P. R., Goldmann R., Goldstein J., Lindenmayer D. B., Manning A. D., Mooney H. A., Pejcher L., Ranganathan J. & Tallis H. (2008): Should agricultural policies encourage land sparing or wildlife-friendly farming? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6, 380-385.
- Grau R., Kuemmerle T. & Macchi L. (2013): Beyond 'land sparing versus land sharing': environmental heterogeneity, globalization and the balance between agricultural production and nature conservation. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5, 477-483.
- Kremen C., Iles A. & Bacon C. (2012): Diversified farming systems: an agroecological, systems-based alternative to modern industrial agriculture. *Ecology and Society*, 17, 44.
- Senapathi D., Biesmeijer J. C., Breeze T. D., Kleijn D., Potts S. G. & Carvalho L. G. (2015): Pollinator conservation — the difference between managing for pollination services and preserving pollinator diversity. *Current Opinion in Insect Science*, 12, 93-101.



MAGYAR RÉSZVÉTEL A GRAVITÁCIÓS HULLÁMOK VIZSGÁLATÁBAN

Galaxiskatalógussal a világegyetem titkainak nyomában

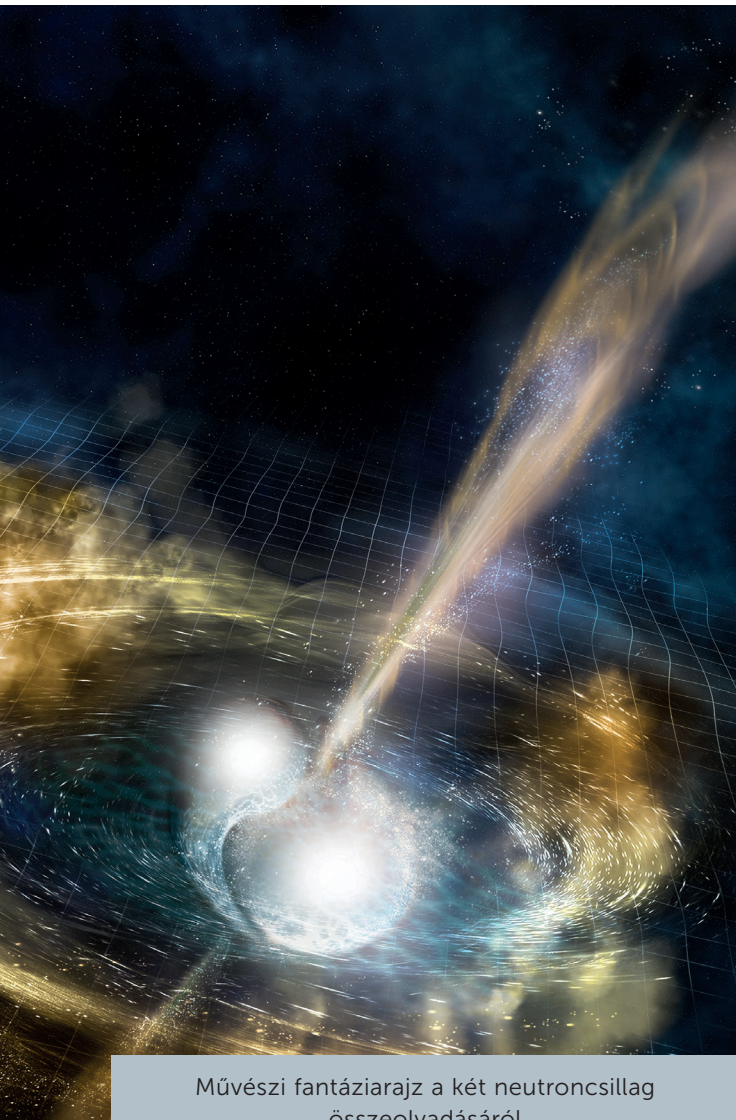
2017. augusztus 17-én új korszakba lépett a csillagászat: ugyanabból a kozmikus forrásból sikerült elektromágneses és gravitációs hullámokat is megfigyelni. A megfigyelésben a LIGO és Virgo gravitációshullám-detektorok (a gravitációshullám-detektorok kapcsán lásd Raffai Péter cikkét februári számunkban – a szerk.) mellett közel 70 földi és űrobszervatórium vett részt, amelyek az elektromágneses színekép minden tartományában megtalálták a két összeütközött neutroncsillag utófényét. A forradalmi felfedezéshez több, mint háromezer csillagász és asztrofizikus közös munkájára volt szükség, amiben jelentős szerepet vállaltak a magyar kutatók is az általuk összeállított GLADE galaxiskatalógussal. Ebben a cikkben összefoglalom, hogy mi a szerepe egy ilyen adatbázisnak, és hogyan segítheti az Univerzum feltérképezését.

A gravitációs hullámok az elektromágneses hullámokhoz képest – mint a fény- vagy a rádióhullámok – teljesen más jellegű információhordozók; a téridő fodrozódásai, amelyek az Univerzum legnagyobb energiájú folyamatai során keletkeznek. Segítségükkel olyan helyekről és fizikai folyamatokról szerezhetünk információkat, amelyekről más módon képtelenek lennénk; például a neutroncsillagok vagy a szupernóvarobbanások belsejéről.

Az augusztusi esemény hatalmas jelentőségét az adja, hogy az úgynevezett többszörös csillagászat egyik úttörő pillanata volt. A többszörös csillagászat lényege az, hogy ugyanazt a forrást több különböző fizikai folyamaton alapuló információhordozó segítségével is megfigyeljük – mint az elektromágneses sugárzás, gravitációs hullámok, neutrínók vagy nagyenergiás kozmikus részecskék –, így sokkal pontosabb képet kaphatunk a forrásról, és az abban zajló jelenségek fizikájáról, mint ha csak egy módon figyeltük volna meg azt.

A többszörös csillagászat megvalósításához országokon és kutatócsoportokon átívelő együttműködésre van szükség: ha valahol észlelik a jelet, azonnal riasztani kell a partnereket, hogy a többi műszerrel is megtalálhassák a forrás utófényét. Az augusztusi esemény során a két amerikai LIGO gravitációshullám-detektor közel egyidőben észlelte az összeolvadó neutroncsillagok gravitációs hullámait, mint a NASA Fermi-űrteleszkópja az ugyanonnan érkező gamma-sugárzást. Azonban mind a LIGO, mind a Fermi csak igen pontatlanul képes meghatározni a jel forrásának pozícióját az égen, így az együttműködésben résztvevő többi távcsővel nehezen lenne eldönthető, hogy pontosan hol is keressék az utófényt. Szerencse, hogy az észlelés idején már üzemelt az olaszországi gravitációshullám-detektor, a Virgo is. Az összeolvadás olyan közel történt, hogy a Virgo detektornak is erős jelet kellett volna rögzítenie, azonban a kutatók nem találták a gravitációs hullámot a műszer

által gyűjtött adatok között. Ebből is értékes információt szűrhettek le: a jel pont olyan irányból kellett érkezzen, amely a műszer úgynevezett vakfoltjára esik. Minden gravitációshullám-detektor esetében vannak ilyen irányok, ahonnan egyáltalán nem képes gravitációs hullámokat észlelni. Ezt az információt is felhasználva, egy 34 négyzetfok nagyságú égterületet lehetett kijelölni, amin belül 90 százalékos valószínűséggel helyezke-



Művészi fantáziarajz a két neutroncsillag összeolvadásáról
(FORRÁS: NSF/LIGO/SONOMA STATE UNIVERSITY/AUORE SIMONNET)

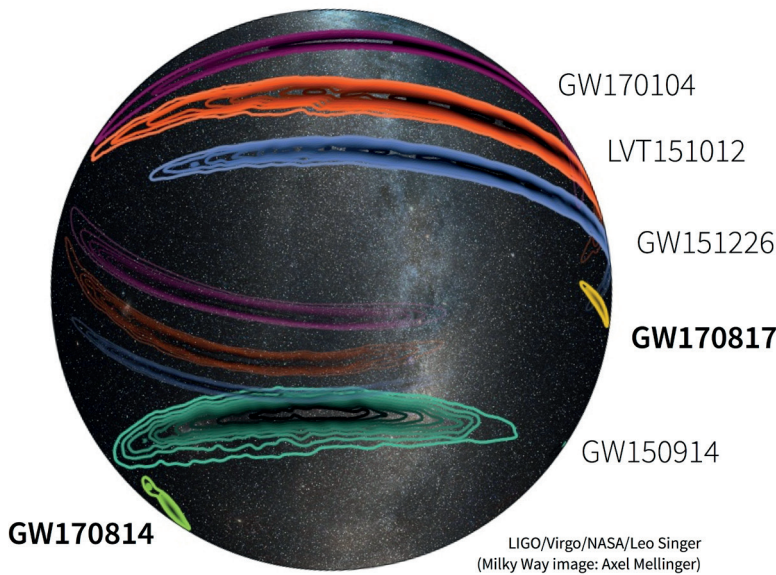
dik el a forrás. A gravitációs hullám megfigyelésével a forrás távolsága is megbecsülhető, tehát megadható egy térfogat, amin belül a forrás nagy valószínűséggel megtalálható. Több éjszakába is telhet, amíg az egészet végigpásztázzák a csillagászok, hogy végül megtalálják a forrás utófényét, és minél később lehet ezt megfigyelni, annál több értékes információt veszítünk el.

Tudva, hogy a neutroncsillagok összeütközése csak galaxisokban vagy ezek közvetlen közelében történhet meg, jelentősen, akár ezredrésziére is csökkenthető a megfigyelendő térfogat nagysága: elegendő az ott lévő galaxisokat végignézni. Ehhez azonban ismernünk kell az égterületen lévő galaxisok pontos pozícióit, amit pedig egy galaxiskatalógusból kaphatunk meg.

Már a 2000-es évek végén is felmerült a galaxiskatalógusok használata iránti igény a LIGO kollaborációnál, és össze is állítottak egy kb. 50 000 galaxisból álló listát erre a célra, amely a Gravitational Wave Galaxy Catalogue (GWGC) nevet kapta. A katalógus kb. 100 millió fényév távolságig volt teljesnek mondható, vagyis eddig tartalmazta csaknem az összes galaxis pozícióját, távolságát és egyéb adatait. A GWGC kb. 330 millió fényév távolságig tartalmaz galaxisokat, ami a 2010-es évek elején, a LIGO detektorok jelentős fejlesztése előtt elég is volt – ennél távolabbi forrásokra nem volt érzékeny a műszer. Jelenleg kb. ilyen távolságból képesek a detektorok egy tipikus összeolvadó neutroncsillag-kettős jelét kimutatni, ami jelenleg a legígéretesebb forrás a többcsatornás megfigyelések szempontjából. Az évtized végére akár ennek kétszeresére is kitolódhat a LIGO detektorok érzékenységi határa, így fontos volt az, hogy egy még több galaxist tartalmazó, még teljesebb galaxiskatalógus álljon a kollaboráció rendelkezésére, amikor az első megfigyelések meg fognak történni.

Ezzel a céllal kezdtük el fejleszteni az ELTE Atomfizikai Tanszékén a Galaxy List for the Advanced Detector Era (GLADE) nevű galaxiskatalógust (aquarius.elte.hu/glade/). A GLADE létrehozásához több különböző korábbi galaxiskatalógus és égboltfelmérés adatait egyesítettük, majd korrigáltuk az adatokat, ahol erre szükség volt. Egy ilyen adatbázis létrehozása során nagyon fontos, hogy meg tudjuk mondani, ha két különböző égboltfelmérés pozícióban nagyon közel talált egy-egy galaxist, akkor vajon ugyanarról az objektumról van szó, és csak a mérési pontatlanságok miatt nem pontosan ugyanazokat a koordinátákat mérte ki hozzájuk a két távcső, vagy tényleg két, látszólag egymáshoz közeli galaxis van ott. Ennek eldöntésére új módszert dolgoztunk ki a University of Glasgow-n dolgozó kollégáinkkal közösen, amely figyelembe veszi a pozícióadatokon túl a mért távolságokat és fényességeket, valamint a mérési hibák nagyságait is.

A folyamatos fejlesztések eredményeként jelenleg kb. 3,6 millió galaxist tartalmaz a katalógus, ezek pontos pozíciójával és távolságával. Az objektumok nagy részére különböző fényességértékek is elérhetőek. Ezek alapján különböző fizikai modelleket feltételezve rangsorolhatóak a galaxisok egy adott égterületen belül, és



Az eddig észlelt gravitációshullám-jelek forrásaihoz meghatározott égterületek, amin belül a kompakt objektumok összeolvadásai megtörténtek. Az ábra jobb szélén sárga színnel jelölve látható az augusztus 17-i észlelés égterülete (FORRÁS: LIGO/VIRGO/NASA/LEO SINGER MILKY WAY IMAGE: AXEL MELLINGER)

megadható, hogy melyik lehet a valószínűbb forrás. Ha pedig a legvalószínűbbekkel kezdjük a megfigyelést, nagyobb esélyünk lesz az utófény észlelésére.

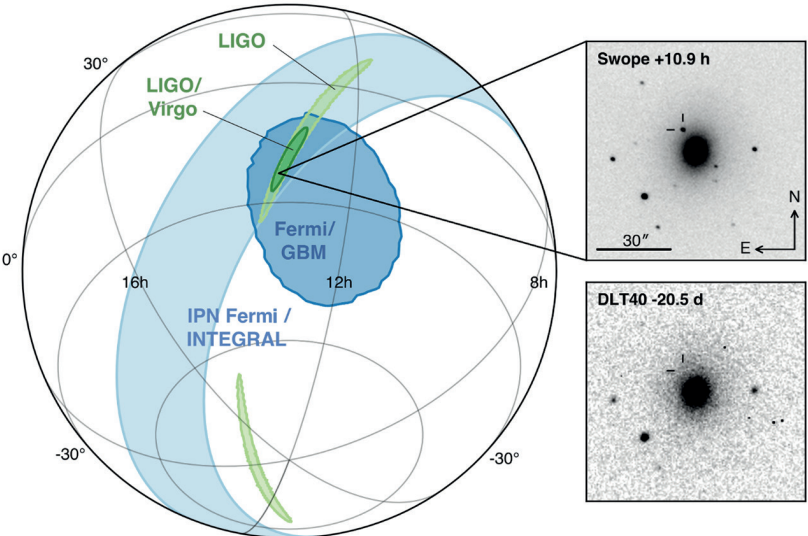
Az augusztus 17-i gravitációshullám-észlelést követően az ELTE LIGO-csoportja volt az első, amely az elektromágneses megfigyeléseket végző közel 70 földi és űrteleszkópnak elküldte a lehetséges forrásgalaxisok valószínűség szerint sorbarendezett listáját a GLADE katalógus alapján. Az utófényt nyolc csillagászcsoporthoz is megtalálta egymástól függetlenül: a BOOTES-5, a Las Cumbres Observatórium, a REM és a Vista csapata is a GLADE használatával, az 1M2H Swope és a DLT40 pedig a GLADE részét képező GWGC alapján észlelte a jelet. Csak két csoportnak, a DECAM-nek és a MASTER-nek sikerült a katalógus nélkül megtalálni az utófényt, azonban így nem ők lettek a legelső megfigyelők.

Miután detektálták a gravitációshullám-jelek forrását elektromágneses teleszkópokkal is, egy nagyon fontos kozmológiai probléma kapcsán is fel lehetett használni a GLADE katalógust. A kozmológusok között élénk vita folyik az Univerzum tágulásának ütemét megadó Hubble-állandó pontos értékéről. A kozmikus háttérsugár-

zás és a szupernóva-robbanások megfigyeléséből két különböző értéket számítottak ki a kutatók, amelyeket sehogyan sem sikerült összhangba hozni egymással. A mostani megfigyelés egy harmadik, az eddigiektől független módot kínál a Hubble-állandó értékének kiszámítására. Ha ismerjük a forrásgalaxist, akkor a katalógusból megkaphatjuk annak vöröseltolódását, vagyis azt, hogy az onnan induló fénysugarak mennyit veszítenek energiájukból az Univerzum tágulása miatt, amíg ideérnek. A gravitációshullám-jelből közvetlenül megkapjuk a forrás

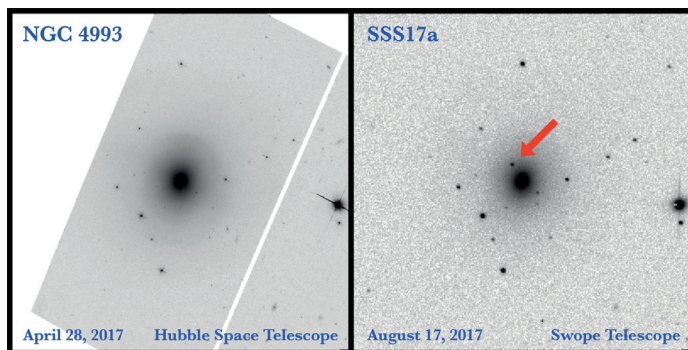
távolságát, ebből a két adatból pedig kiszámíthatjuk a Hubble-állandó értékét. A módszert a szintén LIGO-tag *Bernard Schutz* dolgozta ki több, mint 30 éve, és most vált valóra a víziója a *Nature* folyóiratban megjelenő cikkel, amiben az ELTE kutatói is jelentős szerepet vállaltak. Az új eredmény alapján egyelőre nem dönthetünk a két érték között, de ahogy egyre több hasonló megfigyelés lesz, úgy tudjuk pontosítani ezt az értéket, előbb-utóbb eldöntve a kozmológiai vitát.

A forrásnak a különböző műszerekkel meghatározott égterületei, valamint a forrásról a Swope teleszkóp által készített kép, és egy, a DLT40 teleszkóppal kb. egy nappal korábbi felvétel, amelyen még nem látható utófény (FORRÁS: LIGO/VIRGO)



A Hubble-állandó akkor is meghatározható lenne, ha az utófényt nem sikerült volna megfigyelni, vagyis nem tudnánk pontosan beazonosítani, hogy melyik is a forrásgalaxis. Ekkor a galaxiskatalógusnak az adott égiterrületen lévő összes objektumát figyelembe kell venni a számítások során, így egy bizonytalanabb értéket fogunk kapni.

A galaxiskatalógusokat ezek mellett sok egyéb asztrofizikai projektben is fel lehet használni. A jelenleg elfogadott modellek szerint az ún. rövid gammakitörések neutroncsillagok összeütközéseikor keletkeznek, így ha egy ilyet észlelünk egy viszonylag közeli forrásból, akkor a gravitációshullám-detektorok adatait is végignézhetjük egy esetleges jel után kutatva. Az ELTE-n írtunk egy programot, amely minden rövid gammakitörés észlelésekor kiválogatta a lehetséges forrásgalaxisokat, és ha valamelyik olyan közeli volt, hogy a gravitációshullám-detektorok látóhatárán belülre esett, akkor riasztást küldött. Ennek 2015. szeptemberében volt különös jelentősége, mikor az NGC 3313 galaxiscsoporthoz közlelő észlelt az InterP-



Az ábra jobb oldalán látható a Swope teleszkóp által készített képen piros nyíl jelöli a gravitációshullám-jel elektromágneses párját. Bal oldalon a Hubble-űrteljeszkóp egy korábban ugyanerről az égiterrületről készített felvétele látható (FORRÁS: SWOPE TELESCOPE, HUBBLE)

lanetary Network egy gammakitörést. A galaxiscsoport mindössze kb. 180 millió fényévre található tőlünk, így ha tényleg ott történt volna a kitörés, annak gravitációs hullámait is érzékelnünk kellett volna. A GLADE alapján azonban egyértelműen ki lehetett zárni az NGC 3313 csoportot mint forrást.

Jelenleg a LIGO detektorok átépítés alatt állnak, hogy aztán ősszel még nagyobb érzékenységgel folytathassák az Univerzum megfigyelését. Mi is tovább dolgozunk azon, hogy a következő megfigyelési időszakban is hasznos legyen a GLADE galaxiskatalógus, és további fontos felfedezésekhez vezessen.

DÁLYA GERGELY

1801 júniusában, dél felől északi irányban haladva, Nyugat-Ausztrália partjai mentén vitorlázott a Naturaliste nevű francia hajó. Jurien Baynél a tengerészek két feltűnő táblahegyet pillantottak meg. Ezek egyikét a hajón utazó felfedező, természetkutató és botanikus Charles-Alexandre Lesueur tiszteletére Mount Lesueur-nek nevezték el. Később, amikor a Perthtől északra eső területeket mezőgazdasági hasznosítás alá vonták, a Mount Lesueur körüli részek érintetlenek maradtak, mivel a sziklás környezet és a mérgező növényfajok nagy száma a legeltetést megakadályozta. Ennek köszönhető, hogy a térség az emberi behatásoktól mentes maradt. A területen 1992-ben nemzeti parkot hoztak létre.

A Lesueur Nemzeti Parkot Délnyugat-Ausztrália legjelentősebb védett természeti értékei között tartják számon. Északi irányban 210 km-re fekszik Perthtől; az Indiai-óceántól mért távolsága mintegy 12–20 km. Vörös, aprókavicsos laterittalajjal borított úton közelíthető meg. Meglepő módon azonban a nemzeti park területén egy 18 km-es aszfaltút vezet körbe. A fajokban rendkívül gazdag flóra virágzásának tél végi és tavaszi tömeges beindulása a területet a vadvirágok kedvelőinek paradicsomává teszi. A csaknem 270 km²-es terület nem csak a fajok konzervációjában tölt be kiemelkedő szerepet, tájképi értékei is szemet gyönyörködtetőek. Az itt fellelhető növényfajok száma 900 körüli, ami mintegy 10%-a Nyugat-Ausztrália ismert flórájának. A fajok döntő része bennszülött (endemikus). Kiemelt természetvédelmi oltalmat élvez kb. 200 növényfaj. Közöttük ősi fajok is megjelennek, melyek a környék mikrohabitatjaiban vészelték át az elmúlt évmilliók számos klímaváltozását.

A terület Nyugat-Ausztrália búzatermő övezetének és középnyugati régiójának határán, a geraldtoni homoksíkság biorégiójában helyezkedik el. Jelentős részét az őslakosok által kwongannak nevezett nagy diverzitású, alacsony bozót borítja, melynek fő alkotói tövises cserjék. Ennek az első pillantásra egyhangúnak tűnő vegetációtípusnak itt nagyobb a fajgazdagsága, mint bármely másik nyugat-auztráliai növénygyűttesnek. 10 m²-en akár 80 növényfaj is előfordulhat, és pár száz méteres távolság megtételével újabb és újabb növénytársulásokra bukkanhatunk. Ez a fajgazdagság egyenértékű a trópusi esőerdőkben tapasztalhatóéval. A patakok partjai mentén és alacsonyabb fekvésekben eukaliptuszok és Banks-cserjék (*Banksia* spp.) által alkotott erdők is megtalálhatók. De előfordulnak itt szikes tavak, mocsarak, óceánparti homokdűnék maradványai, mészkődombok és lateritgerincek is.



NYUGAT-AUSZTRÁLIA VARÁZSLATOS VIRÁGOSKERTJEI

A Lesueur Nemzeti Park és környéke

Az itt fellelhető állatok fajgazdagságára nagy hatással van a növényfajok száma. Kiemelkedő fajszerű madár- és hüllőfaunája. Veszélyeztetett fehér farkú gyász kakaduja (*Calyptorhynchus latirostris*) csak egyike az itt megtalálható 122 madárfajnak. A hüllőfajok száma 52. Különösen gyakoriak a gekkók és a lábatlangyikok. A növény-, a madár- és a hüllőfajok közül soknak itt van a déli vagy éppen északi elterjedési határa. Északi irányba pl. eddig hatol az *Eucalyptus marginata* és a *Corymbia haematoxylon*, melyek a szokásos magas növekedés helyett itt legföljebb csak 10 m-es méretet érnek el.

A Lesueur Nemzeti Park jelentőségét az ausztrál természetvédelemben fokozza, hogy az itt található növények, érzékenyséjük ellenére, viszonylag mentesek a Chromista klád peronoszpórafélék rendjébe tartozó *Phytophthora*-fajok által okozott elhalásos betegségtől.

A *Phytophthora*-fajok a talaj, valamint a víz mozgásával terjednek. Annak érdekében, hogy a növények fertőződését hátráltassák, cipőtisztító állomásokat alakítottak ki, és a területen végigvezető autótú mentén a patogén szervezetek terjedését akadályozó homoksávokat létesítettek. A kihelyezett táblákon is arra kérik a látogatókat, hogy maradjanak az úton vagy a kijelölt ösvényeken.

A nemzeti parkon átvezető út mentén számos kilátópont van. A Mount Lesueur-ről, melyre 4 km-es, körbevezető ösvényen lehet följutni, nemcsak a tavasszal virágszín pompába boruló tájat, hanem az óceánpart panorámáját is meg lehet csodálni.

A területen 2015 augusztusában, vagyis éppen az ausztrál tavasz kezdetén jártunk. A talált és lefényképezett fajok közül mintegy 90-et sikerült azonosítanunk, melyek teljes körű bemutatása egy pár oldal-



Dampiera lavandulacea (War Rock)

nyi terjedelmű cikkben reménytelen vállalkozás lenne. Ezért csak a vegetáció képét az adott időszakban meghatározó fajok, valamint néhány kiemelkedően attraktív taxon bemutatására szorítkozunk.

A táj varázslatos látványát mindenekelőtt egy a környezetéből gyertyaszerűen mindenfelé kiemelkedő sárgagyantafa- vagy más néven fűfafaj (*Xanthorrhoea drummondii*), valamint a *Conospermum*-nemzetség különös virágzatú fajai határozták meg.

Az egyszikű sárgagyantafafélék vagy fűfafélék (*Xanthorrhoeaceae*) családjába tartozó *Xanthorrhoea*-nemzetség ókori görög neve a növény sárga gyantájára utal. A fűfák évelő növények. Legtöbbjük másodlagos vastagodásra képes. Durva felszínű és belül üreges törzset képeznek, melyet a leszáradt levelek megmaradt levélalapjai borítanak. A tápanyagok és a víz felvételét, valamint a föld feletti részekbe való szállítását a törzs központi üregében a talajba lefutó léggyökerek biztosítják. Vannak elágazás nélküli fajok, de akadnak olyanok is, amelyek számos elágazást képeznek. Virágaik hosszú füzérvirágzatba egyesülnek, mely alatt a virágzati tengely csupasz. A tengellyel együtt a teljes virágzat egyes fajokon elérheti a 4 m-es hosszúságot. A bozóttűz gyakran serkenti a virágzást.

A fűfák törzsének növekedése nagyon lassú: évente átlagosan mintegy 2,5 cm. A fajok között azonban igen jelentős különbségek lehetnek. Létezik olyan faj is, amely csak 600 év alatt éri el az 5 m-es magasságot.

Különleges megjelenésük, egzotikus szépségük lehet az oka annak, hogy a nevelés nehézségei ellenére is kedvelt dísznövények.

Az ausztrál őslakosok életében nagyon fontos szerepet töltenek be a lakóhelyükön termő fűfák. A virágzati tengelyüket pl. halászigonyként használják. A vízbe áztatott virágokból kioldódó nektárból édes ízű italt készítenek. A virágok a bozóttban való tájékozódásukban is segítenek, ugyanis a virágzaton belül a melegebb, naposabb – rendszeren északi – oldalon lévő virágok előbb nyílnak, mint a nap elől eltakart, hűvösebb oldalon lévőek. A növények gyantáját felhasználják a dárdáik és a szigonyaik gyártásához, és az felbecsülhetetlen értékű ragasztóanyag a szívárgó víztartó edényeik kikapasztásához, sőt a didzseridu (didgeridoo) nevű különleges hangszerük készítéséhez is.

A virágzati tengely megszáritott virágmentes részét tűz csiholásárára is alkalmazták, azt mintegy fűróféként dörzsölve egy másik fához.

A *Conospermum*-nemzetség fajait az ausztrálok füstcserjének (Smoke Bush) nevezik, mert hajfűrtszerű, szürke vagy kék virágzataik kellő távolságból nézve a pipázók vagy a cigarettázók által kipöfékelt füstfelhőkre emlékeztetnek. Szokatlan beporzásmódjuk van. Amikor a rovar landol a virágon, a bibeszál átcsapódik



A Mount Lesueur-re fölvezető út

az egyik oldalról a másikra. Az érett portokok szabályosan fölrobbannak a bibeszál átcsapódásakor, beterítve a rovar pollen szemekkel. A bibeszál hirtelen helyváltoztatásának ereje képes megölni kisebb hangyákat vagy legyeket. A *Leioproctus* méh nemzetség egyes fajai kizárólag a *Conospermum*ok nektárját és pollenjét fogyasztják.

Némelyek közülük fehér szemekkel, tejszínű szárnyakkal és fehér szőrökkel fedett testtel álcázzák magukat. A *Conospermum nervosum* rózsaszín vagy kék, a *Conospermum stoehadis* fehér vagy szürke, a *Conospermum bo reale* pedig fehér vagy más virágszínű cserje.

Nemcsak a nemzeti parknak, hanem Nyugat-Ausztráliának is emblematikus növényei a vérnárciszfélék (Haemodoraceae) családjába sorolt „mancsok”, melyek 11 faja az *Anigozanthos*-nemzetségbe, míg 1 a *Macropidia*-nemzetségbe tartozik. A nemzeti park területén két



Egy csucsorfaj (*Solanum lasiophyllum*) a War Rocknál

„mancsfaj” került a szemünk elé. Ezek egyike az *Anigozanthos humilis*, melyet angolul Catspaw-nak neveznek, ami magyarra macskamancsként fordítható. Nevét arról kapta, hogy a rügyként még sárga, majd nyílás közben fokozatosan narancsszínűvé, később pedig vörössé változó virága a macska mancsára hasonlít. A másik faj, a vörös–zöld kengurumancs (*Anigozanthos manglesii*) szépsége annyira egyedülálló, hogy Nyugat-Ausztrália egykori elnöke, David Brand 1960-ban egy rendeletben az állam virágszimbólumává nyilvánította. Az állam címerében is a koronát két vörös–zöld kengurumancs-virágzat övezi. Dísznövényként is elterjedt. Kedveltsége a virágzata szokatlan formájára és különös színösszetételére vezethető vissza. Sötétzöld leplű virágai hosszú, vörös színű szár csúcsán jelennek meg; a kocsányok és a vacok szintén vöröslenek. Először a legalsó virág nyílik, majd ezt követik sorban a fölötte lévők. Ezáltal a virágzás hosszú ideig tart.

A Goodeniaceae családba tartozó *Dampiera lavandulacea* közel 1 m-es magasságot elérő, égszínkék vagy fehér virágú cserje. A levelek és a szirmok színi oldalának kivételével a növény minden részét szürkés szőrök borítják. A nemzetség a nevét William Dampier angol hajóskapitányról és tudományos megfigyelőről kapta. Dampier volt az első angol, aki Ausztrália egyes részeit föltárta, és az első ember, aki háromszor körbehajózta a Földet. Ausztrália természettörténetét is valószínűleg ő kutatta elsőként. Egyik utazása során megmen-

tette egy korábbi hajós, Alexander Selkirk életét, akinek története Daniel Defoe-t valószínűleg a Robinson Crusoe megírására készítette. Dampier felfedezései többek között James Cookra, Lord Nelsonra, Charles Darwinra és Alfred Russel Wallace-ra is hatással voltak. Kegyetlenkedése miatt azonban egyszer egy bíróság el is ítélte.

A pillangósvirágú *Isotropis cuneifolia* subsp. *cuneifolia* elterülő és fölemelkedő, alacsony termetű, évelő lágyszárú vagy cserjefaj. Virága alapszíne sárga, de piros és bíborpiros mintázata az áttetsző napfényben megkapóan széppé teszi. Élőhelyeinek jelentős részét mezőgazdasági és lakóterületek létesítése céljából letarolták, és ahol megmaradt, csak megfelelő intenzitású és gyakoriságú bozóttüzet követően képes regenerálódni.

A mirtuszfélék (Myrtaceae) családjának is akadt a nemzeti parkban néhány dekoratív képviselője. Közülük a *Calothamnus sanguineus* görög eredetű nemzetségneve

Velleia rosea (Goodeniaceae) tömege a Waterfallsnál



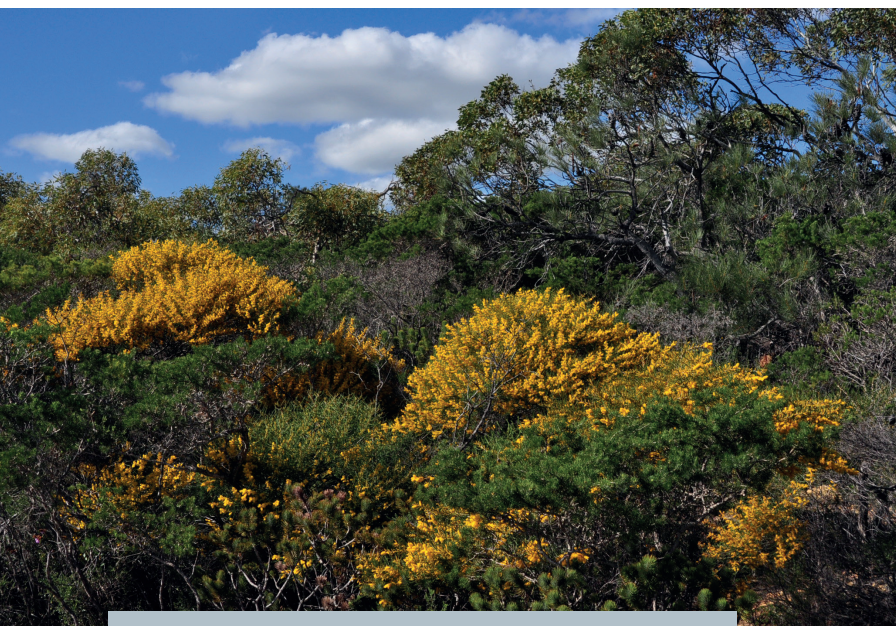
szép cserjét jelent. Világospiros vagy fehér virágszirmai a kinyílásukat követően hamar lehullanak, de a hosszú, élénk karmazsinpiros porzói hosszabb ideig megmaradnak. A porzósálak nagyobb részükben összenőnek egymással, 4 karomszerű képletet (falkát) alkotva. A nektárban gazdag virágú növény több hónapon át tartó virágzása vonzza a mézevő madarakat. A virág porzófalkáinak görbülése jól illik a csőrük alakjához, aminek következtében a pollen rászóródik a fejükre. A mintegy 70 fajt számláló *Darwinia*-nemzetség legtöbb faja Nyugat-Ausztrália déli részén honos. A nemzetséget *Charles Darwin* orvos nagyapjáról, *Erasmus Darwin*ről nevezték el. Az idetartozó fajokat a virágok alakja alapján az ausztrálok harangoknak nevezik. Természetes élőhelyeiket a vegetáció kiirtása és a legeltetés veszélyezteti. Regenerálódásukat a szárazság, a megváltozott tűzviszonyok és a *Phytophthora cinnamomi* oomicéta általi fertőzés akadályozza. A nemzeti parkban megtalálható *Darwinia virescens* apró termetű, földön elterülő faj. Virágzatait is a földfelszínre rakja. Virágai pirosak, zöldek vagy sárgák. A *Verticordia grandis* nagyméretű, fás cserje. Rendkívül szép virágai mi-



Két fészekvirágzatú faj (*Schoenia cassiniana* és *Waitzia nitida*) a Waterfallsnál

A spárgafélékhez (Asparagaceae) sorolt *Thysanotus patersonii* minden ausztrál államban megtalálható. Más növényekre tekeredő, csavarodó szárú, leveleket alig képző, évelő lágyszárú növény gumós gyökerekkel. Hajtása egyszerű vagy sokszorosán villásan (dichotomikusan) elágazó. Virágai magányosak, szíromlevelei lilák és pillás szőrökkel szegélyezettek. A kapaszkodó szára mellett ezekről a szőrökről kapta a növény a tekeredő rojtos liliom („Twining Fringed Lily”) helyi elnevezését.

Alacsony, sokszárú, fehér, lila vagy pirosasrózsaszín virágú cserje a hangafélék (Ericaceae) családjába sorolt *Conostephium preissii*. Nemzetségének legfontosabb, más taxonoktól megkülönböztető tulajdonsága az apró pártacimpákat viselő, kúp alakú, csúcsa felé beszűkülő pártacsöve, mely a porzókat magába zárja, és csak a bibét engedi a csúcsán kibújni. Úgy tűnik, hogy az ilyen pártaalakulás a legfontosabb feltétele a beporzás egy különös formájának, melyet angol neve (buzz pollination) után zümmögésbeporzásnak nevezhetünk. A beporzásnak ezt a formáját eredményezi egyes méhek zümmögése olyan virágokban, amelyekben a portokok a virágport többé-kevésbé erősen visszatartják. A zümmögés révén beporzott növényfajok portokjai tipikusan cső alakúak, egyetlen nyílással az egyik végükön, benük pedig a pollenszemek sima felszínűek és szorosan összetapadók. A beporzást erre specializálódott poszméhek vagy magányos méhek végzik. Ezek képesek a pollen felszabadítása érdekében megragadni



Akáciák a Mount Lesueur-ön

att kedvelik, gyűjtik és termesztik. Tollszerű virágai tömör csoportokat alkotnak; kezdetben fehér színűek, és fokozatosan változnak mélyvörös színűekké. A végén meggömbülő bibeszál 2,5 cm hosszúságban is kiemelkedhet a virág középpontjából. A csészelevelek tollszerűek, míg a szíromlevelek egymással összeforrva csövet formálnak.

a virágot, és szárnyizmaikat olyan gyorsan mozgatni, hogy a virág és a portokok rezegve szabadon engedjék a virágporukat.

A Lesueur Nemzeti Parkot északi irányban elhagyva Nyugat-Ausztrália legszebbnek tartott „tavaszi vadvirágos kertjei” közül kívántunk legalább néhányat fölkeresni. Ezek nem annyira fajgazdagságukról, hanem inkább néhány fészkesvirágzatú „szalmavirágfaj” (Everlasting) egész tájakat fehérre, sárgára vagy éppen rózsaszínre festő tömeges egyidejű virágzásáról híresek. A fészkesvirágzatú fajok mellett a *Leschenaultia macrantha* nevű, legyezővirágfélék (Goodeniaceae) családjába tartozó faj azzal teszi még varázslatosabbá a tájat, hogy vegetatív terjedésével kör alakú foltokat, ún. koszorúkat (wreath) képez. A koszorúk középső része zöld színű, leveles, míg kerületén körben vastagon virágok pompáznak. Egy-egy ilyen „koszorú” is szemet gyönyörködtető, de ha sok van belőlük, az emberben már-már az a gyanú támad, hogy ilyenek létrehozására a természet nem lehet képes; azokat csak a kertet művelő ember alkothatta.

Kiindulópontul egy Mingenew nevű kis település kempingjét választottuk, melyben meglepetésünkre azt az információt kaptuk, hogy több száz km-es köröket bejárva 30–50 km-es távolságokban lehet egy-egy ilyen „virágoskertet” megtalálni. A körbeutazás feladatát a nagy távolságok és a kevés rendelkezésre álló idő mellett az is megnehezítette, hogy néha órákon



Grevillea preissii subsp. *glabrilimba*
a Lesueur Nemzeti Parkban

át utazva sem akadtunk senkire, akit útba igazításért megkérdezhettünk volna. A „virágoskertekhez” vezető útjelzések pedig meglehetősen hiányosak voltak. Nem is sikerült megtalálnunk minden látni vágyott területet. Az a 3 „virágoskert” viszont, amelyet elértünk, kár-

pótolt az elmaradt élményekért. Egyetlen bánatunk csak az maradt, hogy a koszorúkat formáló *Leschenaultia*-fajra nem leltünk rá.

Az első területünk a Wubin–Mullewa út mentén, az elhagyott Pintharuka településtől pár kilométerre északra, a War Rock (Pintha Rock) nevet viselte, állítólag azért, mert az őslakosok 2 szomszédos törzse sok évvel



Grevillea saccata (Proteaceae) a Lesueur Nemzeti Parkban

ezelőtt itt háborúskodott. A terület egy részét egy óriási, lapos gránitszikla-kibukkanás borítja, melynek több bemélyedésében télen összegyűlik a csapadék-víz. A szikla közelében egy fehér, krém-, sárga vagy rózsaszín szirmú „szalmavirág”, a *Cephalopterum drummondii* alkotott végtelennek tűnő fehér virágszőnyeget, de a közelben nagy számban találtunk további, általunk korábban nem ismert növényfajokat. A leírások szerint Nyugat-Ausztrália egyik leglátványosabb növényfaja a rózsaszín virágú, bundásan szőrös hajtású, kétszer-háromszor elágazó és tövises csúcsú levelű *Grevillea paradoxa* (Proteaceae család). A fészkesvirágzatú *Chthonocephalus pseudevax* tölevélrózsás, egyéves, lágyszárú, mindössze 1–2 cm-es méretű faj. Virágai sárgák, levelei molyhosak. Kis termete miatt mindeneke előtt nyílt, fedetlen területeken fordul elő.

Egy a szemünk elé került gomba, a *Podaxis pistillaris* igazi sivatagi faj. Első benyomásra nagyon hasonlít a pöfetegekre vagy egy ki nem nyílt gyapjas tintagombára (*Coprinus comatus*). Újabb filogenetikai vizsgálatok szerint azonban közelebbi rokonságban áll a szintén száraz élőhelyen élő kalapos pöfeteaggel (*Montagnea arenaria*), valamint a bordásőzlábgomba- (*Leucocoprinus*-)

nemzetség fajaival. Ezért először áthelyezték az Agaricaceae, majd az újonnan létrehozott Podaxaceae családba. A gomba kb. 15 cm magasra nő, és kemény, fás tönkje van. Termetes kalapja kifejetten felhasad, és a belőle kihulló fekete spórákat a szél tovaszállítja. Mivel a faj elveszítette a lemezes szerveződését, és ezzel együtt a spórák erőteljes terjesztésére való képességét, ún. „secotoid” formájúvá vált, mely átmenet a lemezes termőrétegű gombák és a zárt termőtestű pöfeteggombák között. Különösen nagy számban jelenik meg eső után. Ausztrália sivatagi, félsivatagi területein nő, de előfordul a Föld más száraz vidékein is Afrikában, Ázsiában és Amerikában. Régebben Ausztrália sivatagban élő egyes őslakos néptörzseiben az idős emberek fehér hajának és bajuszának festésére vagy testfestésre használták. Ismert a legyeket riasztó, ún. repellens hatása is. A közönséges *Podaxis pistillaris* mellett sokkal ritkább faj Ausztráliában a *P. beringamensis*, mely természetvédelem alatt áll.

Második megtalált területünk, a Wilroy Nature Reserve a „szalmavirágok” mellett elsősorban néhány kiemelkedő szépségű orchideafaja miatt érdemel említést. Ezek közül a *Caladenia hirta* és a *C. longicauda* virágzott éppen. Az előbbinek egyetlen szőrös, tőálló levele van. Lepellevei fehérek vagy lilák. A mézajka csúcsa lefelé görbül, míg széle fogazott, színi oldalán pedig 4 vagy több sor lila papilla látható. Az utóbbi orchideafajnak is csak egyetlen, hosszú és szőrös levele van. Virágai fehéres színűek. Póklábszerű, hosszú lepelleveli a csúcson hervadók és barnás színűek. A mézajak széle 1 cm-es hosszúságot is elérő fogakat visel. A fogak pirosak, de horogszerűen begömbölyödő csúcuk fehér; a mézajak közepén a leghosszabbak, míg a mézajak lefelé görbülő csúcsa felé egyre rövidebbek. A mézajak színi oldalán 4–8 sor piros, golfütő alakú papilla van.

Mullewa település közelében, az Irwin folyó mentén találtunk rá a Waterfalls nevű, vörös lateritúton megközelíthető különös szépségű területre. Ennek báját a táj szépsége, az út mindkét oldalán végtelenbe vesző „szalmavirág-” vagy csillogó pázsitfűmezők, valamint sok-sok különleges megjelenésű, a messziről jött botanikust önmagában is ámulatba ejtő növényke előfordulása adta. A „szalmavirágfajok” közül elsősorban a már említett *Cephalopterum drummondii* milliányi egyedének változatos szíromszíne, a sárgálló *Waitzia nitida*, *Arctotheca calendula* és *Myriocephalus guerinae*, a rózsaszínben pompázó *Schoenia cassiniana*, valamint a fehér virágzatú *Calotis multicaulis* tette tarkává a gepszönyeget. Mellettük helyenként nagy borítást adott egy a nevében nem véletlenül az elegáns jelzőt hordozó ausztrálárvalányhaj-faj, az *Austrostipa elegantissima*. A tájat tovább színezte tarkaságával a csillagszó-



Vörös–zöld kengurumancs (*Anigozanthos manglesii*)
(A SZERZŐK FELVÉTELEI)

rökkel borított hajtású, apró pikkelyekké redukálódott szirmú, de feltűnő kék vagy bíboros színű csészeleveleket viselő *Keraudrenia hermanniifolia*.

A tatógatóféle *Eremophila ericalyx* pompás megjelenésű cserje. Helyi elnevezése: a sivatag büszkesége (Desert Pride). Az egész növény gyapjasan szőrös. Forrt pártája krém-, sárga, néha pedig rózsaszín- vagy bíborszínű. A disznóparéjfélékhez sorolt *Ptilotus*-nemzetség fajainak érdekes helyi elnevezése: Mulla Mulla. Amikor a *Ptilotus spathulatus* földön szétterül, mindössze 5–20 cm magasságú nagy foltjára rátaláltunk, az volt az érzésünk, mintha egy vasútmodellező terepasztalon elhelyezett havas fenyőerdő imitációját látnánk. A mályvaféle *Androcalva luteiflora* nagyon mutatós virágú. Forrt csészeje krém- vagy fehér színű, pártája sárga. Tagolatlan, hullámos szélű leveleit csillagszörökből álló szörzet borítja. Egy apró fészekvirágzatú növény, az *Actinobole uliginosum* szárát, apró, kánál alakú leveleit, valamint tömött, összetett virágzatait is gyapjas szörzet borítja. Sárga virágaiban 1 mm-esnél is kisebb kaszattermések alakulnak.

Az alig pár évszázados emberi tevékenység, különösen a mezőgazdálkodás, Ausztrália természeti kincseiben is óriási károkat okozott. De ha a területe nem is vethető össze a többi kontinensével, szerencsére elég nagy volt ahhoz, hogy szétszórtan, rejtve – az ember gazdasági aktivitása ellenére is – rengeteg értéket megőrizzen. Utazásunk jól szemlélteti, hogy elsősorban a gazdálkodásra alkalmatlan (pl. nedves vagy sziklakibukkanásos) élőhelyek hosszú láncolata még mindig jelentős részét őrzi a kontinens egykor hihetetlen gazdagságú biodiverzitásának.

TURCSÁNYI GÁBOR – SILLER IRÉN

A TIT ALELNÖKÉTŐL BÚCSÚZUNK

Tőkéczi László, a hűséges ember

(1951–2018)

Tőkéczi László halála veszteség a közélet, a szűkebb ek-lézsiája, a magyar történelemtudomány, de hatalmas veszteség az ismeretterjesztés számára is.

Tőkéczi László 1994-ben került a Tudományos Ismeretterjesztő Társulathoz. Szentágothai János mint a TIT elnöke több jelölt meghallgatása után őt választotta ki, hogy legyen a Társaság havonta megjelenő társadalomtudományi lapjának, a Valóságnak a főszerkesztője. Szentágothai János halála után Benkő Lóránd akadémikus lett a TIT elnöke, és mellette 1998-tól Tőkéczi László ügyvezető elnökként is dolgozott.

Vele dolgoztam 2000-től 2015-ig, amikor is a Társaság elnöki téisztét viseltem. Mint a TIT alelnöke 15 évig volt segítségemre. A nehéz esztendőkbén, nem éppen barátságos körülmények között is bátran vállalta a több, mint 160 éves társulat érdekeinek és a szakmai értékeinek képviselését. Közösen hirdettük, hogy a tudás elsajátítása *kötelesség*, a megszerzett ismeretanyag *köztulajdon*, annak elterjesztése, átadása *közérdek*. A Társulat elmúlt évtizedeiben ezt az elvet szolgálta, ez az értékrend jelent meg a TIT mindhárom folyóiratánál is. Nagyon betegen is még a lap 2018. januári számát szerkesztette. Főszerkesztő társaival, kollegáival rendkívül jó volt az emberi kapcsolata. Olyan ember volt, akit nem lehetett nem szeretni.

Élőszavas előadásaival járta Kárpát-medence magyarlakta városait, falvait: Szombathelytől Nyíregyházáig, Királyhelmectől Újvidékig oktatott, tanított. Akadt olyan év, amikor 100-nál is több előadást tartott. Nem szeretett repülni („tudod, én nem értem, mitől marad az ott fönt a levegőben”), de nem csak nem ült repülőre, nem vezetett autót sem. Igazi földönjáró ember volt, mint ahogy az értékítéleteiben is, ragaszkodott az igazsághoz. Csak megalapozottan alakított ki véleményt. Mindig élőszóban, előre írt szöveg nélkül beszélt, és szerette, ha kérdéseket tettek fel.

Tőkéczi László egy igazi „*Servus fidelis*” – hűséges és megbízható társ volt. Társa, sőt szószólója az értékrendben gondolkodóknak, harcolt a történelemhamisítás ellen, harcolt azért, hogy a történetírás a magyar múltat igazságos, eredeti forrásokra támaszkodva ítélje meg. Erre a legszebb példa az egykori magyar miniszterelnökről,



Tisza Istvánról írt monografiája, amely több, mint négyszáz idézetet, lábjegyzetet, utalást tartalmaz. Nem tudta elviselni, hogy Tiszát reakciónak, feudálisnak, a háború támogatójának minősítsék.

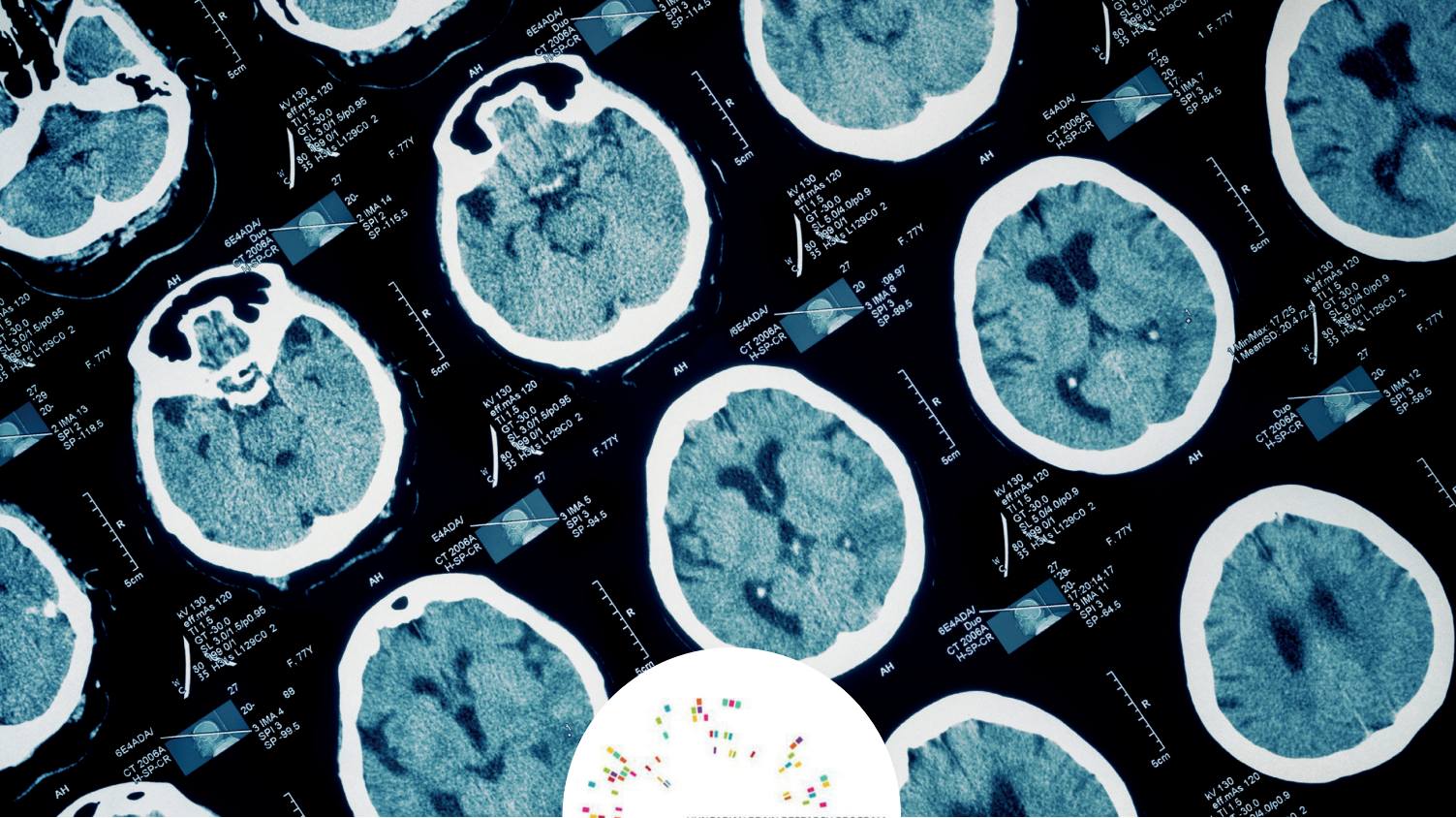
Az írást egyébként nem tartotta olyan fontosnak, azt állította: az írás a jövőnek, a beszéd a jelennek szól. „Az írásra már nincs időm” mondotta, amikor arra kérték, hogy egy-egy érdekes előadásának a kéziratát jelentesse meg.

Gondolkodása, magatartása sokszor ütközött korunk gyakorlatával, önmagunk érvényesítésének mindenek előttisége helyett ő másokon akart segíteni. Ma a ki nem mondott igazságok korát éljük, a PC (*politically correct speech*) a divat. Azt mondják sokan, amit várnak tőlük, nem azt, amit gondolnak. Ő kimondta, amit gondolt, és ez sokszor nem az volt, amit mások szerettek volna hallani. Nem is halmozták el díjakkal, előléptetésekkel. Amikor tavaly megkapta a Széchenyi-díjat, annyit mondott: „látod, végül is a nemortodox magatartást is díjazták”.

Egy írásában (*Recenzió - Urs Altermatt: A katolicizmus és a modern kor. Aula Kiadó, 1966.*) a szellemi, lelki, művelődési tényezők társadalom- és politikaformáló erejének fontosságáról beszélt. Meggyőződése volt, hogy a konzervatív értékelvűség és a változások, közösen, sikeresebben tudják szolgálni a fejlődést, „mint a divatmajmoló, *haladás-örület* radikalizmusa.”

VIZI E. SZILVESZTER

Tőkéczi László temetésén, 2018. január 23-án elhangzott, s a Valóság folyóiratban megjelent beszéd rövidített változata.



KOPONYASÉRÜLÉSEK

Az agy nem felejt

A központi idegrendszer betegségeivel foglalkozó egyik legszínvonalasabb nemzetközi folyóirat, a *Lancet Neurology* 2017-ben külön szerkesztőségi témaként tárgyalta a koponya- agysérülések kérdéskörét. Ez annak a ténynek a felismeréséből fakad, hogy a baleset kiváltotta agysérülések súlyos közegészségügyi problémát képeznek. A témát közelről ismerők a koponyasérüléseket régóta a „csendes járvány” kifejezéssel illetik.

Bár állítólag már Hippokratész is felhívta a figyelmet arra, hogy a koponyasérülés soha nem lehet annyira triviális, hogy ne vegyük kellően komolyan, vagy annyira súlyos, hogy ne próbáljuk meg kezelni, a köztudatban rendkívül kevés információ elérhető e kórképről és jelentőségéről, a közfelfogás pedig az enyhe sérüléseket figyelemre sem méltatja, míg a súlyos, kómás eseteket fatálisnak, legalábbis stigmatizálónak gondolja.

Az agysérülések társadalmi fontosságát szemléltetheti az a tény is, hogy az első négy életévtizedben a legtöbb ember e kórkép következtében hal meg. Évente 50-60 millió új koponyasérülés történik a világban, ezek között csak az Európai Unióban 2,5 millió, Hazánkban mintegy 50 000 sérültből évente 1200 körül van a mély

tudatzavarban-kómás állapotban kórházba kerülő súlyos sérültek száma (**1. ábra**). Sajnálatos módon nem csak az átlagember, de a döntéshozók sem igazán ismerik fel a koponyasérülések jelentőségét. Bár az elmúlt néhány évben több nemzetközi kutatási program indult az agysérülés kórereditének vizsgálatára, a támogatás alig tizede az Alzheimer kórt és kezelését vizsgáló tanulmányokra hasonló időszakban fordított forrásoknak. Mindeközben a frontotemporális demenciára, amely a világon dokumentált esetek alapján nem éri el a koponya-agysérülés gyakoriságának az 1%-át sem, ötszörös kutatás-finanszírozási forrást allokáltak.

A koponyasérülések kórereditének megismerése részben a támogatások elmaradása miatt is gyerekcipőben

jár, ráadásul a gyógyszergyári kutatások vonatkozásában is mostoha területéről van szó, hiszen jelen tudásunk szerint az agysérülést elsősorban a közvetlen, sérülés körüli szakban kell befolyásolni, és nyilvánvalóan kisebb gazdasági haszon várható egy rövid időtartam alatt adott szerre fordított kutatásokból, mint olyan más vizsgálatokból, amelyek krónikus betegségeket élethosszig kezelő gyógyszerelést alapoznak meg.

A koponya agysérülések két korcsoportban jelennek meg a leggyakrabban: fiatalkorban elsősorban közlekedési balesetek kapcsán, míg a nyugdíjas korosztályban főként elesés következtében jönnek létre. Szerencsére a lőtt sérülések, melyek Észak Amerikában számottevő problémát képeznek, nálunk alig fordulnak elő. A két korcsoport- dominanciából egy 45 és 55 év közötti átlag előfordulás adódik, mindez azt jelenti, hogy a súlyos agysérülések következtében átlagosan 10-20 munkaképes életév vész el. Mivel az akut szakban a beteg sorsának alakulása (hol, milyen körülmények közt látják el), és a korai szakban alkalmazott gyógykezelés jellege meghatároz-

Ezen rövid összefoglalóban sorra vesszük az agysérülések legfontosabb sajátosságait, miközben külön kitérünk a NAP keretében e tárgykörben tett megfigyelésekre.

A *koponyasérülések kórereditéről* szerzett ismereteink alapján azok kialakulását meghatározza az agy károsodását kiváltó erő mértéke, jellege. A gyorsulások lassulások az agyszövet nyírásával *diffúzan* károsítják azt, míg az ütés jellegű trauma következtében *gócós* agykárosodás és bevérzések jönnek létre. Ahogy a sérülés során kombinálódnak a kiváltó hatások, úgy bonyolódik a koponyaűrn belüli kép is; egy áthatoló lövéses sérülésnél nyíródás, ütés, vákuum hatására létrejövő üregképződés és az agy- és véredények közvetlen szakadása alakul ki (**2. ábra**). Nyilvánvaló, hogy az ilyen komplex mechanikai erőbehatások a sejtszintű kórfolyamatok teljes skáláját aktiválják, és kiváló bizonyítékát szolgáltatják annak a megállapításnak, hogy *a törzsfejlődés csúcán álló lény legkomplexebb szervének legfontosabb sérülésével állunk szemben* a koponyatrauma kezelése során (**3. ábra**).

Kritérium	Enyhe	Közepes	Súlyos
Strukturális képalkotás	normális	Normális vagy abnormális	Normális vagy abnormális
Eszméletvesztés	0–30 min	>30min és <24 óra	>24 óra
Tudatzavar/zavart mentális állapot	<24 óra	>24 óra. Súlyosságot egyéb kritériumok határozzák meg	>24 óra. Súlyosságot egyéb kritériumok határozzák meg
Poszt-traumás amnézia	0–1 nap	>1 és <7 nap	> 7 nap
Glasgow Coma Scale (az első 24 órában felvett legjobb pont)	13–15	9–12	<9

1. ábra. A koponyasérültek súlyosság szerinti osztályozása

zák a kimenetelt, nem véletlen, hogy a koponya agysérültek korszerű ellátása az egyik legköltséghatékonyabb orvosi tevékenység: néhány nap alatt 15-20 életévet menthetünk meg, vagy veszthetünk el a kezelési döntések helyessége és minősége alapján, mindennek 30-70 millió forintos következményével betegként.

Magyarországon a központi idegrendszeri kutatások és így a klinikai vonatkozású vizsgálatok is kivételes helyzetbe kerültek azzal, hogy a Kormány elindította a *Nemzeti Agykutatói Programot (NAP)*, melynek klinikai vizsgálati területei a baleseti agysérülések kórereditének és kezelési lehetőségeinek vizsgálatát is magukba foglalják.

A sérülés megértése, az ellátás sikere érdekében alapvető végiggondolnunk, hogy milyen *folyamatok ébrednek* a sérült agyban. Szabad szemmel megítélhetően az agyburkok területén futó erek szakadása következtében térfoglalóvá váló vérzéseket láthatunk, melyek az agy összenyomásával-, az agyburkok rekeszei közé préselésével közvetlen- illetve távolhatási tünetekkel (pl. más agyterületeket ellátó erek összenyomásával) fenyegetnek. Maga az agyszövet szakadások, kisebb nagyobb bevérzések következtében roncsolódik, és úgynevezett agyvizényő-, részben az idegsejtekben illetve az agyi támasztószövet nyúlványaiiban, részben a sejtek között térben kialakuló duzzadás lép fel, veszélyeztetve a vérzéses gócok körül

még elvileg megmenthető agyterületeket. A közvetlenül sérült idegsejtekben kalcium beáramlással kísért nekrotikus folyamatok, nekrotikus enzimek aktiválódása zajlik, míg az azokat körülvevő penumbra területe főként a programozott sejthalál, részben szintén kalcium-mediálta, mitokondriális károsodással fémjelzett folyamatától, az apoptosistól pusztul. Általános probléma a sérült területeken az energia háztartás zavara, az agyszövet és a véredények közötti anatómiai „gát” térben és időben hullámzó átszakadása, a szövetnedvek áramlásának megbomlása. Az agy különös sajátossága ez az ún. vér-agy-gát, melynek integritása miatt élettani körülmények között nagyobb molekulák nem képesek az agyszövetbe jutni, és amelynek hasadása a már említett vizenyő képződést tovább rontja.

Legalább ilyen fontos védelem az agy számára az agyi erek autoregulációjának jelensége. Mivel az agyszövet tömegéhez viszonyítva extrém arányban részesül a keringő vérmennyiségből, továbbá saját energiatermelő képessége minimális, ezért rendkívül fontos, hogy a szisztémás vérnyomástól függetlenül mindig standard mennyiségű oxigénben gazdag vérhez jusson hozzá.

Ezt a célt szolgálja az agyi érrendszer azon képessége, hogy a nagy, és közepes verőerek izomösszehúzódása, az össz-keresztmetszet csökkentése, az úgynevezett *autoreg-*

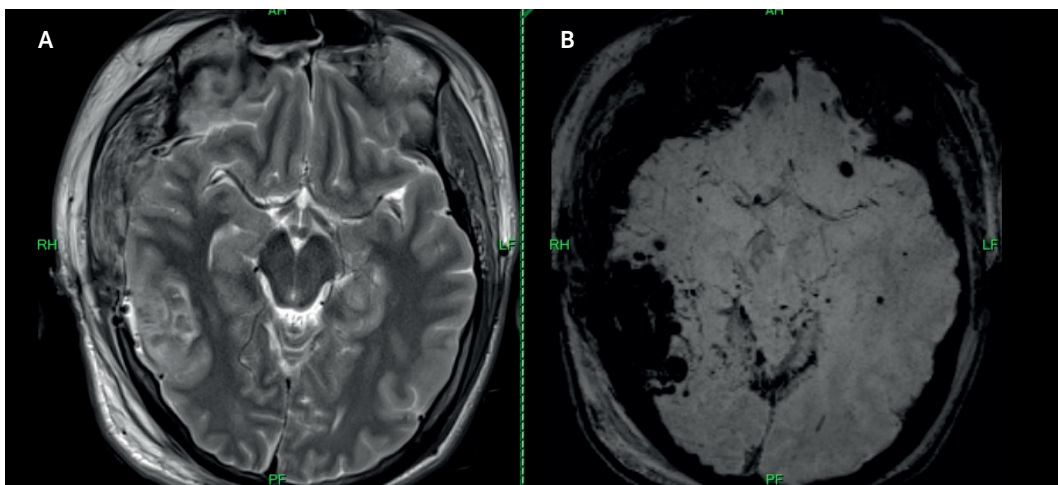
elhalást hozhatnak létre (ha például testüregi vérzés miatt esik tartósan 90 Hgmm alá a szisztolés vérnyomás). A NAP során állatkísérletes koponyatrauma modellekben, patkányokból kivett agyi erekben végzett vizsgálatok szerint az autoreguláció myogen, azaz izom-eredetű szabályozása károsodik, ugyanakkor ez a jelenség a szabadgyök képződés gátlásával visszafordítható, azaz az autoreguláció zavarát a mitokondriális károsodás, a trauma kiváltotta „energetikai válság” magyarázhatja.

Izgalmas kérdés, hogy mikor, milyen sérülések esetén jön létre ilyen autoregulációs zavar. A Cambridge University mérnökei és idegsebész, neurointenzív orvos kutatói Marek Czosnyka vezetésével egy olyan szoftvert dolgoztak ki, mely képes a különböző agyi folyamatokat monitorozó klinikai eszközök adatainak összegzésére. Ennek részeként összefüggéseket keresve az agy nyomása (intracraniális nyomás) valamint a vérnyomás között megerősítették azt a korábbi tapasztalatot, hogy az agyi autoreguláció nem vesz el minden súlyos sérült esetben, illetve igazolták, hogy ez a képesség akár többször is változhat egy vizsgált néhány órás periódusban.

Részben a NAP-, részben az EU FP7 finanszírozási mechanizmusa, részben pedig korábbi, az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma és a floridai BANYAN Inc. támogatásával nyert kutatási pályázatok és klinikai vizsgálatok

keretében Kelet Európában először a pécsi Idegsebészeti Klinikán sikerült ezt az ICM+ monitor rendszert, egy nagy időbeni felbontású neurointenzív- és elektrofiziológiai monitor-rendszert (Moberg-eszköz) és az agyszöveti oxigén, hőmérséklet és nyomás mérést összekapcsoló monitor-rendszert működésbe állítani, ahol a CENTER-TBI európai kutatási programba integrált megfigyeléseket végzünk.

Az ICM+-on alapuló megfigyelések ugyanakkor korántsem csak kutatási jelentőséggel bírnak. Sokáig az ellátási irányelvek abszolút értéket adtak meg, amikor az agyi vérátáramlást fenntartó ún. perfúziós nyomás optimumát meghatározták. Ma már tudjuk, hogy ha egy beteg ún. nyomás-passzív állapotban van, azaz nem autoregulál, akkor ez a 60–70 Hgmm-es „átlagosan ideális” perfúziós nyomásérték súlyos agykárosodásra vezethet, hisz az ehhez szükséges artériás nyomásérték az agyi erek passzív kitágulását, és vele az agynyomás fokozódását eredményezi.



2. ábra. Súlyos agysérülés képe T2 (A) és SWI (B) súlyozott felvételen. Gócos agyzúzódást, illetve diffúz axonális sérülésre utaló mikrovérzéseket mutatnak (utóbbi csak a SWI-szekvencián jelenik meg)

uláció révén a vérnyomás bizonyos értékei között állandó véráramlást biztosít az agy számára. Ha az agyat jelentős trauma éri, ez a képesség elvész, és a vérnyomás ingadozásai a vérzéses terület kiterjedésének növekedését okozhatják (ha a szisztolés vérnyomás emelkedik pl. fájdalom miatt 160–180 Hgmm-ig) vagy agy-infarktust, lágyulósos

Ugyanebben az esetben a nyomás leesése viszont halálos következményekre vezethet, hiszen az agy nem képes a vérátáramlás fokozására és a megfelelő oxigén igény biztosítására. Mivel az agynak legfeljebb öt percre elegendő tartalékai vannak, ennél hosszabb ideig tartó perfúziós zavar beláthatatlan következményekkel járhat.

Talán ez a kórélettani probléma érzékelteti legjobban, mennyire távol állnak a hagyományos klinikai orvoslás elvei az agysérülések komplexitása által igényelt valós kezelési megközelítéstől. Az elmúlt évtizedben szembe kellett néznünk azzal a kérdéssel, hogy miért nem vagyunk képesek *jobban megérteni a koponyasérüléseket* és miért nem tudunk eredményes klinikai/gyógyszertanulmányokat folytatni. A CENTER TBI vezető kutatói, David Menon és Andrew Maas úttörőként hívták fel a figyelmet arra, hogy a „one size fits all”-megközelítés egyszerűsítése alkalmatlan arra, hogy a koponyasérülés komplexitását leképezze, és az ez alapján történő betegbeválogatással soha nem fogunk áttörést elérni. A patkány kísérletektől kezdve a betegágyig minden megközelítésünkben standard állatkísérletes körülményeket, standard beválogatási kritériumokat alkalmazunk, márpedig az agy bonyolult rendszer, *komplex sérülése személyre szabott megközelítést igényel*.

Az Egyesült Államokban meghirdetett „Precision Medicine Initiative” elveit is követő személyre szabott orvoslás jelentheti a koponya-agysérültek ellátásának jövőjét. Ehhez azonban elengedhetetlen, hogy az egyes sérültek agyában zajló folyamatokról minél több eszközzel minél szélesebb körű információt gyűjtsünk be és azokat integrálva hozzunk individuális döntéseket.

Az első ilyen döntés a koponyasérülések *súlyosságának megítélése*: annak a kérdésnek a tisztázása, hogy mennyire kell komolyan venni egy koponyatraumát. Ez korántsem egyszerű feladat, hiszen a korábban említett hippokratészi elveket nehéz számszerűsíteni, eljárási irányelvekbe foglalni. Az alapvető probléma, hogy ellentétben a szervezet más működési rendszereivel, az agy károsodására vonatkozóan vérből vagy más testnedvből származó, úgynevezett biológiai markert, amely a működési zavarok tényét, súlyosságát és helyét, várható kimenetelét pontosan mutatná, mindezidáig nem sikerült azonosítani.

Sajnálatos módon az eddigi tudományos vizsgálatok és eredmények klinikai gyakorlatban való alkalmazásának lehetőségét kérdőjelezi meg a Center-TBI programban zajló biomarker kutatások is. E vizsgálatok keretében Pécsen nemcsak több, mint 5000 koponyasérült vérmintáinak tárolását és részben elemzését is végezzük, de a nemzetközi szakirodalmat folyamatosan értékelő ún. „living systematic review”- vizsgálatok is folynak. Ezek az eddig elért tudományos eredmények kritikus elemzésével azt mutatták, hogy a jelenleg elterjedt és például

Sérülés-cunami

A koponya agysérülés pillanatában az agyat erő erőbehatás következtében úgynevezett *primer, vagy elsődleges agysérülés* alakul ki. E sérülés kiterjedését és jellegét az erőművi behatás típusa, intenzitása, valamint a védekezés eszközei (biztonsági öv és légzsák együttes használata, bukósisak, megfelelő körültekintéssel megválasztott közlekedési sebesség, munkavédelmi előírások betartása) befolyásolja.

A sérülés pillanatában az agyban elinduló kórfolyamatok *secunder, vagy másodlagos sérülést* indítanak el, ezek jellemzője az excitatorikus aminosavak felszabadulása, az agyvizényő képződése, a másodlagos membrán áteresztőképesség változás, a gyulladáshoz vezető folyamatok megjelenése, az energiaháztartás zavara.

Klinikai szempontból a másodlagos sérülések előidézőjének és súlyosbítójának tartjuk az agyi vérátáramlás és oxigenizáció zavarára vezető jelenségeket, úgy, mint a kivérzés miatti vérnyomás esést, a légutak elzáródása miatti oxigénhiányos állapotot; mindezek a kísérletes bizonyítékok és klinikai tapasztalatok alapján exponenciálisan növelik a károsodott agyterület kiterjedését.

Az akár többszörös sérülést szenvedett betegek ellátása során az intenzív ápolás kapcsán tartós lélegeztetés, kivérzés, a megváltozó metabolikus viszonyok következtében fellépő többszervi elégtelenség további agykárosodáshoz, *harmadlagos, negyedleges sérülésekhez* vezethet. *Társsérülések* a központi idegrendszer más területén is súlyosbíthatják az állapotot: a súlyos, kómás tudatállapothoz vezető agysérülések 4–5%-ban a gerincvelő közvetett vagy közvetlen károsodásával járó, illetve fenyegető instabil gerincsérülés is létrejön, elsősorban a nyaki gerinc szakaszon.

A fent részletezett „sérülés-cunami”, egyetlen ponton befolyásolható eredményesen és biztonságosan, ez pedig a megelőzés, a prevenció, melynek korcsoportha, személyi kockázatra szabottnak kell lennie (időseknél az elesés, fiataloknál a felelőtlen, kötelező óvintézkedéseket be nem tartó magatartás megelőzése és kerülése a legfontosabb). A másodlagos, harmadlagos sérülések orvosi befolyásolása már egy szükségszerű kényszerlépésnek tekinthető, melynek költséghatékonysága és eredményessége jóval alacsonyabb, mint a prevencióé.

a skandináv országokban már diagnosztikus biomarkerként is használt S100β fehérje azonosítása a vérből nem képes teljességgel kizárni a CT vizsgálat szükségességét, illetve az enyhe koponyasérültek esetében nagyon alacsony specificitással tudja kiemelni azokat az eseteket, akiknél szükséges-, vagy éppen felesleges a koponya CT elvégzése. Előzetes eredménye(in)k alapján a gliális fibrilláris acidikus protein, GFAP (támasztószöveti marker), valamint az idegsejt eredetű enzim, a UCHL-1 biomarkerként való alkalmazása tűnik hosszútávon a legígéretesebbnek. Ugyanakkor nyilvánvaló, hogy nemzetközileg standardizált mérési módszerek és normál értékek nélkül e markerek sem hoznak áttörést. Azt is fontos hangsúlyozni, hogy nemcsak a biomarker forrása (érfal, támasztószövet, agyszövet) de felszabadulásának a trauma után mért időpontja is meghatározza, mely markert szükséges keresnünk illetve hogyan kell interpretálnunk eredményeinket.

Márpedig a jól definiált biomarkerekre elengedhetetlen szükség lenne, hisz ezek képezhetik azt az olcsó, gyors tesztelhetőséget, mellyel például a sportolás kapcsán kialakuló igen enyhe koponyasérülések gyógy-hajlamát meg tudjuk ítélni, vagy éppen a sportpályára/munkába való biztonságos visszatérés időpontját meghatározhatjuk.

Bár a klinikai ellátásban résztvevők több-kevesebb fogalommal rendelkeznek a középsúlyos és súlyos koponyasérülések kockázatáról, sajnos az enyhe koponyasérülések jelentőségét még a klinikusok sem ismerik teljesen. Alapvető kérdés, amelyet állatkísérletes vizsgálatokban igazoltak, és amelyre a NAP keretében végzett elővizsgálataink is adatokat szolgáltatnak, hogy a rövid időn belül ismétlődő, rendkívül enyhe, még eszméletvesztésre, klinikai tünetekre sem vezető sérülések oly mértékben képesek összegződni, hogy együttes következményeik meghaladják egy súlyos agysérülésnek az agy teljesítőképességére gyakorolt hatását.

Az MTA klinikai képző munkacsoportja által végzett vizsgálatokban Tóth Arnold és munkatársai kísérletes MR módszerekkel igazolták, hogy olyan enyhe koponyasérüléseknél is, ahol nemcsak a CT, hanem a hagyományos rutin MR vizsgálat sem mutat ki agyszerkezeti változást, a sérült agy bizonyos területeinek mérete, mikrostruktúrája illetve funkciója egyértelműen eltér-, és időben tartós változást mutat a nem-sérült egyedek csoportjának átlagértékéhez képest.

A fiatal sportolók körében végzett neuropszichológiai felméréseink alapján elsősorban a labdarúgóknál lehet a szezon során a szellemi teljesítményben változást látni, amely összefüggést mutat a fizikai kontaktusok számával. Természetesen sem a NAP-ban végzett vizsgálatok, sem más, rendelkezésre álló tanulmányok eddig nem igazolták azt, hogy a felnőtt labdarúgók esetében egyér-

telműen káros lenne az ütközések és a fejelések hatása, ugyanakkor az biztos, hogy az eszméletvesztéshez vezető sérülések rövid időn belüli ismétlődése óriási veszélyeket rejt az agy számára. Jól példázza ezt az amerikai focisták, a National Football League játékosainak extrém magas számban észlelt, korai elbutulással, kóros fehérjéknek az agyállományban történő felszaporodásával járó kórképe, az úgynevezett krónikus traumatikus encephalopathia, a „CTE”, A hollywoodi filmgyártásban is témául választott történet, melyben Bennet Omalu neuropatológus, a korábban profi boksolóknál ismert demencia pugilisztika újrafelfedezésével ráirányította a figyelmet az amerikai futballban a gyakori, ismétlődő ütközések következtében kialakuló, korai szellemi hanyatlással, a magatartás, az én- helyzet értékelésének megváltozásával, önsorsrontó tendenciák, auto- és heteroaggresszív cselekmények megjelenésével járó, gyakran öngyilkosságba torkolló klinikai állapotra, közismertté tette a CTE jelenségét. Kettőezer-tizenhétben Ann McKee munkája áttörést hozott annak igazolásával, hogy csaknem minden vizsgált amerikai focista agyboncolási lelete a CTE-nek megfelelő klika patológiai képet mutatott, ráadásul, szinte egyidőben Bennet Omalu először volt képes arra, hogy a kóros fehérje akkumulálódást kimutató speciális, pozitron-emissziós tomográfiát és MRI-t ötvöző módszertannal igazolni tudta amerikai-focistában a CTE fennállását, majd az elhunyt agyának boncolásával egyértelműen alátámasztotta, hogy a PET-MR eredménye valós volt.

Kevesebb figyelem övezi, de legalább ennyire fontos terület a harctéri sérülések témaköre. A léglökéses sérülést kiváltó robbantásos támadások különböző súlyosságú agysérülést okozhatnak; az elmúlt évtizedben a harcterekről hazatérő szövetséges katonák közül sok, ismételt enyhe léglökéses koponyasérülést szenvedett betegnél lépett később fel CTE-re emlékeztető kép.

Rendkívül nehéz-, és biomarkerek, megfelelő diagnosztikai eszközök hiányában jelenleg szinte lehetetlen feladat előre megjósolni, hogy mik azok a kontakt sportok során kialakuló sérülések, melyek veszélyesnek számítanak. A jövőben áttörést érhet el a Banyan INC vizsgálata, amely több céggel közösen fejleszt a betegágy/sportpálya mellett közvetlenül alkalmazható, úgynevezett „point of care” gyorsdiagnosztikai eszközt, amely az FDA által a koponyasérülés biomarkereként befogadás alatt álló GFAP és UCHL-1 szintjének meghatározásával kívánja a koponyasérülés súlyosságát megítélni.

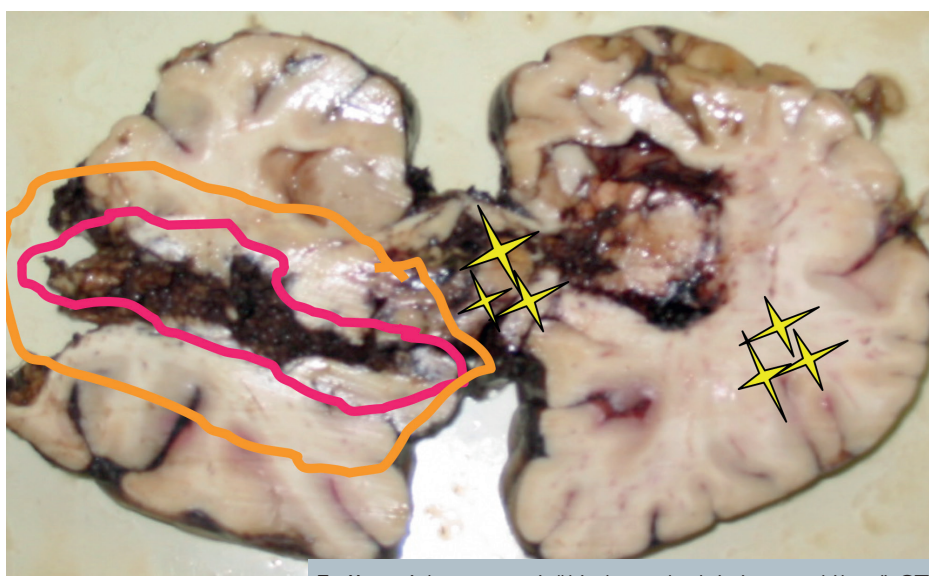
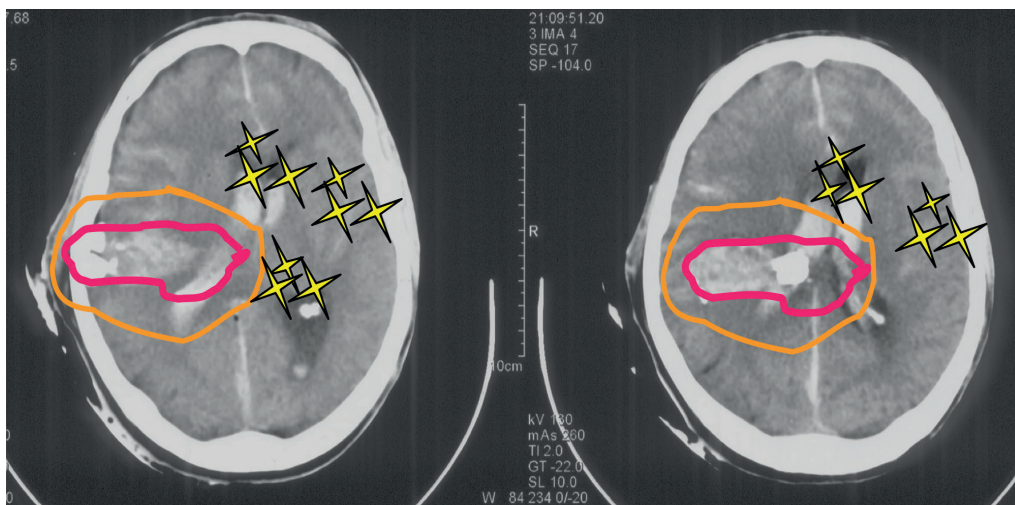
Mindaddig, amíg ezek az eszközök rendelkezésünkre nem állnak, fokozottan kell figyelniünk azokra a körülményekre, melyek a hétköznapi koponyasérülések veszélyeit növelik, például a koponyasérüléshez társuló véralvadási zavarokra. Mivel különösen az elesés, elcsúszás

által veszélyeztetett idős populációban gyakori a K-vitamin antagonisták, új típusú szájon át adott alvadásgátló szerek („NOAs”), illetve -gyakran kombinált- vérlemezke-aggregáció gátlók alkalmazása, e betegcsoport különösen veszélyeztetett a kezdeti vérömleny gyors növekedése következtében fellépő életveszélyes vérzés lehetőségével.

A Betegek sorsát döntően meghatározza, hogy az ilyen, a kimenetelt befolyásoló tényezők felismerésre kerüljenek és a klinikai döntéshozatalt megalapozó ellátási irányelvek pontos eligazítást adjanak a helyzet megfelelő értékelésére és kezelésére. Mint arra már utaltunk, a koponya-agysérülések esetében, hasonlóan más központi idegrendszeri kórképekhez meghatározó a sürgősségi ellátási szak minősége. Az ellátás szervezésének tudománya, a tudományos bizonyítékok döntéshozatali folyamatba való integrálása talán sehol nem bír olyan jelentőséggel, mint e területen. Önmagában az ellátási irányelvek bevezetése és betartása nagyobb hatással volt az Egyesült Államokban az agysérültek gyógyítására, mint bármely eddigi kutatási eredmény. Ezért is fontos, hogy részben a NAP kutatóinak bevonásával ismét kiadásra került a koponyasérülések osztályozását és ellátását szabályozó hivatalos hazai ellátási irányelv és annak összefoglalója.

A koponya-agysérülések túlélőire számos *hosszú távú veszély* leselkedik.

A NAP keretében végzett vizsgálataink alapján ismételten megerősítést nyert, hogy nemcsak az agyszövet, de a *belső-elválasztású mirigyek* működését is jelentősen befolyásolja az agysérülés. Tudott volt, hogy minden negyedik súlyos agysérülést túlélő betegnél az agyalapi mirigy funkciózavara, elsősorban növekedési hormon hiány lép fel, mely gyakran hormonpótló kezelést tesz szükségessé. E hormon hiánya gyermekkorban a fejlődés, növekedés zavarát, felnőttekben pedig súlyos kognitív illetve szociális



3. ábra. A koponyasérülés komplexitását szemléltető CT és kórbonctani felvétel. A rózsaszín terület a lött sérülés miatt kialakult bevérzést- a környező nekrozissal, a narancsszínű terület a penumbra apoptosis uralta vidékét-, a csillagok a fehérállományban lökéshullámok hatására kialakult diffúz sérülés területét mutatják

funkció-zavarokat eredményezhet. A Nemes és Mezösi vezetésével végzett pécsi vizsgálatok nagy klinikai adatbázis elemzésével arra hívták fel a figyelmet, hogy nincs olyan eszköz a birtokunkban, ami alapján a sérültek ezirányú célzott követése tervezhető lenne, azaz éveken át minden súlyos sérült illetve a „tünetgyanús” enyhébb sérültek endokrinológiai követése is szükséges.

A *kognitív hanyatlás* a CTE kóreredetűül azonosított, neuronokban lerakódó és azok funkcióját gátló neurofilamentumok, ezek konglomerációjából kialakuló fibrillumok mellett az agyvíz keringésének és felszívódásának zavara miatt is létrejöhet. Ez az ún. posttraumás hydrocephalus különösen gyakori azokban a sérültekben, ahol

az agnyomás fokozódás kezelésére ún. dekompresszív kraniektomiát hajtottak végre. Ez a beavatkozás egyszerű fizikai számításokon alapul. Lényege, hogy ha legalább 10x12cm-es ablakot vágunk a koponyacsonton, akkor hatékonyan, az agyszövet csontszéli gyűrődése nélkül kezelni tudjuk a más módszerrel nem befolyásolható agnyomás emelkedést.

A súlyos sérültek kognitív követkeése azért is fontos, mert a legújabb adatok szerint nemcsak a citoskeletális fehérjék kóros felszaporodása, hanem autoimmun folyamatok is szerepet játszhatnak abban a szomorú jelenségben, hogy fiatal súlyos agysérültek néhány évtizeddel a kezdeti javulás után jelentős, fokozatos elbutulást mutathatnak.

E rövid összefoglaló legfeljebb villanásnyi képet adhatott arról, mit gondolnak ma a klinikai kutatás résztvevői a baleseti agysérülés legfőbb kórfolyamatairól, a kezelés lehetőségeiről.

Az utolsó bekezdésekben szereplő, a súlyos agysérülés-, valamint az ismétlődő enyhébb sérülések hosszú távú következményire vonatkozó adatok talán megmagyarázzák a kissé hangzatos címet és reményeink szerint felhívják a figyelmet a körkép jelentőségére.

A potenciális sérültek, veszélyeztetett csoportok esetében a prevenció fontosságának felismerését, a kezelőorvosok számára az ellátási irányelvek tudományos alapjainak megismerését, az irányelvek elsajátítását és betartását, míg a döntéshozók számára a körkép extrém költséghatékonyságát, a fiatal életek megmentésével járó társadalmi, gazdasági előnyöket szükséges hangsúlyoznunk, e célt szolgálja a NAP kutatási programban közreműködő munkacsoportok tevékenysége is.

BÜKI ANDRÁS–TAMÁS VIKTÓRIA–KOVÁCS NOÉMI–
TÓTH ARNOLD–TÓTH PÉTER–FAZEKAS BÁLINT–
AMREIN KRISZTINA–CZEITER ENDRE–
SCHWARCZ ATTILA–DÓCZI TAMÁS

IRODALOM

Büki A, Barzó P, Demeter B, Kanizsai P, Ezer E, Tóth P, Horváth P, Varga C Baleseti agysérültek ellátásának irányelvei - 2017
IDEGGYOGYASZATI SZEMLE / CLINICAL NEUROSCIENCE 70:(7-8) pp. 223-246. (2017)

Maas AIR, Menon DK, Buki A, Czeiter E, Yaffe K et al. Traumatic brain injury: integrated approaches to improve prevention, clinical care, and research.
LANCET NEUROLOGY 16:(12) pp. 987-1048. (2017)

Maegle M, Schochl H, Menovsky T, Marechal H, Marklund N, Buki A, Stanworth S
Coagulopathy and haemorrhagic progression in traumatic brain injury: advances in mechanisms, diagnosis, and management
LANCET NEUROLOGY 16:(8) pp. 630-647. (2017)

Mondello S, Sorinola A, Czeiter E, Vamos Z, Amrein K, Synnot A, Donoghue EL, Sandor J, Wang KKW, Diaz-Arrastia R, Steyerberg EW, Menon D, Maas A, Buki A
Blood-Based Protein Biomarkers for the Management of Traumatic Brain Injuries in Adults Presenting with Mild Head Injury to Emergency Departments: A Living Systematic Review and Meta-Analysis.
JOURNAL OF NEUROTRAUMA &: p. &. (2017)

Cnossen MC, Polinder S, Lingsma HF, Maas AI, Menon D, Steyerberg EW, CENTER-TBI Investigators and Participants
Variation in Structure and Process of Care in Traumatic Brain Injury: Provider Profiles of European Neurotrauma Centers Participating in the CENTER-TBI Study.
PLOS ONE 11:(8) Paper e0161367. 21 p. (2016)

CORVIN-LÁNCCAL TŰNTETTÉK KI
SÓTONYI PÉTERT



Február 12-én Corvin-lánc kitüntetést vehetett át Áder János köztársasági elnöktől Sótónyi Péter professzor, a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat alelnöke, lapunk szerkesztőbizottsági tagja, a Semmelweis Egyetem rector emeritusa, Széchenyi-díjas orvos, az igazságügyi orvostan neves kutatója, a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja.

Sótónyi Péter 1963 óta dolgozik a Semmelweis Egyetemen (SE), az Igazságügyi Orvostani Intézetnél. Kutatási területei közé tartozik a szívizomsejt különféle károsodásainak vizsgálata, valamint úttörő munkát végzett az elektronmikroszkópia és az elemanalízis igazságügyi orvostani alkalmazása terén. Az SE Nép- és Közegészség-tudományok doktori program vezetője. A Nemzetközi Tudományos és Művészeti Akadémia és a Lengyel Orvostudományi Akadémia is felvette tagjai sorába.

A Magyar Corvin-lánc a magyar tudomány és művészet, valamint oktatás és művelődés fellendítésében szerzett kimagasló érdemek elismerésére szolgál, a kitüntetettek alkotják a Magyar Corvin-lánc Testületet. Idén a kitüntetést Huszti Péter színművész, Maróth Miklós orientalista akadémikus, Martonyi János korábbi külügyminiszter, Sir George Radda tudománypolitikus, az MTA tiszteletbeli tagja, az Oxfordi Egyetem professor emeritusa, a Magyarország Barátai Alapítvány alapítója, Ritoók Zsigmond klasszikafilológus akadémikus és Melocco Miklós szobrászművész vehette meg át.

A Szerkesztőség



HALÁLOS ÉLŐLÉNYEK

Állati eredetű mérgek

Amíg az emberiség a természettel napi kapcsolatban élt, fajunk fennmaradása függött attól, hogy felismerjük, melyik növényt nem szabad megenni és melyik állatot kell elkerülni mérgezősége miatt. Ma már ritkán találkozunk mérgező fajokkal – annál többet tudunk viszont toxinjaikról, a mérgezés hatásmechanizmusáról. Sőt, némelyik mérgeanyagot még fel is használjuk... Kétrészes cikkünk szerzői összefoglalják mindazokat a legfontosabb tudományos információkat, amelyeket érdemes megismernie a téma iránt érdeklődő olvasóknak.

Az evolúció során előnyt jelentett az állatok és a növények mérgező természete, mivel elősegítették a védekezést és a zsákmányszerzést, valamint a faj elterjedését. Az állati eredetű mérgek igen sokfélék, melyek hatóanyaga főleg arra irányul, hogy a támadásokat az állat kivédje, tehát mozgásképtelenné tegye a támadót. Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy sok állat nem maga termeli a mérget, hanem a vele szimbiózisban élő mikrobák, így fogyasztásra nem alkalmasak. Az állati mérgek sorában főleg neurotoxikus, és vérzést okozó, hemotoxikus anyagok fordulnak elő. Ezek végtelen variációja még fajokon belül is különbözhet, így az antidótumok előállítására igen nagy körültekintést igényel. Az állatok közül a hullókok, a halak, valamint a skorpiók

és a pókok rendelkeznek leginkább mérgeanyag-előállító képességgel. A kígyók esetében a mérgefogak csatornájából egyenesen a harapási sebbe kerül a mérgeanyag, ami így könnyen felszívódik. A békák a bőrre választják ki a mérget, és már az állat érintése is halálos lehet. A pókok harapással juttatják a mérget a támadó szervezetébe, míg a hártványú rovarok fullánkot használnak. A halak, kagylók esetén főleg a szájon át történhet a mérgezés, amikor a ragadozók elfogyasztják a mérgező zsákmányt.

A humán mérgezések is ezeken az útvonalakon jöhetnek szóba, bár a mérgezés esélye nagyban különbözik földrészek szerint, és a táplálkozási szokások is befolyásolják gyakoriságukat. Hazánkban az állatok okozta

mérgezések igen ritkák, csak ott fordulnak elő, ahol egzotikus állatokat illegálisan tartanak, pl. a tiltott kereskedelemben. A veszélyes állatok tartásához szükséges engedélyek megszerzéséhez ugyanis szakértelem szükséges.

Skorpiók

A skorpiók nyolclábú élőlények, így ezek nem rovarok, hanem a pókok családjába tartoznak. Hosszú, hegyes farkuk végén van a méregtartály, amiből támadás vagy zsákmányszerzés esetén mérget lövellnek. Főleg a rovarok bénítására specializálódtak, de kisebb emlősállatokkal is végezni tudnak. A világon élő kb. ezerötszáz skorpiófaj (Scorpiones) közül mindössze huszonöt veszélyes az emberre, melyek főleg a Szaharában, az amerikai Arizonában és Mexikóban találhatók meg. Elsősorban azok a skorpiófajok veszélyesek, amelyeknek ollója viszonylag kicsi. Ezek a fajok ugyanis zsákmányszerzésük közben nem ollóik erejére, hanem az előrenyújtható testvégükön lévő tüskéből lövellő méregre támaszkodnak. Évente kb. 200 ezer skorpiócsípés fordul elő a világon, főleg Indiában, a Közép-Keleten, Észak-Afrikában, Brazíliában, Mexikóban és az USA déli részén, és ebből 800–2000 ember halálát okozzák évente. Ez a szám a valóságban sokkal nagyobb is lehet, hiszen a skorpiótámadások többségében az áldozat nem jut orvosi segítséghez, így a statisztikában sem szerepel. A skorpiók általában csak védekezés-ként támadnak az emberre, így sokszor a figyelmetlenség az oka a halálos mérgezésnek.

Mérgük nem csak neurotoxikus, de a szívizomra is káros, mivel gátolja a nátriumion-csatornák működését. A mérgezés kezdeti tünetei hasonlítanak a szerves foszfátészterek okozta mérgezéshez. A skorpiók mérge igen összetett. Tartalmazznak mukopoliszacharidokat, hialuronidázt, szerotonin-, hisztamin- és proteázinh inhibitorokat, aminosavakat stb. Mivel a mérge elsősorban a nátriumcsatornákat gátolja, ezzel elősegíti a kalciumfüggő preszinaptikus idegek izgalmát, aminek eredményeként megnő a neurotranszmitter acetilkolin-kibocsátás, ami heves szimpatikus túlsúlyt okoz. Így a csípést követően hipertónia, láz, gyors szívverés alakul ki a másodlagos epinefrin- és norepinefrin-kibocsátás miatt. Ezt egy erőteljes paraszimpatikus túlsúly követi, ami vagotóniával, bradycardiával, hányingerrel, általános gyengeséggel hányással járhat együtt. A vázizomzat remegni kezd, majd akaratlan mozgások jellemzik ezt az állapotot. Gyermekek esetén, főleg 10 éves kor alatt, a tünetek sokkal súlyosabbak lehetnek. A laboratóriumi eredmények hiperglikémiát, leukocitózist és a C-reaktív proteinszint-emelkedését mutatnak a fokozott citokintermelés miatt. A

szívizom elégtelensége többnyire a bal kamra kiáramlás-csökkenése és a hipoxiás állapot miatt jön létre, ami infarktushoz hasonló állapot okoz.

A skorpiócsípést a kigyómaráshoz hasonlóan a seb lezorításával kell ellátni, hogy a mérge ne jusson be a nyirokerekbe. Létezik ellenmérge, amit a szisztémás tünetek megjelenése esetén kell alkalmazni. A keringés és légzés támogatása, az oxigenizáció javítása a halálozást jelentősen csökkentheti. Újabban a skorpiók mérget terápiás célra is felhasználhatják, pl. a gliómák kezelésére, mivel egyes skorpiófajok által termelt klorotoxinok specifikusan kötődnek a gliómasejtekhez, ezzel elősegítik a citosztatikumok célba jutását. A mérge a Plasmodiumhoz is előszeretettel kötődik, így potenciális antimaláriás szerként is értékelhető. A Tunéziában élő skorpiók között vannak olyanok, amelyeknek a mérge tudatmódosító hatása, így a szárított skorpiót dohányhoz vagy marihuánához keverve 6-8 órás bódulatot okozhat. Az egyéb drogok idegrendszeri károsító hatását is megnöveli, így együttes adagolásnál váratlan agresszivitás léphet fel. Nehezen dozírozható és igen változatos vele szemben az egyéni érzékenységgel.

Pókok

A pókok között is vannak olyan fajok, amelyek csípése okozhat esetleg halálos mérgezést emberben. Ilyen például a fekete özvegyek közé (Latrodectus-fajok) tartozó harmincegy pókfaj vagy a Sydney tölcserhálóspók. A fekete özvegyek különböző fajtái a világ bármely táján megtalálhatók, Észak-Amerikától Ausztráliáig. Közülük három észak-amerikai faj színezettsége miatt kapták a fekete özvegy nevet: fekete testük potrohán homokóra formájú vörös folt található. Jól ismert viselkedésük, hogy a párzás után a nőstények elfogyasztják a hímeiket, így növelve fehérjeforrásaikat. Bár maguk a pókok nem nőnek különösen nagyra (a nőstény mérete 37 milliméter körüli, a hím ennél sokkal kisebb), mérgük igen erős, erősebb, mint a kobraé és a korallkigyóé.

Viszonylag kevés mérget juttatnak áldozataikba. Emberben a csípés először hányást okoz, a nyaki izmok megmerevednek, és az áldozat lassan elveszíti eszméletét. A mérgezésért felelős hatóanyag egy magas, 150 ezer D molekulásúlyú fehérje az alfa-latrotóxin (LTX). Ez a fehérje alkalmas arra, hogy serkentse a neurotranszmitter-produkciót a különböző idegvégződéseken, így igen erős fájdalom alakul ki a csípés helyén. Az általános tünetek csak lassan alakulnak ki, melyek főleg izomfájdalmakban, esetleg hasi fájdalomokban mutatkoznak meg, és az akut hashártyagyulladás tüneteit utánozhatják. Így a kezelésben az egyik legfontosabb



A fekete özvegy hím példánya: a jellegzetes homokóra-alakú piros mintázattal a potrohán

beavatkozás a fájdalom csillapítása.

A pókok mérge is igen változatos keveréke a peptideknek és a fehérjéknek, ezek neurotoxikusak, katekolamin stimulátorok és nekrozist okoznak a csípés helyén. Az Egyesült Államokban 1950 és 1989 között hatvanhárom ember halálát okozta fekete özvegy csípése, ám mivel az egész bolygón igen elterjedtek, a fekete özvegyek csípéseinek kitett emberek száma valószínűleg sokkal nagyobb.

A legveszélyesebb csípése a Sydney tölcserhálóspóknak van. Ausztráliában évente 5-10 ezer embert csípnék meg, az ellenmérget beadása nélkül ez a csípés halálos. Így Ausztráliában a kereskedelembe állandóan kapható nyúlban termelt pókméreg-ellenanyag. A fájdalom mellett bénulásokkal, a nyelv mozgásának korlátozottságával jár, amit a skorpiócsípéshez hasonlóan szimpatikus túlsúly kísér. A szívben tachycardia, aritmia, hipertermia, izzadás, magas vérnyomás alakul ki, ami könnyen infarktusközeli állapotot vagy szívmegállást okozhat. A katekolamin-depléciót követően vagotónia és kollapszus jöhet létre. Érdekes módon ennek a póknak a csípése más emlőszállatokra nem olyan veszélyes, mint emberre, csak enyhe károsodásokat okoz, de sohasem halálos.

Fajtól függetlenül valamennyi mérges pók csípése erőteljesen feldagad, a vérzés vagy a trombózis miatt kékes elszíneződést mutat, és a csípés helyén nehezen gyógyuló, igen erőteljes vérbőséggel és fájdalommal járó duzzanat alakul ki. A marás helyén néhány óra alatt nekrozis, sőt fekély is kialakulhat. Ennek kapcsán szisztémás tünetek is létrejönnek, hidegrázás, láz, általános ödéma, hányás, disszeminált intravaszkuláris koaguláció (DIC) és veseelégtelenség miatt következik be a halál. A kezelés kapcsán a tünetek súlyosságától függően kell beavatkozni. Gondolni kell arra, hogy a csípés bakteriális fertőzésnek is behatolási kapuja lehet, ezért tetanuszoltás és antibiotikus kezelés

mellett a keringés támogatása és a sokkmentesítés a legfontosabb tennivaló. A kezelés ellenére a tünetek akár egy hétig is fennállhatnak, amit általános izomgyengeség kísér.

Hangyák, méhek és darazsak

Ezek a rovarok a föld legnépesebb állományát képezik, a hártýásszárnyúak közé tartoznak. A hangyáknak több, mint 14 ezer faja ismert és az egész világon elterjedtek, kivéve a nagyon hideg, fagyos talajú északi területeken. A modern közlekedés és áruszállítás, repülők, teherhajók, konténerek segítségével elterjedtek az egész világon, így nem ritka, hogy brazil esőerdőkben honos hangyák faszálítványokkal eljutnak Észak-Európába is. Különböző körülményekhez igen jól alkalmazkodnak, és jellemző rájuk, hogy közösségekben élnek, ahol a túlélést elősegítő munkamegosztás jellemző. Közvetlen rokonai a darazsak és a méhek, bár ezek védekezése különbözik a hangyáktól.

A hangyák rejtőzködő életformát alakítottak ki, egyáltalán nem támadnak sem állatra sem emberre, de veszély esetén fajtól függő módon rágószervükkel harapnak, vagy a fullánkos hangyák a méhekhez és a darazsakhoz hasonló módon szúrják meg a támadót vagy a prédát. A fullánk képes átdöfni a rovarok kitinpáncélját is. Ez többnyire irritációt, bőrpírt vagy égő fájdalmat okoz, de csak akkor jelent komolyabb veszélyt, ha az illető allergiás reakcióval válaszol. Ez leggyakrabban a vöröshangyák vagy a tűzhangyák méregmirigyekben lévő piperidin-alkaloidokkal kapcsolatosan fordulhat elő. Ennek összetétele igen változatos, a különböző fajok között jelentős eltérések lehetnek. Ezen kívül számos allergizáló fehérje és enzim, pl. foszfolipázok is jelen lehetnek, amelyek bőrpírt, ödémát, esetleg nekrotizáló gyulladást okozhatnak a bőrön az arra érzékeny egyéneken.

A méhek és a darazsak a hangyáktól eltérően fullánkkal rendelkeznek, amit a támadó állatba bocsájtva mérget fecskendeznek a testébe. Halálos következménye ember esetében csak akkor lehet egy ilyen támadásnak, ha tömeges csípés történik, vagy ha allergiás az illető a csípéskor a szervezetbe kerülő mérgeanyagra. A darazsak fullánkjá kevésbé fogazott, mint a méheké, ezért a szúrást követően vissza tudják húzni, és a rovar nem pusztul bele a csípésbe. A méhek fullánkjá viszont többnyire beleszakad a sebbe, ami olyan súlyos sérülést okoz a rovar számára, hogy a csípést követően hamarosan elpusztul. A fullánk egyébként a rovar potrohának végén található, és lényegében egy kintokba zárt módosult tojócsőnek felel meg.

A darazsak közül különösen a lódarázs csípése fájdalmas. A mérge összetétele igen változatos, tartalmaz kolinészterázt, dopamint, noradrenalin, hisztamint, szerotonint

Méhek

Mellitin
Apamin
Adolipin

Darazsak

Foszfolipáz
Hialuronidáz
Hisztamin

Hangyák

Acetilkinin
Peptidek
Piperidin

és számos proteolitikus enzimet (proteázt, lipázt, foszfolipázt), aminek az a feladata, hogy a neurotoxinok felszívódását elősegítse.

A méhméreg legfőbb összetevői a mellitin, apamin és az adolipin, melyek igen erőteljes gyulladáscsökkentő hatásúak (100-szor erősebbek a szteroidoknál), így a gyógyszerben is jelentőségük

van. Tartalmaz még különböző peptideket, fehérjéket hialuronidázt, hisztamint, dopamint, noradrenalin és szerotonint. Az allergiás reakciók kialakulásában főleg a fehérjék és a poliszaharidok játszanak szerepet. Anak, aki allergiás a darázs- vagy méhcsepésre, állandóan magánál kell tartania az adrenalininjekciót, aminek beadásával a halálos szövődmények elkerülhetők.

Hüllők és kételtűek

A kígyófajok közül az Elapidae (kobrá) és a Viperidae (vipera) családhoz tartozó kígyók harapása a legveszélyesebb, pl. Ausztráliában, Indiában, Afrika egyes területein és a Csendes-óceáni szigetek lakóinál a kígyóharapás okozta halálozás az első tíz halálok között szerepel.

A WHO 2017-es adatai szerint a világon évente 4,5-5,4 millió kígyómarás történik, 1,8-2,7 millió esetben klinikai tünetek is kifejlődnek, és ebből kb. 85-138 ezer eset végződik halállal. Az esetek többsége Indiában és Afrika szubszaharai régiójában fordul elő, többnyire a mezőgazdasági dolgozók, erdészek, vadászok és gyermekmunkások érintettek, akik alacsony iskolai végzettséggel és higiénés felkészültséggel rendelkeznek. Az érintett korosztály 10 és 30 év közé esik, bár a legtöbb haláleset öt év alatti gyermekek körében fordul elő. Bár nem a legerősebb mérgű kígyófaj, mégis az indiai kobra okozza a legtöbb tragédiát: évente Indiában kb. 46-50 ezer ember hal meg a kígyó marásaitól. Mint megannyi állat, a kobra is csak a legvégső esetben támadnak az emberre, akkor, ha nem látnak más esélyt a menekülésre. A kígyómarások nagy része a vízközeli mezőgazdasági munkák végzésekor éri az embert, így elsősorban Ázsia rizstermelő országainak vidéki lakossága érintett.

A kobra mérge neurotoxikus hatású, tehát blokkolja az emberi idegrendszer működését, sok kobra mérge emellett vérárvadásgátló hatású is. Ha az áldozat nem jut idejében orvosi segítséghez, fél órán belül légzési, keringési elégtelenségben veszti életét. A terhes anyák és a kisgyermekek különösen érzékenyek a mérgeire.

Kígyóméreg fajtái

A *neurotoxikus méreg*ek többnyire foszfolipáz természetű anyagok vagy polipeptidek. A foszfolipáz A2 családba tartozó enzimeket tartalmazó kígyóméregrek direkt módon támadják meg a neuro-muszkuláris szinapszt, így megakadályozzák az izom akaratlagos mozgását, bénulást okoznak. Ennek a hatásnak a mechanizmusa jól ismert. A mérge a terminális axonvégződések elpusztításával megakadályozza a neurotranszmitterek átjutását az izom effektor rostjaira. Azonnali bénulás jön létre a megharapott testrészen, majd nagyon gyorsan szétterjed a környező szövetekre és az egész szervezetre, végül légzésbénulás miatt következik be a halál. A másik toxinféleség amit a kígyómérge tartalmaz, egy polipeptid-struktúra, ami elsősorban a posztzinaptikus régióra hat, és 4-5 neurotoxikus molekula kapcsolódik egymáshoz diszulfidhidakkal. Ezek a polipeptidek elsősorban az acetilkinin receptorokat támadják meg, és ezzel blokkolják az ionszatórnákat. Ennek hatása nem azonnali, kb. egy órával a harapás után alakul ki, így lehetőség van az ellenmérge beadására és a kórházi kezelés kapcsán meg lehet előzni a légzésbénulás kialakulását. Vannak specifikus neurotoxinok is, mint pl. a dendrotoxin, ami a terminális axon nátriumcsatornáján fejt ki hatását és többnyire egy másik, fascikulin nevű, acetilkolingátló méreggel együtt fordul elő. Ennek a két mérge az együttes hatása nagyon hasonlít szerves foszfátészter-tartalmú peszticidek okozta mérgezéshez.

A foszfolipáz-tartalmú méreg nem csupán az idegvégződéseket, hanem magát az izom struktúráját is károsítja, azaz *izomméreg*ek. Hatásukra az izomrostok elhalnak, belőlük mioglobint szabadul fel, ami a vesébe kerülve a hemolízishez hasonlóan a tubulusok elzáródása miatt anuria, majd vérzéses sokk alakul ki, ami önmagában is halálos lehet. Ezért az ellenszérum beadását minél előbb el kell kezdeni, mert ha az izmok elkezdnek pusztulni, az ellenmérge már hatástalan lehet erre a folyamatra.

A kígyómérgekben található *hematotoxinok* megakadályozzák a trombociták aggregációját, ezért vérzéses nekrozisokat okoznak. Először fokozzák a trombusképződést, majd hemolízis jön létre. Ennek az az oka,

hogy a fokozott trombusképződés miatt elhasználódik a fibrinogén, és az újra képződött fibrinogént a mérég proteáz- és fibrinogénaktív tartalma roncsolja.

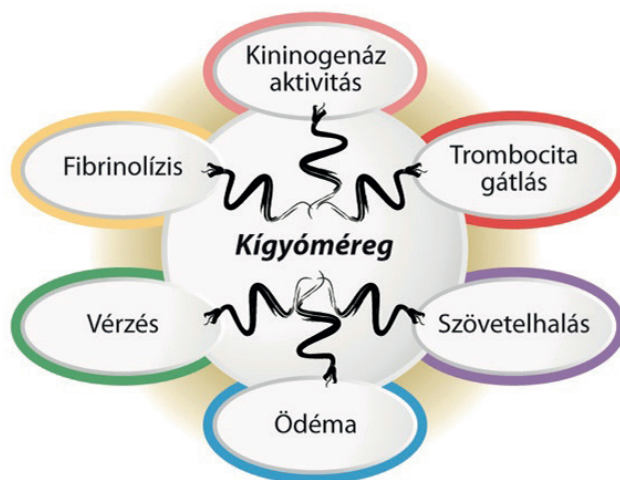
Az esetek túlnyomó többsége nem kerül kórházi kezelésre, hiszen az elmaradott vidékeken a helyi viszonyoknak megfelelően sem az orvosi ellátás sem az egészségtudat nincs azon a szinten, hogy ez lehetővé váljon. Többnyire a hagyományos népi gyógymódokkal próbálják kezelni a kígyómarást, mivel évszázados tapasztalat során rájöttek, hogy számos növény képes közömbösíteni a friss harapásban a mérég aktivitását. A kórházi kezelés az eset súlyosságától függően igen változó lehet. Akik kórházba kerülnek, azoknál már többnyire késői reakciók láthatók, bár az ellenmérég beadása sohasem késő, a keringés támogatása, esetleg dialízis vagy vérátömlesztés is életmentő lehet. Az ellenmérég állatok immunizálásával nyert antitesteket tartalmaz, amit főleg kecskék és nyulak kígyóméreggel történő kezelésével állítanak elő, így ennek beadása sem veszélytelen, hiszen allergiás reakciót vált ki. A közhiedelemmel ellentétben a kígyómérget nem lehet kiszívni, kiégetni vagy kivágni a sebből, mert azonnal felszívódik a környező szövetekbe és a sejtmembránokhoz kötődve fejt ki a hatását. A seb leszorításával (nyomókötés), illetve a végtag immobilizálásával késleltetni lehet a mérég gyors tovaterje-



Indiai kobra

dését a szervezetben. Azonnal el kell kezdeni az ellen-szérum beadását, majd a légzéstámogatással esetleg hemodialízissel meg lehet akadályozni a mérég központi idegrendszeri vagy vesekárosodást okozó hatását. A seb kimetszése csak arra jó, hogy a már elhalt szöveteket eltávolítsák.

Magyarországon is található két mérgekígyófaj, a keresztes és a rákosi vipera, amelyeknek csak igen gyenge mérgük van, így marás esetén az ellenanyag beadása



A kígyómérgek legfontosabb fajtái és károsító hatásuk a szervezetre: fibrinolízist okozó hatás, ami szövetszété-
sést okoz, a kininogénáz-aktivitás felelős az ödéma ki-
alakulásáért, és a trombocita-aggregációt gátló hatás
miatt alakulnak ki vérzések

nem szükséges. A seb fertőtlenítése és a végtag nyugalomba helyezése mellett inkább az érintett személy pszichés megnyugtatósára kell a hangsúlyt fektetni.

Ősidők óta ismerték az emberek az állati mérgek hatásait, sőt kiterjedten használták a vadászatok során. A mérég szó (toxon) is a nyíl szóból származik, mivel gyakran vadásztak mérgebe mártott nyilakkal. A megsebzett állatból a nyíl körüli területet gondosan kivágták, hogy a hús elfogyasztása ne legyen mérgező. Az esőerdőkben őshonos békák közül mindössze három olyan faj létezik, amely megfelelő mennyiségben termel mérget. A többi békában, sőt a nálunk honos varangyok bőrén is vannak mérget előállító mirigyek, de ezek nem termelnek veszélyes mennyiséget. Ezek közül a Közép- és Dél-Amerikában, főleg a kolumbiai esőerdőkben honos békafajok közül az *arany nyilmérgebéka* (*Phyllobates terribilis*) a legveszélyesebb, aminek egyedei akár 5 centiméteresre is megnőhetnek. Stressz hatására akár 0,5-1 mg mérget is képesek termelni, ami akár 10 ember életének kioltására is elegendő mennyiség. Mérge egy szteroid alkaloida, ami neurotoxikus hatású (batrachotoxin), és a kuráréhoz hasonlóan főleg az izom-ideg kapcsolatokra fejt ki bénító hatását. Főleg a Na-csatornákat bénítja, ezek megnyitása miatt meggátolja, hogy az idegsejtek ingerületet adjanak át egymásnak, így az izmok nem tudnak elernyedni. Az izom görcsös összehúzódása miatt bénulás jön létre. A halál rendszerint szívroham vagy kamrafibrilláció miatt következik be. A béka bőrében raktározott méreganyagok nagyon nehezen bomlanak le, így a

mérgezett nyilak évekig használhatók. Az arany nyílméregbeka mérget a kolumbiai indiánok úgy állítják elő, hogy a békát forró láng fölé tartják, mire az állat bőrén át szivárogni kezd a méreg, amit edénybe gyűjtenek, és abba mártják bele a nyílveesszőket.

A nyílméregbékák mérgei igen sokfélék lehetnek, amelyekkel szemben az állat önmaga immunitást fejt ki, így a gazdaállatra vagy a fajtársakra nem jelent veszélyt. Egy másik mérgefajta ami ebben a békában is megtalálható, a tetrodotoxin. Ez a mérgeanyag számos más, főleg tengeri élőlényekben, halakban, polipokban is megtalálható. Igazán híressé akkor vált, amikor egy speciális japán csemegében, a gömbhalban (fugu) is megtalálták, és éppen ellentétes hatást fejt ki, mint a batrachotoxin, mivel zárja a Na-csatornákat.

Felmerül a kérdés, hogy ez a méreg nem használható-e fel a békák bőrében található méreg közömbösítésére. Sajnos nem, mivel a hatása irreverzibilis, ami tovább rontja az ingerületátvitelt az idegek és az izmok között.

Vajon a béka maga képes a méreg előállítására, vagy egyéb környezeti, táplálkozási tényezők felelősek-e a mérgek előállításáért?

Jelenlegi ismereteink szerint a mesterséges körülmények között, terráriumban tartott békák nem mérgezőek, csak a természetes környezetükben alakul ki ez a képességük, tehát a mérget termelő békákat nem lehet tenyészteni. Akkor honnan származik a méreg? A tengeri állatokban, így a gömbhalban található tetrodotoxin termeléséért is valószínűleg a táplálékkal

Mérgező madarak

A madarakban mérgek termelésére alkalmas szerv ugyan nem található, de a nyílméregbékák mérgeéhez hasonló alkaloidákat találtak három dolmányos gyümölcsrigó-fajban, melyek Pápua Új-Guinea őserdőiben élnek. Homobatrachotoxint, pumilio toxint, allopumiliotoxint és egyéb indol alkaloidákat mutattak ki belőlük. Ezek a mérgező anyagok minden bizonnyal a táplálékkal, mérgező rovarokkal kerültek a madár szervezetébe és ezeket képesek raktározni a testükben, bőrükben és a tollakban, ami védelmet biztosít számukra a ragadozókkal szemben. A hazánkban is honos fürjek, ha mérgező növények magjait fogyasztják (tarlóvirágot, bürököt, hunyorféléket) szintén mérgezővé válhatnak. Az afrikai tuskésszárnú lúd mérgező rovarokat elfogyasztva cantharidint képes tárolni a húzában, aminek elfogyasztása akár halált is okozhat.

bejutott mikroorganizmusok felelősek. Viszont ez nem elegendő magyarázat, hiszen a mérget koncentrálni és tárolni is kell, és ezek az állatok specializálódtak arra, hogy védekezésül felhasználják a táplálékkal bejutott mérget. Úgy tűnik, hogy a mérgező halak és kétéltűek egyes fajai képesek ilyen koncentrációra, ami feltehetően túlélési előnyt jelent a számukra, bár még ez sem bizonyított, hiszen a mérget nem termelő békák vannak többségben.

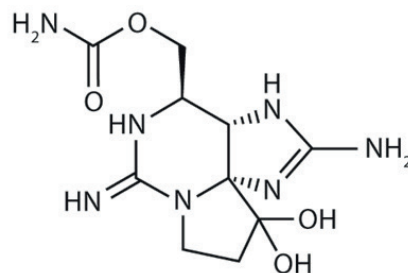
Tengeri élőlények

A tengerben a legnagyobb mennyiségben a mikroszkópikus élőlények, algák, moszatok és mikrobák termelnek mérgeket, amelyeket a magasabb rendű tengeri élő-



Az arany nyílméregbékák természetes környezetükben

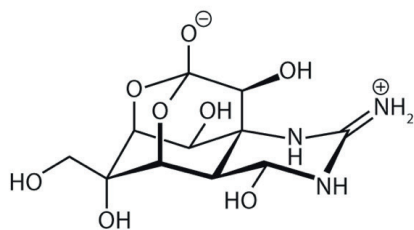
lények, csigák, kagylók, rákok és halak elfogyasztanak, a mérgeanyagot a szervezetükben felhalmozzák és másodlagosan válnak mérgezővé. Kb. 5000 algafaj él a tengerekben, de ezek közül csupán 40 rendelkezik toxintermelő képességgel. Ezt a tulajdonságukat a tengerek egyre nagyobb szennyezettsége fokozza, így a „tenger gyümölcseinek” fogyasztása egyre nagyobb körültekintést igényel. Ezek az algák különböző mérgeket termelnek, de ezek közül gyakorlati jelentősége főleg a saxitoxinoknak van, amelyek LD50 értéke patkányban 9-11 mg/testsúly kg. Ezek is főleg a nátriumcsatornákra hatnak



A saxitoxin szerkezeti képlete

A hírhedt fugu

A gömbhal (fugu) bizonyos testrészei tetradotoxint (TTX) tartalmaznak, amit a halban élősködő baktériumok állítanak elő. Ez a mérge igen elterjedt az állatvilágban. Tartalmazhatják a szalamandrák, a medúzák és a puhatestűek egyaránt. Számos baktérium képes az előállítására, de főleg a *Vibrio*-félék közül a *Micrococcus*ok, az *Acinetobacter*ek, az *Actinomyces*ek és a *Pneumonas*ok képesek nagy mennyiségben előállítani. Ez a mérge is a Na-ion-csatornákra hat, bénulásokat okoz, nagy koncentrációban emberben légzésbénuláshoz vezet.



A tetradotoxin (TTX) szerkezeti képlete és a gömbhal (fugu) fényképe kifogás utáni állapotban: veszély esetén vízzel árasztja el a testét, ettől felfúvódik, és így nagyobb látszik a valóságnál, ezzel próbálja elijeszteni a ragadozókat. A gömbhalat a japánok inyencságnak fogyasztják, és speciálisan képzett séfek dolgozzák fel és távolítják el a mérgező részeket.

az agy szinaptoszómáiban és a periférián a neuromuscularis szinapszist bénítják. Ezért mérgezés esetén bénulás, szívritmuszavar, nyelv és végtagbizsergés, bénulás, majd légzésleállás következik be. Emberben már 150-160 µg toxin is tüneteket okozhat.

A nagy mennyiségben elfogyasztott osztriga, ha mérgező algákat fogyasztott, igen súlyos gasztrointesztinális tüneteket okoz. A dinofizis toxin (DTX) egy olyan poliéter, amit a karboxilsavak közé lehet sorolni. A toxin okozta mérgezés már a bevitelt követő első félórán megjelenhet, de többnyire csak néhány óra múlva jelennek meg a tünetek. Émelygés, hányás, kínzó hasmenés, esetleg láz jelentkezik, majd kb. három nap múlva spontán javulás következik be. Az algamérgek között vannak olyanok is, amelyek súlyos központi idegrendszeri zavarokat, pl. amnéziát okozhatnak, ilyen például a damoicsav, ami nem csupán a puhatestűekben, hanem a halak emésztőrendszerében is felhalmozódhat. Ennek hatásmechanizmusa a glutamáthiánnyal magyarázható. A damoicsav bekötődik a glutamátreceptorok-

hoz, ezzel megakadályozza a glutamátfelhasználást, így nő a sejten belüli kalciumkoncentráció, ami apoptózist és az idegsejt pusztulását okozza. Az ilyen toxint tartalmazó tengeri állatok elfogyasztását követően a kagylómérgezés tünetei mellett hosszabb-rövidebb ideig tartó amnézia is kialakulhat. A neurotoxikus algatoxinok közül még meg kell említeni a brevetoxint, ami szintén az idegrendszerben a Na-csatornákra hatva elhúzódó aktivációt okoz, aminek eredményeként főleg a fej és a nyak, valamint a szájüreg képleteinek átmeneti zsibbadása vagy bénulása jöhet létre. A gyógyulás fázisában a fenti szervekben nagy fájdalom jellemző.

Az algák által termelt toxinok a növényevő halakat is érintik. Főleg a karibi térségben élő színes kisméretű halak érintettek, így ezek is mérgezőek lehetnek. A kutatások szerint ilyen módon több mint 400 halfaj válhat mérgezővé. A tengeri algákon és moszatokon kívül az édesvizekben is előfordulhatnak mérgező anyagok az élővilágban, így pl. a kéalgákban, amelyek nem kifejezetten toxikusak, de arra érzékeny egyéneknél allergiás reakciókat válthatnak ki.

TOMPA ANNA-GÁBOR DÓRA

IRODALOM

- Otten EJ.: Venomous animal injuries. In: Rosen P. Barkin R. editors Emergency Medicine concept and clinical practices New York: Mosby pp.924-940. 1998.
- Warrell DA.: Injuries, envenoming, poisoning, and allergic reactions caused by animal. In: Warrell DA, Cox TN, Firth JD, Benj J. Jr. editors. Oxford Textbook of Medicine, Oxford University Press, pp. 923-945. 2003.
- Gaitode BB. Bhattacharya S.: An epidemiological survey of snake bite cases in India. (1980) Snake, 12: 129-133.
- Philip E.: Snake bite and scorpion sting. In: Srivantava RN editor Pediatric and Neonatal Emergency Care. New Delhi: Jaypee Brothers pp. 227-234. 1994.
- Sharma SK.: Snake bites and dog bites in Nepal: Community based studies on snake bites and dog bites. 1st Consultative Meeting on rabies and envenomings. Geneva 10th January 2007.
- Fox S, Rathuwithane AC, Kasturiratne A et al.: Underestimation of snake bites mortality by hospital statistics in the Monaragala District of Sri Lanka (2006) Transactions of the Royal Soc. of Tropical Med. and Hygiene. 100(7): 693-695.
- Holloway M.: Pitohui! The colorful bird looks better than tastes (1993) Scientific American 268(1): 20-21.
- Daly JW and Myers CW: Toxicity Panamenien poison frogs (Dendrobates) some biological and chemical aspects. (1967) Science 156: 970-973.
- Daly JW.: „Thirty years of discovering antipod alkaloids in Amphibian skin.” (1998) J. of Natural Products 61(1): 162-172.
- Bane V, Lehane M, Dikshit M, et al.: Tetrodotoxin: Chemistry, toxicity, source, distribution and detection. (2014) Toxins 6:693-755.

XXVII. TERMÉSZET–TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZATUNK NYERTESEI

ÖNÁLLÓ KUTATÁSOK, ELMÉLETI ÖSSZEGZÉSEK KATEGÓRIA

I. DÍJ. PUSKÁS DÁVID: A Hold meghódítása. Egy Hold-bázis elkészítése a 3D nyomtatás segítségével
Bolyai Farkas Elméleti Líceum, Marosvásárhely, Románia
Felkészítő tanár: *Szász Ágota*

II. DÍJ. MÉSZÁROS RÉKA: Környezetünk hőkamerán át
Kiskunhalasi Bibó István Gimnázium
Felkészítő tanár: *Nagy-Czirok Lászlóné, Kiszi Magdolna*

**II. DÍJ. ILLYÉS ANDRÁS–DESSEWFFY DOMONKOS–
TOMKA BENEDEK–CSEH DOMONKOS:**
Egy meteorológiai ballonos diákkísérlet a sztratoszférában
Budapesti Piarista Gimnázium
Felkészítő tanár: *Müllner Erzsébet*

III. DÍJ. VERÉB SÁNDOR ANDOR: A postagalamb
és az „elektroszmog”
Kiskunhalasi Bibó István Gimnázium
Felkészítő tanár: *Nagy-Czirok Lászlóné*

III. DÍJ. FÁY MÁRTON: Biodiverzitás-szigetek
a kultúrtáj ölelésében
Veres Péter Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Szakgimnázium, Szakközépiskola és Kollégium, Győr
Felkészítő tanár: *Zátonyi Szilárd*

III. DÍJ. TÓTH ZOLTÁN: Bombák földjén
Karcagi Nagykun Református Gimnázium és Egészségügyi Szakgimnázium
Felkészítő tanár: *Major János*

KÜLÖNDÍJAK

BÁNHIDI DOMINIK: Egy kataklizmikus változócsillag:
az AM Cassiopeiae
Szent László ÁMK Vízügyi Szakgimnázium, Baja
Felkészítő: *Hegedüs Tibor*

KISS SZABOLCS: Letűnt korok botanikai összehasonlítása
Karcagi Nagykun Református Gimnázium és Egészségügyi Szakgimnázium
Felkészítő tanár: *Bíróné Varga Tünde*

MESTER ÁDÁM–WENSOF SZKY BALÁZS:
A fizika Google-fordítója. Kísérletek webkamerával és a „Tracker” számítógépes programmal
Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma, Pécs

KULTÚRA EGYSÉGE KATEGÓRIA

KÜLÖNDÍJ

MEGYESI ÁDÁM: A hit és az értelem
Audi Hungaria Schule, Győr
Felkészítő tanár: *Rémiás Tünde*

TERMÉSZETTUDOMÁNYOS MÚLTUNK FELKUTATÁSA KATEGÓRIA

I. DÍJ. GUDOR NOÉMI: M. Vásárhelyi Tőke István, az erdélyi fizikaoktatás egyik nagy művelője
Bethlen Gábor Kollégium, Nagyenyed, Románia
Felkészítő tanár: *Dvoráček Ágoston*

II. DÍJ. KAPITÁNY KRISZTOFER:
Vízimunkálatok Bezdán környékén
Szent László ÁMK Vízügyi Szakközépiskola, Baja
Felkészítő tanár: *Nebojszki László*

II. DÍJ. ÉLIÁS JÁNOS:
A Nagykunság doktora. Kátai Gábor élete és munkássága
Karcagi Nagykun Református Gimnázium és Egészségügyi Szakgimnázium
Felkészítő tanár: *Domjänné Nagy Tünde*

III. DÍJ. SZÁSZ–CSEH ETELE:
Néha a vas értékesebb az aranyból
Báthory István Elméleti Líceum, Kolozsvár, Románia
Felkészítő tanár: *Cseh Gyopárka*

ORVOSTUDOMÁNYI KATEGÓRIA

I. DÍJ. CSORVÁSI TÍMEA–NAGY-LANG EVELIN:
Nárciszokkal az Alzheimer-kór ellen
Bolyai Farkas Elméleti Líceum, Marosvásárhely, Románia
Felkészítő tanár: *József Éva*

II. DÍJ. VERÉB SÁNDOR ANDOR: Szívinfarktus után
Kiskunhalasi Bibó István Gimnázium
Felkészítő: *Verébné Demjén Edit*

III. DÍJ. FEJÉR MÁRTON–MELLES MÁTÉ: Szívdobogást fémdobozból?
Csokonai Vitéz Mihály Református Gimnázium, Általános Iskola és Kollégium, Csurgó
Felkészítő tanár: *Mellesné Fonyogábné Kornélia, Varga Jolán*

KIEMELT KÜLÖNDÍJ

PÉTERFI ORSOLYA: Az emberi test nyavalyáinak okairól, fészkeiről és orvoslásainak módgyairól
Marosvásárhely
Felkészítő tanár: *Péter H. Mária*

KÜLÖNDÍJAK

BALOG DÓRA: Élet a pulmonális artériás hipertóniával
Karcagi Nagykun Református Gimnázium és Egészségügyi Szakgimnázium
Felkészítő tanár: *Bíróné Varga Tünde*

GYÖRGY TAMÁS–PÁLOS RÉKA: A vírusok terjedése – valóság vagy tévhit?
Bolyai Farkas Elméleti Líceum, Marosvásárhely, Románia
Felkészítő tanár: *József Éva*



MAGYAR SIKEREK TEHERÁNBAN

Nemzetközi Informatikai Diákolimpia

Mivel a Neumann János Számítógép-tudományi Társaság (NJSZT) alapvető fontosságúnak tartja a tehetséggondozást, ezért a nemzetközi diákolimpiákra való felkészítésben is döntő részt vállal.

Az NJSZT tehetséggondozásért felelős alelnöke, Zsakó László és Horváth Gyula csapatvezető – mindketten az ELTE oktatói – irányította a felkészítést, amelyet az Eötvös Loránd Tudományegyetem Informatikai Karán bonyolítottunk le. Bár a jelenlegi NAT Kerettanterv még az alapokat sem nagyon biztosítja ahhoz, hogy a tanulók ilyen versenyen részt vegyenek, az NJSZT tehetséggondozási rendszerre lehetőséget ad a sikeres szerepléshez. A néhány éve indított Neumann János Tehetséggondozó Programban regionális szinten a tervek szerint idén is 400 tehetséges diák készülhet fel a versenyszereplésekre, havi 1–1 foglalkozással. Ehhez a programhoz elkészült a tananyag, amelyet ingyen kapnak a tanulók segédkönyv formájában. A tehetséggondozás fontos színtere a Nemes Tihamér OITV is. A tehetséggondozó program csúcsa az olimpiai csapatok felkészítése, amelyen a csapattagokon kívül saját kérésére több tehetséges, a következő diákolimpiákon résztvevőként szóba jöhető diák is részt vesz.

A diákolimpiai csapat vezetőit minden évben a Nemes Tihamér OITV szervezésében legtöbbet dolgozó tanárok közül jelöljük ki. Az elmúlt években – figyelembe véve a nemzetközi bizottságokban való részvételt is



Készülnek a programok

– Horváth Gyula és Zsakó László voltak a magyar csapat vezetői (s ebből következően a General Assembly tagjai).

A diákolimpián résztvevő magyar versenyzőket a Nemes Tihamér OITV III. korcsoportjának (11–13. osztályosok) első 20–25 helyezettjéből válogatjuk ki hatfordulós válogatóversenyen, amelyet az Országos Verseny-

bizottság rendez, s a versenyzők fordulónként egyre csökkenő létszámban vesznek benne részt. A 2002/2003-as tanévtől a válogatóverseny résztvevője az Izsák Imre Gyula matematika-fizika-számítástechnika verseny (rendezője a zalaegerszegi Zrínyi Miklós Gimnázium) győztese is. Az előző IOI-n aranyérmet szerzett versenyzők automatikus csapattagok a következő IOI-n (ha még középiskolások).

Az eddigi 29 informatikai diákolimpián a magyar csapat 12 arany-, 31 ezüst- és 44 bronzérmet szerzett. Az aranyérmesek között az egyik olimpián (1992-ben) Magyarország adta az abszolút győztest is. Nyolc olimpián fordult elő eddig, hogy az összes versenyzőnk érmet szerzett, 1995-ben pedig három versenyzőnk is aranyérmes lett.

2017-ben 29. alkalommal rendezték meg az informatikai diákolimpiát, amelyen 84 ország vett részt, négyfős csapatokkal. A verseny kizárólag egyéni, így az azonos országból érkezett gyerekek egymással is versenyeznek. 2017-ben Irán adott otthont a versenynek. Az ország fővárosa, Teherán profin bonyolította le a megmérettetést július 28. és augusztus 4. között.

Többen talán meglepőnek tartják, hogy a viszonylag elzártnak és konzervatívnak tartott, ráadásul az USA-val meglehetősen feszült viszonyban lévő ország kapta meg a szervezés jogát, de Irán fontosnak tartja a műszaki és természettudományos oktatást és az ország diákjai jól is szerepelnek a hasonló megmérettetéseken, melyeken fiúk és lányok vegyesen indulnak. A közelmúltban elhunyt Maryam Mirzakhani matematikusnő például kétszer is aranyérmet nyert a matematikai olimpián, egyik alkalommal maximális pontszámmal.

A viadalt valójában helyesebb lenne algoritmikus problémamegoldó versenynek nevezni, hiszen az indulók köznapai problémákkal szembesülnek, amelyek megoldására programokat kell írniuk – nyilatkozta Horváth Gyula csapatvezető a Magyar Nemzetnek. Most nézzük meg kicsit részletesebben is, hogy milyen versenyre került sor – és milyen eredményeket értek el a magyar versenyzők!

A megmérettetésen Gáspár Attila, a miskolci Földes Ferenc Gimnázium tanulója aranyérmet kapott (sokáig az abszolút első helyen is állt a verseny során). Teljesítménye azért is kiemelkedő, mert ugyanő aranyérmet szerzett a mostani és az előző Nemzetközi Matematikai Diákolimpián is, ilyen éremeső pedig

nemzetközi szinten is ritkán fordul elő. Ez az első alkalom, hogy egy versenyzőnk a matematikai és az informatikai olimpián is aranyérmet szerez. Attila ezen kívül a legutóbbi Közép-Európai Informatikai Diáko-



A magyar csapat tagjai

limpián bronz-, az előző Közép-Európai Informatikai Diákolimpián pedig ezüstérmet szerzett.

Nagyszerű teljesítmény, hogy Mernyei Péter a budapesti Radnóti Miklós Gimnázium tanulója az elmúlt két év diákolimpiáin 3 ezüstérmet szerzett.

Az NJSZT mindent elkövet azért, hogy a tévesen „férfiszakmának” tartott IT-területen a nők azonos eséllyel és súllyal szerepeljenek, ezért külön öröm számunkra, hogy – első alkalommal – magyar lányversenyző is érmet szerzett informatikai diákolimpián. Janzer Orsolya Lili (Fazekas Mihály Gimnázium, Budapest) nem sokkal a Közép-Európai Informatikai Diákolimpián szerzett bronzérme után Teheránból is bronzmedállal térhetett haza. Előtte 1995-ben volt magyar lányversenyző diákolimpián, de akkor ő nem szerzett érmet.

Radnai László (Veres Péter Gimnázium, Budapest) díszéretben részesült.

A következő diákolimpiák helyszínei: 2018 – Japán, 2019 – Azerbajdzsán, 2020 – Szingapúr.

Az olimpiai csapatok jó szakmai kapcsolataink alapján ettől az évtől kezdve részt vesznek a német nyelvű országok (Ausztria, Németország, Svájc) felkészítő-válogató versenyén is.

ZSAKÓ LÁSZLÓ

A KLÍMAVÁLTOZÁS

ÉS AZ ANTARKTISZI SZÁRAZ VÖLGYEK FAUNÁJA

Az antarktisi Száraz Völgyek területén a talajban élő gerinctelen élővilág segítségével vizsgálják a klímaváltozás hatásait. A kb. 4800 km² területet elfoglaló Száraz Völgyeket a környezet geomorfológiája és az ehhez kapcsolódó speciális klímája teszi rendkívül szárazzá. A völgyekben gyakorlatilag alig van élet, ami van, az a talajban, baktériumok, algák, illetve fonálférgék, kerekese férgek és medveállatkák formájában.

1986-tól egészen 2001-ig hidegebbé vált a terület, azonban 2001-ben hirtelen megfordult a helyzet egy szokatlanul meleg februári periódussal. Azóta kissé emelkedik az átlaghőmérséklet, de emellett gyarapodott a rövid ideig (néhány órától néhány napig tartó) kiugróan meleg időjárási események száma is. 1993-tól kezdve a völgyek egyikében 3, eltérő magasságú helyszínen rendszeresen talajmintákat vettek, ezek fizikai-kémiai vizsgálata mellett a talaj élővilágát is folyamatosan felmérték, 2011-től még hat helyszínt bekapcsoltak a felmérésekbe.

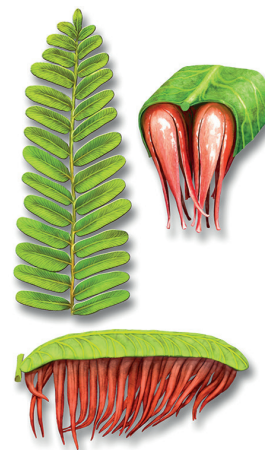
A 2001-es melegedés óta csökkent a terület domináns fajának, a *Scottnema lindsayae* nevű, baktériumokkal táplálkozó fonálféregnek az egyedszáma, a többi faj viszont terjeszkedni kezdett. A területen az aktív életre alkalmas időszak csak néhány hétig tart, azonban ez a fonálféreg 10 évig is élhet. A fonálféreg számára nem megfelelő körülmények közt a teste víztartalmától megszabadul, így védekezik a hideg hatásai ellen. Amikor a melegedés miatt növekszik a talaj nedvességtartalma, az a többi fajnak kedvezőbb, így e féregnek több versenytársa akad a táplálkozásban. A gyakoribb olvadás-fagyás ciklusok szintén az egyedek nagyobb számú pusztulásához vezetnek.

A terület alacsony fajgazdagsága miatt a klímaváltozás hatásainak felmérésére ideális, hiszen kisszámú faj interakcióját kell csak figyelni. Az itt tapasztaltak alapján a más, fajgazdagabb területek élővilágára kifejtett hatásokat is könnyebb modellezni pusztán a környezeti változások alapján.

(*Ecology*, 2018. január 5.)

A PANGEA SZUPERKONTINENS NÖVÉNYVILÁGA

300 millió évvel ezelőtt az amerikai és az európai kontinenst még nem választotta el az Atlanti-óceán, hanem az akkor kialakuló Pangea szuperkontinens egymáshoz kapcsolódó részei voltak. Ekkor ért véget a kőszéntelepek lerakódásáról nevezetes karbon időszak, melynek jellegzetes növényei a páfrányok és a zsurlók voltak. Az ÉNy-Portugáliában lévő Douro-medencében egy hegyek között fekvő egykori tavi és folyóvízi ökoszisztémát fe-



deztek fel. Összesen 43 fajt tudtak elkülöníteni, köztük faszzerű hatalmas páfrányokat és 6 emelet magas óriási zsurlókat (*Calamites*). A rétegsorban egy hirtelen bekövetkező, katasztrófa-szerű áradás nyomait fedezték fel, melyet számos kidőlt *Calamites* törzs jelez a vastag folyóvízi csatornakitöltésben. Bár ez akkoriban trópusi terület volt, a száraz és a nedves évszakok váltakozása okozhatott ilyen extrém eseményt. A kutatók leírtak egy új páfrányfafajt is *Acitheca murphyi* néven. Ez közeli rokona a jól ismert *A. polymorpha* fajnak, amely egykor elterjedt volt mind Észak-Amerikában, mind Európában, de jól elkülöníthető tőle például a hosszú spóratartója révén. Ez a szokatlan tulajdonság is jól mutatja, hogyan alkalmazkodhatott ez a csoport a speciális felföldi környezethez.

(*Geological Journal*, 2017. december 22.)

FOLYÓBA FULLADT AZ AUSZTRÁL DINOSZAUROSZ

Ázsiával és Észak-Amerikával összehasonlítva, Ausztráliában nagyon ritkák a dinoszaurusz-maradványok. A paleontológusok most egy kisméretű új dinoszauruszt írtak le DNY-Victoria területéről. A 113 millió évvel ezelőtt élt *Diluvicursor pickeringi* maradványai még 2005-ben kerültek elő, de csak most fejezték be a részletes vizsgálatukat. A két lábon járó növényevő az ornithopodák közé tartozott. Teste körülbelül pulyka méretű lehetett, de hosszú farka miatt a teljes testhossz elérhette a 2,3 métert is. Hosszú lábcsontjai arra utalnak, hogy gyorsan tudott futni. Testfelépítése alapján közeli rokonságban volt a *Leaellynasaura*-nemzetséggel, de az új faj képviselőinek zömökebb testfelépítése és rövidebb farka volt. A kutatók szerint étrendjükben elsősorban levelek, fenyőmagok, gyümölcsök és mohák szerepeltek. A faj kihalásáról egyelőre nem sokat tudnak, az egyetlen előkerült példányt azonban egy erős sodrású folyó üledékében találták meg fatörzsekkel és ágakkal körbevéve, ami arra utal, hogy egy nagyobb áradás során sodorhatta el a folyó.

(*PeerJ*, 2018. január 12.)

„ÜSTÖKÖST LÁTNI” A KÖNYVESPOLCON

Talán a korszellem mondatja, s valósággal tollba mondja: örömteli, hogy a postás csönget, s kiváltképpen, hogy ismételten könyv érkezik. S különösen azért, mert a kiadvány két általam leginkább művelt, sőt kedvelt szakterületet együttesen fed le. Az „Üstököst látni” egyszerre tudománytörténet és csillagászat; a Naprendszer apró égitestjeinek kozmikus környezetünkben feltűnő tanúja. S akkor a kötet komoly művelődéstörténeti és könyvészeti beágyazottságát még nem is említettem.

Az 2017 legvégén megjelent szép kiállítású, keményborítós, 597 oldalas anyag tartalmas olvasmány. Mondandóját az 1680-as fényes kométa művelődés- és tudománytörténeti emlékeinek alapos feldolgozása adja. Fontos hozzáadott értéke, hogy közli az üstökössel foglalkozó négy önálló kiadványt. A történelmi viharokkal sújtott, ekkoriban még három részre szakadt Magyarországon (valamint Erdélyben) *Kiszei Péter*, *Jacob Sch-*

nitzler (két különálló kötetben is) és *Friedrich Madeweis* publikált a látványos égi vándorról. A kiadvány ezeket egyfelől faksimile formában, majd eredeti nyelvükön gépelve, illetve magyar fordításban közli. (Kiszei írása fogant egyedül eredetiben is magyarul.) A szövegű írásműveket egészítik ki aztán az érintett szakterületek művelőinek értékes tanulmányai. Köztük *Zsoldos Endre* csillagásztörténész kollégámé, valamint meg kell említenem a szerkesztésben jeleskedő *Farkas Gábor Farkast*, aki úgyszintén a csillagászat.hu portál csillagásztörténeti rovatát erősíti. Közelebb hozzák a kort, beágyazzák a műveket készítési körülményeik időszakába, természet- és társadalomtudományi megközelítéssel elemzik azokat. Sikerral, hisz a néha nehéznek tűnő régi szövegek közel három és fél évszázad után valósággal életre kelnek, a háttér tanulmányok pedig izgalmas olvasmányt kínálnak a tudomány- és művelődéstörténet szerencsére még szépszámú, s értő táborának.

„Üstököst látni”. Szerkesztette *Farkas Gábor Farkas*, *Szebelédi Zsolt*, *Varga Bernadett*, *Zsoldos Endre*; felelős szerkesztő *Jolsvai Júlia*; sorozatszerkesztő *Monok István*. MTA Könyvtár és Információs Központ, Jaffa Kiadó. Budapest, 2017.

REZSABEK NÁNDOR

TERMÉSZETRAJZI ÍRÁSOK TISZAFÜREDRŐL

A szerző a Magyar Haltani Társaság alapítója és elnöke, ugyanakkor tiszafüredi lakos. Ebből adódóan egy ilyen könyv megírása mondhatni alapvető élettevékenységnek számít részéről, még akkor is, ha a könyv nemcsak Tiszafüredről szól, és nemcsak a halakról.

A kötet három fejezetre oszlik. Az első fejezet a „Tiszafüred természetrajza dióhéjban” címet viseli. Ebben a tiszafüredi táj őstörténetéről éppúgy olvashatunk, mint a város természeti földrajzáról, illetve természetes növényzetéről s állatvilágáról. A „Rövid hírek, megfigyelések” című fejezet olyan témákban íródott, amelyek vagy országosan ismertek és nagyon sokak által számon tartottak, mint például a tiszavirágzás, vagy érdekességekről, rendhagyó jelenségekről szólnak, mint például a pásztoromadár megjelenése, az átnyaraló csiz, vagy éppen a Tisza-tóban megjelenő sebes pisztráng, a száj nélküli ezüstkárász, a szúnyogirtó fogasponty Zagvában való feltűnése. E fejezet egyes írásai némiképpen személyesnek is tekinthetők, a szerző saját családi házuk környékén tett megfigyeléseit is tartalmazzák – ilyen a madáritatóból magát az emberek jelenlététől sem zavartató, telelésből ébredt, kiszáradt sünn vízlefetyelése. „A halak világa” című fejezetben például olyan kérdésekre kapunk választ, hogy meddig nőhet a harcsa – egyébként akár öt méterig is. Az ezüstkárászok terjedésének, hódító útjának titka éppúgy feltárul az érdeklődő előtt, mint az, hogy Magyarországon eddigel ismeretlen pataki márnafajok is élnek – és így tovább. Új hazai halainkat is bemutatja a fejezet.

Szólni kell végezetül a kötet stílusáról is. Szakszerű, olvasmányos, ugyanakkor magyarosságra is törekszik a szerző. A könyv mindenki számára ajánlott, aki érdeklődik a honi természet mindennapi vagy rendhagyó jelenségei iránt.

Harka Ákos: Tiszafüredről természetkedvelőknek, halbarátoknak (Tariczky Endre Helytörténeti Helyismereti Alapítvány, Tiszafüred, 2017)

FARKAS CSABA

ÁPRILISI SZÁMUNKBÓL

VENETIANER PÁL:

A genetikusok új eszköze, a CRISPR/cas9

KRÖEL-DULAY GYÖRGY:

A vegetáció válasza a klímaváltozásra

KESERŰ GYÖRGY MIKLÓS:

Új lehetőségek a skizofrénia kezelésére

SÓDOR ÁDÁM:

Az `Oumuamua kisbolygó

KÉRI ANDRÁS:

A feyencek egykori pokla

GÁCS JÁNOS: Az ezerarcú szén



Lépcsős fluorit kvarcon a híres kínai Shangbao bányából

A pakisztáni Chumar Bakhoo rózsaszín fluoritjairól híres



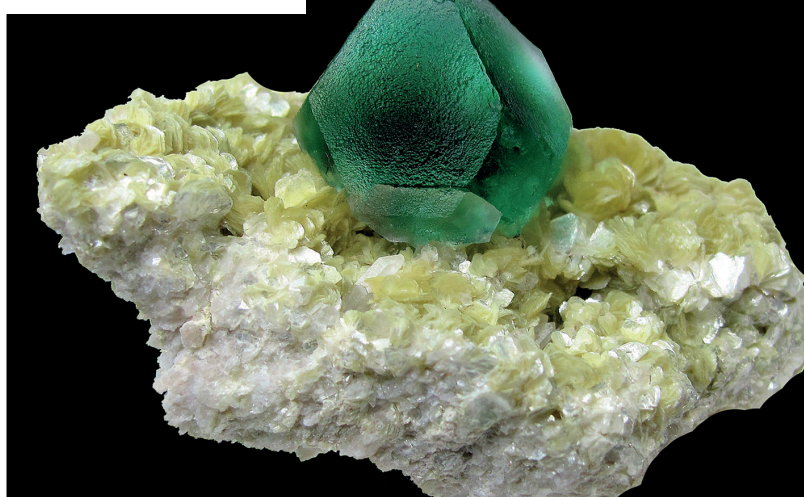
Egymáson átnövő fantom fluoritkockák az angliai Diana Maria bányából

Fluoritok a világ minden tájáról



A világ talán legszebb fluoritjai az angliai Rogerley bányából kerültek elő (Weardale, Durham County)

Palackzöld fluoritsapka muszkovitsillámon

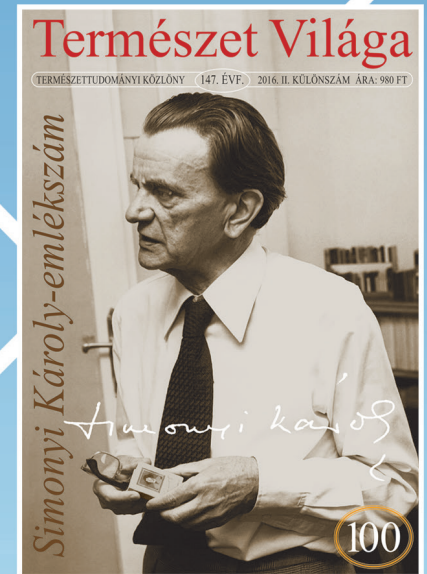
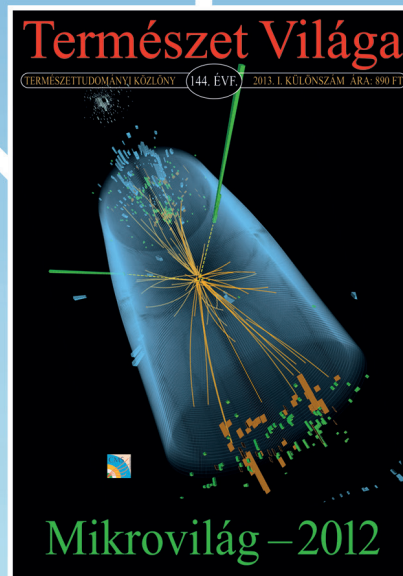
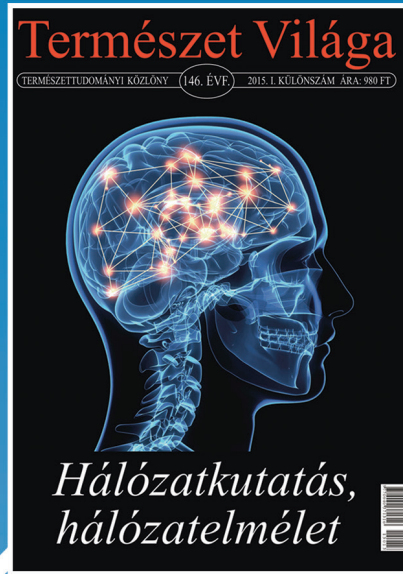
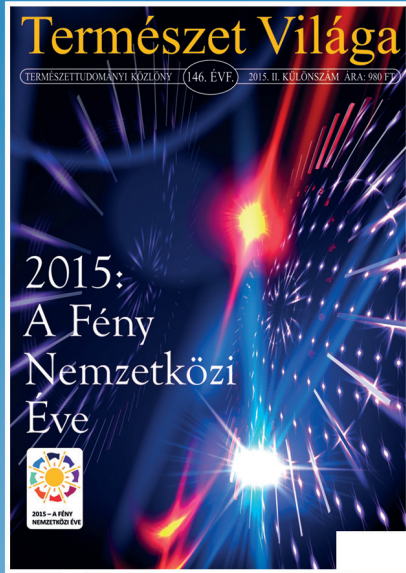


Fluorit alapkőzeten az angliai Middlehope Shield bányából (Weardale, Durham County)

A Természet Világa különszámai

A különszámok korlátozott számban megrendelhetők a Kiadónknál, a Tudományos Ismeretterjesztő Társulatnál.

Cím: 1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.
Telefon: 06 1 327 8965
E-mail: titlap@telc.hu



nka
Nemzeti Kulturális Alap



9 770040 137131 6 1 8 0 0 3