

Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY

150. évf. 5. sz.

2019. MÁJUS

ÁRA: 800 Ft

Előfizetőknek: 670 Ft

REJTŐZKÖDÉS, ÁLCÁZÁS, UTANZÁS
A CSILLAGKÖZI TÉR KAPUJÁBAN
AZ UTOLSÓ (ELŐTTI) MÓHIKÁN
VÁLTOZATOS VILLÁMLÁSOK
BÚCSÚ EGY ETALONTÓL
A MARS TŰZHÁNYÓI





1



2



3

Füssi-Nagy Regő,
az Év Ifjú Természetfotósának képei

- 1, Novemberi reggel
- 2, Leánykőröcsinek a Manduláson
- 3, Tanya a Bodroglóközben (Katona-tanya)



A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben
SZILY KÁLMÁN
KIRÁLYI MAGYAR

TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY
150. ÉVFOLYAMA

2019. 5. sz. MÁJUS
Magyar Örökség-díjas és
Millenniumi Díjas folyóirat



Nemzeti Tehetség Program
EMBERI ERŐFORRÁS
TÁMOGATÁSKÉZELŐ

Megjelenik a Nemzeti Kulturális Alap,
az Emberi Erőforrások Minisztériuma,
az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő,
a Magyar Művészeti Akadémia,
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: szerkesztoseg@termvil.hu
Internet: termvil.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: info@termvil.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.
árusítóhelyein.

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

SIMONYI MIKLÓS: A kilogramm detronizálása – Búcsú egy etalontól	194
VENETIANER PÁL: Sydney Brenner Nobel-díjas molekuláris biológus emlékezete – Az utolsó (előtti) mohikán halálára	199
NAGY JENŐ: A magyar madártan 150 éve – Újabb 75 év	202
IZSÁK JÁNOS: Betegségek halálozási kockázatának életkori függéséről – Az élettartam ködös törvényszerűségei	207
KOVÁCS GERGŐ: A vörös bolygó tűzhányói – Vulkanai kúpok a Marson	212
KISS LÁSZLÓ: 150 sor a XXI. századi tudományról – A csillagközi tér kapujában	217
PAULOVKIN ANDRÁS: Az imádkozósáskák védekezési stratégiái – Rejtőzködés, álcázás, utánzás	220
SZOUCEK ÁDÁM: Mit mutat a mennykő? Váltakozatos villámások a világból	226
CSABA GYÖRGY: A tudat gyógyító és romboló ereje – A placebo-nocebo ikrek	228
TÓSZEGI ZSUZSANNA: Interjú Füssi-Nagy Regővel, az Év Ifjú Természetfotósával – A Bodrogköz természeti kincsei	233
FOLYÓIRATSZEMLE (Landy-Gyebnár Mónika)	236
HÍREK (Dulai Alfréd, Landy-Gyebnár Mónika)	238

Címlapképünk: Harmatcsapda (Füssi-Nagy Regő felvétele)

Borítólaponk második oldalán: Az Év Ifjú Természetfotósa képei

Borítólaponk harmadik oldalán: Az imádkozósáskák védekezési stratégiája
(Paulovkin András felvételei)

Mellékletünk: A XXVII. Természet – Tudomány Diákpályázat cikkei (Balog Dóra:
Élet a pulmonális artériás hipertóniával; és Megyesi Ádám: A hit és az értelem
»Részlet egy diákesszéből« – Haydn, Herschel és a Teremtés oratórium)

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

Tagok: ABONYI IVÁN, BACSÁRDI LÁSZLÓ, BENCZE GYULA, BOTH ELŐD, CSABA GYÖRGY,
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:

TEGZES MÁRIA (tegzes.maria@termvil.hu; 06–1–327–8954)

LŐRINCZ HENRIK (lorincz.henrik@termvil.hu; 06–1–327–8961)

NYERGES GYULA (nyerges.gyula@termvil.hu; 06–1–327–8960)

SZOUCEK ÁDÁM (szoucek.adam@termvil.hu; 06–1–327–8951)

Tervezőszerkesztő: LÉVÁRT TAMÁS

Szerkesztőségi irodavezető:

DEME LÍVIA (info@termvil.hu; 06–1–327–8950)



A KILOGRAMM DETRONIZÁLÁSA

Búcsú egy etalontól

Az idei Metrológus Világnapon, 2019. május 20-án nagy változásokra ébred majd az emberiség. Legalábbis a mértékegységek iránt érdeklődő, remélhetőleg nem csekély része...

A méter eredete a francia forradalom idejére nyúlik vissza. Definícióját a Francia Tudományos Akadémia javaslatára a Föld Párizson áthaladó délkörének hosszára alapozták: legyen 1 méter a délkör hosszának negyvenmilliomod része. A munkát 1793-ban két francia csillagász kezdte el a délkör Dunkerque-től Barcelonáig terjedő, szárazföldre eső részének mérésével, de sok nehézség hátráltatta munkájukat. A háromszögeléshez kitűzött zászlók fehérek voltak, amit akkor a királpártiak színének vélt a fel-dühödött tömeg, délen pedig a kalózok támadtak, így mindkettőjüknek menekülnie kellett. De munkájuk eredményeként elkészült a méteretalon munkapéldánya sárgaréz-ből, amit a Konvent 1795-ben elfogadott és további példányokat rendelt márványból. Ezek egyikét a kép mutatja az Igazságügyi Palota épületén [1].

A méter után a kilogramm következett. Első meghatározása (1795) szerint annyi víz tömegével egyenlő, ami egytized méter élhosszú kockába a víz fagyáspontján befér. Gyakorlatilag ez egyúttal a térfogat egységének (liter) a definíciója volt. De 1799-re, amikor a kilogramm etalonját is megrendelték, a definíció 1 liter 4°C hőmérsékletű (legnagyobb sűrűségű) víz tömegére módosult. A kivégzett XVI. Lajos ékszerésze 4-4 db méter és kilogramm etalont készített finomított platinából, amelyek közül egyet-egyet a Köztársasági Archívumban helyeztek el.

1. ábra. Méteretalon emléke (Párizs, Vendome tér 11-13.) [1]



1867-ben a párizsi világiállításon összegyűlt tudósok, a Szentpétervári Tudományos Akadémia és a Nemzetközi Geodéziai Szövetség javaslatára létrehoztak egy Nemzetközi Méterbizottságot (Commission Internationale du Mètre). Ez 1872-ben alakult meg, és új etalonokat rendelt 90% platina, 10% iridium ötvözetből; a méter etalont X alakú keresztmetszettel készítette el a nagyobb merevség érdekében. 1875-ben a nemzetközi méteregyezmény aláírásával szélesebb hatáskörű bizottság jött létre, a BIPM (Bureau International Poids et Mesures, angolul International Bureau of Weights and Measures, magyarul Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatal).

A BIPM a további etalonok jóváhagyását az Általános Súly- és Mértékügyi Konferencia — (Conférence Générale des Poids et Mesures, CGPM, angolul General Conference on Weights and Measures) — hatáskörébe utalta. Az első CGPM 1889-ben szentesítette a kilogramm nemzetközi prototípusát (IPK): 90% platina- 10% iridium-ötözetből készült henger, amelynek magassága és átmérője kb. 39 mm. A BIPM működése helyszínéül kijelöltek egy pavilont Párizs egyik elővárosában, Sèvres-ben, ahol mind a méter, mind a kilogramm etalonját őrzik. Az etalonokhoz, ill. hiteles másolataikhoz való hozzáférést a Súlyok és Mértékek Nemzetközi Bizottsága (CIPM) szigorúan felügyeli [1].

A méteregyezmény aláírói között ott volt az Osztrák–Magyar Monarchia részéről

2. ábra.
A Nemzetközi Súly-
és Mértékügyi Hivatal pecsétje



Apponyi Rudolf párizsi nagykövet is, amivel jogot szerztünk a méter- és a kilogrammetalon egy-egy példányára. A BIPM, CGPM és CIPM – nevében történeti okok folytán – a súly szó szerepel, mivel a súly és a tömeg közötti különbségtétel a CGPM harmadik konferenciáján, tehát csaknem negyven évvel később született meg. 1892 és 1941 között a BIPM és egyes nemzeti laboratóriumok kilenc alkalommal ellenőrizték a méteretalon méretét, és az eltérések kisebbek voltak $0,3\mu\text{m}$ -nél [1].

A mértékegységek újradefiniálása 1948-ban kezdődött, amikor a CGPM elrendelte a kripton-86, a higany-198 és a kadmium-114 izotópok spektrumának vizsgálatát abból a célból, hogy a métert egy fizikai állandó segítségével határozzák meg. A pontosság növelésének újabb indokot adott az űrhajózás megjelenése. A CGPM 11. konferenciáján 1960-ban létrehozták az SI (Système International d'Unités, angolul International System of Units) nemzetközi



3. ábra. IPK, a kilogramm nemzetközi etalonja Sèvres-ben [4]

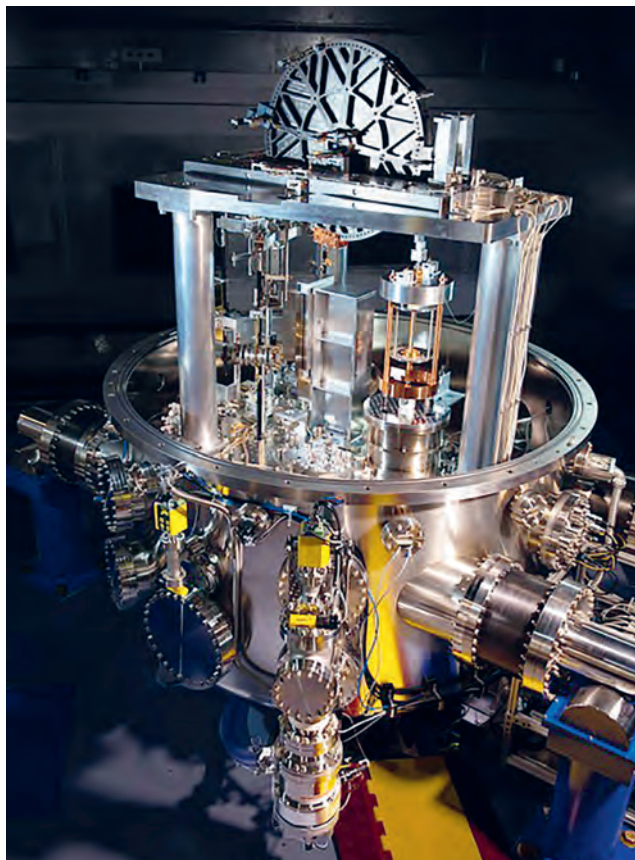
mértékegységrendszert, és újradefiniálták a métert, ami ettől kezdve a ^{86}Kr atom $2p_{10}$ és $5d_5$ energiaszintje közötti átmenetnek megfelelő, vákuumban terjedő sugárzás hullámhosszának $1\,650\,763,73$ -szorososa lett. Így az emberkéz alkotta műtárgy helyett egy természeti állandó definiálta a métert. Ugyanekkor úgy határoztak, hogy kalória helyett Joule-t (J), atmoszféra helyett Pascal-t (Pa) kell használni. A 17. CGPM konferencia 1983-ban újra megváltoztatta a méter (m) definícióját [2]. Ekkor a fény

sebességét $299\,792\,458$ m/s értékben rögzítették, majd a métert úgy definiálták, mint az a távolság, amit a fény vákuumban megtesz a másodperc $1/299\,792\,458$ -ad része alatt. A másodpercet már 1967-ben a cézium 133-as izotópjának mikrohullámú frekvenciája alapján definiálták. A változtatásokat – az USA kivételével, ahol a métert nem vezették be – széles körben elfogadta a tudományos és a műszaki világ.

A CGPM 2018. november 16-án tartotta 26-ik konferenciáját Versailles-ban [3, 4], ahol 59 nemzet metrológus képviselői egyhangúlag megszavazták négy alapegység, a kilogramm, az amper, a Kelvin és a mol újabb definiálását természeti állandók alapján. Az eredmény kihirdetését a jelenlévők felállva tapsolták meg [4].

Az új SI a méternél alkalmazott játékot alkalmazza a sorra kerülő egységekkel. A kilogrammot a Planck-állandóból származtatja, ami a kvantummechanika alapja. Ehhez a Planck-állandót pontosan kell meghatározni. A korábban mozgó tekercses watt mérleg néven ismert eszközt – ami kapcsolatot teremt mechanikai és elektromos erők között – Brian Kibble találta fel Anglia mérésügyi intézetében (National Institute of Physics, NPL) [5], és az ő tiszteletére ma Kibble-mérlegnek nevezik. A NIST (National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, USA) és az NPL eredményei alapján a Kibble-mérleg alkalmasnak bizonyult a volt és az ohm kvantum-meghatározására [6]. Ezután a Kibble-mérleg megmérte az elektromos erőt a Planck-állandó és a frekvencia segítségével, majd kapcsolatot létesített a makroszkópikus tömeg és a Planck-állandó között. Ekkor határozták el a kilogramm újradefiniálását a Kibble-mérleg segítségével [7], és az új definíciók felhasználásával egy újabb SI létrehozását [8]. A Kibble-mérleg alkalmazásához sok elméleti munkát kellett végezni és a mérleg is jelentős fejlesztésen ment át [9]. Nyolc ország nemzeti laboratóriumai készítettek különféle mérlegeket, de maga a NIST is négy modellt fejlesztett ki: az első háromba elektromágnezt, a negyedikbe permanens mágnezt építettek be [10]. Utóbbival a Planck-állandó értékét nagy pontossággal – $6,62607015 \times 10^{-34} \text{ kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}$ értékben – határozták meg. Mivel a Planck-állandó dimenziójában szerepel a kg, minden olyan mérés, amivel a Planck-állandót határozzák meg, egyúttal a kg mérésére szolgálhat [2].

A változtatás célja az volt, hogy az alapegységeket stabilabbá tegyék, segítségükkel a kísérletezők pontosabb és rugalmasabb módszert alkalmazhassanak az állandók átalakítására és a mértékegységek meghatározására. „Ez az új definíciók szépsége” modja Estefania de Mirandés, egy fizikus, a BIPM metrológusa. „Nem vagyunk többé egyetlen technikára korlátozva”.



4. ábra. Az NIST-4 Kibble-mérleg a Planck-állandót 13 ppb (10^{-9}) pontossággal mérte meg, ami elég pontos a kilogramm újradefiniálásához [11].

Csak hogy ezek a kísérletek sokkal nehezebben kivitelezhetők, mint a fénysebesség mérése. A Kibble mérleg egyik oldalán elhelyezett tömeget a másik oldalon egy mágneses erőterben függő tekercs által létrehozott elektromos erő tartja egyensúlyban. Az egyensúly eléréséhez áramnak kell átfolyt a tekercsen. A kísérletezők a tömeget az átfolyó áram és egy független feszültség szorzatából származtatják, de a feszültség akkor jön létre, amikor eltávolítják a tömeget, és a tekercset fel és le mozgatják a mágneses térben. Az igazi probléma az áram és a feszültség meghatározásában rejlik, amihez a számítás felhasználja az elektron töltését és a Planck állandót. „Miután az új SI rögzíti ezeket az értékeket, a kilogramm meghatározása lehetséges” mondja James Olthoff, az NIST fizikusa [2].

Ugyanakkor még e rejtélyes változtatások hívei is elismerik, hogy ezek megvadíthatják azokat, akik kevéssé jártasak a fizikai állandók világában. „Hogyan fogjuk megtanítani az embereket az új egységek használatára?” kérdi Jon Pratt, az NIST egy másik fizikusa [2]. „Az új bonyolult definíciók kétségbe kergetnek mindenkit,

akinek nincs erős fizikai ismerete”, mondja Gary Price, egy metrológus Sydney-ből aki az Ausztrál Nemzeti Sztenderdek Hivatalának tanácsadója. „Az új SI nem teljesíti a mértékegységrendszer alapvető kritériumát: meghatározni a tömeget, amivel más tömeg mérhető, definiálni a hosszúságot, amivel a hossz mérhető és így tovább. Az új SI sem a súlyoknak, sem a mértékeknek nem rendszere” Price szerint [2].

Metrológusoknak azonban intuitív ötletei is voltak, mondja Olthoff. A kilogrammot, ugyanis lehetne definiálni valamely atom nagyszámú együttesének összesített tömegével is, de ő egy ilyen definíciót nem tartana praktikusnak [2].

Tanárok és középiskolás diákok részére megjelent az új definíciók részletes összefoglalása (Science in School) [12], ami további mértékegységeket is ismertet.

Az időszámítás egységét évszázadokon át csillagászati jelenségekhez kötötték. A másodperc neve egy londoni órasmestertől származik. Az órákon eleinte csak óramutató volt. A hajszálrugó és ingaóra felfedezése tette lehetővé, hogy megbízható percmutatója is legyen az óráknak, a clock-hand mellett a percmutató, a minute-hand nevet kapta. William Clement, 1680 körül feltalálta az ankert (egy gátlószerkezetet) [13] és ettől kezdve másodpercmutatót (second-minute-hand) is lehetett használni, amelynek neve később rövidült second-hand-re. Az ankert az inga vezérli, amelynek hossza határozza meg a lengésidejét. A másodperc elnevezés a latin secundus (= második) származéka.

A 13. CGPM 1967-ben hozott döntése a másodpercet úgy definiálta, mint az alapállapotú cézium-133 atom két hiperfinom energiaszintje közötti átmenetnek megfelelő sugárzási frekvencia ($\Delta\nu_{CS}$) 9 192 631 770 periódusának időtartamát.

Amikor Lord Kelvin megalkotta a róla elnevezett abszolút hőmérsékleti skálát, a Celsius skála beosztását fogadta el. Ezért lett az anyag lehetséges leghidegebb állapotának hőmérséklete $-273,15^{\circ}\text{C}$. Ma még a Kelvin fok definíciója a víz hármasponti hőmérsékletének ($0,01^{\circ}\text{C}$ [6]) $1/273,16$ -od része. Mivel a víz nem lehet teljesen tiszta, és oldott anyagok a hármaspontot kismértékben befolyásolhatják, az új SI a Boltzmann-állandót (k) – a gázmolekulák termikus energiáját meghatározó általános érvényű konstanst, amelynek dimenziója $(\text{kg} \times \text{m}^2 \times \text{s}^{-2}) / \text{K}$ – használja fel a hőmérsékleti alapegység új definíciójára: $k = 1,380\,649 \times 10^{-23} \text{ J / K}$.

Az áram erősségét (I) az áramvezető keresztmetszetén időegység alatt áthaladó elektromos töltés (Q) nagyságával mérjük: $I = Q/t$, alapegysége a francia fizikus, Ampère neve után amper. Jelenlegi definícióját

MÉRTÉKEGYSÉG	MINŐSÉG	DEFINIÁLÓ ÁLLANDÓ
Kilogramm (kg)	Tömeg	Planck-állandó
Méter (m)	Hosszúság	Fénysebesség
Másodperc (s)	Idő	¹³³ Cézium sugárzási frekvencia
Amper (A)	Áramerősség	Elektron töltése
Kelvin (K)	Hőmérséklet	Boltzmann-állandó
Mol (mol)	Anyag mennyiség	Avogadro-állandó
Candela (cd)	Fényintenzitás	Fényerősség adott frekvencián

Az új SI javaslatának gyűjteménye. A mértékegységek újradefiniálása természetes fizikai állandók alapján.

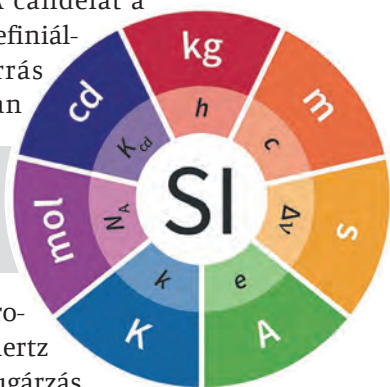
a 9. CGPM határozta meg 1948-ban: 1 amper olyan állandó elektromos áramerősség, amely két egyenes, párhuzamos, végtelen hosszúságú, elhanyagolhatóan kicsiny kör keresztmetszetű és egymástól 1 méter távolságban, vákuumban elhelyezkedő vezetők között méterenként 2×10^{-7} N (newton) erőt hoz létre. Az amper új SI *definíciója*: $e = 1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$ amper \times s, amiben e – az elektron elemi töltése – az univerzális fizikai állandó.

A fényerősség mértéke a candela, ami nevét a gyertyáról kapta. Korábbi sztenderdje a feketetest sugárzásához volt kötve. A candelát a 16. CGPM 1979-ben definiálta, mint egy fényforrás által adott irányban

A mol egy dimenziómentes szám, ami csak azért kerül terítékre, mert korábban kg alapon definiálták, mint az atomok számát 0,012 kg 12-es tömegszámú szénben. Ez pontosan az Avogadro-szám, az 1 molban lévő atomok száma, ami rögzítésre került $N_A = 6,022\ 140\ 857 \times 10^{23}$ értékben.

A tudomány és a technika fejlődése, valamint a mérőműszerek pontosságának nagyfokú javulása indokolja a mértékegységek etalonjainak nagy pontosságú meghatározását, s így a BIPM tevékenységét. Állandóbb értékű etalonokat nem lehet találni, mint általános érvényű fizikai állandókat, amelyek nincsenek kivéve műtárgyak időbeli változásának. Az is érthető, hogy a metrológusok által

5. ábra. A BIPM nemzetközi SI logója [12]



kibocsátott monokromatikus, 540×10^{12} hertz (Hz) frekvenciájú sugárzás, amelynek intenzitása 1/683 watt (W) per steradian. „Nehéz elképzelni? Egy gyertya megközelítően egy candela fényerősséggel világít” írja a Science in School [6]. Más szóval, az 540 THz frekvenciájú ($\lambda = 555$ nm hullámhosszú) monokromatikus sugárzás maximális spektrális hatásfoka 683 lumen/Watt, amelyben a kg, m, s alapegységek rendre a Planck-állandó (h), a vákuumban mért fénysebesség (c) és a céziumfrekvencia ($\Delta\nu_{Cs}$) alapján vannak definiálva.



6. ábra. William Klement ankerja [13]

használt tudományos fogalmak sokak számára nem emészthetők. Mégis mi az oka annak, hogy tevékenységük értetlenséget és ellenérzéseket is kelt?

A BIPM és döntéshozó fóruma, a CGPM szükséges és hasznos működése mögött elitista testületek sejlének fel a mindent újratemtés szándékával. Sorozatos újradefiniálásaik nagymértékű publicitás révén szenzációként hatnak, és egyúttal további feladatokkal látják el önmagukat. A kalória és az atmoszféra betiltását nem tartja mindenki indokoltnak és a mértékegy-



6. ábra. 1 candela fényerősség [12]

ségek újradefiniálásától félnek, talán csak a szóhasználat félreértelmezése miatt. Amikor ugyanis a megmért fénysebességet m/s dimenzióban 9 jegy pontossággal rögzítik, szükségszerűen a méterből és a szekundumból kell kiinduljanak (azért, hogy ne változzanak!) és a fénysebességgel a mindennapi életben használt métert nemcsak definiálják, de kalibrálják, hitelesítik is. Hasonlóképpen, amikor a $\Delta\nu_{\text{cs}}$ frekvenciát 1/s egységben 10 jegy pontossággal rögzítik, ehhez figyelembe veszik, hogy mi a másodperc, nehogy megváltozzék az újradefiniálás után. Minden megszokott mértékegység továbbra is használható, a mérőszalagok, mérlegek, hőmérők és órák továbbra is érvényben maradnak, a mindennapi életben semmi nem változik, hála annak a bölcsességnek, amivel a megszokott mértékegységeket megőrizték.

Végül, mi lesz a sorsa a ma még etalonként szolgáló platina-iridium ötvözetből készült IPK-nak, a 130 éve szolgáló (uralkodó) etalonnak, amit a BIPM pavilonja őriz Sèvres-ben? A kilogramm a francia forradalom idején fogant és majdnem száz évet várt, amíg koronát kapott. Ezt most fogják elvenni tőle. Nem lesz olyan tragikus, mint XVI. Lajos trónfosztása. A kilogramm csak felmenője, a méter sorsára jut, de jobban jár, mint leszármazottja, az atmoszféra, amit száműztek. Az IPK-t eddig 40 évente vették elő, hogy hasonló etalonokat kalibráljanak a világ országai számára. Ezután mi lesz vele?

„Megtartjuk, mint a tömeg másodlagos sztenderdjét”
mondja de Mirandés [2].

Vagyis érdemei elismerése mellett nyugdíjazták és polgári rangot kap. 2019. május 20-tól *Kilogramm Emeritus* lesz. Ez azonban a királyi udvar megszűnésével

is együtt jár, hiszen az etalonként definiált természeti konstansokat nehéz lenne kiállítani. Ezentúl a Sèvres-i pavilon valószínűleg csak múzeum lesz, és azt felügyelő Súlyok és Mértékek Nemzetközi Bizottsága (CIPM) teremőrré válik. Így az elit szervezetek is közelebb kerülnek a mindennapi élethez.

SIMONYI MIKLÓS



A szerző köszönetet mond a téma megvitatásáért Mayer Istvánnak (fizikus), Schiller Róbertnek (vegyész) és Simonyi Gábornak (matematikus).

IRODALOM

- <https://hu.wikipedia.org/wiki/Méter>
- A. Cho, *Science*, 7 November 2018, **362**, 6415, 625–626,
- The Economist*, 16 November 2018
- Chem & Eng News*, 16 November 2018
- Kibble B P, A measurement of the gyromagnetic ratio of the proton by the strong field method, in *Atomic Masses and Fundamental Constants* vol. 5, ed. J. H. Sanders, A. H. Wapstra (New York: Plenum), **1976**, pp 545–551.
- Kibble, B. P, Robinson, I. A, Belliss, J. H, A realization of the SI watt by the NPL moving-coil balance, *Metrologia* **27**, 1990, 173–192.
- Mills, I. M, Mohr, P. J, Quinn, T. J, et al, Redefinition of the kilogram: a decision whose time has come, *Metrologia* **42**, 2005, 71–80.
- Richard, P, Fang, H, Davis, R, Foundation for the redefinition of the kilogram, *Metrologia* **53**, 2016, A6–A11.
- Robinson, I. A, Schlamminger, S, The watt or Kibble balance: a technique for implementing the new SI definition of the unit of mass, *Metrologia*, 28 September 2016, Volume 53, No. 5, A46–A74.
- Haddad D, Seifert F, Chao L, et al. First measurements of the flux integral with the NIST-4 watt balance, *IEEE Trans. Instrum. Meas.* **64**, 2015, 1642–1649.
- https://en.wikipedia.org/wiki/Kibble_balance
- SI units: a new update for standards, *Science in School*, 30 november 2018, www.scienceinschool.org
- <https://hu.wikipedia.org/wiki/Másodperc>

KÖVETKEZŐ SZÁMUNKBÓL

SZABADOS LÁSZLÓ: 100 éves a Nemzetközi Csillagászati Unió

MIKA JÁNOS – MITRE ZOLTÁN – ZOMBORI PÉTER: Bekövetkezett katasztrófák tanulságai

TRÁJER ATTILA: Szúnyogok viselkedése

VENETIANER PÁL: 150 sor a XXI. századi tudományról – Módszertani forradalom négy tételben

BABINSZKI EDIT: Pillantás a föld alá – térképekkel

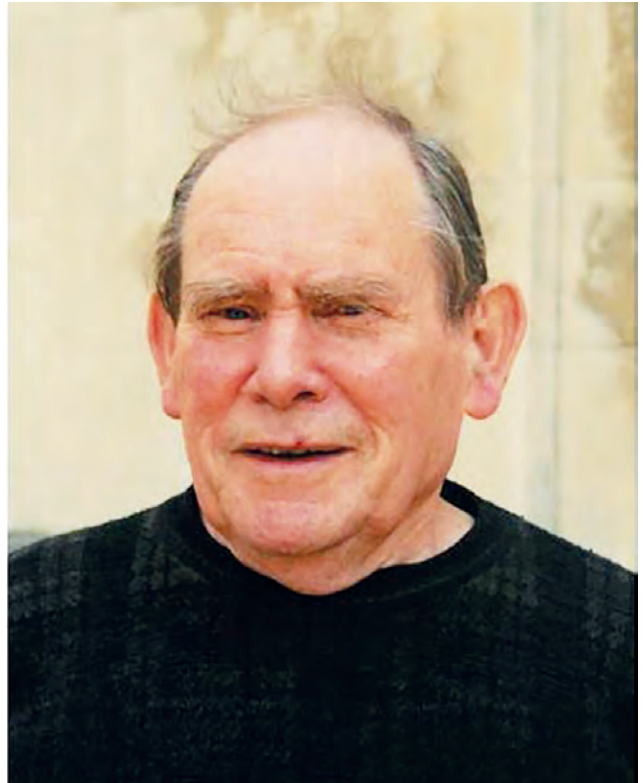
SYDNEY BRENNER NOBEL-DÍJAS MOLEKULÁRIS BIOLÓGUS EMLÉKEZETE

Az utolsó (előtti) mohikán halálára

2019. április 5-én, 92 éves korában elhunyt Sydney Brenner Nobel-díjas molekuláris biológus. Ő volt az egyik utolsó élő tagja annak a nagy, tudománytörténeti jelentőségű kutatói csoportosulásnak, amelyet e csoport egy másik tagja, François Jacob úgy jellemezett, hogy: „...a fág- és baktériumgenetika kutatása néhány ember ügye volt. Valami rögbicsapat-féle, akik között a labda kézzől kézre vándorol. A klubtagság számos privilégiummal járt...” Azért csak „egyik” utolsó, mert e „rögbicsapat” egyetlen tagja, a 91 éves James Watson még él.

Brenner nemcsak nagy tudós volt, hanem a világ tudományos közéletének meghatározó jelentőségű szereplője, páratlanul szellemes, eredeti gondolatok szóbeli és írásbeli megfogalmazója, nagyhatású mester. Életrajza is igen érdekes: 1927-ben Dél-Afrikában, Germistonban született. Az, hogy szülei kelet-európai zsidó emigránsok voltak (litván apa és lett anya), nem egyedi jellemző, ez igaz a huszadik század számos jelentős tudósára. Az azonban páratlan, hogy édesapja szegény suszter volt, aki bár jiddis anyanyelven mellett négy másik nyelven is beszélt (angol, orosz, afrikaans, zulu), soha nem tanult meg írni és olvasni. A kis Sydney kimagasló tehetségét apja egy vevője ismerte fel, aki ötéves korában ingyen felvette magánóvodájába. Itt egy év alatt elvégezte az első három elemi iskolai osztályt és mindjárt a negyedikbe került. Tizenöt évesen érettségizett, utána azonnal felvették a johannesburgi Witwatersrand Egyetem orvosi fakultására. A kutatásba hamar bekapcsolódott, tizennyolc éves korától rendszeresen publikált. 1951-ben, orvosi diplomája megszerzése után Oxfordban a kémiai Nobel-díjas Hinshelwood laboratóriumában kezdett dolgozni. Egy cambridge-i látogatás 1953-ban Watsonnál és Crick-nél eldöntötte későbbi pályájának alakulását. Látogatást tett az USA-ban, megismerte a fág-csoport vezetőit, Gamow-t, Benzert, dolgozott Stent-tel, majd visszatért Dél-Afrikába, itt publikálta első nagyjelentőségű cikkét. 1956-ban ment ismét Cambridge-be, ahol a következő húsz évben Crickkel egy szobában dolgozott. 1979-86 között az MRC Laboratory of Molecular Biology igazgatója volt (Perutz-ot követte ezen a poszton). Nyugdíjazása után Kaliforniába költözött a Scripps Institute-ba, itt alapított egy vállalatot (Lynx), majd 2002-ben ismét Crick mellé került a Salk Institute „Distinguished Professor”-aként. Élete utolsó szakaszát Szingapúrban töltötte, ahol segítette létrehozni a Molekuláris és Sejtbiológiai Intézetet, és ahol teljesen otthon érezte magát. Itt is hunyt el.

Tudományos pályájának ismertetését azért érdemes a 2002-ben kapott Nobel-díjjal kezdeni, mert ekkor mondta azt, hogy „*Ez tulajdonképpen a második Nobel-díjam, az első csak elfelejtettem megkapni.*” Valóban, a pályájának első

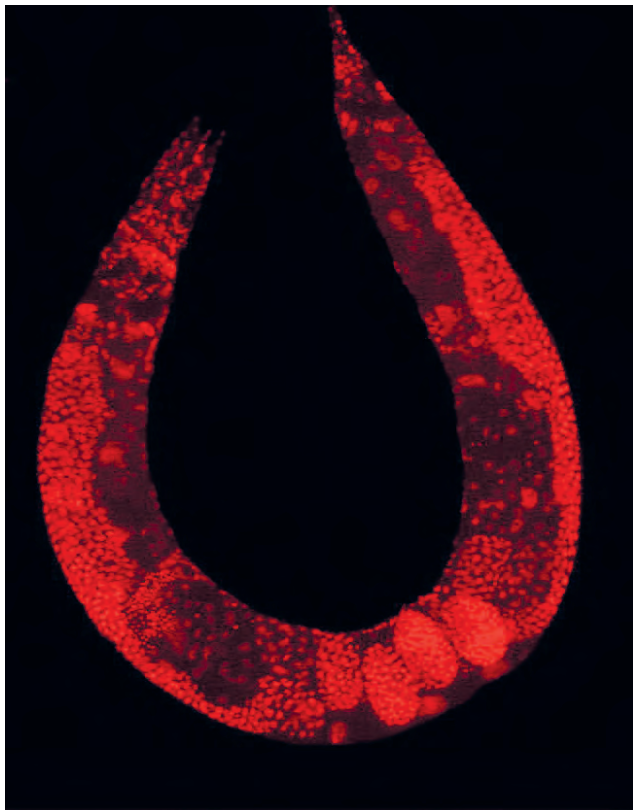


1. ábra. Sydney Brenner 2003-ban
(Hargittai István felvétele)

szakaszán, a múlt század ötvenes-hatvanas éveiben elért eredményei alapján bőven megérdemelte volna a Nobel-díjat, amiről nyilvánvalóan csak azért maradt le, mert a háromfős korlátozó szabály miatt nem fért be Nirenberg, Holley és Khorana mellé a genetikai kód megfejtésért 1968-ban kiadott díjba.

Az ötvenes években a molekuláris biológusok figyelmét elsősorban a genetikai kód természetéről szóló elméleti spekulációk kötötték le. Ekkor volt divatos az „átfedéses kód” hipotézise. Brenner első nagy visszhangot kiváltó egyszerezős cikke 1957-ben briliáns logikával bizonyította be e feltevés lehetetlenségét. A kód valódi természetét (vesszőmentes triplet-kód) kísérletileg bizonyító korszakos jelentőségű Nature-közleménynek Brenner az első szerzője, az elsősorban elméleti

megalapozó Crick mellett a kísérletek döntő többségét ő végezte el. Ugyancsak Brenner bizonyította kísérletileg (Meselson és Jacob társaságában) a messenger-RNS létét. A Crick által elgondolt „adaptor-hipotézis”-nek (amely posztulálta a transzfer-RNS szerepét a fehérjeszintézisben, annak felfedezése előtt) Brenner adott nevet. Ugyancsak tőle származik a keret-eltolódásos mutációk (frame-shift) elnevezése és molekuláris jellemzése. Ő tisztázta az értelmetlen (*non-sense*) mutációk természetét, azonosította három típusukat, valamint tisztázta



2. ábra. *Caenorhabditis elegans*: a Féreg.
Valódi mérete 1 mm.

a nonsense-szuppresszió jelenségének okát. Jacobbal és Cuzinnal megalkották a bakteriális DNS-replikáció szabályozásának úgynevezett replikon-modelljét. Ő bizonyította kísérletileg a Crick által javasolt „szekvenciahipotézist”, vagyis azt, hogy a DNS nukleotidszekvenciája kolineáris a kódolt fehérje aminosav-szekvenciájával.

Mindezen fontos felfedezések után, 1963-ban, az akkor még csak 36 éves Brenner úgy érezte, hogy ott kell hagynia a fág- és baktériumgenetikusok rögbicsapatát és új irányban kell pályáját folytatni. A Medical Research Councilnek benyújtott pályázatában így fogalmazott: „...a molekuláris biológia elsőrendű új problémája a sejtfejlődés kontrollmechanizmusainak genetikája és

biokémiája... A molekuláris genetika eddigi sikereit jórészt a nagy számban kezelhető rendkívül egyszerű szervezetek, baktériumok és bakteriofágok felhasználásának köszönheti... Mi a sejtfejlődést hasonló módon kívánjuk megközelíteni, kiválasztva a legegyszerűbb differenciált, soksejtű élőlényt és alkalmazva a mikrobiológiai genetika bevált módszereit. Tehát egy rövid életciklusú, könnyen tenyésztethető, soksejtű organizmusra van szükségünk, amely elég kicsi ahhoz, hogy olyan nagyszámú egyed vizsgálhassunk, mintha csak mikroorganizmus volna. Kevés sejt kell rendelkeznie, hogy a sejtvonalak kialakulási mintázata követhető legyen, és alkalmasnak kell lennie a genetikai vizsgálatra.” Hosszú bűvárkodás után úgy vélte, hogy megtalálta ezt az ideális kísérleti objektumot egy kis féreg, a *Caenorhabditis elegans* „személyében”. Ezt a férget ő vezette be a molekuláris biológiai kutatásba, az első cikket róla 1974-ben publikálta. Ma kutatók ezrei foglalkoznak a Féreggel; ez volt az első soksejtű állat, amelynek teljes DNS-szekvenciáját megfejtették. A 2002-ben kapott Nobel-díj, amelyet Brenner John Sulstonnal és Robert Horvitz-al együtt nyert el „A szervezetre és a programozott sejtihalálra vonatkozó felfedezéseikért”, voltaképpen a féreg, mint kísérleti objektum bevezetését honorálta Brennernél, ugyanis a ténylegesen díjazott, az apoptózisért felelős géneket azonosító munkában személyesen már nemigen vett részt. Nyilván szerepet játszott ebben az a tény is, hogy a díjbizottság tudta, hogy Brennernek már harminc évvel korábban is kijárt volna ez az elismerés. Brenner a Nobel-előadásában azt mondta, hogy: „Kétségtelen, hogy az ezévi Nobel-díj negyedik nyertese a *Caenorhabditis elegans*. Ő megérdemli, hogy osztozzon a teljes dicsőségben, bár a pénzben nem tud.”

Andrew Brown, aki „Kezdetben vala a Féreg” című könyvében megírta e Nobel-díj történetét, a következőképpen jellemzi Brenner személyiségét: „Ha beszélni kezd hozzád, azonnal elsodor, felvillanyoz és kimerít az új eszmék jegeken habzó áradata. Mély gondolatok, szóviccek, anekdoták, vélemények özönlenek, kavarnak megállíthatatlanul...”. Horvitz leírja visszaemlékezéseiben, hogy olykor, ha éjjel kettőig-háromig dolgozott a laborban, megsomjazott és egy teáért bement a társalgóba, akkor többnyire ott találta Brenner-t, aki ezt az időpontot találta a legmegfelelőbbnek, hogy ötletei áradatát rázúdítsa. A pályáját orvosként kezdő Brennernek ez a mágikus varázsa ragadta el a vegyész Sulstont, vagy az elektromérnök és számítógépes grafikával foglalkozó White-ot (és manapság világszerte mintegy 2000 biológuskutatót), hogy életre szólóan elkötelezzék magukat a Féreg megismerésének.

A Nobel-díjasok többségével ellentétben, Brenner felfedező munkássága ezzel nem zárult le. Az egyik fontos tette — ismét — egy új kísérleti objektum bevezetése

a molekuláris biológiai kutatásba. Brenner intenzív részt vállalt a Humán Genomprogram indításában és megszervezésében. Ennek ellenére soha nem titkolta, hogy nem helyesli fenntartás nélkül ezt a programot. Mégpedig azért nem, mert úgy vélte, hogy túl sok felesleges munkát, erőfeszítést követel meg. Azt mondta: *„...kezeljük úgy a humán genomot mint a személyi jövedelemadót, azaz találjuk meg az összes törvényes eszközt arra, hogy kikerüljük a teljes szekvenálást.”* Keressünk tehát egy olyan gerinces állatot, amelyik tartalmazza az összes gerinces gént, de sokkal kevesebb „szemét DNS-t” mint az ember. Persze – mondta később – könnyű jó kérdéseket feltenni, ha az ember már tudja a helyes választ. Ő pedig tudta, mert még a hatvanas években a Woods Hole-i tengerbiológiai intézet könyvtárában búvárkodva olvasta egy, a gerincesek evolúciójáról szóló cikkben, hogy a japán fugu-halnak és rokonainak genomja mindössze 400 megabázis, azaz hét-nyolcszor kisebb, mint az emberé és gyakorlatilag az összes többi gerincesé. Mivel az igen valószínűtlennek tűnt számára, hogy a halak egy csoportja ennyivel kevesebb génnel rendelkezék, mint a többi hal, úgy vélte, hogy ezeknek a halaknak csak a „szemét-DNS”-e sokkal kevesebb. Következésképpen a fugu, amelynek a genomja mindössze négyszer nagyobb, mint a *Caenorhabditis*-é, ideális objektum volna a gerincesek genomjának tanulmányozására. El is indított egy fugu genomprogramot, amely elsősorban japán finanszírozással sikerrel be is fejeződött és teljesen igazolta hipotézisét.

Másik jelentős eredménye az általa alapított biotechnológiai céghez fűződik: kidolgoztak egy teljesen új alapú nagyteljesítményű szekvenálási metodikát.

Talán az eddig leírtakból is kitűnt, hogy Brenner nem csak nagyszerű tudós, hanem szellemes, eredeti megfogalmazásairól híres, olykor provokatív közéleti szereplő volt. Ott volt és vezető szerepet játszott az 1975-ös asilomari konferencián, a génebézés körüli első nagy vitában, harcos szószólója volt a Humán Genomprogram-

3. ábra. A japán gömbhal, másnéven fugu (*Takifugu rubripes*)



4. ábra. Giovanni di Paolo: Kiűzetés a Paradicsomból

nak, tőle származik a programot elősegítő nemzetközi szervezet HUGO (Human Genome Organization) elnevezése. Egyéniségének, stílusának jellemzésére álljon itt néhány anekdota:

A Humán Genomprogram indulása előtti egyik vitán, amikor felmerült az az ellenvetés, hogy ez a program megelőli az innovatív tudományt, azt javasolta: *„A szekvenálást, lévén unalmas rutinmunka, elítélt rabokkal kellene végeztetni. Minél hosszabb a büntetés tartama, annál hosszabb DNS-t kellene megszekvenálnia a rabnak.”*

A génebézés szabályozása és korlátozása ügyében összehívott egyik bizottságban azon vitatkoztak, hogy különböző sejtekkel és szövetekkel folyó laboratóriumi munkákat melyik biztonsági osztályba kell sorolni. A heves vitában az egyik (hölgy) résztvevő indulatosan közbevágott az elnöklő Brenner szavaiba: *„...és hova teszi a spermát?”* Brenner válasza: *„Asszonyom, ez olyan bizalmas jellegű kérdés, amire megtagadom a választ.”*

Úgy vélem, hogy e megemlékezés legméltyóbb befejezése két idézet lehet Brenner egyik utolsó (2014-ben publikált) interjújából.

Egy pesszimista gondolat: *„Sok korábbi Nobel-díjas sikere ma lehetetlen volna. Isten sem jutna kutatási pályázathoz (granzhez), mert valaki a Bizottságban azt mondaná, hogy a kísérletek (a világ teremtése) nagyon érdekesek voltak, de soha nem lettek megismételve. Egy másik azt mondaná: igen, de ezek nagyon régi munkák, mit csinált mostanában? Egy harmadik pedig azt mondaná, hogy az egészet egy referálatlan folyóiratban (a Bibliában) közölte.”*

És egy optimista: *„Mindig is úgy gondoltam, hogy a tudományos tevékenység a leghihetlenebb, legsodálatosabb élmény. Mostanában sok időt töltök azzal, hogy segítsék fiatalokat abban, hogy élvezzék ezt, és ne érezzék, hogy csak egy hatalmas gépezet részei, amit ma sokan gondolnak.”*

VENETIANER PÁL



A MAGYAR MADÁRTAN 150 ÉVE

Újabb 75 év

A második világháború az élet minden területén határvöet képez. Az események hatására megváltozott a világ és már nem volt ugyanaz, mint előtte. Ez bizonyos mértékben a magyar madártan történetére is igaz. A háború utáni időszakban kezdte felismerni az emberiség, hogy milyen mértékű pusztítást tud okozni a harcmezőn kívül is, így a század második felében elkezdtek kibontakozni a bolygó jövőéért aggódo környezet-, és természetvédelmi vonatkozású törekvések. Magyarországon is egyre több ilyen irányú intézkedés lépett életbe. 1973-ban létrehozták hazánk első nemzeti parkját Hortobágyon, jelentős szerepet adva ezzel az élőhelyek megóvása és a madárvédelem számára. A jelen cikkben az 1944-től napjainkig terjedő 75 év fontosabb állomásait, intézményeit szeretném ismertetni, különös tekintettel a madarak védelmére.

A háború után

A Madártani Intézet és annak minden, fél évszázad munkájával egybegyűjtött, felbecsülhetetlen értékű gyűjteménye, beleértve az akkor már világszerte ismert könyvtári állomány jelentős részét is, megsemmisült 1944-ben mikor az Intézet budai épületét találat érte. Az újjászervezés Vertse Albert vezetésével kezdődött meg, azonban nem kevés nehézségbe ütközött.

Igyekeztek helyreállítani a korábbi gyűjteményeket, madárgyűrzési adatokat, azonban kevés sikerrel eltekintve csak azokat lehetett újra összegyűjteni, amelyek korábban már közölve lettek valahol. A gyűrzési munkálatokat tovább nehezítette, hogy nem volt jelölésre felhasználható gyűrű sem. Ennek orvoslására nagy segítség érkezett Svájc-ból és Csehországból, így az akkor már 35 éve megkezdett munka nem szakadt meg. 1951-ben új feliratú gyűrűsorozatokkal indult meg ismét a hazai jelölőgyűrűk kibocsájtása.

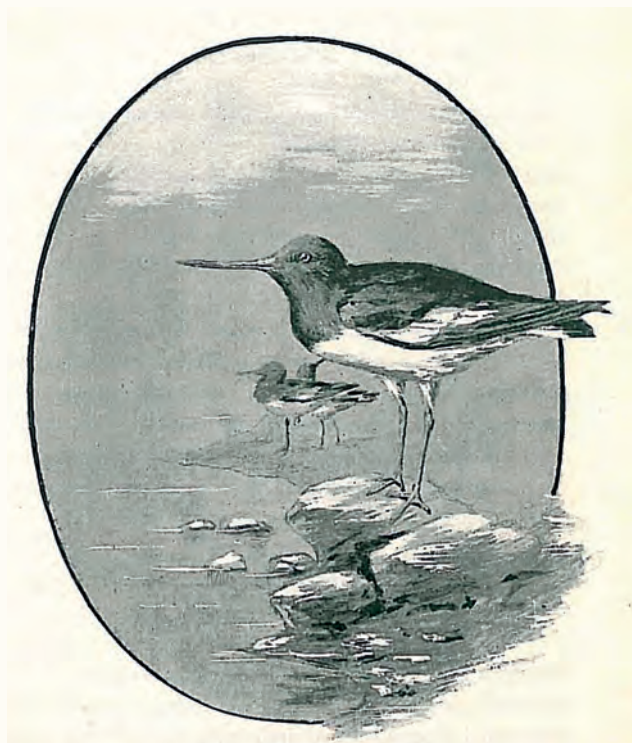
A '70-es évek elejére sikerült ismét nemzetközi színvonalúra emelni az ornitológiai szakkönyvtár állományát. Ebben elvülhetetlen érdeme volt Keve Andrásnak, akinek a nevét 2008 óta viseli a Keve András Madártani és Természetvédelmi Szakkönyvtár.

A budai Jókai-kertben (1975-től természetvédelmi terület és 2007 óta védett történeti kert) található intézményben több mint tízezer kötetnyi könyv és a húszeszet is meghaladó hazai és nemzetközi folyóirat-kötet tartalmazza a madártani ismereteket.

A magyar természetvédelem következő mérföldköve a Hortobágyi Nemzeti Park 1973-as megalapítása, melyet egy év múlva követett a magyar madártan napjainkig meghatározó szervezetének létrehozása.

Magyar Madártani Egyesület

Mai nevén, Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület (MME), 1974 január 6-án alakult, így idén töltötte be működésének 45. évét. Jelenlegi elnöke Bajor Zoltán, ügyvezető igazgatója Halmos Gergő. Az Egyesület fokozatosan egyre szélesebb körben fejt ki tevékenységét az évek múlásával. Alakulása után, három éven belül csaknem megduplázódott a helyi csoportok száma, így 1977-ben már 31 alegység működött. A természetvédelemnek, a fajok megóvásának rendkívül fontos szerepe van az Egyesület életében, amely törekvés megvalósítása érdekében élőhely-, és fajvédelmi programokat indítanak, valamint hazai és nemzetközi pályázatokban vesznek részt.



A legkorábbi ilyen törekvés a Ragadozómadár-védelmi Szakosztály létrehozása volt (1976). Már régóta fennálló probléma a ragadozó madarak mérgezése, ami nemcsak a madarak pusztulását eredményezi, hanem erőteljesen csökkenti a populációk utánpótlását is. Ugyanis a legtöbb ragadozó madárra az 1-3 tojásból álló átlagos fészekaljméret jellemző, ezért viszonylag lassabb a szaporodási ütemük, ezért a fészkek és fiókák védelme is kiemelten fontos. Ennek érdekében már a '70 évek végén egész napos fészekőrzési programot indítottak.

1976 azért is jelentős, mert attól az évtől kezdődően az MME felügyeli és irányítja a hazai madárgyűrűzési tevékenységeket (például engedélyek és jelölő gyűrűk kibocsájtása, oktatás). A szervezett keretek között történő adatfelvétel érdekében hamarosan megnyíltak az első madárvárták is (Fülöpháza, Fehértó, Sumony, Ócsa stb.) az „Actio Hungarica” madárgyűrűzési hálózat részeként.

A madárvédelemre történő összpontosítás és a társadalom mozgósítása érdekében 1979-ben indul útjára az „Év madara” program. A közönség – 2011 óta online szavazással – évente általában egy fajt választ (olyan fajok közül, melyek védelmében az Egyesület aktívan részt vesz), de rendhagyó kivételek előfordultak már, amikor fajcsoportokat (fecskék, cinegék, harkályok, pacsirták) emeltek ki az adott év jelképévé. Ugyanaz a madár adott esetben újraválasztható egy másik évben is. Idén a gólyatöcs

(*Himantopus himantopus*), a program indulása óta első ízben lett az év madara (bővebben lásd keretes ismertetőnket).

Az MME oktatási tevékenységei közül kiemelendő az 1981-ben létrehozott Madarász Suli, amit 1992-ben a Madarász Ovi követett. Zsoldos Árpád és Tompai Katalin ötletéből bontakozott ki ez a két lehetőség, melyek célja a természet védelmének és a madarak ismeretének bővítése az érdeklődő fiatalság körében.

A nemzetközi természetvédelem területén is élen jár az Egyesület. 1986 óta kapcsolatban áll a Természetvédelmi Világalappal (WWF - World Wide Fund for Nature), mely együttműködés részeként a WWF magyarországi szervezete – 1991-es megalakulása óta – aktívan részt vesz a ragadozómadár-védelmi programokban. Az ilyen tevékenységek jelentőségét mutatja, hogy mind hazai, mind nemzetközi szinten elismerések övezik az MME munkáját. 1988-ban Pro Natura díjjal tüntették ki az Egyesületet, mely díjat később több szervezeti egység és tag ismételtelen elnyert. 1989-ben az Angol Királyi Madárvédelmi Társaságtól (Royal Society for the Protection of Birds) Európa-díjat kapott a szervezet, majd 1991-ben a Természetvédelmi Világszövetség (International Union for Conservation of Nature) tagjává választotta.

Érdekes egybeesés, hogy épp abban az évben (1993), amikor a Madártani Intézet 100 éves, újult meg a nemzetközi madárvédelmi szövetség BirdLife International





néven, melyben az MME továbbra is képviseli Magyarországot. Schmidt Egon alapításával újtára indult a mai napig folyamatosan megjelenő Madártávlat folyóirat (főszerkesztője Orbán Zoltán), melyben a legfontosabb madárvédelmi, fészkelési, vonulási eseményekről számol be az Egyesület, közérthető, barátságos formában.

A társadalmi aktivitás fokozásának újabb mérföldköve a 2002-ben elindított Madárbarát kert program, amely mára már kiterjed az oktatási intézményekre, sőt panel- és munkahelyi épületekre is. A program célja a madárvédelmen túl a mindennapi élet színesítése. Mesterséges odúk, itatók és madáretetők kihelyezésével és rendszeres gondozásával saját környezetünkben tudhatjuk az állatvilág szín pompás és legváltozatosabb hangú képviselőit. Bárki csatlakozhat ehhez a programhoz, melyben az aktív és hosszantartó részvételt elismerő tábláscskával jutalmazza az MME, és harsogó énekkel a madarak.

Az állatok engedély nélküli pusztítása hosszú ideje jelent problémát a természetvédelemben. Az ilyen esetek visszaszorítása érdekében, hazánkban először képezték ki hivatásos keresőkutyát a Helicon parlagisas-védelmi program részeként. A Falco névre hallgató képzett négylábú a tetemek és mérgezett csalik felkutatásában vesz részt 2013 óta. Eredményességét mutatja, hogy már az első évben 64 többségében madár-, de emlős és hüllőfaj esetében is sikerült nyomokat találni, melynek köszönhetően, habár még nem szűnt meg teljesen, de csökkenő számban fordulnak elő mérgezések.

Az Egyesület azonban nemcsak a madarak védelmében, hanem a kétéltűek és hüllők, valamint az emlősök megóvásában is szerepet vállal. Ezen tevékenységek összefogására és irányítására szakosztályokat is létrehozta.

Nem lenne teljes a kép a Magyar Madártani Egyesület sokrétű munkásságának bemutatásáról, ha néhány szót nem említenénk napjaink információtechnológiai lehetőségeinek felhasználásáról. 2016 óta az Egyesület honlapján elérhető tudástárakban jelentős mennyiségű információ érhető el Magyarország madarairól, kétéltűiről és hüllőiről. Ezen felül a Natura 2000 védettséggel rendelkező területek kiemelt fajairól és élőhelytípusairól is tájékozódhatunk. A hordozható készülékek világában megkönnyítik a határozást az olyan alkalmazások, mint a Madárhatározó és a Kétéltű- és hüllőhatározó, melyeket telepítve máris fellelőzhetjük 367 hazai madárfaj, valamint 17 kétéltű- és 18 hüllőfaj adatait, sőt képeket, valamint hanganyagot is találunk hozzájuk, mindezt egyben, a zsebünkben is elférő eszközön.

Az MME nyomtatott kiadványai

Habár az MME által eddig kiadott összes nyomtatott terméket nem áll módomban ismertetni (de továbbiakért lásd a cikksorozatban felhasznált irodalmakat), azonban úgy gondolom, hogy közülük legalább kettő külön emítést érdemel.

A BirdLife International magyarországi és egyben a Magyar Madártani Egyesület hivatalos tudományos folyóirata az évente két alkalommal megjelenő **Ornis Hungarica**. 2019-ben 27. évfolyamával érkezik az 1991-ben alapított lap. A madártan számos területéről, főleg az ökológia, viselkedésökológia, anatómia (fosszilis maradványok), biogeográfia és konzervációbiológia





vonatkozásában közlik a hazai és külföldi ornitológusok tanulmányaikat. A 20. évfolyamtól kezdődően jelentős változáson esett át a lap, melynek köszönhetően 2018 végére már a legnagyobb nemzetközi tudományos adatbázis, az Elsevier gondozásában működő Scopus is felvette listájára olyan folyóiratként, melyre érdemes figyelni. Ez egyfajta elismerés mind a szerkesztőségnek, mind pedig a lapban megjelent tanulmányok szerzőinek, hogy színvonalas munkájuk révén nemzetközileg is figyelemre méltó és egyre inkább növekvő teljesítményt sikerül elérni a közlemények idézettsége tekintetében.

Mindemellett meg kell emlékeznünk a madárgyűrűzés 1908-as meghonosításának 100 éves időszakát felölelő centenáriumi **Magyar madárvonulási atlasz** 2009-es megjelenéséről. Az immáron 10 éves gyűjtemény, amely a madárvonulás kutatásának történetétől, eszközeinek bemutatásától, a vonulási viselkedés és az azt befolyásoló tényezők ismertetésén át, egészen a fajok részletes adatainak közléséig, máig elvülhetetlen információkat szolgáltat mind szakmai, mind pedig érdeklődő körökben. A hazai madárfajok közel háromnegyedének vonulási szokásairól, megkerüléseiről, költési és telelési területeiről szerezhetünk ismereteket a könyv fellapozásával.

Madármentés Magyarországon

Az állatok nem képesek magukról gondoskodni, ha fiatalok vagy sérültek. Ez az állapot ösztönöket indít be az emberekben, hogy segíteni próbáljanak a bajbajutottakon. Az ilyen érzelmektől vezérelve naponta több

GÓLYATÖCS (*Himantopus himantopus*)

Feltűnően hosszú lábú, fekete-fehér színezetű (akárcsak a gólya) partimadár. Vonuló madár, hazánkba március-április hónapjaiban érkezik és rendszeresen költ. A faj világviszonylatban nem fenyegetett. Magyarországon fokozottan védett (eszmei értéke 250 000,- Ft). 2019-ben az év madarának választották.



Főleg szikeseken, nedves réteken, sekély vízborítású helyeken figyelhető meg, mely élőhelyek védelmével és megfelelő kezelésével biztosítható az állomány fennmaradása. Gyakran látható gulipánok társaságában. Telepekben vagy egyedül fészkel olyan helyen, ahol a fészket víz és maximum 30 cm magas növényzet veszi körül. Fészket talajmélyedésbe helyezett növényi részek alkotják. Fészekalja 3-5 tojásból áll. Főleg rovarokat és más gerincteleneket fogyaszt, melyeket a vízpartról, illetve a vízfelszínről gyűjt. Hosszú lábai segítségével mélyebbre is képes gázolni. Testhossza 35-40 cm, szárnyfesztávolsága 67-83 cm. Testtömege, ivartól függetlenül 150-210 g.



Magyarországi állománya ingadozást mutat, 200-1000 költőpár között változik. A gyűrűzési adatok alapján 1951 óta 345 egyed kapott jelölést. Ebből 18 példány hazánkban, 4 pedig külföldön került meg. Magyarországon eddig 10 külföldön gyűrűzött egyedet láttak viszont, legtávolabbról Portugáliából (2507 km). A legidősebb gyűrűs madár több mint 9 éves volt.

(Forrás: Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület (2019) Magyarország madarai: Gólyatöcs. <http://www.mme.hu/magyarorszagmadarai/madaradatbazis-himhim>)

megkeresés érkezik, mind az MME munkatársaihoz, mind pedig nemzeti parkok őreihez, állatkertek, illetve állatmenhelyek gondozóihoz. Az elárvult vagy sérült madarakat, főként önkéntes alapon működő hálózat látja el Magyarországon.

A szűkös források ellenére az ország különböző régióiban, csaknem 10, kifejezetten erre a célra szakosodott madármentő állomás üzemel napjainkban. A vadmadarak gyógyításának alap gondolata (nyilván a háziállatok orvosi ellátása sokkal korábbra nyúlik vissza) a '80-as évek elején indult. Addig nem létezett olyan intézmény, mely a vadmadarak gyógyításával és madárpark (látogatóközpont) üzemeltetésével egyaránt foglalkozik.

Déri János neve sokaknak ismerősen csenghet a Hortobágyi Madárpark és a Madárkórház Alapítvány kapcsán. A szakszerű orvosi ellátás adományként kapott műszerek segítségével 1999-ben indulhatott meg. A Madárpark kerttel és röpdével is rendelkezik, ahol a gyógyuló madarak között szabadon sétálhatunk. A kórház különlegessége, hogy a lábadozók és a műtő is megtekinthető látványkórház jelleggel, de természetesen a látogatók okozta zavarás csökkentése érdekében a madármentést és gyógyítást bemutató kiállítást is berendeztek az épületben.

A Madárkórház Alapítvány végzi az országos madármentés koordinálását. Összesen több mint 30 hivatalos központ működik a megyékben, ahol szakszerű ellátást tudnak biztosítani a sérült egyedeknek. Néhány éve nyitotta meg kapuit a jászberényi Sasközpon, ahol a mérgezés vagy lövés áldozatául esett nagyragadozó madarak épülhetnek fel. Mindemellett fontos szemléletformáló szerepe is van az intézménynek, hiszen a látogatók megismerhetik a hazai ragadozó fajokat és azokat a veszélyforrásokat, amelyek fenyegetik ezeket a madarakat.

Említésre méltó még a kőszegi Chernel-kert, melynek alapjait, különleges növények ültetésével még maga Chernel István fektette le 1896-ban. A több száz növényfajt bemutató arborétumon kívül madármentő központ is működik a több hektáros területen.

A megnevezett intézmények, központok és kertek, mindazon túlmenően, hogy a madártannal ismerkedni vágyó Olvasók, remélhetőleg felkeresendő célpontjai lesznek, azért is meglátogatásra javasoltak, mert részeseivé válhatunk annak a nagyszabású munkának, melyet összefoglalóan Magyar Természetvédelemnek nevezhetünk és gyökereiben legalább 200 évre nyúlik vissza.

NAGY JENŐ

IRODALOM

- Csörgő, T. és mtsai. (szerk.) 2009. Magyar madárvonulási atlasz. *Kosuth Kiadó*, Budapest.
- Keve, A. 1954. A Magyar Madártani Intézet 1933-1950. évi madárjelölési. XV. jelentés. *Aquila*, 55/58: 89–107.
- Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület 2019. Honlap <http://www.mme.hu>
- Ornis Hungarica 2019. Honlap <http://ornis.hu>
- Pátkai, I. 1955. A Magyar Madártani Intézet 1951-53. évi madárjelölési. XVII. jelentés. *Aquila* 59/62: 253–273.

KÉPEK

1. Csigaforgató (*Haematopus ostralegus*); Az északi Madárhegyek, Madarász Gyula
2. Csikosfejű nádiposzáta (*Acrocephalus paludicola*); Avifauna neerlandica, Csörgey Titusz
3. Gólyatöcs (*Himantopus himantopus*); Avifauna neerlandica, Csörgey Titusz
4. Sárjáró (*Calidris falcinellus*); Avifauna neerlandica, Csörgey Titusz
5. Póling (*Numenius arquata*); A madarak hasznáról és káráról, Csörgey Titusz

A gólyatöcsről a képeket Löki Viktor és Csörgő Tibor készítette.

E SZÁMUNK SZERZŐI

CSABA GYÖRGY: Professor Emeritus, az MTA doktora, Budapest; **IZSÁK JÁNOS:** ny. egyetemi tanár, ELTE Állattrendszertani és Ökológiai Tanszék, Budapest; **KISS LÁSZLÓ:** fizikus-csillagász, az MTA levelező tagja, az MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont főigazgatója; Budapest; **KOVÁCS GERGŐ:** PhD-hallgató, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debrecen; **NAGY JENŐ:** doktorjelölt, Debreceni Egyetem Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola, Debrecen; **PAULOVKIN ANDRÁS:** Semmelweis Egyetem, Budapest; **SIMONYI MIKLÓS:** MTA Természetudományi Kutatóközpont, emeritus tudományos tanácsadója, Budapest; **TÓSZEGI ZSUZSANNA:** PhD, c. egyetemi docens, ELTE BTK Könyvtár- és Információtudományi Intézet, Budapest; **VENETIANER PÁL:** akadémikus, MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpont, Biokémiai Intézet, Szeged;

Kérjük, adója 1%-ával idén is támogassa a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat ismeretterjesztő tevékenységét!

Tudományos Ismeretterjesztő Társulat
Adószám: 19002457-2-42

A tavalyi évben 259 119 Ft felajánlást kapott a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat, melyet az ismeretterjesztés népszerűsítésére fordítottunk.

Köszönjük múlt évi felajánlását!



BETEGSÉGEK HALÁLOZÁSI KOCKÁZATÁNAK ÉLETKORI FÜGGÉSÉRŐL

Az élettartam ködös törvényszerűségei

A címben foglalt kérdéskör jelentősége és aktualitása biológiai, orvosi és demográfiai szempontból nyilvánvaló. Számos vizsgálat volt és van folyamatban a vonatkozó szabályszerűségek feltárására. Sugallhatja a cím, hogy elsősorban a kérdés humán vonatkozásaira gondolunk, így a kérdéskör a humán demográfia tárgykörébe sorolandó. Valóban, állat- és növényfajok legtöbbjének esetében a vizsgálatokhoz szükséges ismeretek nagyon nehezen szerezhetők be. Említhetjük egy ragadozó állatfaj valamely vadon élő populációjának betegségeire vonatkozóan az elpusztulási kockázatok életkori függésének kérdését. Ez esetben általában sem a rendelkezésre álló populáció mérete, sem az elpusztulás egyedi okának megállapíthatósága nem biztosított, és az egyedek elpusztuláskori életkorának adatolása is nagyon bizonytalan. Néhány növény- és állatfaj esetében azonban rendelkezésre állnak legalább redukált vizsgálati adatok. Mindenesetre nagy feladat vár a demográfiai ökológia kutatóira.

A halálozási kockázat életkori függésének megállapításához mindenekelőtt osszuk be a vizsgálandó populáció egyedeit egymást követő öt éves életkori intervallumokba. Egyszerűsítésként térjünk át az életkorról az utóbbit tartalmazó korintervallum sorszámára. Ha például a vizsgálat a 30 - 84 évesek populációjára terjed ki, akkor a [30-34), [35-39), ... , [80-84) év korintervallumnak megfelelő 1, 2, ..., 11 transzformált életkori értékekről van szó. Elvileg korrektebb eljárás volna az öt éves életkori intervallumok esetszámait öt évenként előrehaladó öt éves

korintervallumokban vizsgálni, azonban az ilyen, úgynevezett *kohortikus* vizsgálat meglehetősen nehézkes, és számos, nem részletezett járulékos nehézséggel kell számolni. Az egyes korintervallumokba eső személyek számát jelöljük a következőkben n_1, n_2, \dots, n_{11} -gyel. A korcsoporti osztályokban meghaltak számának jele legyen d_1, d_2, \dots, d_{11} . Ekkor az $r_1 = d_1/n_1, r_2 = d_2/n_2, \dots, r_i = d_i/n_i, \dots, r_{11} = d_{11}/n_{11}$ hányados vagy halálozási ráta az i életkorban elhalás kockázatának egy elfogadható egyszerű becslése. Ne tévesszük szem elől, hogy itt a viszonyítási alap, az úgynevezett kockázati populáció

az adott korcsoportban élő összes egyed, nem pedig a korcsoportbeli összes meghaltaknak a száma. A halálózási kockázat életkori függését az r_i ($i=1,\dots,11$) relatív gyakoriságok sorozatának vizsgálatára vezethetjük vissza.

Konkrét vizsgálatok első feltétele az, hogy kellő eset-számú és viszonylag megbízható statisztika álljon rendelkezésre. Hasonló statisztikák több évszázada készülnek a fejlettebb államokban. Már most megjegyezzük, hogy az *okok szerinti* halálózási statisztikák készítése sokkal nagyobb feladat.

Miután megteremtődött a szükséges korcsoporti halálózási arányszámok megállapításának a lehetősége (okok szerinti részletes felbontásról egyelőre nincs szó), egy alapvető és lényegében máig érvényes demográfiai megállapítás született. Mint azt Gompertz megállapította 1825-ben, a halálózási kockázat a 30. és 90. életév közötti életkori intervallumban férfiak és nők esetében egyaránt közel exponenciálisan növekszik. Azaz a halálózási kockázat és az életkor fenti jelölésével írható:

$$r_i \approx ae^{bi}$$

ahol e a természetes logaritmus alapszáma, i a korcsoporti sorszám mint fentebb 1, 2, ..., 11 és a, b a vizsgált populációra jellemző pozitív állandó. Kisebb módosításokkal

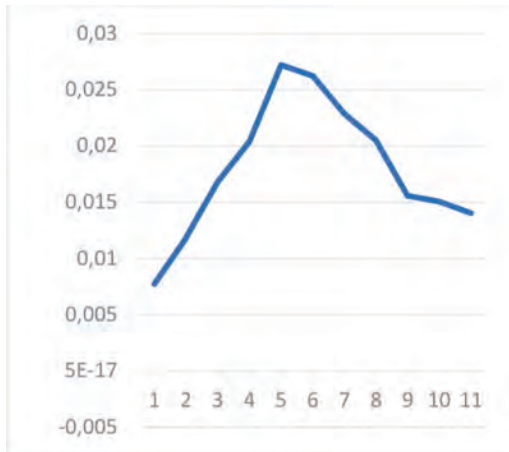
az összefüggés máig érvényesnek tekinthető. Állat- és növényfajok esetében szintén gyakran kimutatható az említett *Gompertz-törvény*, *Gompertz-modell* érvényessége. (Tudománytörténeti érdekességű a nagy csillagász, mellékesen demográfus Edmond Halley jóval korábbi egyszerű mortalitás-elemzése 1693-ból Breslaw (Wroclaw, Boroszló) városának egyfajta vitálstatisztikája alapján. Az elemzés mai szemmel nézve próbálkozásnak tekinthető, mert például abban a korban még a relatív gyakoriságokon alapuló gondolkodás sem nyert igazán polgárjogot.)

A Gompertz-modellnek mint széles körben érvényes törvényszerűségnek a magyarázatára számos próbálkozás történt. A szélesebb körű biológiai vonatkozásokkal kapcsolatban például Gavrilov és Gavrilova népszerű könyve ajánlható [1]. A valószínűségszámítási megalapozásnak pedig az *extrémérték-elmélet* alaptételei tekinthetők [2]. Másrészt megjegyzendő, hogy csecsemőkorban, gyermekkorban, fiatal felnőttkorban az okonkénti és a teljes halálózási ráta is gyorsan csökkenő tendenciájú.

Ha most adott statisztika esetében tájékozódni kívánunk az exponenciális kockázati növekedés érvényessége felől, akkor első közelítésként legegyszerűbb eljárás az r_i kockázati hányadosok logaritmusára térni és az életkorra utaló (i intervallum sorszám, $\log r_i = (i, \log r_i)$) értékpárokat ábrázolni. Ha ugyanis megfelelő a fenti $r_i \approx ae^{bi}$ közelítés, akkor hasonló

1. táblázat. Halálói statisztikák. Az *obes* az elhízás (BNO E66) halálói diagnózisra, *card* a kardiomiopátiára (BNO I42), *lung* a tüdő és a hörgők rosszindulatú daganataira (BNO C34) utal. A kockázati értékeket illetőleg például $r_{obes,1} = 58/7490728 = 0,008$, $r_{card,1} = 162/7490728 = 0,000216$, $\log r_{lung,1} = \log (62 / 7490728) = -11,70$. (USA 2000, fehér férfiak.)

korintervallum sorszáma (i)	$\log i$	korintervallum (év)	korintervallum egyedszáma (ezer)	elhízás halálózási egyedszám $d_{obes,i}$	$r_{obes,i}$	kardiomiopátia halálózás egyedszám $d_{card,i}$	$r_{card,i}$ ($\times 10^4$)	$\log r_{card,i}$	tüdő/hörgő daganat halálózási egyedszám $d_{lung,i}$	$\log r_{lung,i}$
1	0	30-34	7490728	58	0,008	162	0,22	-10,7	62	-11,7
2	0,69	35-39	8544270	101	0,012	253	0,3	-10,4	277	-10,34
3	1,1	40-44	8631912	145	0,017	425	0,49	-9,92	856	-9,22
4	1,39	45-49	7855623	160	0,02	521	0,66	-9,62	1950	-8,31
5	1,61	50-54	7023516	191	0,027	678	0,96	-9,25	3638	-7,57
6	1,79	55-59	5415680	142	0,026	730	1,35	-8,91	6271	-6,76
7	1,95	60-64	4292670	98	0,023	861	2,01	-8,51	8902	-6,18
8	2,08	65-69	3753923	77	0,021	1140	3,04	-8,1	12303	-5,72
9	2,2	70-74	3407201	67	0,016	1583	4,65	-7,67	15213	-5,41
10	2,3	75-79	2696297	45	0,015	1957	7,26	-7,23	14054	-5,26
11	2,4	80-84	1643745	23	0,013	1808	11	-6,81	9352	-5,17



1. ábra. Az elhízás (BNO E66) diagnózisra vonatkozó halálási kockázat életkori függése az 1. táblázat $r_{\text{obes}, i}$ oszlop adatai alapján. USA 2000, fehér férfiak. A vízszintes tengelyen itt és a többi ábra esetében is a korcsoporti sorszám.

érvényes a $\log r_i \approx \log a + bi$ közelítésre is (itt \log a természetes alapú logaritmus jele). Azaz az r_i kockázati hányados logaritmusai az i életkornak lineáris függvénye, így az $(i, \log r_i) \approx (i, \log a + bi)$ pontok egyenes közelében helyezkednek el. Ez az alapja annak, hogy hasonló vizsgálatok során gyakran a „logaritmált grafikon”, más szóval *Gompertz-grafikon* egyenestől eltérő alakját, nevezetesen konvexitását vagy konkávitását szokták előtérbe helyezni [3]. (Azt azonban tudni kell, hogy ha például a logaritmált grafikonon konkáv, abból nem következik az eredeti grafikonon, esetünkben az eredeti kockázati grafikonon konkávitása.)

A Gompertz-modell első számú konkurense az eredetileg főként a műszaki megbízhatóság-elméletben alkalmazott *Weibull-modell* mint hatványfüggvény szerinti közelítés lehet, mely szerint széles életkori intervallumban

$$r_i \approx ci^d,$$

ahol c és d pozitív állandó. Ezen modell szerint tehát a halálzási (műszaki objektumoknál meghibásodási) kockázat az i életkornak hatványfüggvénye [4]. Ha most itt az i sorszámok helyett is azok logaritmusaira térünk át és a $(\log i, \log r_i) \approx (\log i, \log c + d \log i)$ pontpárok grafikonját szerkesztjük meg, akkor a Weibull-modellt kifejező formula szerinti jó közelítés esetében utóbbi grafikonnak a pontjai helyezkednek el egy egyenes közelében.

A Gompertz-modell és ritkábban a Weibull-modell esetenkénti jó alkalmazhatóságának lehetséges magyarázata a biológia napirenden lévő kérdése [5].

Okok és életkor

A okok szerinti halálzási kockázatának elemzéséhez megbízható halálási statisztikára, ezek létrehozására pedig nagy orvosi, demográfusi és informatikus

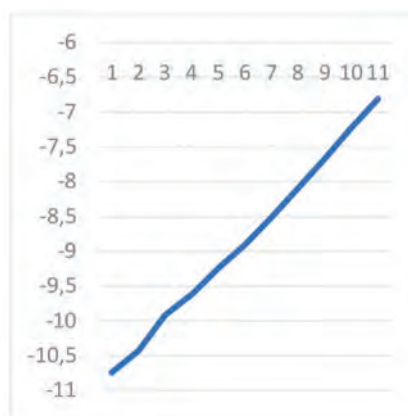
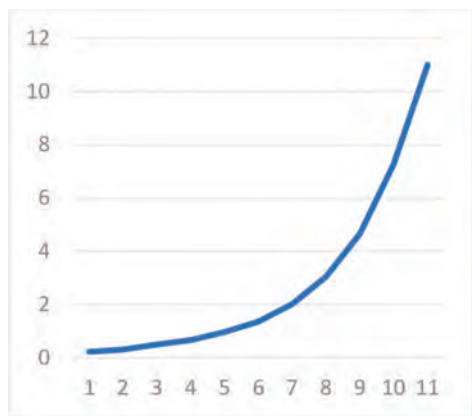
apparátusra van szükség. A használt halálási kategóriákat leggyakrabban a Betegségek Nemzetközi Osztályozásának (BNO) három kódjelű kategóriái képezik.

Az állatvilág és növényvilág fajainak esetében – mint említettük – hasonló statisztikák egyelőre csak szórványosan és részlegesen léteznek [1, 6, utóbbiban hivatkozás a vonatkozó tárgyú *The Encyclopedia of Ageing* c. műre]. Éppen ezért a rendelkezésre álló humán adatokat használják a statisztikusok. Tekintsünk egy rögzített j halálást. A korcsoporti osztályokban meghaltak számának jele a fentebbi jelöléseknek megfelelően legyen $d_{j,1}, \dots, d_{j,11}$ (itt is az előbbi tizenegy korintervallumra gondolva). Ekkor az $r_{j,1} = d_{j,1}/n_1, \dots, r_{j,11} = d_{j,11}/n_{11}$ hányadosok az i életkorban j betegségben meghaltaknak a korcsoporti összegyedszámra vonatkozó arányai, egyben a megfelelő kockázatok becslései. Tehát a j halálók szerinti halálzási kockázat életkori függését az $r_{j,i}$ ($i=1, \dots, 11$) relatív gyakoriságok sorozatának vizsgálatára vezethetjük vissza. Példákat konkrét kockázati értékekre az 1. táblázatban láthatunk.

Elemi biológiai ismereteink alapján annyit megelőgezhetünk, hogy a halálási kockázat felnőttkorban nagy általánosságban és széles életkori szakaszban monoton növekedő. Mondhatók azonban a monotonitásra ellenpéldák, mint például a gonádokkal, másrészt számos anyagcserével kapcsolatos halálók. Példaként mutatjuk be az *elhízás* mint halálók (BNO E66) kockázatának belső maximummal rendelkező életkori grafikonját (1. ábra).

A halálók jelentős részében azonban a 30. életév feletti monoton kockázati növekedés valóban fennáll. Hogy aztán ez a kockázati növekedés tipikusan gyorsuló (2.a ábra), vagy lassuló, vagy éppen gyorsuló szakaszt lassuló szakasz követ, arra nézve nem létezik általános törvényszerűség.

Példaként vizsgáljuk meg az USA 2000-es évi halálási statisztikájának alapján a 30 – 84 év közötti fehér férfi populáció életkori halálási kockázatának függését egy gyakori halálók, a szívizom-elfajulás (kardiomiopátia, BNO I42) esetére. Az adatok forrása a National Center for Health Statistics, USA [7]. Az 1. táblázat tartalmazza az erre vonatkozó esetszámokat, melyek alapján számolhatók a megfelelő kockázati értékek. Utóbbiakat az életkori sorszámok függvényében ábrázolva jutunk a kardiomiopátia halálási kockázat életkori függését mutató grafikonhoz (2.a ábra). A grafikonon gyorsuló kockázati növekedést állapíthatunk meg, és például exponenciális növekedésre gondolhatunk. Ha most a logaritmált halálási kockázati értékeket is kiszámoljuk (1. táblázat) és utóbbiakat ábrázoljuk az életkor függvényében (2.b ábra), akkor azt állapíthatjuk meg, hogy az $(i, \log r_{\text{card}, i})$ pontok széles életkori intervallumban valóban *nagyon közel fekszenek* egy egyeneshez [8]. Ez az eredeti kockázati értékek jó közelítéssel



2. ábra. A 2. típusú kardiomiopátia (I42) diagnózisra vonatkozó halálozási ráták és logaritmált halálozási ráták életkori függése (2.a, illetve 2.b ábra) az 1. táblázat adatai alapján, USA 2000, fehér férfiak.

exponenciális életkori növekedési ütemét jelzi, azaz $r_{card,i} \approx a'e^{bi}$, itt $a' = a_{card}$ és $b' = b_{card}$ okspecifikus paraméterek. A vizsgált statisztikai populáció igen jelentős variabilitása és számos egyéb bizonytalansági tényező miatt ilyen mértékű egyezést előzetesen alig remélhetnénk! Az említett bizonytalanság számos, igen jelentős tényezőtől ered. Kis kitérőként foglalkozunk ezekkel [9].

Mi rejlik a bizonytalanság mögött?

– A vizsgált populáció genetikai, életmódbeli, egészségügyi ellátottságának nagyfokú variabilitása első helyen említendő. A kohortikus vizsgálat általában kényszerű mellőzése ezeket a problémákat még növeli.
 – A diagnosztikai gyakorlat is jelentős területi és egyéb eltérésekkel terhelt. Számos betegség esetében gyakorlatilag immanens bizonytalansággal kell számolni többszörös betegségek esetében az alapbetegség (underlying cause) rögzítésének tekintetében.

– Számos betegség esetében a betegség manifesztációja és a halál időpontja közötti időtartam igen nagy, és nagyban függ az egészségügyi viszonyoknak a vizsgálati populáción belüli variabilitásától.

– Nem magától értetődő, hogy természetszerű-e az életkor lineáris skálázása.

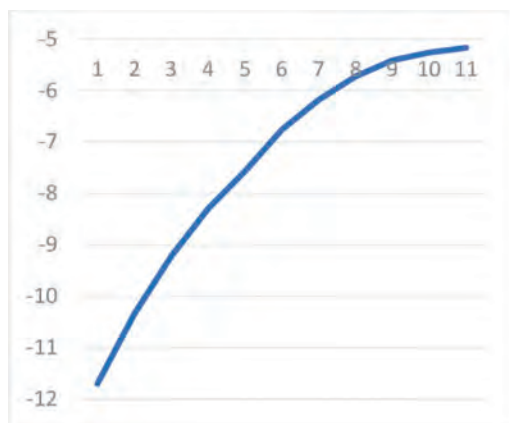
Mindezen súlyos szempontok egyikének–másikának említése sajnos még alapos elemzésekben is gyakorta hiányzik.

Más oldalról, a vizsgálatokat lendületben tartják a halálozási dinamika fentebb illusztrált vonásainak szinte rejtélyes szabályosságai.

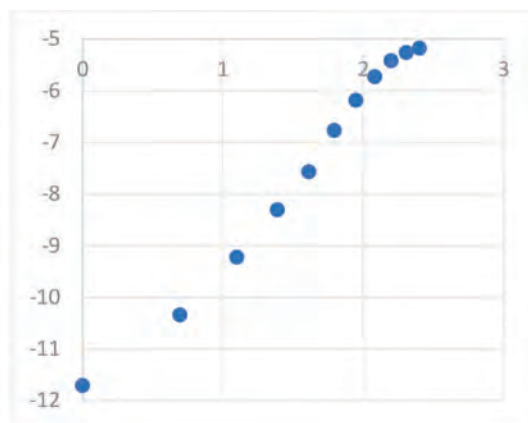
Exponenciális növekedésű kockázat

Felvetődik a kérdés, mennyire általános a halálokok körében a (közelítőleg) exponenciális növekedésű halálozási kockázat. Készítsük el a logaritmált életkori kockázatok grafikonját például valamelyik daganatos

3. ábra. A tüdő és a hörgők rosszindulatú daganatos betegségei diagnózis (BNO C34) logaritmált halálozási ráták függése az életkortól (3.a ábra) és az életkor logaritmusától (3.b ábra). USA 2000, fehér férfiak.



a,



b,

betegségi halálokra, mondjuk a hörgő és a tüdők rosszindulatú daganatos halálói diagnózisára (BNO C34) vonatkozóan a fenti statisztika alapján. Az egyes-közelség kizárható, mert fokozatosan csökkenő meredekségű monoton növekedő, azaz konkáv grafikonhoz jutunk (3.a ábra).

Teszteljük a hatványfüggvény szerinti összefüggést oly módon, hogy az életkori i értékek *logaritmusának* a függvényében ábrázoljuk a $\log r_{lung, i}$ pontokat. Azt tapasztaljuk (3.b ábra), hogy ebben az ábrázolásban a $\log r_{lung, i}$ értékek gyorsulva majd csökkenve növekednek, azaz szigmoid grafikonról van szó. Ezek szerint a Weibull-modell sem használható az adott esetben. Nagyszámú vizsgált halálok



esetében is ritka a Weibull-modell jó alkalmazhatósága. Ezek szerint célszerűbb a halálói kockázat életkori függésének minősítésekor eleve a logaritmált kockázati grafikon aritmetikus skála melletti alakjának, azaz a Gompertz-grafikon alakjának a megfigyelésre szorítkozni és a grafikon-alakot nem a Gompertz-modell alkalmazhatóságára vonatkoztatni.

A fent tárgyalt két halálok esete persze csak kiragadott, bár tipikus példa. Korábbi vizsgálataink kibővítéseképpen [10] száznál több háromjegyű halálokra vonatkozó logaritmált kockázati grafikon megvizsgálva, vizuális benyomás alapján a Gompertz-grafikonokkal kapcsolatban a következőket állapíthatjuk meg: a többé-kevésbé exponenciális kockázati növekedés általánosan elterjedt. Ugyanakkor valamelyes, a felső korcsoportokban jelentkező konkávítás majdnem általános. Ezt a jelenséget, vagyis az adott halálói kockázat csökkenő ütemű növekedésének jelét (*decelerációt*), mely 85 éves életkor felett tovább fokozódik, számos közleményben tárgyalja a szakirodalom (daganatos betegségek vonatkozásában [11]). Megjegyzendő, hogy a teljes mortalitás

esetére a deceleráció hiányára is ismertek adatok [12]. Más oldalról az exponenciálisnál nagyobb kockázati növekedés — logaritmált kockázati ráták esetében lineárisnál nagyobb kockázati növekedés viszont ritka. Ugyanakkor a daganatos betegségek esetében viszont általános, hogy a Gompertz-grafikon konkáv, azaz fennáll az említett deceleráció.

A népszerűsítő természettudományos szakirodalomban viszonylag ritkán bemutatott demográfiai, epidemiológiai és egyben biológiai jelenségkör néhány figyelemreméltó kérdését kívántam ismertetni. Mindenesetre a halálói kockázat életkori függését illetően sok a megválaszolatlan kérdés. Például „pontszerű” patológus elváltozások megjelenésének, adott betegség manifesztálódásának életkori függése egyaránt vizsgálatok tárgya lehet [13]. Egészen más fajta, jól ismert problémát vet fel adott betegség halálókénti megjelölése más betegségek jelenlétében. És minden felvetés újabbakat generál. Mindezzel szemben gyakran ott áll egyes halálokok életkori függésének szinte mérnöki szabályossága! Mindeközben ne feledkezzünk meg a kérdéskör feltáratlan biológiai jelentőségéről sem.

IZSÁK JÁNOS

IRODALOM

- Gavrilov, L.A. and Gavrilova, N.S. (1991) *The Biology of Life Span: A Quantitative Approach*. Harwood Academic Publishers, New York
- Barlow, R. and Proschan, F. (1975) *Reliability and Life Testing: Probability Models*. Chapter 8. Holt, Rinehart, Winston, New York
- Horiuchi, S. and Wilmoth, J.R. (1997) Age patterns of the life table aging rate for major causes of death in Japan, 1951-1990. *Journal of Gerontology*, 52A (1) B67-B77.
- Juckett, D.A. and Rosenberg, B. (1993) Comparison of the Gompertz and Weibull functions as descriptors for human mortality distributions and their intersections. *Mechanisms of Ageing and Development* 69: 1-31.
- Ricklefs, R.E. and Scheuerlein, A. (2002) Biological implications of the Weibull and Gompertz models of aging. *Journal of Gerontology* 57A (2): B69-B76.
- Gavrilov, L.A. and Gavrilova, N.S. (2006) Reliability theory of aging and longevity in: *Handbook of the Biology of Aging*, eds. Masoro E.J. and Austad S.N., sixth edition, Elsevier Academic Press, Chapter 1.
- http://www.cdc.gov/nchs/nvss/mortality_tables.htm
- Riggs, J.E. (1991) Longitudinal Gompertzian analysis of ischemic heart disease mortality in the U.S., 1962-1986: A method of demonstrating the deterministic dynamics describing its decline. *Mechanisms of Ageing and Development* 57: 1-14.
- Pedersen, J.K., Engholm, G., Skytthe, A. and Christensen, K. (2016) Cancer and Aging: Epidemiology and methodological challenges. *Acta Oncologica* 55 (Suppl 1): 7-12.
- Izsák, J. (1983) Distribution of the parameters of the Gompertz and Weibull functions fitted to the death rates. *Anthropológiai Közlemények* 27: 129-137.
- Harding, A.P., Pompei, F. and Wilson, R. (2012) Peak and decline in cancer incidence, mortality and prevalence at old ages. *Cancer* 118 (5): 1371-1386.
- Gavrilov, L.A. and Gavrilova, N.S. (2015) Biodemography of old-age mortality in humans and rodents. *Journal of Gerontology, Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*
- Niccoli, T. and Partridge, L. (2012) Aging as a risk factor for disease. *Current Biology* 22: R741-R752.



A VÖRÖS BOLYGÓ TÜZHÁNYÓI

Vulkáni kúpok a Marson

Földünk a geológiailag aktív égitestek közé tartozik, elég, ha a folyamatosan vándorló tektonikus lemezekre, a földrengésekre vagy a vulkánokra gondolunk. Utóbbiak igen változatos méretben és alakban vannak jelen bolygónkon, Földünk azonban nem az egyedüli vulkanikus égitest a Naprendszerben. Bolygószerkezetünkön, a Vénuszon szintén találunk tűzhányókat, a Jupiter Io holdja pedig Naprendszerünk vulkanikusan legaktívabb égitestje. A Mars szintén bővelkedik vulkáni formákban, melyek bár (hasonlóan a vénusziakhoz) már rég kihunytt tűzhányók, sokuk a Naprendszer legnagyobbjai közé tartozik. Pillantsunk hát bele a marsi vulkánok világába!

A Mars a legjobban ismert bolygó a Föld után. Sok dologban hasonlítanak: mindkét égitest kőzetbolygó, vas-nikkel maggal és szilikátos köpennyel. Forgástengelyük dőlésszöge és tengelyforgási idejük csaknem megegyezik, valamint méretükben is közel állnak egymáshoz. A két égitest ásvány- és kőzettani összetétele is nagyon hasonló, rengeteg Földön ismert folyamat a Marson is megfigyelhető, ugyanakkor ezek némileg eltérnek a földiektől. A két bolygó közti különbségek főbb okai: más naptávolság, méret, tömeg és sűrűség, a fejlődés és a belső differenciálódás eltérő mértéke, valamint a nagyméretű hold, a lemeztektonika és az óceánok megléte vagy épp hiánya. Mivel ez a két kőzetbolygó mind felépítésében, mind kialakulásában szoros rokonságot mutat, emiatt a felszíni formakincseikben szintén vannak azonosságok.

A marsi vulkanizmus hasonlít a földire: mindkét planétán szilikátvulkanizmus a jellemző. A vulkánok eloszlása a Marson kizárólag a forró feláramlási területekhez (ún. foltokhoz) köthető. A Földön is találunk forrópontokat – legjobb példa erre a Hawaii-szigetek – azonban a földi vulkánok túlnyomó része a lemezhatároknál található.

A marsi vulkánokat alapvetően három nagy csoportba sorolhatjuk: léteznek pajzsok, kúpok és paterák. A pajzsok a bolygó legnagyobb vulkáni felépítményei. Lejtőszögük mindössze néhány fokos, lapos tetejük közepén komplex vulkáni kaldera is előfordulhat. Mindegyik pajzsvulkán magassága felülmúlja a 13000 métert, mind közül a legmagasabb az Olympus Mons, mely az egész Naprendszer legmagasabb tűzhányója a maga 20 kilométer feletti magasságával.

A kúpok a pajzsoknál sokkal kisebb képződmények, ugyanakkor sokkal meredekebbek, lejtőszögük a 10 fokot is elérheti. Sűrűbb lávából, esetleg eruptív kítőrészek törmelékéből állnak. Ilyen típusú vulkánra jó példa a Ceraunius Tholus.

A marsi vulkánok harmadik nagy csoportját az ún. paterák alkotják, ezek a legidősebb ismert vulkánok a bolygón. Nagy átmérőjű, extrém lapos, erősen erodált képződmények, ismertetőjelük a sugaras mintázat, valamint a komplex kalderamaradvány. A paterákra

	Föld	Mars
Közepes naptávolság (millió km)	149.6	227.9
Keringési idő (földi nap)	365.26	686.98
Közepes pálya menti sebesség (km/s)	29.8	24.14
Pályahajlás az Ekliptikához (°)	0	1.85
Tengelyferdeség (°)	23.45	23.98
Tengelyforgási idő (óra, perc)	23 56	24 37
Egyenlítői átmérő (km)	12756	6786
Tömeg (10^{23} kg)	59.7	6.42
Felszín (millió km^2)	510	145
Térfogat (10^{12} km^3)	1.083	0.163
Sűrűség (g/cm^3)	5.5	3.9
Felszíni nehézségi gyorsulás (m/s^2)	9.78	3.69
Felszíni átlaghőmérséklet (°C)	+15	-53
Átlagos felszíni légnyomás (hPa)	1013.25	6.1
Szökési sebesség (km/s)	11.2	5

elsősorban a robbanásos kitörések voltak a jellemzők. Ezeket a vulkánokat a nagyon alacsony lejtőszög, az erős erodáltság és néhány esetben az erős összetorlódottság miatt igen nehéz lehatárolni vagy elkülöníteni egymástól. Ilyen vulkáni forma például a Tyrrhena Patera.

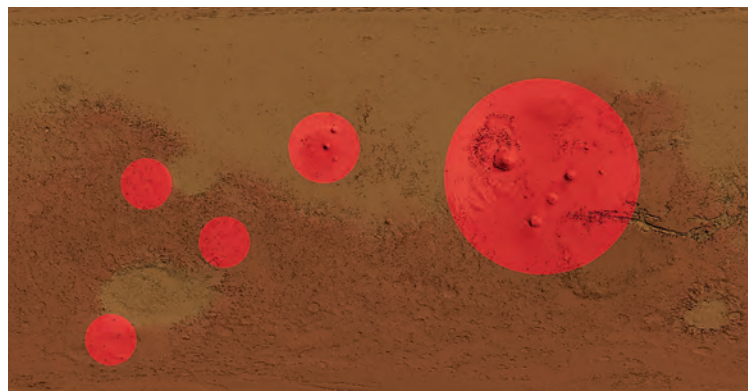
Az Olympus Mons-t, régi nevén Nix Olympica-t már Giovanni Schiaparelli (1835-1910) is látta távcsövével, mint a globális porviharból kiemelkedő alakzatot. Egy évszázaddal később, 1971. november 14-én érkezett meg a Mariner-9 űrszonda a Marshoz. A bolygó felszínét ekkor újfent egy globális porvihar uralta, eltakarva a felszínt az űrszonda műszerei előtt. A homogén Mars-gömbből egyetlen folt tűnt csak ki, a Nix Olympica-nak nevezett alakzat, melyről több társával együtt kiderült, hogy valójában hatalmas vulkánok. Innentől fogva ezt a tűzhányót már Olympus Mons néven jegyzi a szakirodalom.

Hogyan lehet megállapítani, milyen magas egy marsi vulkán? Milyen meredek lejtőjű? Hogyan lehet ezeket földi tűzhányókkal összehasonlítani?

Ehhez ún. digitális magasságmodelleket, idegen szóval DEM-eket (Digital Elevation Model) kell használnunk. Ezek olyan adatbázisok, melyek az égitest felszínének bizonyos pontjairól tartalmazznak térbeli koordinátákat. Vizsgálódásomhoz két ilyen modellt, a Földről az SRTM, míg a Marsról az MGS MOLA adatait használtam fel. A megfelelő térinformatikai szoftverek segítségével könnyedén meghatározható a vulkánok magassága, átmérőjük és lejtőszögük.

Az SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) nevű programot 2000. február 11-én indították, azzal a céllal, hogy egy, az Endeavour űrsiklóra szerelt műszerrel magassági adatokat gyűjtsenek. A körülbelül kéthetes időintervallum alatt az É.sz. 60° és a D.sz. 57° közötti területet mérték fel, így a Föld felszínének körülbelül 80%-ára kiterjedő, nagy pontosságú magasságmodell jött létre, melynek felbontása 30 méter pixelenként. A mérésorozatot egy radarrendszerrel végezték, amely két fő részből állt: az Endeavour raketerében elhelyezett fő antennából és egy 60 méter hosszú, kitolható árbóc végére szerelt külső antennából. A két különböző pontból készített felvételek közti különbségek lehetővé tették a földfelszín magasságának meghatározását.

A Mars Global Surveyor 1997-ben érkezett a vörös bolygóhoz és közel egy évtizedig végzett ott méréseket. Főbb feladatai közé tartoztak a Mars belső szerkezetének vizsgálata, a vízgyűjtők lehatárolása, a marsi évszakok és a hósapkák fejlődésének vizsgálata, valamint egy globális topográfiai térkép összeállítása a bolygóról. Utóbbihoz egy MOLA (Mars Orbital Laser Altimeter) nevű lézeres magasságmérőt használt, mellyel egy teljes bolygót lefedő, 3D-s felszínmodellt készített



A fő vulkáni területek eloszlása a Marszon

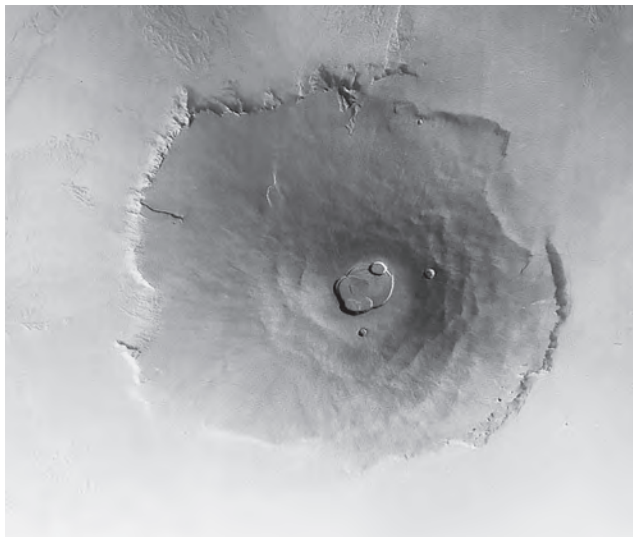
a Marsról. A 400 kilométer magasan haladó szonda szenzorja a kibocsájtott és visszaverődött impulzusok különböző beérkezési idejéből határozta meg a magasságkülönbségeket.

Megállapítható, hogy a marsi vulkánok sokkal magasabbak földi társaiknál: átlagmagasságuk 7000 méter, míg a vizsgált földieké 4500 méter. A vulkánok magasságát összehasonlító diagramon jól látható, hogy a földi vulkánok magasságukat tekintve nagyjából átfedésben vannak a kúpokkal és paterákkal. Érdekesség, hogy a Marsról hiányoznak a 10 kilométer körüli vulkánok: a kúpok legnagyobb magassága 8-9 ezer méter, a pajzsok viszont legalább 5 ezer méterrel magasabbak. Vélhetően, ha a működő marsi vulkanizmus idején egy vulkán magassága elérte a kúpok legnagyobb magasságát, jó eséllyel tovább folytatódott a növekedés legalább 13000 méterig.

Ahhoz, hogy megértsük, hogy a két bolygó vulkánjai miért eltérő magasságúak, meg kell határozni, hogy egy égitesten mennyi lehet egy hegység elméleti maximális magassága. Ehhez egy egyszerű számításra van szükségünk. Ha a hegységet alkotó kőzet sűrűségének értéke: ρ , az adott égitesten uralkodó felszíni nehézségi gyorsulás: g , a hegység magassága: h (kúp esetén), a hegységet alkotó kőzetnek a törési szilárdsága: σ , akkor hegység magasságának elméleti maximuma a $h/3 \cdot \rho \cdot g < \sigma$ képletből kiszámítható.

Becslés a vulkánok elméleti maximális magasságára a két bolygón.

Égitest	Föld		Mars
Kőzet	gabbró/ bazalt	gránit/ riolit	gabbró/bazalt
ρ (g/cm ³)	3,5	2,7	3,9
g (m/s ²)	9,81	9,81	3,7
σ (MPa)	160	150	160
h (m)	9000	11000	33000

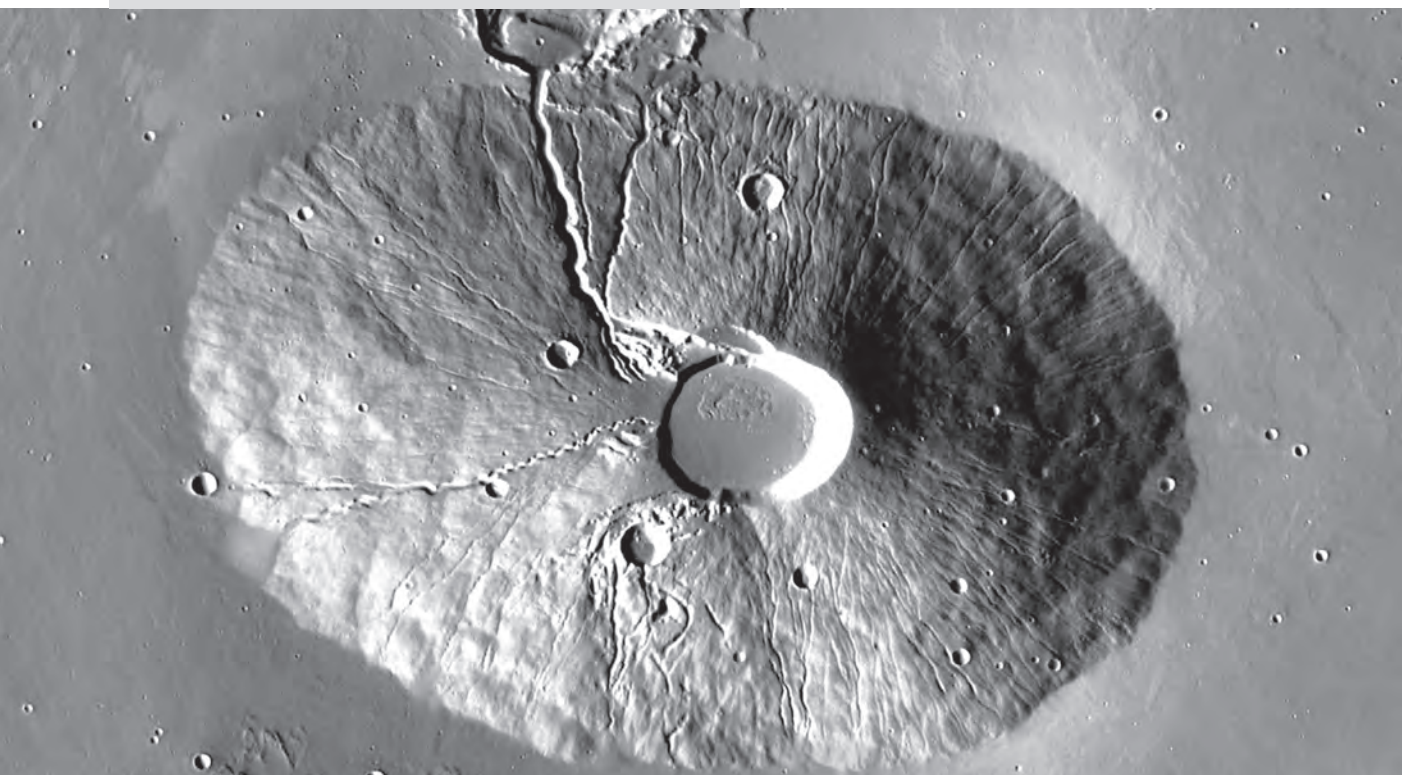


Az Olympus Mons a Mariner-9 felvételén (NASA)

Jól látható, hogy a Marson elméletben (bázikus vulkanizmust feltételezve, továbbá a σ értékét a földivel ekvivalensnek tekintve), legfőképp a jóval kisebb nehézségi gyorsulás miatt sokkal nagyobbra nőhetnek a vulkánok, mint a Földön. A Mars kérge sokkal vastagabb (20-80 km, szemben a földi 6-40 km-rel), így a földinél sokkal nagyobb vulkánokat is képes megtartani. A Marson nincs lemeztectonika, így nem vándoroltak el a vulkánok a forró feláramlások felől, ezért lehetővé vált, hogy a vulkánok a földieknél sokkal nagyobb méretűre nőjenek.

A Mars legmagasabb tűzhányója az Olympus Mons, mely 20990 méter magas; a Föld legmagasabb vulkánja pedig 9200 méteres magasságával a hawaii Mauna Kea

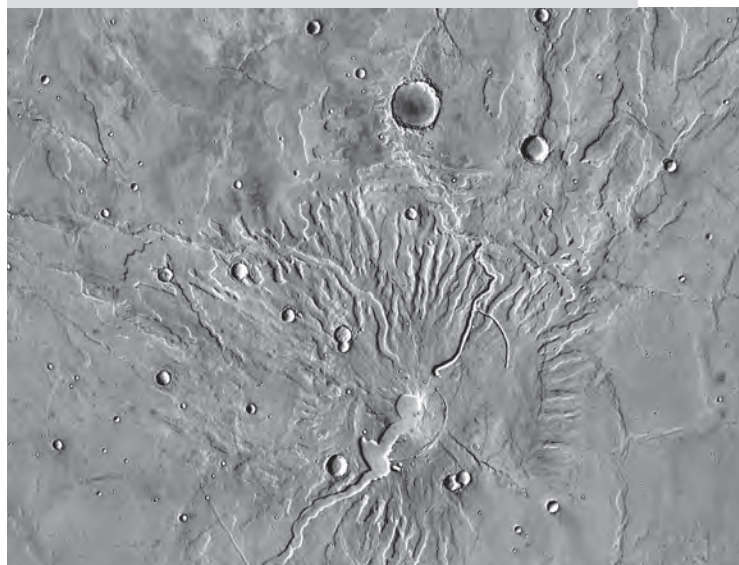
A Ceraunius Tholus (NASA)

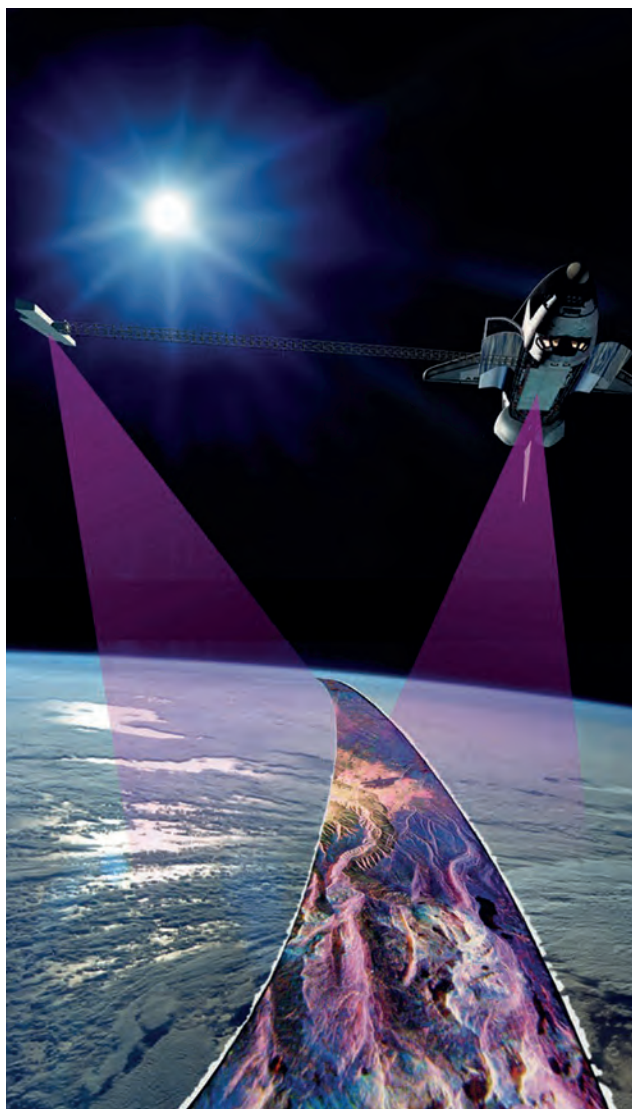


(melynek tengerszint feletti magassága mindössze 4207 méter, de az aljzattól számított mérete a legmagasabb vulkánná teszi). Az összehasonlító metszeten jól látszik, hogy a marsi vulkán nemcsak magasságában, de átmérőjében is messze felülmúlja földi párját. Fontos azonban megemlíteni, hogy a sok helyen olvasható 24-25 kilométeres magasság megtévesztő: maga a vulkán „csak” 21 kilométer magas, azonban az itt található vulkánokat magába foglaló Tharsis-hátság további 3,5 kilométerrel emelkedik ki a marsi felszínből.

Megállapítható továbbá, hogy a marsi vulkánok lejtőszöge jóval laposabb, mint a földiekké. Ennek következtében lejtőszög-diagramjaik már első látásra eltérnek egymástól. Néhány földi vulkán lejtőszögét

A Tyrrhena Patera /NASA/





Az Endeavour űrsikló adatgyűjtés közben

vizsgálva jól látszik, hogy az értékek igen széles tartományban oszlanak el, továbbá ezek a diagramok igen lassan laposodnak el. A földi vulkánok lejtői tehát sokkal változatosabbak, ez visszavezethető a külső erők intenzív hatására.

A marsi vulkánok lejtőszög-értékei viszont szűk tartományon belül helyezkednek el, a szögérték növekedésével gyakoriságuk hirtelen leesik. A földi vulkánok átlagosan $14,5^\circ$ -os lejtőszögűek, a marsi tűzhányók meredeksége a földi átlag csaknem tizede, $1,5^\circ$. Ez magyarázható a marsi vulkánokat felépítő, a földi tűzhányókénál hígabb, nagyobb vastartalmú lávával, illetve a ritkább légkörrel, mely miatt a kiömlött láva lassabban hűlt. Feltétlen említést érdemel, hogy míg a marsi tűzhányók összetételüket tekintve bázikus kőzetekből épülnek fel, addig a vizsgált földi vulkánok túlnyomó része a marsiaknál jóval

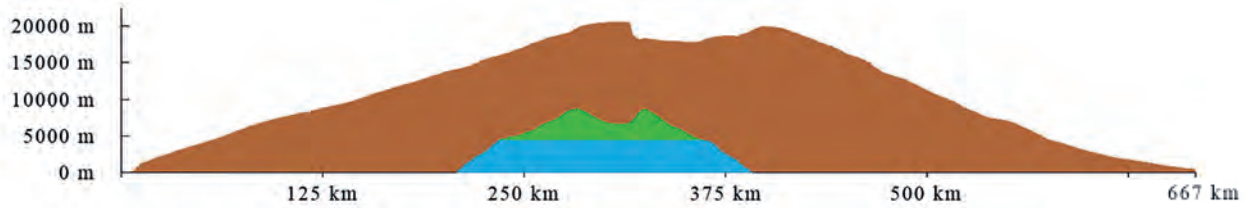
savanyúbb és viszkózusabb lávából (andezit, riolit) jöttek létre. A lejtőszög-értékek szórása (tehát az átlagtól való eltérése) is más a két planétán: ez az érték a Földön 8,37, míg a Marson 1,88. Ez azzal magyarázható, hogy a marsi vulkánok lejtői (számottevő erózió híján) sokkal „homogénebbek”, míg a földi tűzhányók lejtői, az intenzív külső erők felszínformáló hatása miatt sokkal egyenetlenebbek.

A leglényegesebb különbség a két égitest vulkanizmus között az, hogy míg a földi vulkáni tevékenység ma is aktív, addig a marsi vulkanizmus néhány tízmillió éve leállt. A vörös bolygó legfiatalabb vulkáni képződménye egy lávafolyás az Arsia Mons lejtőjén, mely körülbelül 10 millió éves. Az aktivitásbeli különbség legfőbb oka a Föld és a Mars eltérő mérete, így eltérő mennyiségű belső hőtartalékuk. A Mars tömegegységére nagyobb felület jut, mint a Föld esetén, így a bolygó folyékony magja gyorsabban kihűlt, „megakasztva” ezzel a belsejében lejátszódó anyagáramlásokat.

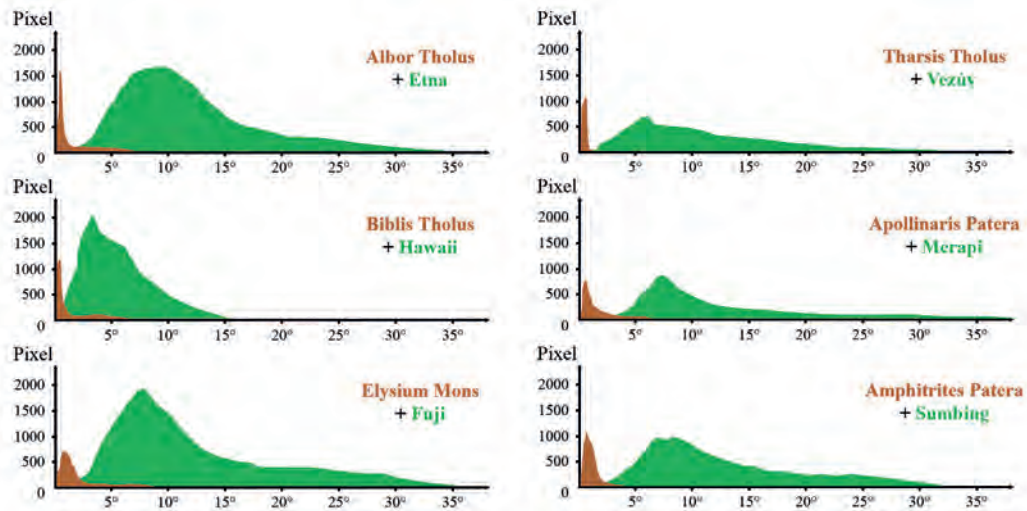
A Mars Global Surveyor (NASA)



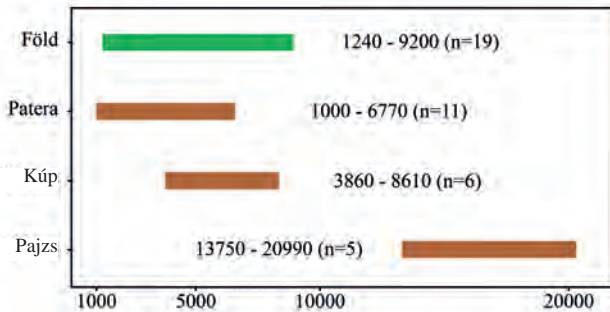
A Földön tapasztalható aktív felszínformálódás, hegyképződés és vulkanizmus fő mozgatórugója a lemeztektonika. A kőzetlemezek vándorlása, az óceánfenékek szétnyílása, a szubdukció, és a kontinensek mozgása egy több milliárd éve tartó folyamat, melyet a Föld (radioaktív anyagok bomlásából származó) belső hője által keltett konvekciós áramlások hajtanak. Jó példa erre az ún. Hawaii-Emperor szigetlánc, melynek legfiatalabb tagja



A marsi Olympus Mons és a földi Mauna Kea összehasonlítása, magassági torzítással



Néhány marsi (barna) és földi (zöld) vulkán lejtőszögének eloszlásdiagramja



Az általam vizsgált marsi és földi vulkánok magasságának összehasonlító diagramja, az egyes típusok magasság-intervallumaival és az őket alkotó vulkántípusok elemszámával (n)

a lánc egyik végén található Hawaii „Nagy sziget”, a sor mentén haladva pedig a szigetek mérete és a vulkánok magassága a lepusztulás miatt egyre csökken, majd, szintén az erózióknak köszönhetően, a vulkáni láncolat a tenger alatt folytatódik tovább, egészen az alábukási zónáig. A Marson ugyanakkor a tudomány mai állása szerint nem létezik aktív lemezkéreg, a

Valles Marineris, a legmélyebb ismert kanyonrendszer viszont minden bizonnyal a kezdődő, de félbeszakadt lemeztektónikáról tanúskodik. Ennek oka a marsi kéreg földinél nagyobb vastagsága, valamint a belső hőforrások gyors kimerülése. Összegezve az eddigieket, a planetológiai értelemben kis különbségek a két bolygó vulkánjai közt, illetve az őket létrehozó belső erők között, a két égitest némileg eltérő paramétereire és genetikájára vezethetőek vissza.

KOVÁCS GERGŐ

IRODALOM:

Nyitókép: (CC) Kevin Gill, www.flickr.com/photos/kevinmgill
 Shuttle Radar Topography Mission adatbázis (www.usgs.gov)
 MGS MOLA adatbázis (<http://pds-geosciences.wustl.edu>)
 Kereszturi Á. (2012): Mars - fehér könyv a vörös bolygóról. 9-10, 19-30. Magyar Csillagászati Egyesület; ISBN 9789638759757
 Sik András (2005): SUPERNOVA a Marson. 101-102. Akadémiai Kiadó, Budapest; ISBN 9789630582865
 Lóki József — Demeter Gábor (2009): Geomatematika 142. Debreceni Egyetem Egyetemi és Nemzeti Könyvtár; ISBN 9789634732754
 Greeley R. — Spudis P. D. (1981): Volcanism on Mars. Reviews of Geophysics. 19(1), 13-41.



150 SOR A XXI. SZÁZADI TUDOMÁNYRÓL

A csillagközi tér kapujában

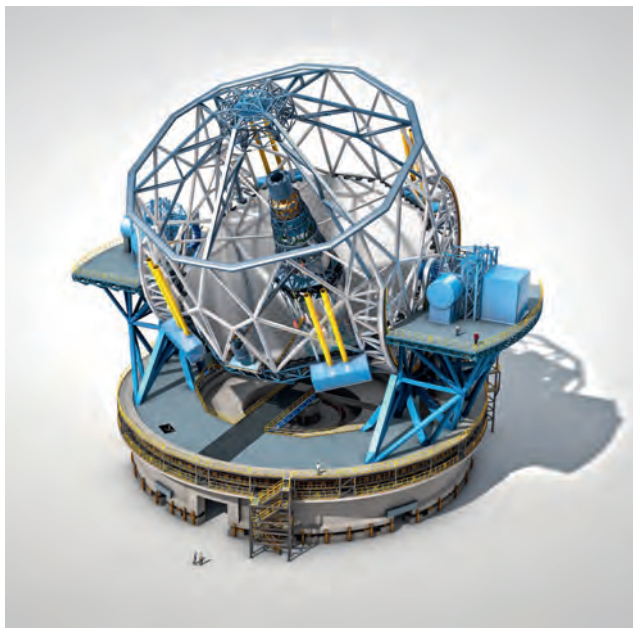
A tudományos-fantasztikus történetek jelentős hányada csillagközi birodalmakról, idegen lényekről, a velük való találkozásról, esetleg a földrajzi felfedezések intersztelláris térbe helyezéséről és a közben kialakuló bonyodalmakról szól. Ezekbe könnyű belemerülni, hiszen képzeletünk szárnyán fényévek millióira is el tudunk jutni pillanatok alatt. Érdekes kérdés, hogy a jelenkor csillagászata és űrkutatója mennyivel vitt közelebb minket a valójában óriási kozmikus szakadékkal elválasztott közeli csillagok világához.

A szédítő távlatok megértéséhez érdemes felidézni, hogy míg a Föld–Hold távolságot a fény alig 1,3 másodperc alatt teszi meg, a Nap sugárzása 8 perc alatt jut el a Földre, az óriásbolygókig pedig fényórás távolságokat kell áthidalni, addig a legközelebbi csillag, a Proxima Centauri 4,24 fényév távolságban van, ami az űrtechnológia mai fejlettsége mellett áthidalhatatlan távolság. A valaha legtávolabbra jutott ember készítette eszköz, a Voyager-1 űrszonda 42 éve indult útjára és jelenleg 20 fényóra távolságban található. Ezt már a csillagközi térnek tekintjük, mivel immáron nem a Naptól érkező részecskék és sugárzások dominálják a szonda körüli világűrt, ám vegyük észre, hogy még a legközelebbi csillag is közel kétezerszer(!) messzebb található. Általában közeli csillagnak szokás tekinteni a nagyjából 30 fényév távolságon belüli égitesteket, amelyek így akár húszezerszer is távolabb vannak, mint ameddig a Voyager-1 bő négy évtized alatt eljutott, azaz a valódi csillagközi tértől még eszméletlenül messze vagyunk. Mégis, miért váltak igazán érdekessé a 2010-es évek második felében a pusztán csillagászati értelemben közeli csillagok?

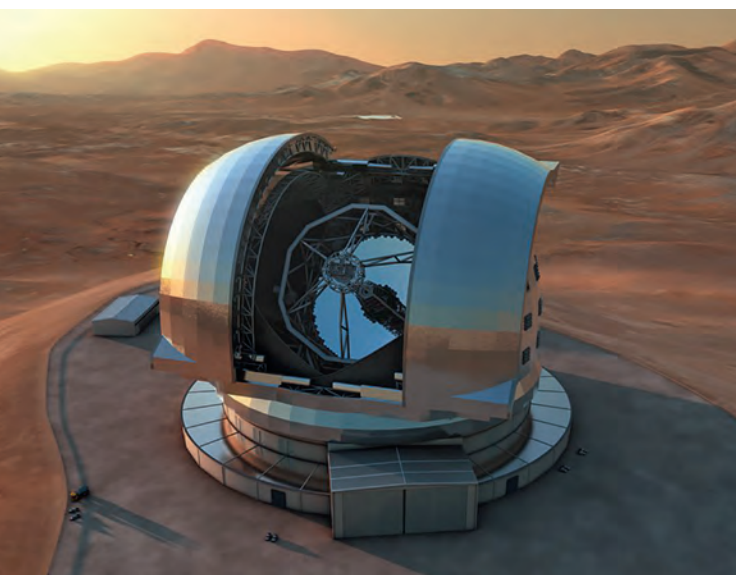
A választ az extraszoláris bolygók, azaz a Naprendszeren kívül, más csillagok körül keringő planéták adják. 1995-ben kevesen hitték volna, hogy az 51 Pegasi jelzésű, Napunkhoz hasonló csillag körüli bolygótárs felfedezése után micsoda diadalmenet következik. A röviden csak exobolygóknak hívott égitestek kimutatását csillagokra gyakorolt piciny hatásaik teszik lehetővé, ezért az exobolygók felfedezéséhez szükség volt az ezredforduló tájékán elérhető legpontosabb csillagászati mérés technikákra. Jelen sorok írásakor szinte pontosan

4000 exobolygót ismerünk, melyek többsége ún. fedési exobolygó: minden keringésük során egyszer elhaladnak csillaguk korongja előtt, így lecsökkentik a felénk érkező fény mennyiségét, amit az érzékeny fényességmérő eszközeink képesek kimutatni. Egy Naphoz hasonló központi csillag esetében egy Jupiterhez hasonló óriásbolygó nagyjából 1%-os fényességcsökkenést, egy Földünkkel összevethető méretű kőzetbolygó pedig 0,01%-os halványodást okoz – nem véletlen, hogy az amerikai Kepler-űrtávcső 2009-2013 közötti működéséig nem is állt megfelelően érzékeny eszköz a csillagászok rendelkezésére, hogy Földünk igazi kozmikus társait megtalálhassák. Ma viszont már tudjuk, hogy az exobolygók száma igen nagy, a bolygókeletkezést pedig a csillagkeletkezés természetes kísérőjelenségének tekinthetjük. A Kepler statisztikái alapján a Naphoz hasonló csillagok körül a Földhöz hasonló méretű bolygók gyakorisága eléri a 20%-ot, azaz ha felnézünk egy szép csillagos éjszakán az égre, öt véletlenszerűen kiválasztott csillag közül egynek biztosan van Földhöz hasonló méretű társa a Merkúrénál közelebbi pályán csillaga körül.

A terület robbanásszerű fejlődését a kapcsolódó nagy kérdések jellege indokolja. Egyedül vagyunk-e az Univerzumban? Van-e élet máshol? Léteznek-e Földön kívüli értelmes lények? Ezek mindegyike messze túlmutat a szűk szakma érdeklődésén és túlzás nélkül filozófiai jelentőségű mindegyik. Éppen ezért szakmabeliként magam is megtapasztaltam, mennyire könnyű kommunikálni az exobolygó kutatás jelentőségét és az eredmények fontosságát. 2019 elején ott tartunk, hogy a több ezer, rendkívül változatos exobolygó közül



nagyjából jó tucatnyiról tudtuk kimutatni, hogy Földünkhöz hasonló méretű és szerkezetű kőzetbolygó, illetve csillaguktól megfelelő távolságban, az ún. lakhatósági zónában kering, azaz felszínükön hasonló légkör esetén létezhet a biokémiai folyamatokhoz nélkülözhetetlen folyékony víz. Természetesen senki nem tudja jelenleg, hogy ténylegesen létezik-e folyékony víz ezeken a bolygókon, ahogy az élet jeleire utaló légköri és/vagy felszíni összetétel sem kimutatható még – a 2020-as években elkészülő földi óriásteleszkópok, illetve rendkívül érzékeny űrteleszkópok viszont pontosan ezen kritikus mérések elvégzésére lesznek alkalmasak. Érdeemes megjegyezni, hogy a legközelebbi csillag, a Napunknál sokkal kisebb energiatermelésű és hűvösebb vörös törpe, a Proxima körül is kering egy



exobolygó, ami ráadásul éppen beleesik a lakhatósági zónába, tehát ha egyszer szondát akarunk küldeni egy közeli csillaghoz, a Proxima nem csak a legkisebb távolsága miatt lesz fontos célpont.

Kanyarodjunk itt vissza 1973 októberébe! Ekkor jelent meg egy mai szemmel is nagyon érdekes írás az Analog science-fiction magazin 10. havi számában. Szerzője G. Harry Stine (1928-1997), az amerikai rakétamodellező társaság alapító elnöke, tudományos szakíró és sci-fi író, aki már 1957-ben is jelentős ismertségre tett szert a Föld első műholdjának jóslatával a Szputnyik-1 októberi pályára állítása előtt éppen megjelent könyvében. Az Analog címlapját is inspiráló 1973-as cikk (*“A Program for Starflight”, azaz A csillagközi űrrepülés programja*) azt a kérdést járta körbe, hogy miként képzelhető el az emberiség kilépése a csillagközi térbe, milyen szisztematikus programra van szükség ahhoz, hogy ez bekövetkezhesen valamikor az emberi civilizáció jövőjében.

Stine cikke azért érdekes ma is, mert nem a csillagközi űrhajózás technikai nehézségeivel, a fénysebességet közelítő sebességekre gyorsítás problémáival foglalkozott, hanem a folyamatot, a többszörös civilizációvá válást magát, az ehhez szükséges egyéb lépéseket próbálta koherens képben megfogalmazni. Néhány fontos alaptézise:

1. A csillagközi utazás megvalósítása több évszázados program, nem lehet a szokásos tudományfinanszírozási mechanizmusok rendszerébe beilleszteni.
2. Nyilvánvaló, hogy legelőször egy ember nélküli robotszondát kell küldeni egy közeli csillaghoz.
3. Olyan csillagot kell célpontul választani, amely körül bolygó(k) is kering(enek).

Éppen ezért – írja Stine – a csillagászok fontos feladata, hogy felmérjék az összes közeli csillagot bolygókísérők kimutatása érdekében (Stine még nem hívja őket exobolygóknak, ez a terminus csak az 1990-es években született meg és terjedt el). A feladat megfogalmazásán túl Stine még azt is megemlíti, hogy két olyan módszerrel várható bolygók felfedezése, amelyek mindegyike a központi csillagra gyakorolt gravitációs hatások miatt működik, sőt, még azt is megjósolja, hogy szerinte húsz éven belül megtörténik az első (exo)bolygó felfedezése. És igen, 1995 novembere ugyan 20 év helyett 22 évvel későbbi dátum, ám az 51 Pegasi bolygóját pontosan a Stine által is említett két módszer egyikével, a központi csillag színekéből kimérhető látóirányú sebesség (a hétköznapi életből is ismert Doppler-effektus) periodikus

változásaival detektálták! A hátborzongató precizitású jóslat magában is érdekes, ám ha továbbgondoljuk a nagy képet, feltehető a kérdés: lehet, hogy mi mindenféle eltervezett szándék nélkül is pontosan azon a programon dolgozunk, amit Stine felvázolt lassan fél évszázada?

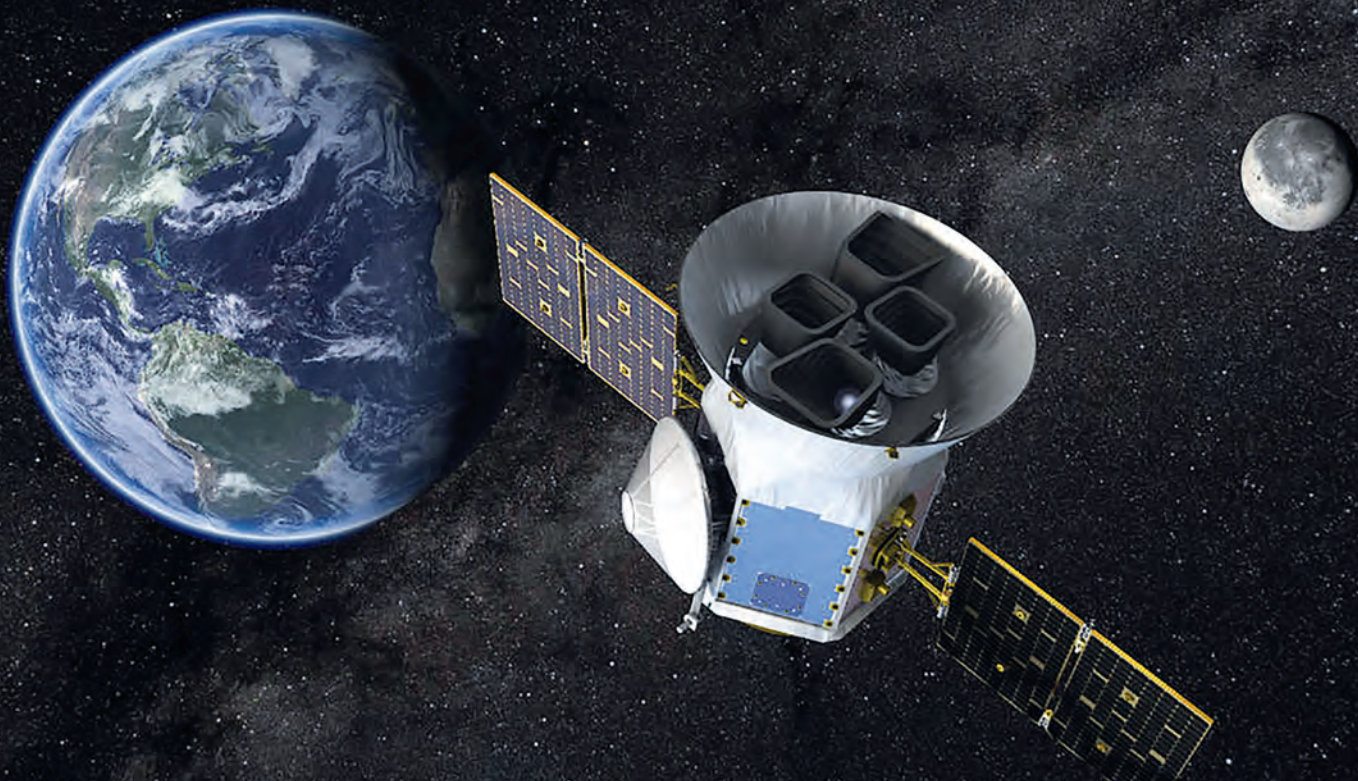
A közeli csillagok exobolygóinak felmérése mindenképpen pont úgy történik, ahogy elképzelnénk Stine írása nyomán. A Kepler 2009-2013 között egy rögzített égterületen felmérte több mint 150 ezer csillag fényességváltozásait, amelyekből több ezer fedési exobolygót sikerült kimutatni. Ezzel a Kepler-eredmények megalapozták azt a tudást, aminek nyomán ma biztosak vagyunk abban, hogy nagyon sok csillag körül kering valamilyen bolygó is. 2018 nyarán elindult a szintén amerikai TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) műhold, amely a fedélzeti négy nagylátószögű kamerájával egyszerre az egész égbolt 1/26-od részét képes rögzíteni, a látómezőben található összes csillag fényességét pedig pontosan megméri. Első két éves működése során a TESS fel fogja mérni a 200 fényéven belül található összes csillagot rövidperiódusú fedési exobolygók felfedezése céljából, így hatalmas lépést fogunk tenni a következő évtized óriástávcsöveivel (Extremely Large Telescope és Giant Magellan Telescope óriások Chilében, Thirty Meter Telescope a Hawaii-szigeteken, a James Webb infravörös úrtávcső) nagyon pontosan jellemezhető légkörű és felszínű exobolygók teljes felmérése felé. A következő tíz évben pedig akár meg is születhetnek az első megfigyelési tények, melyek

magyarázatához életre utaló biológiai aktivitást kell majd feltételezni – hihetetlenül izgalmas időszak előtt állunk!

Míndeközben pedig szurkolhatunk a Jurij Milner (egyébként fizikus végzettségű és orosz származású) amerikai befektetési multimilliárdos és Stephen Hawking kozmológus által 2015-ben bejelentett Breakthrough Starshot program sikerének, ami pontosan a Proxima és α Centauri hármas csillagrendszeréhez küldendő nanoszonda kifejlesztésére vállalkozott. Az elképzelések szerint hatalmas teljesítményű lézerekkel a fénysebesség 20%-át elérő sebességekre gyorsítanánk nagyjából bélyeg méretű mini úrszondákat, amelyek így már 20 év alatt odaérhetnének a legközelebbi csillaghoz, ahonnan helyszíni méréseik rádióhullámokkal közvetítve 4 évvel később már vissza is érnének a Földre. Ezzel 25 év alatt megvalósítható lenne az első extraszoláris helyszíni mérés egy másik csillag körül, az emberiség pedig végre kilépne az igazi csillagközi térbe. Gigászi vállalkozás, amelynek sikerére nem is fogadnának sokan, ám gondoljunk bele, mekkora civilizációs lépés lenne egy ekkora ugrás.

Mindazonáltal a csillagközi térbe vágyó emberiség előtt sokkal "Földhöz ragadtabb" problémákat kell megoldani, elsőként mindenképp a saját bolygónk lakhatóságának megőrzését. Mégis, egy-egy derült éjszakan elrévedve a csillagos ég pazar látványán, gondoljunk arra, hogy az évezredek óta elérhetetlen kozmosz talán egyszer tényleg megnyílik az emberiség előtt, a modern tudomány pedig ismét kéz a kézben haladhat a megvalósult fantasztiikkal.

KISS LÁSZLÓ



Rejtőzködés, álcázás, utánzás



2019 februárjában a XLI. Magyar Rovartani Napok egyik programpontja volt a Magyar Rovartani Társaság által kiírt pályázat eredményeinek kihirdetése is. Ezen a pályázaton I. díjat nyert Paulovkin András (akinek korábban már olvashatták cikkét lapunkban) rovartani témájú dolgozatával. A zsűri e szavakkal méltatta a nyertes dolgozatot: „Remek olvasmány és profi munka [...]. Színterületben leginkább egy Természet Világa cikknek felel meg, bár terjedelmét tekintve több is kitelne belőle.” A zsűri véleménye számunkra is megtisztelő; és úgy gondoljuk, valóban érdekelheti olvasóinkat ez az érdekes témáról írt képes, látványos, ugyanakkor nagyon részletes és szakmailag is megalapozott munka. Alábbiakban a díjnyertes pályázat megszerkesztett változatát közöljük, két részben.

1. RÉSZ

Az imádkozósáska (*Mantis religiosa*) vagy népies nevén ájtatos manó egy több mint 2300 fajt magába foglaló különleges rovarrend egyetlen hazai képviselője. Sajátos testfelépítése és viselkedése könnyen felismerhetővé és megkülönböztethetővé teszi a többi magyarországi hatlábútól. Első pár lába ugyanis a ragadozó életmódhoz alkalmazkodás eredményeképpen az évmilliók során a zsákmány megragadására szolgáló fogólábbá módosult, ami miatt a rend képviselőit összefoglalóan fogólábúak névvel illetik. Van azonban néhány további jellegzetességük, ami részben a zsákmány minél hatékonyabb elejtését, részben a ragadozóikkal szembeni védelmüket szolgálja. A fogólábúak ugyanis bár számos gerinctelenre, illetve ritkán kisebb gerincesre nézve komoly veszélyt jelentenek, maguk is ki vannak téve a rovarevők (jellemzően kétéltűek, hüllők, madarak és kismamák) támadásának. Márpedig ezek a predátorok az imádkozósászkák számára is olyan potenciális veszélyforrást jelentenek, amely valamennyi életszakaszukban fenyegetik egyedeiket, így a túlélésük szempontjából az egyik legerősebb szelekciós tényező. A rovarevők sikerének valószínűségét ugyanakkor a fogólábúak sokféle anatómiai- és viselkedésbeli adaptációs mechanizmusa csökkenti, melyek egy része meglepően kifinomult és összetett formában jelenik meg.

A védekezés korlátai

A fogólábúak ragadozóit számos különböző rendszertani csoportba tartoznak, ezért általános védelmi mechanizmusokra és predátorspecifikus védekezésre egyaránt szükségük van. Fenotípusos plaszticitásuknak azonban vannak korlátai. Az egyik predátorral szembeni szakosodás ugyanis gátolhatja egy másikkal szemben a hatékony védelem kialakulását, ami miatt utóbbi az adott faj legfontosabb ragadozójává válhat. Márpedig egy faj számára adaptív előnyt jelent, ha a legfontosabb predátorok érzékszervi módjához igazítja önvédelmét. Az imádkozósászkák védekezési megoldásai ennek megfelelően többnyire a vizuális ingerek alapján vadászó ragadozók ellen alakultak ki, melyek érzékelése között találunk ugyan eltéréseket, de ezek jobbra az élőhelyi adottságokkal mutatnak szorosabb összefüggést

és különbségeik ellenére számos vonásukban megegyeznek. Érthető, hiszen ha ugyanarra a zsákmányra vadásznak, a képalkotásuk is nagy valószínűséggel hasonló lesz.

A mi ájtatos manónk például az ideje nagy részében mozdulatlanul időzik jellemzően a növényzet sűrűjében. A rejtőzésben a környezethez idomuló színezete nagyban segíti, ami a lárvák esetében vedlésről vedlésre változhat zöldről barnává és fordítva, attól függően, hogy milyen környezet veszi őket körül. A potenciális zsákmányfajok egy része azonban teljesen eltérő evolúciós stratégiát követ, és rejtőzés helyett a környezetükhöz nem illő, feltűnő színeikkel szándékosan magukra vonják a figyelmet. A természetben az ilyen feltűnő kontrasztú, idegen kifejezéssel élve aposzematikus színezetnek azonban fontos szerep jut. Ezek az élénk színek és minták jellemzően arról tájékoztatnak, hogy viselőjük egy számára veszélyes helyzetben, például életének fenyegetése esetén (fullánkjával, csalánszörével, mirigyváladékával stb.) ártalmat képes okozni a támadónak. A jelzés figyelmen kívül hagyása ezáltal a támadó számára kellemetlenséggel jár, ami enyhébb esetben undort keltő táplálkozást, míg súlyosabb formájában akár halált is okozhat.

Az imádkozósáskáknál azonban a kémiai védekezés teljes hiánya jellemző, ami számos kérdést vet fel. Még a legközvetlenebb rokonsági körükből is ismert ugyanis néhány csótányfaj, amelynek egyedei a ragadozók ellen hatékony mirigyváladékot termelnek. Éppen ezért azt gondolhatnánk, hogy egy rossz ízű vagy mérgező fogólabúfaj előnyt élvezhetne a többivel szemben, hiszen ezáltal kisebb valószínűséggel válna a ragadozók zsákmányává. Csakhogy a kémiai védekezés költséges módszer, és ha más védekezési stratégiák eléggé hatékonyak ahhoz, hogy a megtámadott egyed végül túlélje a támadást, akkor a méreganyag termelése és tárolása kevés összesített előnnyel jár. A költségek ugyan részben csökkenthetők a méreganyag táplálékból történő kivonásával, a húst fogyasztó rovarok között azonban ez meglehetősen ritka megoldás. Annál gyakoribb viszont, hogy egy ártalmatlan faj feltűnő színezettel bír.

A kelet-afrikai *Tarachodula pantherina* lilásszürke alapszínű nőtényei potrohukon narancssárga sávokat viselnek, míg krémszínű lábaikon apró fekete foltokat, ami meglehetősen élénk és impozáns külsőt kölcsönöz az állatnak. Egyes szerzők felvetették, hogy ez a színezet aposzematikus jelleggel bír, csakhogy a faj egyedei jellemzően fás szárú növények hajtásain töltik idejük jelentős részét szorosan hozzá lapulva ezek felületéhez, ami viszont rejtőzködő életmódra utal. Márpedig az eddig megismert aposzematikus állatok nem rejtőzködnek, hanem nyíltan megmutatják feltűnő színeiket, ami miatt sokkal

valószínűbb magyarázat, hogy a megfelelő színezetű környezetben a *T. pantherina* színei és mintázata is az álcázást szolgálja, méghozzá a kontúrtörést kihasználva.

A megtévesztés módozatai

A prédafajok egy része az évmilliók során a megtévesztést fejlesztette tökélyre, aminek hatékony eszközeként az utánzást használják. A kriptikus rovarok a rejtőszínezet tökéletesítésén túllépve felépítésükben és viselkedésükben is a környezetük tereptárgyaihoz váltak hasonlóvá, amit egyesek szinte a megtévesztésig fejlesztettek és külsőségeikben jellemzően növényi levelekre, hajtásokra emlékeztetnek. Mások azonban veszélyes és emiatt a ragadozók által elkerült fajokat utánoznak. Ennek egyik legszembetűnőbb megnyilvánulása az élénk, figyelmeztető mintázat alkalmazása, ami könnyen megtanulható jelzésként szolgál a látás útján vadászó predátorok számára. Abban az esetben, ha az aposzematikus faj mérgező vagy más módon okoz kellemetlenséget a támadónak, feltűnő, élénk mintázata összekapcsolódik a ragadozóban a kellemetlen tapasztalattal. A támadás azonban még így is gyakran a préda életét követeli. Éppen ezért a kémiai védelemmel rendelkező fajok számára előnyt jelent, ha a támadó által megtanult jelzést többen is utánozzák. Minél többen használják ugyanis az adott jelet, annál valószínűbb, hogy az útjukba tévedő ragadozó már találkozott vele és megtanulta annak jelentését (Müller-féle mimikri). Csakhogy vannak olyan fajok, amelyek bár nem rendelkeznek kémiai védelemmel, mégis igyekeznek kihasználni a riasztó mintázat áldásos hatásait (Bates-féle mimikri).

A megtévesztés említett módozatai látszólag jól elkülönülnek egymástól, de például a növények hajtásrészeihez (levélhez, szárhoz) hasonló rovarokat egyesek álcázásként (kamuflázs), míg mások rejtőzködési stratégiaként

A rovarrend egyetlen hazai képviselője, az ájtatos manó
(*Mantis religiosa*)



(kripszis) említik, ami az olvasóban olyan érzést kelthet, mintha ezek egymás szinonimái lennének. Csakhogy a két fogalom jelentéstartalma nem teljesen azonos, amit talán a levélszerű rovarok példáján keresztül lehet a legérzékletesebben szemléltetni. Például a *Choeradodis rhombicollis* felnőtt egyedei a megtévesztésig hasonlítanak egy zöld levélre, ami miatt a természetben alig lehet őket észrevenni. Ugyanez a rovar bármilyen semleges háttérre helyezve továbbra is levélnek néz ki. Ezzel szemben a *Mantis religiosa* zöld színű egyedei ugyan a zöld növények között szintén hatékonyan képesek elrejtőzni, de semleges környezetben olyanok, mint egy zöld rovar. A rejtőzés tehát egy általánosabb kategória mindazon önvédelmi stratégiák számára, melyek a ragadozó érzékszervi képességeit kihasználva igyekeznek csökkenteni a predáció sikerét, míg az álcázás egy olyan rejtőzési stratégia, mely a ragadozó optikai szenzorain keresztül fejt ki hatását. Ebből a szempontból tehát a kamuflázs a kripszis egy szélsőséges formája, így a levélszerű fajok mind az álcázás, mind a rejtőzés kiváló példái, ezzel szemben például az ájtatos manóhoz hasonló, rejtélyes színezetű fajok kizárólag a kripszis kategóriájába tartoznak.

Egyes szerzők azonban az utánzás eddig említett formáit mimikriként írják le, azon egyszerű oknál fogva, mert az angol mimicry kifejezés magyarul is utánzást jelent. Ezt a nyelvészeti oldalról könnyen tartható álláspontot azonban többen is kritizálják arra hivatkozva, hogy nincs összhangban az egyes változatok valós különbségeivel. Richard Irwin Vane-Wright például amellet érvel, hogy a két jelenség legfontosabb eltérése információtartalmukban, illetve a hozzájuk kötődő elméműködésben érhető tetten leginkább. A korábbi példánál maradván a

Afrikai párducmanó (*Tarachodula pantherina*)
csáptisztítás közben



Egy afrikai gallyutánzó (*Papa spurca*) idősebb lárvája

Choeradodis rhombicollis és a *Mantis religiosa* egyedei úgy próbálnak hasonlítani a környezetük növényeire, hogy ennek eredményeképpen látványuk a potenciális ragadozó számára lényegtelenné váljon, ezért utánzásuk a kripszis kategóriájába tartozik. Ezzel szemben a mimikri esetében az utánzó faj lényeges információt igyekszik nyújtani a környezetének, még ha ez bizonyos esetekben hamis is. Mivel az imádkozósáskák között nem ismert kémiai védelemmel rendelkező veszélyes faj, a védekező mimikrik közül kizárólag a Henry Walter Bates nevével fémjelzett típus kerülhet szóba. Könnyen belátható, hogy az utánzásnak ez a formája akkor működik kielégítően, ha a modell sokkal gyakoribb, mint az őt utánzó faj. A hasonlóság előnyeit és a csökkenő predációs nyomást kihasználva azonban az imitátor egyre gyakoribbá válhat, aminek következtében a ragadozók is egyre gyakrabban találkoznak velük és fogyasztják őket negatív következmények nélkül. A jelzés megbízhatósága ezáltal csökken, így a Bates-féle mimikri a modell és az imitátor között konfliktust eredményez és gátolja az evolúciós egyensúly kialakulását. A növények hajtásrészeit utánzó imádkozósáskáknak azonban nincs ilyen drámai hatásuk a modellként szolgáló növényekre, álcázásuk ennek megfelelően a modellre nézve konfliktusmentes utánzást jelent. Ebből következően a modell és az imitátor közötti konfliktus megléte vagy hiánya további támpontot biztosíthat a kripszis és a Bates-féle mimikri fogalmi elkülönítéséhez.

A fogólábúaknál viszonylag gyakori jelenség a hangyautánzás, melyet *Malcolm Edmunds* tanulmányozott behatóan, amikor Ghána fővárosában, Accrában végezte

megfigyeléseit. 1976-ban publikált munkájában arról olvashatunk, hogy az általa vizsgált 15 imádkozósáska-fajból tízben a fiatal (jellemzően első stádiumú) lárvák színe és mérete a hangyákéra emlékeztette. A *Tarachodes afzelii* imádkozósáska-faj fiatal egyedei például az itt őshonos *Camponotus acvapimensis*, míg a *Pseudocreobotra ocellata* és a *Panurgica compressicollis* fiatal lárvái a *Crematogaster* genusz fekete hangyáira hasonlítanak. A *Sphodromantis lineola* és a *Miomantis aurea* fiatal egyedei viszont barnászörmös színükkel és fekete szemekkel az *Oecophylla longinoda* szövőhangyafajra emlékeztetnek leginkább. Amennyiben elfogadjuk a hasonlóságot mint az utánzás egy formáját, felvetődik a kérdés, tekinthetjük-e a Bates-féle mimikri egyik megnyilvánulásának. A hangyaimitátor imádkozósáskák ugyanis a hangyák egyedszámához viszonyítva ritkák és ragadozó életmódjukból kifolyólag ez minden bizonnyal hosszú időn keresztül így is marad. Ezáltal a modellként szolgáló hangyák és az őket utánzó fogólábúak populációi között nem áll fenn konfliktus, ami alapján a hangyautánzást nem sorolhatjuk a Bates-féle mimikri közé. De vajon tekinthetjük-e kripszisnek? A kérdés megválaszolásához használjuk fel Vane-Wright szempontjait és Edmund megfigyeléseit!

Edmunds 331 bokrot vizsgált át, melyből 102 növényen találta meg a vörös színű *Oecophylla*-hangyákat és mellettük a *Sphodromantis lineola* első öt lárvastádiumát, és csak egyetlen esetben talált lárvát olyan bokron, ahol nem voltak jelen az említett hangyák. Bár nem tudjuk, hogy a többi érintett imádkozósáska-faj egyedei hogyan viszonyulnak az említett hangyák populációihoz, de a fenti megfigyelés alapján azt feltételezhetjük, hogy a hangyautánzás olyan helyen jelenik meg, ahol a hangyák nagy egyedszámban megtalálhatóak. Márpedig a hangyákkal táplálkozó rovarrevőket leszámítva a hangyák látványa a ragadozók számára ugyanolyan irreleváns információ, mint a környező leveleké. Ennek értelmében a hangyautánzás Vane-Wright szempontjait alapul véve sem mimikri, így a kripszis egy formájának tekinthető.

A keresőkép hatékonyságának gátlása

Egy ragadozó sikere minden esetben azon múlik, hogy képes-e a zsákmányt észlelni, azonosítani, megközelíteni, elfogni és végül az elejtett prédát elfogyasztani. Mivel a ragadozók jelentette veszély az imádkozósáskákat is érinti, minden egyes képviselőjük rendelkezik olyan képességekkel, amelyek fő vagy járulékos feladata a predátorok sikerességének csökkentése. A predáció elkerülésének talán legmegbízhatóbb módja, ha a ragadozó fel sem ismeri a prédát, éppen ezért a fogólábúak körében kivétel nélkül valamennyi faj esetében találunk megoldásokat ennek elérésére. Mivel a ragadozók jelentős része a

leggyakoribb zsákmánytípust részesíti előnyben, a látszólagos gyakoriság csökkentésével egyúttal a predációs nyomás is jelentősen lecsökken. Részben emiatt az imádkozósáskák legáltalánosabb védekezési stratégiája a rejtőzés lett. A rejtőszínezet kialakulását a környezet leggyakoribb színei határozzák meg. Így a sűrű növényzetben rejtőző rovarok közül azok hatékonyabbak, amelyek alapszíne zöld vagy barna. Ugyanakkor erőteljes szelektív nyomás nehezedik a rovarrevőkre is, hogy felismerjék prédáikat, amiben a zsákmány olyan egyéb jellegzetességei segítik, melyek alapján ki tud magában alakítani egy megfelelő keresési képet.

A nagy egyedsűrűség növeli a ragadozókkal való találkozás valószínűségét, ami hatékony keresési képük kialakításának egyik előfeltétele. Ennek egy adaptív megoldása az imádkozósáskák szórt elhelyezkedése. A mozgás, a fogólábúakra jellemző „imádkozó” testtartás, a test síkjából kiálló járólábak, valamint a szárnyak ugyanakkor olyan sajátosságok, ami alapján a csoportra vadászó állatok (a ritka találkozás ellenére) hatékony keresőképet tudnak kialakítani magukban. A fogólábúak ragadozókkal szembeni önvédelme emiatt legfőbb sajátosságaik elrejtését célozza, csökkentve ezáltal a predátorokban kialakuló keresőkép hatékonyságát. Mivel a rovarfogyasztó állatok legtöbbször mozgó prédára vadásznak, a fogólábúaknál a mozdulatlanság a predátorokkal szembeni védekezés alapszintű formája. Ha mégis helyváltoztatásra kényszerülnek, igyekeznek ezt olyan módon tenni, amivel a lehető legkevésbé hívják fel magukra a figyelmet. Jellegzetes

Egy dél-ázsiai levélutánzó (*Gongylus gongyloides*) fiatal lárvája



szaggatott, hintázó mozgásuk is ezt a célt szolgálja, mivel olyan hatást keltenek, mint amikor a szél mozgatja a környezetük tereptárgyait.

Számos megfigyelés szerint a fej a rovarevők elsődleges támadáspontja, ami egyértelműen jelzi, hogy ez a testrész egyike azoknak a vizuális jeleknek, amelyek segítségével felismerik a potenciális zsákmányt. A fej elrejtésének több módja ismert a fogólábúak között, amelyek közül az egyik legkülönlegesebb megoldás a *Heterochaeta* fajoknál alakult ki. Szélesen ülő, feltűnően nagy szemek hajtás-csúcson elhelyezkedő rügyekre emlékeztetnek. A hatást egy viselkedési adaptáció is erősíti, ugyanis megzavart egyedeik fogólábaikat oldal irányba hosszan kinyújtják, mintha csak egy vastagabb gally oldalhajtásai lennének. A *Tarachodes* fajok jellemzően fás szárú növények kérgén időznek és ebbe a környezetbe igyekeznek beolvadni. Szorosan behúzott fogólábaikkal szinte alig lehet észrevenni a kéreghez simuló egyedeiket. Hatalmas fejük azonban elárulhatja őket. Éppen ezért nyugalmi helyzetben sajátos fejtartást vesznek fel, melyben hátrafelé néző száj-szerveik szorosan a test alá kerülnek, fejük pedig ezáltal a test síkjával teljesen egybeolvad. A fej és az imádkozó testtartás elrejtésének egy másik sajátos megoldását a *Popa* és a *Danuria* fajok fejlesztették ki. Védekező viselkedésük legfőbb eleme, hogy első pár lábukat hosszan előre, mintegy a test meghosszabbításaként kinyújtják, így az egész állat egy hosszú növényi hajtásra emlékeztet. Viselkedésüket egy anatómiai adaptáció is kiegészíti, ugyanis combjaik elülső részén egy bemélyedés alakult ki, amelybe a fej pontosan úgy illeszkedik, hogy ezáltal a kinyújtott lábaikkal tökéletesen elrejthető legyen. A fej álcázásának szintén jól bevált módszere a fejforma megváltoztatása, így például a *Pyrgomantis* és az *Idolomorpha* fajok egyedeinek a csúcsos fejtető és a testhez szorosan behúzott fogólábak fűszálhoz hasonló külsőt kölcsönöznek.

A rovarevők könnyen azonosíthatják a kriptikus rovarokat a testük síkjából kiálló lábaik alapján is. Emiatt az imádkozósáskák egyik védekezési módja, hogy lábaikat a testükhöz szorosan behúzva tartják. A rövid végtagok természetesen könnyebben elrejthetők, mint a hosszúak, ugyanakkor a rövid lábak csökkentik a hatékony zsákmánytávolságot és megakadályozzák a fogólábúakra jellemző lengőmozgást. A rövid lábak a menekülés hatékonyságát is csökkentik, ezért a rövid végtagokkal rendelkező fajok (pl. *Tarachodula pantherina*) többnyire nem futva menekülnek, hanem igyekeznek minél gyorsabban és észrevétlenebbül átfordulni a pihenőhelyiül választott levél vagy növényi hajtás ellentétes oldalára. A hosszú lábak növelik az állat hatótávolságát zsákmányszerzésnél és meggyőzőbbé tehetik a hintázó mozgást helyváltoztatásnál, a túlságosan hosszú végtagok ugyanakkor a menekülést akadályozhatják.



Sivatagi manó

Afrikai levélmanó (*Phyllocrania paradoxa*)



(Eremiaphila cerisyi)

különböző színváltozatú egyedei



A kockázatot jelentősen csökkenti, hogy a hosszú lábú és jellemzően hosszú testű imádkozósáskák (pl. *Heterochaeta* és *Danuria* fajok) olyan helyeken élnek, ahol számos hosszúságú növény zavarja a ragadozókat a hosszúságú zsákmány észlelésében. Az imádkozósáskák között viszonylag elterjedt megoldás a járólábak elrejtése különféle lebenyek segítségével, amire a *Gongylus gongyloides*, és a *Phyllocrania paradoxa* is kiváló példaként szolgálnak.

A szárnyak elrejtése már korántsem ilyen egyszerű, hiszen bármilyen, szerkezetét érintő jelentősebb változás kihatással lehet eredeti funkciójára. Bizonyos mértékig ennek megtartása mellett lehet ugyan csökkenteni a szárnyak azonosíthatóságát (például valamilyen színnel vagy mintával), de még így is könnyen felismerhetőek maradhatnak a ragadozók számára. Edmunds megfigyelései során például nagyobb arányban talált hímeket olyan fajok esetében, ahol mindkét nem rendelkezik szárnyakkal, ami azt sugallja, hogy a redukált szárnyú nőtények hosszabb ideig élnek. A szárnyakkal rendelkező nőtények esetében ráadásul erősebb predációs nyomást tapasztalt, ami meg arra enged következtetni, hogy a repülésre képtelen nőtényeket kevésbé könnyű megtalálni, vélhetően a jobb álcájuknak köszönhetően. Éppen ezért számos faj (pl. *Ameles spallanzania*, *Popa spurca*) nőtényei feláldozták repülési képességüket a jobb álcázás és ennek nyomán a hosszabb túlélési idő oltárán. Az érintett fajok hím egyedei ugyanakkor jellemzően megőrizték szárnyaikat, annak ellenére, hogy a repülés komoly kockázatot jelent számukra is. Ennek nyilvánvaló oka, hogy repülve gyorsabban és hatékonyabban rátalálnak a párzásra kész nőtényekre, ami növeli összesített rátermettségüket.

A szárnyakkal ellentétben a fogólábúak potroha viszonylag könnyen elrejthető, hiszen színén és mintázatán túl lehetőség van alakjának és felületének megváltoztatására is, így a szárnyak visszafejlesztésével előtérbe kerülő potroh módosítása a rejtőzködő fajok egyik jellemző módszere. A szárnyak redukciója mégsem túl gyakori jelenség a fogólábúak között. Például Edmunds Ghánában 42 fajt tanulmányozott és mindössze kettőt talált, amelynél a nőtények szárnyatlanok voltak, valamint nyolc olyat, amelynél redukált szárnyakkal rendelkeztek. Bár a redukált szárnyú fajok nőtényei nem képesek repülésre, a szárnyak megtartásának mégis lehetnek előnyei. Szerepet játszhatnak többek között a hőszabályozásban, a feromonok terjesztésében és a riasztó jelzések kialakításában (pl. *Tarachodes afzelii*, *Eremiaphila cerisyi*). A szigeteken élő imádkozósáskák esetében a szárnyak redukciójának azonban van egy további előnye, hiszen a légáramlatok a repülő egyedeket könnyen kisodorhatják a nyílt vízre. Ennélfogva a repülőképesség elvesztése komoly szelekciós előnyt jelent mindkét ivar számára.

PAULOVKIN ANDRÁS

Következik: Az álcázás formái

Változatos villámlások a világból

A földtudomány, azon belül a meteorológia talán egyik legizgalmasabb jelensége a villámlás. Ám ez a látványos égi kísülés nem csak annyit jelez, hogy épp zivatar van, hanem segítségével a kutatók fontos válaszokra lelhetnek olyan területeken, ahol nem is gondolnánk, hogy ennek szerepe lehet.

Vulkáni villámok vizsgálata

A vulkánból kiáramló hamuszemcsék növekvő mennyisége olykor heves villámok formájában mutatkozik meg. A Föld gyomrából előbújó, természetfeletti dühre emlékeztető, izzó felhő arra figyelmezteti a vulkanológusokat, hogy az ég felé magasodó füstoszlop potenciálisan nagy veszélyt jelenthet.

Ahhoz, hogy villámok keletkezzenek, ezeknek a felhőknek elektromosan fel kell töltniük. Általában azt feltételezzük, hogy a kavargó vulkáni fellegekben egymásnak feszülő és súrlódó hamurészecskék olyan óriási elektromos labilitást okoznak, amelyet csak a heves villámcsapások tudnak kiegyenlíteni. De valami más is hozzájárulhat a vulkáni kiáramlás elektromos feltöltődéséhez.

A Szicíliától északra fekvő szigetvilág egyik legaktívabb vulkánjához, a Strombolihoz légballoonokra erősített elektromosság-mérő berendezéseket juttatva ugyanis a kutatók felfedezték, hogy még azokban a vulkanikus felhőkben is, melyekben kevés hamu található, jelentős mennyiségű töltés halmozódik fel.

Ennek a „fantom-elektromosságnak” a forrását egy színtelen, szagtalan radioaktív összetevő, a radon bomlása képezheti. Világszerte hasonló folyamat játszódhat le más radont kibocsátó vulkánok esetében is, mondta *Karen Aplin*, a Bristol Egyetem Repülésmérnöki Tanszékének fizikusa, a *Geophysical Research Letters* tudományos folyóiratban publikált tanulmány társszerzője. Ha a radon által

vezérelt elektrifikálás befolyásolja az izzó vulkáni hamufelhők viselkedését és élettartamát — amelyek a közlekedésben, a gazdaságban és a társadalomban is óriási károkat okoznak — akkor a gáz szerepének megértése segíthet az embereknek, hogy jobban felkészüljenek a kitörésekre.

Jól ismert, hogy a vulkáni hamu súrlódása hatalmas mennyiségű elektromos töltést halmoz fel. Ez a folyamat az ún. dörzs- (vagy tribo-) elektromosság, amely többek között akkor jelentkezik, amikor egy léggömböt a fejedhez dörzsölsz, és az ott marad a kezekben anélkül, hogy megmarkolnád.

A hamuszemcsék közé keveredő jégrészecskék ugyancsak hozzájárulnak a feltöltődéshez. Mindezek egyidejű kölcsönhatása megnehezíti a vulkáni villámlás tanulmányozását, ennek a rejtélyes és bonyolult folyamatnak a feltárását.

A szerzők ezért valami újat próbáltak ki. Töltést akartak mérni egy hamumentes felhőben, és a Stromboli — amelynek látványos lávaszökőkútjaihoz heves gázki-bocsátás, ám kevés hamu társul — tökéletes helynek bizonyult a kísérlethez. A számítások szerint a kutatók által a pöfékelésekből mért töltés könnyedén keletkezhet a radon bomlásának eredményeként, amely a vulkáni működés kibocsátott gázainak egyik fontos összetevőjét képezi. Megállapították, hogy a bomláskor töltött részecskék szabadulnak fel, amelyek a levegőben lévő szemcsékkel ütközve ionizálják azokat. Ez az, ami a szakemberek szerint elektromos töltéssel ruházza fel a hamumentes vulkáni felhőt.

„További vizsgálatok nélkül azonban nem lehetünk biztosak abban, hogy valóban így működik a folyamat.” — mondta *Keri Nicoll*, a Readingi és a Bathi Egyetem atmoszférakutatója, a tanulmány fő szerzője. Ám hozzátette, hogy az elmélet valószínűleg helytálló, mivel „egyetlen más töltésfejlesztő mechanizmusról sem tudunk, amellyel megmagyarázhatnánk a megfigyeléseinket.”

Habár hozzájárul, egyáltalán nem biztos, hogy a radon a vulkáni villámlás egyetlen döntő eleme. Ahogyan Dr. Aplin magyarázta, „korántsem biztos, hogy a radonmechanizmus önmagában is elég erős ahhoz, hogy hamu közreműködése nélkül is bekövetkezzen a jelenség.” Ennek ellenére más szakértők is úgy gondolják, hogy a mostani eredmények ígéretesnek tűnnek, és mindenképp létjogosultsága van az ilyen irányú kutatások folytatásának.



Útmutató villámút

Senki sem képes „eltalálni” felső atmoszféránk alsó részének – amely az ionoszféra D rétegeként ismert – kiterjedését és aktivitását, mivel a szó szoros értelmében mozgó célpont. A felszín felett 64 és 96 kilométeres magasságban található réteg a napszaktól függően fel-le mozog. A repülőgépeknek és kutatóballonoknak ez már túl magas, a műholdaknak túl alacsony, kis sűrűsége miatt pedig közvetlen rádióhullámokkal sem vizsgálható, így pedig szinte lehetetlen megfigyelni.

A D réteg megértése sokkal több, mint pusztán ismereteinket gyarapító tudományos alapkutató, mivel a jelenlegi technológiák széles körét érinti, beleértve az alacsony frekvenciájú navigációs rendszerek pontosságát és felbontását. Az ezekre támaszkodó hálózatok pedig alternatívái lehetnek a GPS-nek, valamint a globális tájékozódás egyszerűsítéséhez is egyre fontosabbá válnak.

A kutatók által felfedezett új eljárást az ionoszféra megfigyelésére a villámok jelenthetik. Az általuk termelt elektromágneses hullámok mérésével ugyanis a szakemberek a villám útját visszakövetve képessé váltak a D réteg elektronsűrűségének elemzésére. Az erről szóló tanulmány a *Geophysical Research Letters* tudományos folyóirat hasábjain olvasható.

Egy villámcsapás sokféle frekvenciájú elektromágneses hullámot bocsát ki, mely sebessége a felső légkör aktuális állapotától függ. A korábbi elméleti kutatások ezekre alapoztak a villám eredetének meghatározásakor.

„Én megfordítottam a problémát” – mondta *Mark Golkowski*, a Coloradói Egyetemhez tartozó Műszaki, Tervezési és Számítástechnikai Főiskola villamos- és biomérnök egyetemi docense. „Ha tudom, honnan jön a villám, akkor az útja mentén pontosan kielemezhetem a felső légkört.”

A kutató azt a sebességet mérte, amellyel egy hullám energiája utazik, egészen pontosan annak rendkívül alacsony frekvenciájú (ELF: extreme low frequency) komponense. Az ELF hullámok összesített sebessége lényegesen kisebb,



mint a fénysebesség, és a hullámok jobban érintik a légkör elektronsűrűség-profilját. A megtett útjuk ismeretében pedig lehetséges a D réteg diagnosztizálása.

Vizsgálataihoz a környezeti és ipari mérések globális szolgáltatójától, a finn Vaisala vállalatától származó adatokat is felhasznált, amely a villámlások mintegy 80%-át figyeli meg alacsony frekvenciatartományban. A Worldwide ELF Radiolocation Array-al (WERA) együttműködésben pedig a D réteg széles skálájú elemzését adta, mérve annak sűrűségét, magasságát és a benne zajló változás sebességét.

A mai GPS-navigáció nagy felbontása és pontossága – autóinkban, telefonjainkban és karóráinkban – a Föld felszínétől mintegy 20 ezer kilométeres magasságban keringő műholdakra támaszkodik. A távolság, amelyet az általuk kibocsátott nagyfrekvenciás jeleknek át kell hidalniuk, amellyel, hogy gyengítik őket, sebezhetővé is teszik a különböző torzulásokkal (elakadások, hamisítások) szemben, amelyek így nem, vagy csak módosulva jutnak el a vevőhöz. Ez bosszantó lehet a közlekedőkre nézve, és akár katasztrofális egy ellenséges területen tartózkodó katonai alakulat számára.

Ezzel szemben az alacsony frekvenciájú globális navigáció olyan földi állomásokra támaszkodik, amelyek a felső légkör alsó részéről visszapattanó jeleket pingpongszerűen továbbítják a felhasználó felé. Az ilyen rendszerekkel nem szükséges a jelnek 20 ezer kilométert oda-vissza utaznia, így sokkal ellenállóbbak a gyengüléssel és a beavatkozásokkal szemben. Hátránya azonban, hogy a felső légkör ismeretlen állapota és aktivitása korlátozza a pontosságot, így leginkább a hajóknak, vagy tengeralattjáróknak kedvező az óceánon való navigációjukhoz.

A kutatók azonban most felhasználhatják az új módszerrel szerzett ismereteket, hogy javítsák az alacsony frekvenciájú navigációs pontosságot, s új szintre emeljék a mai technológiát, ami a földközeli űrkutatáshoz is széles körben hozzájárulhat.

SZOUCEK ADÁM





A TUDAT GYÓGYÍTÓ ÉS ROMBOLÓ EREJE

A placebo-nocebo ikrek

Amikor egy anyag gyógyszerként való felhasználását tesztelik, először állatkísérleteket végeznek, rendszerint egéren, patkányon vagy tengerimalacon. Ha kiderült, hogy a hatóanyag mely szerveket, szervrendszereket befolyásol és hogyan, és megbizonyosodnak arról, hogy az egészségre valószínűleg ártalmatlan, akkor térnek át embereken gyógyszerként való kipróbálására, hogy megvizsgálják egyrészt az állatokon kapott eredmények alkalmazhatóságát emberre, másrészt, hogy kiderüljön, milyen dózisban, milyen körülmények között, mennyi ideig alkalmazható a páciensek egészségének károsítása nélkül.

Az állatokon és embereken végzett megfigyelések és kísérletek között azonban van egy alapvető különbség: az ember tudatos lény, akit pszichés tényezők is befolyásolnak, tehát maga az a tény is, hogy tudja, kezelik, hatással lehet a gyógyulására, anélkül hogy bármiféle hatóanyag specifikus hatása mutatkoznék meg. Ilyenkor kerül felhasználásra a placebo, egy olyan kezelés (tabletta, folyadék, kenőcs stb.) amely gyógyszer-szerű, illetve külsejében nem különbözik a kipróbálandó gyógyszertől, de nagy valószínűséggel nincs hatással az adott betegséggel kapcsolatos folyamatra (pl. cukordrazsé). A tesztelt emberek nem tudják — és jó minőségű vizsgálatokban maga a tesztelést végző orvos sem —, hogy melyik vizsgálati anyagban mi van (ezek az úgynevezett kettős vak vizsgálatok), csak az, aki a vizsgálatot rendezi és végső soron az eredményeket fogja értékelni. Így a pszichés befolyásolás hatása kizárható és a jövőbeli gyógyszer hatása vizsgálható. Ugyanakkor — legalábbis mostanáig — a beteg vagy a teszt alanya bízott orvosában és a szerben, amit az orvostól kapott.

Placebo a placere (latin nyelvű) ige jövőidejű alakja, ami azt jelenti: tetszeni fogok. Orvosi felhasználásban először évszázadokkal ezelőtt jelent meg, 1785-ben, George Motherby „New Medical Dictionary” – új orvosi szótárában, amikor valószínűleg azt jelentette:

népszerű. A következőkben Hooper orvosi szótárában található 1811-ben abban az értelmezésben, hogy az adott szer inkább szolgálja a páciens örömet, mint gyógyulását. Ez a XIX. századi meghatározás igen közel áll már az említett mai felhasználáshoz.

Gyógyhatás hatóanyag nélkül

A placebo-kontrollált hatásvizsgálatok döntő tényezője tehát az, hogy egy hatástalannak tartott anyag (ez a placebo, például cukordrazsé) és egy hatásosnak vélt anyag (ez a jövőbeli gyógyszer) kerül összehasonlításra, aminek eredményéből lehet következtetni, hogy az anyag valóban gyógyszer-e, illetve annak a betegségnek gyógyszere-e, amire alkalmazni kívánják. Ennek alapvető feltétele tehát, hogy a beteg (a tesztelés alanya) ne tudja, hogy valódi gyógyszert kap avagy placebot. A placebo-csoportok eredménye azt mutatta, hogy a placebonak is van gyógyhatása, tehát az a tudat, hogy kezelik, javította a betegek állapotát azokhoz képest, akik semmiféle kezelést nem kaptak. Ezt pszichés hatásként könyvelték el, s nem alaptalanul a hit gyógyító erejének [1] tulajdonították, amiben nem volt semmi meglepő. Ezért keltett nagy feltűnést, amikor Ted Kaptchuk, a kiemelkedően jó nevű Harvard Egyetem

orvos-professzora nyilvánosságra hozta, hogy kipróbálta milyen eredményeket ad, ha a beteg tudja, hogy gyógyszert vagy placebo kapott, illetve milyen a placebo hatása önmagában, azaz ha a beteg (a tesztelés alanya) tudja, hogy nem gyógyszert, hanem „hatástalan” placebo kapott [2]. Az eredmények sokkolták az orvostársadalmat, mert kiderült, hogy a placebonak akkor is van gyógyhatása, ha a beteg tudatában van várható hatástalanságának. Ekkor kapta az eljárás az „őszinte placebo” (honest placebo) nevet, amikor is a betegnek nemcsak megmondják, hogy placebo kap, hanem ez rá van írva az orvosságot tartalmazó üvegre is. Az Egyesült Államokban ma már bármely gyógyszer-tárban kapható néhány dollárért placebo különböző színekben, formákban és méretekben, és az emberek meg is veszik és be is veszik. Éppúgy fogynak, mint a homeopátiás készítmények, melyekben valódi hatóanyag van olyan mértékben hígítva, hogy gyakorlatilag csak az oldószer (vivőanyag) van jelen. Ahogy a gyógyszer-vizsgálatok esetében igyekeznek kizárni, hogy a tesztelő tudja, mikor és kiknek ad gyógyszert és kiknek placebo, mert ismeretének (és ez által befolyásolt magatartásának, jelzéseinek) hatása lehet az eredményre, úgy orvos-beteg viszonylatban az orvos személyisége, magatartása, hírneve is lehet placebo hatású. Ha a beteg bízik orvosában, tudásában és jóindulatában (empátiájában), annak lehet gyógyhatása a betegség tüneteire, de nem szervi betegségben magára a betegségre is. Évszázadokkal ezelőtt, amikor az eszközös és kémiai (gyógyszeres) kezelés gyerekcipőben járt, az orvos személyiségének és a beteg belévetett bizalmának szinte kizárólagos jelentősége volt, de ezt a korszerű terápia jelentős mértékben kiszorította. Mostanra azonban megérett a kétféle gyógyítás együttműködése, amihez szükséges az orvos empátiája és ennek placebo hatása, valamint a nocebohatás (lásd később) visszaszorítása.

A placebohatás nem minden betegségre érvényes, hatástalannak látszik organikus (szervi) betegségekben, de csökkenti ezek tüneteit is. Így például alkalmazható fájdalom (például hátfájás [3]) csillapítására, sőt még az egyébként súlyos migrén esetében is, és depresszió csökkentésére; e két esetben mintegy 30%-os javulás érhető el vele, ugyanakkor nem gyógyítja magát a betegséget. Csökkenti a hányingert, magas vérnyomást, az erektilis diszfunkciót (merevedési zavart) is. Mint ezt leginkább Kaptchuk megfigyelései bizonyítják egy 80 betegen végzett 3 hétig tartó tesztorozatban, igen jelentős a hatása az irritábilis bél szindrómában (IBS) – ez utóbbi eredmény hozta előtérbe az „őszinte placebo” jelentőségét.

Az IBS modern korunk betegsége és (nálunk is) a népesség mintegy 15-20%-át érinti, tehát népbetegségnek tekinthető. Semmiféle szervi elváltozás nem mutatható ki, tehát a betegség csak kizárásos alapon diagnosztizálható (azaz ki kell zárni minden egyéb bélbetegséget computer-tomográfiával, gasztroszkópiával stb. és akkor marad az IBS). Nagyon kellemetlen, fájdalmas, de nem halálos. Van székrekedéses, hasmenéses és vegyes formája erős görcsökkel, puffadással és számos nem-bélrendszeri tünettel. Gyógymódja nem ismert, csak tüneti kezelése, mely placeboval is megtörténik (3). Akupunktúrát is felhasználnak kezelésében, ami pozitív hatású a kezeléseknél 53%-ában, ám ál-akupunktúra is hatásos az esetek 42%-ában [4]. Sőt, az őszinte placeboval történt vizsgálatokban kimutatták, hogy a betegek 59%-ának – bár tudták, hogy cukordrzsét vesznek be – csökkentek a tüneteik, szemben a nem kezelt (kontroll) betegek 35%-ával.

Természetesen a placebohatás nemcsak gyógyszer-tesztelés esetén mutatkozik meg. Javulás érhető el egyedül a placebo alkalmazásával, asztma, magas vérnyomás, nem-IBS bélbetegségek, valamint számos más betegség esetében. Az Egyesült Államokban volt olyan beteg, akin autóbaleset után vertebroplastikát végeztek, azaz cementszerű anyaggal erősítették meg a sérült gerincoszlopot. Legalábbis ezt hitte a beteg, mert ezt mondták neki. Csak mintegy évtized után jutott tudomására, hogy a



Amikor beveszem a cukordrzsét, azt hiszem gyógyszer.
De miért hiszem azt, ha tudom, hogy nem az?

műtétet nem végezték el, de ő jól érezte magát és még 84 éves korában is golfozott (4). Az, hogy tudomása szerint a műtét megtörtént elégséges volt ahhoz, hogy megszokott életmódját tudja folytatni. Ez azonban csak a placebohatás lehetőségének határait (határtalanságát?) mutatja és nem ez a jellemző.

Szervezetünknek vannak saját, belső rendfenn tartói, melyek az életünk folyamán létrejövő belső rendellenességeket ellenőrzik, és a hibákat javítják.

Ilyen elsősorban az immunrendszer, mely éppúgy véd a szervezeten belüli rendellenes működés (például daganatképződés), mint a kívülről behatolók (például fertőzések) ellen. Hasonló az a rendszer, amely a szervezetben bármely okból fellépő fájdalomra reagál és fájdalomcsillapító anyagokat termel. Ezek a morfin-szerű anyagok az endorfinok, melyek fájdalomcsillapító hatása nem kisebb, mint a morfiné vagy heroiné és az agy fájdalomérző központjaihoz kapcsolódva fejtik ki hatásukat. Valószínűnek tűnik, hogy a placebo ezeket az anyagokat mobilizálja, illetve termelésüket ösztönzi, ezért csökkennek a tünetek (például a fájdalom), de nem gyógyul meg a betegség. A placebo nem pusztítja el a daganatot, de csökkenti a daganat-okozta fájdalmat, és egy cukordrazsétól ez is nagy dolog. Még a saját tudatunkat is becsapja, mikor a szervezet olyan reakcióját provokálja, amely erősebb annak tudatánál, hogy önbecsapást végzünk. Hogy az agyi „morfinok” szerepet játszanak a folyamatban bizonyítja, hogy a morfin-gátló naloxon kioltja a placebohatást. Ugyanezt látszik alátámasztani, hogy a placebo fájdalomcsillapító hatása az esetek mintegy 35%-ában mutatkozik meg, hasonlóan a morfin közepes dóziséhoz [5]. Vannak kutatók, akik a placebohatást „tanulásként” jellemzik, azaz – és erre van bizonyíték – ha előzetesen a páciens már átesett gyógyszeres fájdalomcsillapításon, a placebohatás jobban működik.

A pszichés hatások rendkívül fontosak az ember életében és nagyon sok olyan jelenséget befolyásolnak, melyek egyébként kórokozókhoz vagy egyéb külső tényezőkhez kötöttek. Ilyenkor valamilyen jórészt ismeretlen agyi mechanizmus működik, és önállóan vagy a hormonális rendszeren keresztül váltja ki a hatást. Az őszinte placebo esetében azonban nem ez történik, hanem az ellenkezője: a szervezet valamilyen önálló mechanizmusa az agyi tudat (mely figyelmeztet: ez nem az igazi gyógyszer!) ellenére létrehozza azt az elváltozást, amit az agy tagad. Ez azt is jelentheti, hogy vannak az emberi szervezetben olyan szervek, melyek agyi kontrollja nem tökéletes és saját döntéshozatalra képesek, illetve vannak olyan állapotok, amikor az agyi kontroll nem teljes és megengedi az önálló döntést. Ha a tudat kikapcsol, elveszíti kontrolláló hatalmát, a tudatalatti veszi át az irányítást és ez a placebohatásnak kedvez. Az őszinte placebo vizsgálatok azonban épp arra utalnak, hogy a tudat teljesértékű működése közben is irányíthat, vagy legalábbis beleszólhat a döntésbe a tudatalatti.

Az ártalmasság ígérete

A placebo (tetszeni fogok) negatív jellegű ikerpárja a nocebo (ártani fogok). Míg a placebo lehet egy gyógyászati eljárás vagy egy bizonyos anyag, melyet akár

kapszulába is lehet tölteni és úgy bevenni, addig a nocebo nem fogható meg, nem tölthető kapszulába, de lehet bármilyen beavatkozáshoz kapcsolódó hit vagy tévhit, az orvos vagy az emberi környezet magatartása. Ha az orvos azt mondja a betegnek, hogy már csak fél éve van hátra, vagy a környezete úgy tekint rá, mint a kivégzősoron várakozó fegyencre, fellép a nocebohatás, végzetesen befolyásolva a szervezet ellenálló képességét, ami valóban valóra is váltja a bejósolt eseményt. Ez nem meglepő: a nocebo nevében hordozza, hogy ártani fog és ezt be is tartja [7]. Az orvosnak viszont be kell tartania a „nil nocere” (nem ártani) elvét, szem előtt tartva, hogy ártani nem csak gyógyszerrel, méreggel vagy szíkével lehet. Az emberi környezet pedig nem is tesz eszük – ami nincs, be sem tartható –, ugyanakkor szándékosan vagy önkéntelenül is képes ártani a betegnek. Azt is érdemes figyelembe venni, hogy a nocebo könnyebben, gyorsabban és felismerhetőbben hat, mint a placebo, mert evolúciósan az van belénk építve, hogy a rossz nagyobb figyelmet keltsen, mint a jó, mert előbbi ellen védekezni kell.



A semmit be lehet venni naponta egyszere

A hippokratészi esküben (amit minden orvos vállal) benne van, hogy „tehetségemhez és tudásomhoz mérten fogom megszabni a betegek életrendjét az ő javukra, és mindent elhárítok, ami ártana nekik”. Az orvos tehát szándékosan nem árthat (ez a „nil nocere” elve), de gondatlanságból, könnyelműségből vagy külső körülményektől (adott ország lakóinak életmódja) befolyásolva igen. Míg nálunk a súlyos (halálos) betegségben szenvedőknek általában ezt nem mondják meg az orvosok, és azt sem, hogy valószínűleg mennyi ideje van hátra, az Egyesült Államokban igen. Ezt azzal indokolják, hogy ha a beteg tisztában van várható sorsával, még rendezni tudja fontos ügyeit (vagyon, örökség, művek befejezése, vagy gondoskodás a befejezésről, stb.). Ugyanakkor a nocebot figyelembe véve ez az orvosi őszinteség deprimálja a beteg védekező-rendszerét és elősegíti, hogy a halál a vártnál is hamarabb következék be, az orvos tehát esküje ellenére árt a betegnek. A hippokratészi eskü több mint 2000 éves,

azóta sokkal többet tudunk az emberi psziché és a betegségek kapcsolatáról, így vagy az eskü szövegét kellene módosítani, vagy az említett orvosi magatartást (a cikk szerzője szerint inkább az utóbbit).

A nocebohatás egyik emberről a másikra átragadhat és tömegessé is válhat. Ennek példája egy közelmúltban lezajlott esemény, ami akár diplomáciai botránnyá is dagadhatott volna, ugyanis 2017 októberében hírt adtak arról, hogy a kubai amerikai nagykövetség dolgozói (21 diplomata, illetve családtag) hallási problémákban szenvednek, mivel – mint az amerikaiak mondták – Kuba rejtélyes szónikus hullámokkal támadta meg a követséget. Ugyanakkor semmi nyomát ennek nem találták, tehát

nagy valószínűséggel nocebohatásról volt szó. Hogy modern (internettel terhelt) korunkban ennek továbbadását még a jelentős távolságok sem gátolják, bizonyítja, hogy nem sokkal ezután a hallási problémák a Kínában lévő amerikai nagykövetségen is jelentkeztek. Nem látszik véletlennek, hogy a hallászavarok két olyan országban lévő követségen mutatkoztak, melyekkel az Egyesült Államoknak problémái

vannak, így ez segíthette a nocebohatás kialakulását.

Egyesek feltételezik, hogy mind a placebo-, mind a nocebohatásban tanulási folyamatok is szerepet játszanak [6]. Ezt arra alapozzák, hogy korábbi hasonló események gyorsabbá és hatékonyabbá teszik a friss hatások következményeit. Ha teszt-alanyoknak előre jelzik, hogy valamilyen kezelés fájni fog, akkor erősebb fájdalmat jeleznek, mint azok, akiket nem tájékoztattak. Ha teszt-alanyoknak kétféle csomagolású és árú, de azonos mértékben hatástalan tartalmú fájdalomkeltőt adtak, akkor a drágább jobban fáj, mint az olcsóbb. A különbségek változók, de lehetnek igen jelentősek is. Mikor prosztata gyógyszert próbáltak ki és a két teszt-csoport egyikével előre közölték, hogy a szer erektilis diszfunkciót okozhat, a tájékoztatott csoport 44%-a jelezte a tünetet, szemben a tájékoztatlan csoport 15%-ával. Ha injekciós kezelés előtti beszélgetésben, mely a páciens szorongását volt hívatva eloszlatni, elhangzott a szúró, égető, sértő, rossz vagy fájdalom szó valamelyike, a páciensek több kellemetlenségről számoltak be, mint a tájékoztatás nélküliek. Ugyanakkor nyilvánvalóvá vált,

hogy vannak személyiségek, akik nagyon érzékenyek a nocebohatásra, míg mások nem, vagy kevésbé befolyásolhatók. Ez valamilyen összefüggésben van a pesszimizista, illetve optimista beállítódással: neurotikusok és pesszimizisták súlyosabban reagálnak a nocebohatásra. Ha valaki nagyon érzékeny a verbális nocebohatásra, bele is halhat: leírták, hogy egy rákos beteg, akivel 3 hónapra becsült várható életidejét közölték, ekkor valóban meg is halt, viszont a boncolás kiderítette, hogy a becslés téves volt és a daganat állapota egyáltalán nem indokolta az élet elvesztését. Ilyen eset valószínűleg sokkal több van, mint amennyit leírnak. Az viszont, hogy valaki pesszimizista vagy optimista beállítottságú alapvetően génszinten meghatározott, tehát a nocebo- és a placebohatás is sokkal bonyolultabb rendszerben működik, mint gondolnánk. A nocebohatás – éppúgy, mint a placebo – egy idő után elmúlik, de ez esetben is vannak különbségek: a placebo általi fájdalomcsökkenés (hipoalgézia) például gyorsabban múlik el, mint a nocebo általi fájdalom-növekedés. Ez a különbség érvényes pszichés folyamatokra is: a placebo által kiváltott öröm, vagy büszkeség például sokkal hamarabb múlik el, mint valamely nocebo (környezet, vagy esetleg hibás önértékelés) révén kiváltott kisebbségi érzés, mely sokszor egész életen át fennmarad.

A feltételezett biológiai mechanizmus

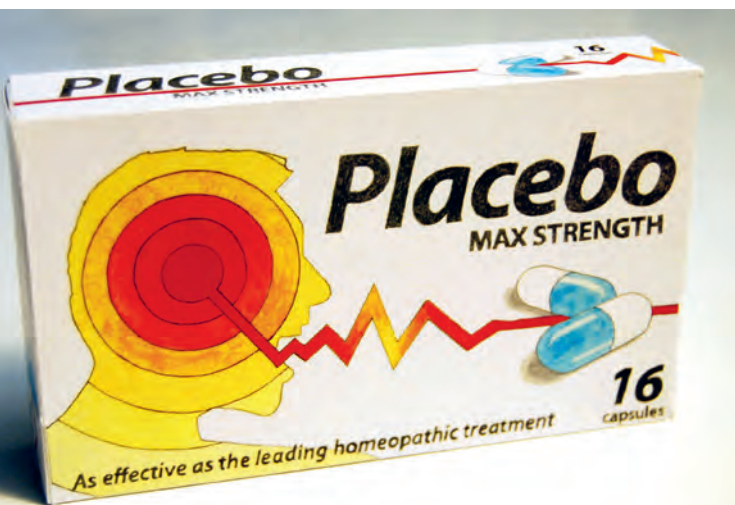
Mindenekelőtt szükséges hangsúlyozni, hogy sem a placebo-, sem a nocebohatás mechanizmusa nem tisztázott. Ugyanakkor vannak már ismert folyamatok, melyek a hatásban döntő jelentőséggel bírhatnak.

A hatóanyag nélküli gyógyszerek hatásmechanizmusát több eszközzel is vizsgálták pácienseken. Placebo hatására átértékelődik a fájdalom-érzés az agyban, amit jelez, hogy két ebben résztvevő terület (a homloklebeny-kéreg és a ventrális striatum) aktivitása növekszik [3], és ez funkcionális mágneses rezonancia vizsgálatokkal (fMRI) kimutatható. Hasonló vizsgálatok jelzik, hogy placebo alkalmazásakor az agyi opioidok fokozottan kapcsolódnak receptoraikkal.

Kimutatták, hogy a bél baktériumflórája termel olyan anyagokat (neurotranszmittereket), amelyek az agyra jellemzőek. Így feltételezik, hogy van egy agy–bél-baktériumflóra (mikrobioma) tengely, mely szerepet játszik kognitív (megismerő, észlelő) folyamatokban, így érintett lehet a placebohatásban is [8]. A tengelyben a hatások áramlása kétirányú, nemcsak az agytól a bél felé, de a bélből az agy felé is. Az agy közvetlenül is kapcsolódhat a bélrendszerrel a



vagy 4 óránként. A hatás is egyéni.



Hogy lehet a „semmi” hatását fokozni?
Úgy, hogy a dobozra ráírjuk: maximális erősségű.

bolygóidegen (*nervus vagus*) keresztül, de hormonálisan is. Az agy irányítja a bélben zajló folyamatokat, de a bélrendszert – speciális és rendkívül dús beidegzése miatt – szokták második agynak is nevezni és ez utóbbi magyarázhatja az önálló (tudat-ellenes) döntést az őszinte placebo esetében. A bélben (elsősorban a vastagbélben) több baktériumsejt van, mint összes szerveink sejtszáma, az ezek által termelt anyagok mennyiségük és minőségük miatt egyaránt figyelembe veendők. Az általuk termelt neurokémiai anyagok alapvető élettani folyamatokat tudnak befolyásolni, mint a tanulás, memória és kedélyállapot, nem véletlen tehát, hogy gyanúba keverednek a placebo- és nocebohatás esetében is. Példaként felhozható a szerotonin, ami a kedélyt és a bélműködést egyaránt befolyásolja és ennek az anyagnak mintegy 95%-át a szervezetben a bélbaktériumok termelik.

A placebo ikertestvére, a nocebo által kiváltott hiperalgéria (fájdalomfokozódás) esetében megnő az adrenokortikotrop hormon (ACTH) agyi szintje és ezzel párhuzamosan az általa szabályozott kortizol vérszintje is. Ez két egymással összefüggésben lévő hormon és mindkettő alapvető szerepet játszik a stresszben. Ugyanakkor csökken a dopamin- és ópioidrendszer aktivációja az agyban, tehát azon hormonoké, melyek a fájdalom elviselésében játszanának fontos szerepet.

A nocebohatásban kiemelkedő szerepet játszik a kolecisztokinin (CCK), egy fehérje, melyet elsősorban a bél enterochromaffin sejtjei termelnek. Ez az anyag a központi idegrendszerbe kerülve szorongást és pánikreakciót vált ki, a fájdalom küszöbe csökken, fellép a hiperalgéria. Anti-CCK anyagok (például antitesztek vagy proglumid) viszont kioltják a nocebohatást.

Kevés vizsgálat áll rendelkezésre a nemek közötti különbségek vonatkozásában, de az eddigiekből úgy tűnik, hogy nincs jelentős különbség a férfiak és nők placebo-, illetve noceboérzékenységében. Azt már az eddigi ismeretek is bizonyítják, hogy a placebo- és nocebo- és különösen az őszinteplacebo-hatásban nincs semmi, ami misztikus, de még idő kell ahhoz, hogy az egzakt hatásmechanizmus kiderüljön.

Zárszó

A gyógyszer-tesztelések esetében eredetileg egy (pszichés) mellékhatást próbáltak kiküszöbölni a placeboval, amely viszont az idők során főhatásként mutatkozott be. Ezt a hatást igyekszünk alkalmazni akkor, amikor az emberre ható kémiai anyagok használatának kockázatát akarjuk csökkenteni. A placebo bizonyított hatása tehát nem csak dogmákat dönthet, hanem önálló gyógymóddá válhat, és ez pozitív eredmény. Más a helyzet a noceboval, melynek romboló hatása negatív, de nehezen kerülhető el. Talán még ennek a cikknek is lehet – arra hajlamos egyénben – negatív hatása, mert valaki elgondolkodik: lehet, hogy nekem is csak hónapjaim vannak hátra, csak az orvos nem tájékoztatott, mert Magyarországon élek és nem Amerikában. Másokban viszont ez a szempont fel sem merül és ez így van jól. A placebo- és nocebohatásban tehát egyaránt az ember játszik alapvető szerepet, akire hat, aki alkatától (optimista, pesszimista, kiegyensúlyozott, neurotikus) függően reagál rájuk. Mivel modern korunkra az ismeretek egyre szélesebb körű elterjedése és egyre intenzívebb alkalmazása jellemző, a placebo és nocebo hatásainak következményei is szaporodhatnak.

CSABA GYÖRGY

Szerzőnk ebben a hónapban ünnepli 90. születésnapját, és 50 éve szerkesztőbizottsági tagunk, ami lapunk történetének egyharmada.

IRODALOM

1. Csaba G. A hit gyógyító ereje. *Természet Világa* 1999, 130 (11).
2. Kaptchuk TJ, Miller FG: Open label placebo: can honestly prescribed placebos evoke meaningful therapeutic benefits? *Brit Med J* 2018, doi: 10.1136/bmj.k3889.
3. Merchant J.: Placebos, honest fakery. *Nature* 2016, 535, S14-S15.
4. Merchant J. The power of the placebo effect. *Exp.Life* <https://experincelife.com> 2017 december.
5. Dobrila-Dintinjana R, Nacinovic-Duletic A.: Placebo in the treatment of pain. *Coll Antropol* 2011, 35, Suppl 2-3, 319-323.
6. Colloca L, Benedetti F.: How prior experience shapes placebo analgesia. *Pain* 2006, 124, 126-133.
7. Colloca L.: Nocebo effects can make you feel pain. *Science* 2017, 358/6359, 44.
8. Dinan, TG, Cryan TF.: The microbiome-gut-brain axis in health and disease. *Gastroenterol Clin North Am* 2017, 46, 77-89.

INTERJÚ FÜSSI-NAGY REGŐVEL, AZ ÉV IFJÚ TERMÉSZETFOTÓSAVAL

A Bodrogköz természeti kincsei

Tizennégy évesen kezdett fotózni. Három évvel később ő lett a naturArt 2018. évi pályázatán az Év Ifjú Természetfotósa. Az elismerés nem véletlenül hullott az ölébe, tudatosan készült a cím elnyerésére. Az Afrika-kutató nyelvész nagyapa (Füssi-Nagy Géza), a fővárost a Bodrogközért elhagyó, és ott önálló gazdaságot megteremtő apa mellett nem csoda, hogy Regő érdeklődése korán a természet felé fordult. Kedvence a teleobjektív, az első nagy sikereket mégis a nagylátószöggel készült képek hozták meg.

— *Hogyan élte meg ezt a nagyszerű eredményt?*

Nagyon örülök, hogy megnyertem ezt a címet, és ezzel sikerült elérnem a célomat. 2014 őszén kaptam az első digitális tükörreflexes fényképezőgépet. 2015 telén, tavaszán kezdtem a természetfotózás felé fordulni, akkor ismertem meg az ÉTF pályázatot. Ez volt az a pillanat, amikor kítűztem magam elé a célt: az Év Ifjú Természetfotósa leszek. Máté Bence és más fotósok, akiket csodálok, szintén elérték ezt az eredményt, és én is közéjük akartam tartozni.

— *Hányadik alkalommal indult az ÉTF pályázaton?*

Ez volt a harmadik alkalom, amikor beneveztem a pályázatra. 2016-ban adtam be először fotókat, de akkor még nem kerültem a legjobbak közé. Egy évvel később két képem volt a falon, az egyikkel különdíjat nyertem. A mostani pályázati kiállításon is két fotóm szerepelt, mindkettő nagylátószögű objektívvel készült. Őszintén megvallva, jobban örültem volna, ha a zsűri a teleobjektívvel készített fotóim közül választott volna.

— *Mesélje el a díjazott képek történetét!*

A 2017-es pályázaton különdíjat nyert felvételen egy fecske látható, amelyik a vízfelületről iszik. Ők nem a vízparton állva, hanem a vízre lecsapva tudnak inni. Egy általam készített lesből, ellenfényben fotóztam a madarat, és egy tükörrel világítottam meg, hogy ne csak a sziluettje látsszon. A különdíjnak

köszönhetően egy magyar fejlesztésű állványfejjel lettem gazdagabb. A 2017-es ÉTF-en kiállított másik képen a naplementekor vonuló darvak láthatók, a háttérben a Zemplén hegyeivel. Tudom, hogy a nagy madarak mindig széllal szemben szállnak fel, és mivel aznap este is fújt a szél, úgy helyezkedtem, hogy ne vegyenek észre. Szerencsém volt, épp felettem repültek el a darvak.

Az Év Ifjú Természetfotósa címet egy másik fecskés képpel és egy naplementekor készült tájképpel nyertem el. Ezek is nálunk, a Bodrogzugban készültek.



A tanyánkon élő fecskék a háztól 5 percnyi sétára levő talajvizes mélyedésből isznak és gyűjtik a fészükhöz a sarat.

— *Fiatalkorára tekintettel ma még nem ismeri igazán a közönség. Mit kell Önről tudnunk?*

Tizenhét éves vagyok, a *Sárospataki Református Gimnázium* angol kéttannyelvű tagozatán tanulok. Annak ellenére, hogy nem vagyok szuper jó angolból, a tanultak alapján mégis kitarult előttem a világ: az interneten nemcsak az írott szövegeket, de a videókat is megértem, és ezekből nagyon sokat tanulok. A matek és a fizika nagyon érdekel, emellett szertornázom, hobbi szinten szeretek futni, biciklizni.

Van egy tanyánk a Bodroghözben, édesapám ott gazdálkodik. A természetközeli módszereket próbáljuk megvalósítani, kézzel kaszálunk, lóval szántjuk a

és egy talajvizes mélyedés, ahol fel tudtam építeni egy lest. Ott készítettem a fecskefotókat.

— *Milyen terveik vannak a közelebbi és a távolabbi jövőre?*

A gimnázium után természetesen szeretnék majd egyetemen továbbtanulni, de még nem döntöttem el, melyik egyetemre, milyen szakra menjek. A tanulás mellett minél több természetfotót szeretnék készíteni a Bodroghözben és a zempléni hegyekben. Be akarom mutatni, milyen gyönyörű ez a vidék. Nem értem, az emberek miért nem járnak ki gyakrabban a természetbe.

— *Vannak fotós példaképeik?*

Nincsenek igazi példaképeim, mindenkiben van valami, amit szeretek, de olyan is, ami nekem nem igazán tetszik. *Máté Bence, Daróczi Csaba, Potyó Imre* fotóit csodálom, az ő képeikből sokat tanulok. Mindhárman



veteményes területet. Gabonatermesztésre való szántóföldünk nincs, csak kaszálóink vannak, ahová több facsoportot ültettünk. A fás legelőket azért hoztuk létre, hogy a madaraknak és más állatoknak legyen búvóhelyük. Édesapám több mint húsz éve Pestről költözött le, azóta a tanyán él. Szeretném majd én is folytatni ezt a fajta életmódot. Angol-földrajz szakos tanár anyukámmal és három testvéremmel iskolaidőben részben Sárospatakon lakunk, részben kijárunk a tanyára.

— *Gondolom, sok fotós élménye kötődik a tanyához.*

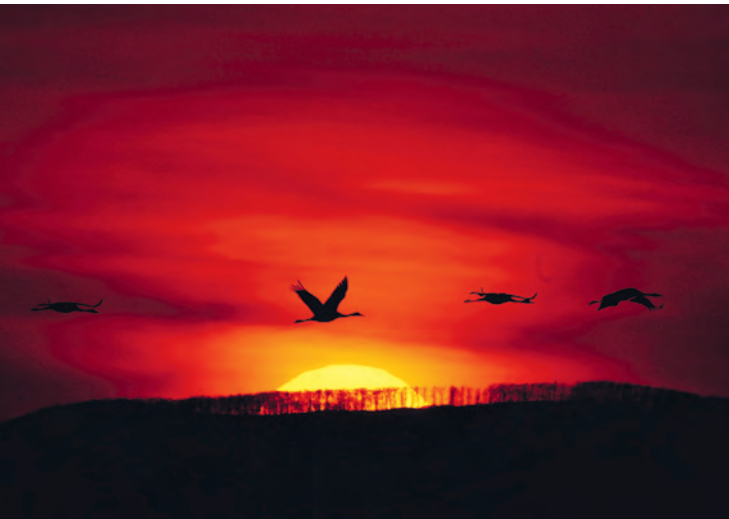
Valószínűleg azért választottam a természetfotózást, mert ha kinézek a tanya ablakán, látom az őzeket, a keringő sasokat, a reggeli párát, a napnyugtát. A tanya egy homokdombon áll, az árvizek miatt építették magasabbra. Körülötte vannak a kaszálóink, a fás legelőink

külön utakon járnak, mindegyikükben csodálok valamit, de nem szeretném őket másolni. Szeretném a saját stílusomat kialakítani.

Nagyon kedvelem a minimalista képeket. A nekem leginkább tetsző fotókon gyakorlatilag csak a főtéma látszik. A fotósok ehhez nagy fényerejű objektívet használnak, hogy a háttér minél jobban elmosódjon. Sok mindent megtanultam már a természetfotózásról, főleg könyvekből. Tudom, mit hogyan kell beállítani, de új trükköket mindig tanul az ember, van hova fejlődni. Tisztában vagyok azzal, hogy a saját utamat még nem találtam meg.

— *Van kedvenc fotótémája?*

Még nincs. Mindent szeretek, ami a természethez kapcsolódik, egyelőre leginkább a Bodroghöz természeti értékeihez kötődöm. Van például egy erdő, aminek az



alját tavasszal szőnyegszerűen borítják a virágok. A látvány fantasztikus, de eddig még nem sikerült róla igazán jó képet készítenem.

– *Segíti valaki a fejlődésben? Vannak fotós oktatói, barátai?*
A fotózást autodidakta módon, könyvekből tanultam eddig, nézem a kiállításokat, a fotósok honlapjait. A szüleim főleg a felszerelés megvásárlásával támogatnak, de amúgy is mindenben mellettem állnak. Ők nem fotósok, ezért a képértékeléshez nem értenek, de a véleményük fontos számomra. Anyukám segít a pályázatok beadásában.

Az elkészült felvételeimet még senki nem értékelte ki. Mostantól ez is változik, mert az ÉTF-díj kapcsán több lehetőséget kaptam. Az egyik a Máté Bence által felajánlott pár napos közös fotózás. *Zsila Sándor* meghívott az online fotósulijába, és mások is ígértek szakmai segítséget. Előre örülök ezeknek a lehetőségeknek, mert ha élek velük, biztosan javulni fog a képeim minősége.

– *Lehet látni valahol összegyűjtve a képeit?*

Van egy közösségi oldalam (<https://www.facebook.com/fussifoto/>), de igazság szerint elég rendszeretlenül osztom meg a fotóimat. Ha kedvet kapok, feltöltöm a képeimet, aztán hetekig nem hallani rólam semmit. Sajnos az órarend nagyon korlátoz: sem a tanítás előtt, sem utána nem tudok fotózni. A tanyán is kell segítenem, annál is inkább, mert én vagyok a legidősebb a négy gyerek közül. Nehéz megtalálni az egyensúlyt a tanulás, a fotózás, a gazdálkodás és a sportolás között.

– *A napokban nyílt meg a Varázslatos Magyarország fotópályázat kiállítása, itt a zsűri a háromezernél több beérkezett kép közül a legjobb 138-at válogatta ki a kiállításra, ahol a Pókhálók között című fotója is szerepel.*

Ennek az őszi képnek a készítésekor tudatosan éltem a bokeh hatással, azaz az életlen részekben kialakuló fényfoltokkal. A felvétel szintén a mi tanyánkhoz tartozó területen készült. Az őzek nagyon szeretnek ezen a direkt parlagon hagyott mezőn pihenni, mert el tudnak bújni a növényzetben. Nagyon tetszett, ahogy a nap átcsütött a pókhálókkal befont, száraz kórókon. Nem tudtam közelebb menni az őzekhez, mert elijedtek volna, ezért pont úgy látszanak a képen, mint a valóságban.

– *2019 márciusában az egyik legrangosabb természetfotós pályázat, az Asferico zsűrije két nyertest hirdetett a 15-17 éves korosztályban. Melyik fotójával érte el első nemzetközi sikerét?*

Nagy örömmre a 2018-ban az ÉTF-en díjat nyert fecskés képpel lettem kategóriagyőztes az olaszországi versenyen. Úgy látszik, ez valóban jó kép. A siker arra sarkall, hogy egyre jobb és jobb fotókat készítsék, és hogy a képeimen keresztül az egész világ megismerje a Bodroglók természet szépségeit.

TÓSZEGI ZSUZSANNA



ULTRAMARIN PIGMENTEK EGY KÖZÉPKORI APÁCA FOGKÖVÉBEN

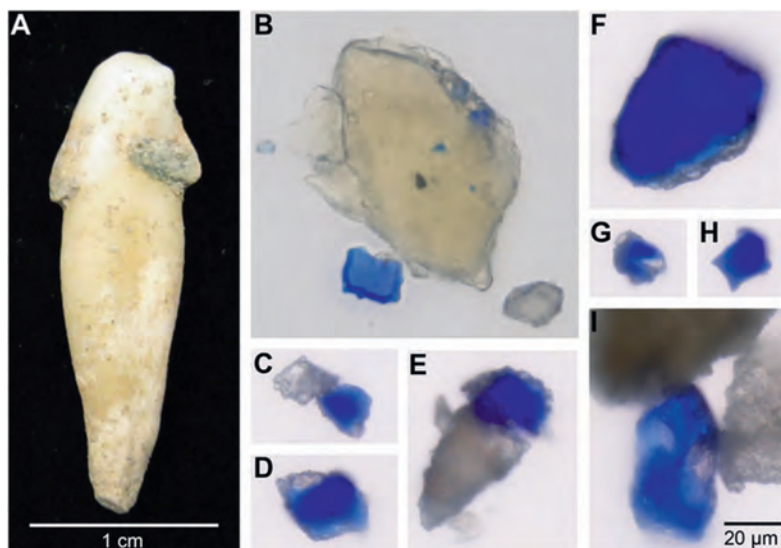
Science Advances

Az igazán szép, élénk kék színt a középkori illuminátorok és festőművészek a lazúrkőből készített, s rendkívül drága ultramarin festék felhasználásával állították elő. E pigment kinyerésének egyetlen forrása Afganisztán volt, ahonnan az alapanyagul szolgáló lazúrkő érkezett, s a belőle készített festék ára az aranyéval volt összemérhető. Az ultramarin, vagyis a „tengeren túlról érkező” a festék nevében arra utal, hogy igen távolról érkezett, az európai művészek az akkor a világon egyedülként működő afgán bányákból származó lazúrkőből kapták a festékanyagot. E rendkívül költséges színt olyan nemes célokra használták, mint Szűz Mária ruhájának festése, s igen elvétve fordult elő más témákban. A pigmentet csak a kiváló minőségű ásványból lehetett kinyerni, a kevésbé tiszta lazúrkőből csupán halvány, unalmas szürkés-kék árnyalat született. Voltak ugyan más kék pigmentek is, azonban azok színélénksége és tartóssága meg sem közelítette az ultramarinét.

A közfelfogás szerint az illuminátorok férfi szerzetesek voltak, ám egyre több jel utal arra, hogy művészi vénájú nők is részt vettek e munkában. Egy német XI. században élt apáca – fogai alapján – valószínűleg közéjük tartozhatott. Az egykori dalheimi zárda temetőjében feltárt csontmaradványok vizsgálatakor találtak rá az apáca fogkövének kékes elszíneződésére, amelyet részletes elemzésnek vetettek alá. A fogkő zárványainak vizsgálata egyre több, eddig elérhetetlen információt ad az egykor élt emberek életéről; az apáca fogkövének kék színét adó pigmenteket is azonosítani tudták. A mintegy 100 kinyert kék pigmentszemcsét mikro-Raman- és röntgen-spektroszkópos elemzésnek vetették alá, így sikerült azonosítani is őket. Összehasonlították számos, a középkorban használt kék festék pigmentjével, s egyértelmű lett, hogy afgán bányákból származó lazúrkőre jellemző összetételű szemcsék voltak, ráadásul a lazurit kísérőásványából is akadtak darabkák.

Kérdés, hogy miként kerülhetett az apáca fogkövébe az ultramarin festék pigmentje. A kutatócsoport számos elképzelést részletesen végiggondolt, felmerült

az ásvány orvosi célú fogyasztása, a festékkészítői munka, vagy a szentképek áhítatos csókolgatása is. A pigmentszemcsék egyenletes eloszlásban voltak a fogkőben, ami arra utal, hogy nem egyszeri alkalom nyomán, hanem időben hosszú folyamat eredményeként kerültek bele, vagyis az apáca hosszú időn át találkozott a pigmenttel. A következtetés szerint a legvalószínűbb, hogy illuminátor, festőművész lehetett az apáca, aki alkotás közben a vékony vonalak húzásához az ecset szőrét meg-megnyalogatva hegyezte azt ki. A nyalogatás során az ecsetből a szájába kerülő pigmentek hosszú évek során folyamatosan beépültek a fogkövébe. A középkorban számos nemesi származású nő élt apácaként, ők a rend által előírt vallásos tevékenységet vagy olvasással,



vagy épp írással, művészi, kézműves munkák révén teljesítették. A kék fogkövű német apáca is e körbe tartozhatott.

Sajnos a dalheimi zárda a XIV. században leégett és minden itteni tevékenység bizonyítéka (így az itteni iratok, kódexek, könyvek is) megsemmisült, így azt sem tudjuk, hogy volt-e a zárdában szkriptorium. Azonban, ahogy más német zárdákban volt, itt is könnyen lehetett, és az apáca fogkövének lazuritszemcséi megerősíthetik ezt az elméletet. A példája arra is okot ad, hogy más korabeli zárdák temetőinek fogleleteit is megvizsgálják e célból, s ezzel esetleg az is kideríthető – számos más, életmódra utaló nyom mellett –, hogy vajon mennyire volt elterjedt a középkori apácák körében a művészi tevékenység.

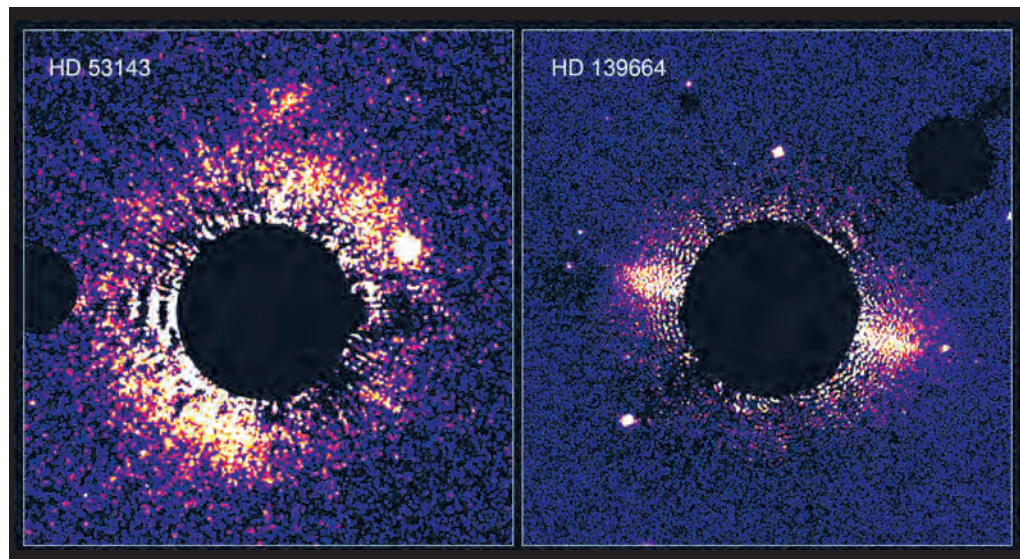
(*Science Advances*, 2019. január)

JEGES ANYAGKORONG IS LEHET A KILENCEDIK BOLYGÓ

THE ASTRONOMICAL JOURNAL

Az esetleges kilencedik (a Pluto leminősítése előtt tizedik) bolygó elméletével a csillagászok a külső égitestek pályazavarait igyekeznek magyarázni. A Naprendszer egy igen távoli vidékén egy biztosnak mondható nagy tömeg gravitációja okozhatja a régóta észlelt pályazavarokat; kérdés, hogy ez a tömeg milyen formában és hol van jelen.

Az Uránusz pályájában tapasztalt anomáliák hatására kezdtek keresni, majd ezek segítségével is fedezték fel 1846-ban a Neptunuszt Johann Galle és Urbain Le Verrier. Később az Uránusz és a Neptunusz (mint



kiderült, pontatlanul meghatározott) pályaelterései okán feltételezték az akkor még nem ismert Pluto jelenlétét is. Bár a felfedezése ugyan véletlen volt, de bizonyosan megtalálták volna tudatos kereséssel is előbb-utóbb, pontos mérések esetén. Számátalan Neptunuszon túli kisebb égitestet fedeztek fel az elmúlt évek során, ezek saját pályazavarai tovább bonyolították a képet, így a kilencedik bolygó keresése is tovább folyik. Egy nagyjából a Föld tömegének harmincszorosát képviselő objektum után kutatnak a csillagászok. Az eddig felfedezett Neptunuszon túli objektumok tömege viszont csak töredéke a Földének.

Harminc Neptunuszon túli kis égitest pályaadatai alapján végzett számításokat az új elmélethez egy angol-libanoni kutatópáros. Ezen égitestek az ismert bolygókhoz és a Kuiper-öv többi objektumához képest erősen elnyúlt ellipszispályán mozognak, illetve jelentősen kilógnak a Naprendszer keringési

síkjából. Különösen nehéz egy bolygórendszer egészének térbeli elhelyezkedésére következtetni akkor, ha belülről szemléljük – ahogyan ezt a saját Naprendszerünk esetében tesszük. Ma már számos exobolygórendszerrel vannak viszont adataink, megfigyeléseink, így ezek révén igen nagy segítséget kaptak a kutatók. Más bolygórendszerek esetében is találtak a mi Kuiper-övékhöz hasonló elhelyezkedésű övezeteket, s ezek megfigyelése, valamint a bolygókeletkezési modellek számításai azt sugallják, hogy az exobolygórendszerek kialakulásakor marad egy jó adag jeges törmelék a csillagok körüli távolabbi zónákban. E törmelékek bolygókeletkezésből megmaradt anyagcsomói alkotta korong magyarázatot adhat ezen bolygórendszerek külső égitestjeinek

erősen elnyúlt pályáira – lehet, hogy a mi Naprendszerünk esetére is igaz lehet ez?

Az ötlet alapján számításokat végeztek különböző anyagkorong-tulajdonságokra, bolygókeletkezési modellek, ismert anyagkorongok és bolygók körüli gyűrűk tulajdonságai alapján. A szimulációk során megerősítést kaptak, hogy a Neptunuszon túli égitestekre

a feltételezett anyagkorong is képes lehet hatni, e zavarokat létrehozni, akkor is, ha nincs kilencedik bolygó. A feltételezett anyagkorong a Föld tömegének körülbelül tízszeresét hordozhatja (a kutatók hangsúlyozták a sok összetevős számítások bizonytalanságát e téren), azonban nem szükséges a csomók eloszlására végzett modellszámítás alapján e tömegnek egy pontban, azaz bolygóként jelen lennie. Az elmélet nem zárja ki a kilencedik bolygó lehetőségét sem, könnyen lehet, hogy mind a lehetséges bolygó, mind a most elképzelt anyagkorong jelen van a külső Naprendszerben. Minden egyes újonnan felfedezett Neptunuszon túli égitest pályaadata hozzájárul majd ahhoz, hogy pontosítsák az elméleti számításokat, s előbb-utóbb el fog dőlni, hogy a korong, a bolygó, vagy a kettő együttese okozza-e a kimutatható pályazavarokat.

(The Astronomical Journal, 2019. január)

INGÓKÖVEK SEGÍTENEK A FÖLDRENGÉSEK VIZSGÁLATÁBAN

Az ingókövek olyan sziklák, amelyek hosszú idő eróziójának eredményeként alakultak ki, s nem egyszer felfoghatatlan, hogy mi az, ami még a helyükön tartja ezeket a bizonytalan egyensúlyú tömböket. Ledőlhetnek az erózió további hatása miatt, de a földrengésektől is, ezért egy izraeli-amerikai kutatócsoport nekilátott



felmérni, hogy vajon mely szikla ledöntéséhez milyen erős földrengés kellene. A méréseket az izraeli Negev-sivatag ingókövei és kőoszlopai körében végezték el; különösen a kőoszlopok adtak fontos információkat. Ezek pontos helyszíneivel kapcsolatban nagyon sok segítséget kaptak turistáktól, illetve túravezetőktől, akik ismerték, merre vannak ezek a közkedvelt úti célok. A vizsgálatot mérésekkel és fotózással kezdték, ez kb. 3 évi terepi munkát igényelt, majd minden egyes érintett sziklát felmérték. Az egyes sziklák esetében azt is megvizsgálták, hogy mennyi ideje állnak a jelenlegi formájukban, vagyis mióta ingók. Ehhez a sziklák aljába tapadt homokszemcsék kvarckristályait elemezték optikailag stimulált lumineszcencia segítségével. A fotók alapján készült modellekből számítógéppel elemezték azt, hogy milyen gyorsulás tudná ledönteni az adott sziklát. A kőoszlopok magas, karcsú alakja felerősíti a rengés okozta kilengéseket (ahogyan egy toronyház is), s a méretarányaik révén pontosan meg

lehetett határozni a szikla korának megfelelő időszak legerősebb rengéseit. Az egyes sziklákat adatbázisba helyezték, ahol interaktív módon lehet vizsgálni a rengések hatásait rajtuk.

A kutatók egyelőre csak a Negev ingókövein végezték el a felmérést, de azt már sikerült kideríteniük, hogy a Negevet átszelő törésvonalakon maximum M5-ös erősségű, a Holt-tengert átszelő törésvonal-rendszer



középső szakaszán pedig maximálisan M6,5-M7-es erősségű rengés volt az elmúlt 1300 évben. Ezzel valószínűsíthető, hogy a régió földrengései nem voltak annyira erősek, mint korábban a történelmi adatok alapján gondolták. A módszer máshol is alkalmazható, így a hely rengésveszélyeztetettségét is meg lehet határozni. Hasonló vizsgálatot végeztek már az USA (Kalifornia déli része) illetve Új-Zéland területén is a közelmúltban.

(Az izraeli kutatásról az Európai Földtudományi Unió bécsi közgyűlésén számoltak be április elején.)

ÚJABB ÖSEMBER A FÜLÖP-SZIGETEKRŐL

Az emberfélék családjának egy eddig ismeretlen, kihalt fajt azonosították a Fülöp-szigeteken, a Calao-barlangban. A Homo luzonsensisnek elnevezett új fajt a Luzon-sziget északi részén találták meg. A kutatók összesen hét fog, két kézcsont, három lábcsont és egy combcsont maradványaira bukkantak. A leletek alapján két felnőttet és egy fiatal egyedtet különítettek el a körülbelül 67 ezer éves késő-pleisztocén rétegekben.



Ez a legkorábbi közvetlen bizonyíték az emberek jelenlétére a Fülöp-szigeteken. Az apró fogak alapján a luzoni ember alacsonyabb lehetett a hobbitként emlegetett floresi embernél is, amit egy másik fülöp-szigeteki lelőhelyen találtak, mintegy 3000 kilométerrel távolabb. Az Australopithecushoz hasonló görbe lábujjak arra utalnak, hogy két lábon járt ugyan, de fára is tudott mászni. Az első vizsgálatok szerint a Homo erectustól származhatott, az viszont kérdéses, hogyan jutott el a Luzon-szigetre, amely sosem kapcsolódott össze a szárazföldekkel. Az egyik lehetőség, hogy szándékosan hajóztak oda, a másik pedig, hogy valamilyen természeti katasztrófa, például egy cunami sodorhajtotta oda néhány egyedet. Azt is vizsgálják a kutatók, hogy a Homo sapiens terjedése szerepet játszhatott-e a faj eltűnésében.

(Nature, 2019. április)

A REZGŐNYÁR MENTHETI MEG A JÖVŐ MARSJÁRÓIT AZ ENERGIAÍNSÉGTŐL

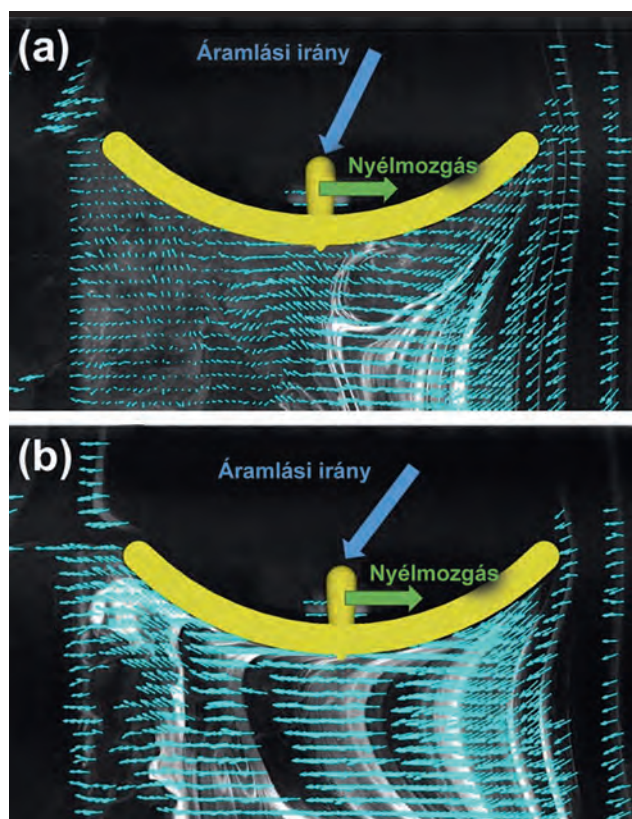
A rezgőnyár onnan kapta a nevét, hogy a legkisebb légmozgásra is mozgásba lendülnek a levelei. Ez adta az ötletet egy fiatal angol mérnöknek és két kutatótársának, akik elsősorban a rezgőnyár levelének szélre válaszó mozgását kívánták modellezni. A feltáruuló összefüggésekből arra döbbsentek rá, hogy áramtermelésre is használható a nyárfa módszere.

A nyárfalevél esetében nemcsak a levél alakja, hanem a levélnyel lapított volta az, ami lehetővé teszi a kis szélben is a nagy amplitúdójú rezgést. A levél matematikai modellje alapján tervezték meg az energia kinyerésére alkalmas eszközt.

A modellezés-tervezés után elkészült a berendezés, amelynek fő előnye, hogy nincs benne csapágy, így az extrém marsi környezetben is működőképes maradhat.

A nyárfalevél mozgását utánzó eszköz konzolos nyélből és hajlékony, ívelt lapátból áll, ezt szélcsatornában lassú légáramlásban tesztelve aerodinamikailag vizsgálták. A tesztekéből kiderült, hogy a modelltől leváló légáramlás hasonló volt ahhoz, ami egy repülőgép szárnyprofilján is kialakul, s nem a tompa testekre jellemző típusú örvénylést mutatott. Ez lehetőséget ad, hogy tovább lehet még javítani az eszköz alakján. Így aerodinamikailag hatékonyabb felületet kaphatnak, amellyel növelhető a kinyerhető energia mennyisége. A levél-modellbe belekapó szélről oszcillálni, vagyis a valódi nyárfalevélhez hasonlóan rezegni kezd a modell „lapátja”, s ezt a mozgást lehet árammá átalakítani. Hasonló elvű szélenergia-hasznosító eszközöket eddig csak tompa test formában készítettek, azonban a levélutánzat aerodinamikai tulajdonságai alapján a lapát hatékonyabban hasznosítaná a szél energiáját.

Ugyan a kinyerhető energia csekély, ám a műlevél így is tökéletesen alkalmas arra, hogy extrém helyszínen működő időjárás-állomást, vagy más mérőberendezést



fenntartson. A nyárfalevél mintára készülő áramtermelő egységekkel a marsjárókat is meg lehet segíteni olyan időszakokban, amikor pl. porvihar miatt a napelemek nem képesek kellő hatékonysággal működni. Az Opportunity szomorú végzetéből tudjuk, hogy egészen kevés energia is elegendő lehet ahhoz, hogy a legszükségesebb műszereket életben tartsák addig, amíg a porvihar elültével újra képes lehet a rover a napelemeivel áramot termelni.

(*Applied Physics Letters*, 2019. március)

NÉGYLÁBÚ ÓSBÁLNA PERU PARTJAINÁL

A bálnák evolúciója a gerinces őslénytan egyik legjobban kutatott és legizgalmasabb témái közé tartozik, hiszen kistestű patás ősből alakultak ki a hatalmas tengeri állatok. A Belga Királyi Természettudományi Intézet paleontológusai most egy középső-eocén



(43 millió éves), négy méter hosszú bálnaóst írtak le Peru csendes-óceáni partjainál. A *Peregocetus pacificus* négy patás lába úszóhártyákkal is rendelkezett, ami arra utal, hogy félig tengeri, félig szárazföldi életmódot folytatott. A négy végtag elég erős volt ahhoz, hogy megtartsa hatalmas testének a súlyát a paron sétálva. Farkának csigolyái a vidrákéra vagy hódokéra hasonlítottak, ami a vízben segítette az állat úszását. Éles fogai és hosszúkás pofája alapján valószínűleg halakkal és rákfélékkel táplálkozott. Különösen izgalmassá teszi a leletet, hogy hasonló maradványokat eddig csak Ázsiában (India, Pakisztán) találtak, így a perui előfordulás jelentősen befolyásolja a bálnák evolúciójával és elterjedésével kapcsolatos elméleteket. Ez alapján úgy tűnik, hogy a több mint 50 millió évvel ezelőtti, dél-ázsiai

kialakulásuk után Afrika nyugati részéről, az Atlanti-óceán déli részén keresztül eljutottak a dél-amerikai kontinensre, majd később onnan vándoroltak az akkor még jóval közelebb lévő Észak-Amerika felé.

(*Current Biology*, 2019. április)

SZÍVNYOMTATÁS A BETEG SZÖVETEIBŐL

A Tel Aviv-i Egyetem kutatóinak sikerült olyan szívet nyomtatni, mely vaszkulárisan megfelelő kialakítású; korábban a világban csupán csak véredények nélküli, egyszerű szövetet tudtak nyomtatni. A megtervezett szív – bár jelenleg kicsinyítve készült el – teljesen megfelel a beteg immunológiai, sejtés, biokémiai és anatómiai tulajdonságainak.

A szívet emberi sejtekből és betegspecifikus biológiai anyagokból készítették. A kutatáshoz zsírszövet biopsziát vettek a betegektől, majd elválasztották a



szövet sejtés és nemsejtés anyagait. A sejteket átprogramozták pluripotens őssejteké, a kollagénból és glikoproteinekből álló extracelluláris mátrixot (ECM) pedig személyre szabott hidrogéllé alakították – ez lett a nyomtatási „tinta”.

Miután a hidrogéllal összekeverik a sejteket, azok hatékonyan differenciálódnak szív- vagy endoteliális sejtekre, így betegspecifikus, immunkompatibilis „szívfontokat” hoztak létre a különböző véredényekkel, majd végül egy teljes szívet. A betegspecifikus anyagok használata elengedhetetlen a szövetek és szervek sikeres tervezéséhez, hogy visszaszorítsák az implantátum kilökődésének kockázatát.

A kutatók következő lépésben a nyomtatott szíveket laboratóriumi körülmények között gondozzák, és „megtanítják” őket, hogy úgy viselkedjenek, mint egy valódi szív. A sejteknek szivattyúzási képességet kell kialakítaniuk; meg kell tanulniuk, hogyan kell együttműködniük. Ezután ültetik be próbaképpen állati modellekbe a működő 3D-s nyomtatott szívet. (A hírről bővebb ismertetés az *Élet és Tudomány* 2019. 18. számában.)

(*Advanced Science*, 2019. április)

XXVIII. TERMÉSZET – TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT

DIÁKKONFERENCIA AZ AKADÉMIÁN

Április 27-én a Magyar Tudományos Akadémia székházban rendezett sikeres díjátadó ünnepségünkkel és diákkonferenciánkkal lezárult a Természet Világa folyóirat XXVIII. Természet – Tudomány Diákpályázata. Lapunk felhívására idén is számos pályamű érkezett a Kárpát-medence teljes területéről. Tekintettel arra, hogy a pályázatok mind témájukban, mind kutatási módszerükben jelentősen különbözhetnek, így a zsűri több kategóriában is úgy döntött, hogy nem csupán egy-egy pályázatot választ a helyezettnek közé. A négy kategóriában összesen 5 első díjat, 5 második díjat, 2 harmadik díjat adtunk át, valamint 7 pályázat Különdíjat, és egy pályázat pedig Dicséretet érdemelt.

Lapunk felhívására idén is számos pályamű érkezett a Kárpát-medence teljes területéről.

A 2018-19. évi pályázat díjazottai:

Önálló kutatások, elméleti összegzések kategória

I. díj. Szalai Andor:

Foktő, a nyolcszáz éves falucska
Szent László Általános Művelődési Központ, Baja
Felkészítő tanár: *dr. Nebojszki László*

I. díj.

Ferencz Dániel, Kilyén Dávid:

Telefonok láthatatlan töltése
Bolyai Farkas Elméleti Líceum, Marosvásárhely, Románia
Felkészítő tanár: *Szász Ágota*

II. díj.

Füstös Judit:

A méz evő
Csokonai Vitéz Mihály Református Gimnázium, Általános Iskola és Kollégium, Csurgó
Felkészítő tanár: *Szabó Zoltánné*

II. díj.

Kovács Johanna, Melles Márk:

Fejedelmi nagyvadunk, a gímszarvas
Csokonai Vitéz Mihály Református Gimnázium, Általános Iskola és Kollégium, Csurgó
Felkészítő tanár: *Varga Jolán, Mellesné Fonyogáb Kornélia*

III. díj.

Bodó Barnabás, Juhász András:

Úgy viselkedünk, mint az állatok?
Budapesti Piarista Gimnázium
Felkészítő tanár: *Dr. Müllner Erzsébet*

Különdíjak

Acsai Hermina, Ali Amina: Szólj, s megmondom ki vagy
Bolyai Tehetséggondozó Gimnázium és Kollégium,
Zenta, Szerbia
Felkészítő: *Kormányos Róbert*

Szalánczi Ágota Adria:

Mit aratunk száz év múlva?
Németh László Gimnázium, Budapest
Felkészítő tanár: *Kovács Október Áron*

Természettudományos múltunk felkutatása és a kultúra egysége kategória

I. díj.

Szász-Cseh Etele, Bíró Mátyás-Péter:

Égig érő értékek
Báthory István Elméleti Líceum, Kolozsvár, Románia
Felkészítő tanár: *Cseh Gyopárka*

I. díj.

Zsiros Ádám:

„Ász inga egy olyan műszer, amelyik ingik”
Csokonai Vitéz Mihály Gimnázium, Általános Iskola és Kollégium, Csurgó
Felkészítő tanár: *Szabó Zoltánné*

II. díj.**Mészáros Réka:**

Az Eötvös inga alkalmazása a magyar szénhidrogén-kutatásban

Báthory István Elméleti Líceum, Kolozsvár, Románia

Felkészítő tanár: *Cseh Gyopárka*

II. díj. Kapitány Krisztofer: Beszédes József emlékezete

Szent László Általános Művelődési Központ, Baja

Felkészítő tanár: *dr. Nebojszki László*

Különdíjak**Bogicevic Anna:**

Az adai kincslelet

Horváth Mihály Gimnázium, Szentes

Felkészítő: *Cseh Lajos*

Jáger Tekla:

Mennyire függetlenek egymástól a németalföldi, itáliai és magyar csipkék és szélmalomok?

Kiskunhalasi Bibó István Gimnázium

Felkészítő: *Nagy-Czirok Lászlóné Kiszi Magdolna*

Karsai Noémi:

Dr. Sáska László, a tanzániai magyar orvos és Afrika-kutató

Bethlen Gábor Kollégium, Nagenyed, Románia

Felkészítő: *Dvoráček Ágoston*

Dicséret**Nagy Mónika Kíra:**

Szívárványhidak

Révai Miklós Gimnázium és Kollégium, Győr

Felkészítő: *Dr. Rémiás Tünde*

Egészségtudomány kategória**I. díj.****Balogh Adrienne, Márton Kincsó:** Édes iskola

Bolyai Farkas Elméleti Líceum, Marosvásárhely, Románia

Felkészítő tanár: *József Éva*

II. díj.**Gyulai Réka:** Emlékképek egy barátságról

Márton Áron Gimnázium, Csíkszereda, Románia

Felkészítő: *Barta Mónika*

III. díj.

Németh Olga Mária: „Gyógyszered legyen az ételed, s ételed legyen a gyógyszered!” - a funkcionális élelmiszerek szerepe az egészségmegőrzésben

Csokonai Vitéz Mihály Református Gimnázium, Általános Iskola és Kollégium, Csurgó

Felkészítő tanár: *Varga Jolán*

Különdíj**Badó Zsuzsa Olga:**

Szent-Györgyi Albert élete, munkássága és a C-vitamin kimutatása, felhasználása

Csongrádi Batsányi János Gimnázium és Kollégium

Felkészítő tanár: *Törökné Török Ildikó*

Matematika és informatika kategória**Különdíj****Nagy Viktória:**

Szövsorozatképző sokszögek

Árpád-házi Szent Margit Óvoda, Általános Iskola, Gimnázium és Kollégium, Kőszeg

Felkészítő tanár: *Végh Erika*

A díjakat a Magyar Tudományos Akadémia Székházának felolvasótermében április 27-én adtuk át ünnepélyes keretek között.

Díjátadó ünnepségünket immár hagyományosan diákkonferencia formájában tartottuk meg, ahol Hámori József, a TIT elnöke köszöntője és a zsűri (Sótonyi Péter, Kordos László és Gazda István) értékelő szavai után a díjazott pályázók 5-5 perces prezentációban ismertették pályaművük témáját és legfontosabb eredményeit. A rendezvény nem lehetett volna ilyen tartalmas és sikeres kiadónk, a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat munkatársainak áldozatos és professzionális szervezőmunkája és a Nemzeti Kulturális Alap anyagi támogatása nélkül.

A pályázóknak és felkészítő tanáraiknak egyaránt értékes díjakat tudtunk átnyújtani:

- a kategóriák (Önálló kutatások – elméleti összességek; Orvostudományi; Természettudományi múltunk feltárása) győztes pályázó diákjai pályaművenként 75.000 – Ft, a II. díjasok 50.000 – Ft, a III. díjasok 40.000 – Ft pénzjutalmat kaptak.
- különdíjasaink pedig 30-30 ezer Ft díjazásban részesültek.
- a felkészítő tanároknak – diáukjuk helyezése függvényében – szintén pénzjutalommal köszöntük meg a munkájukat.

A pályázatokat a Természet Világa júliustól megújuló, reprezentatív színes külsőben megjelenő Diákmellékletében fogjuk sorozatban közzétenni.



Élet a pulmonális artériás hipertóniával

Pályamunkám címében egy nagyon ritka, a mindennapi ember számára ismeretlen betegség szerepel, ami Magyarországra vetítve körülbelül 100 diagnosztizált beteget jelent. Bevallom, számomra is ismeretlen volt, mígnem Édesanyámat 2009-ben ezzel a betegséggel diagnosztizálták. Az orvosi pályával szimpatizálva, illetve Édesanyám hatására kezdtem el 2016-ban kutatásaimat ebben a témában. Igyekszem a még meg nem válaszolt kérdésekre kideríteni a választ, illetve felfedezni a még kiaknázatlan területeit a betegségnek. Ahogy teltek az évek, egyre fontosabbá vált, hogy minél több emberrel megismertessem ezt a ritka kórt. Munkám elején szeretném az olvasónak a betegséget általánosan bemutatni, majd részletesen kitérek a kutatásaimra, illetve a vizsgálati eredményeimre.

A betegség ismertetése

A betegség általános jellemzése

Elsősorban mi is a pulmonális hipertonia (PH) valójában? Ez egy komplex, kardiopulmonális kór. Ismertebb nevén kisvérköri magas vérnyomás. Az emberi test mozgatórugója a szív, munkája nélkül nem létezhetne emberi élet. Testünk vérellátásáért két vérkör felelős, a kis és a nagy vérkör. A nagyvérkör a bal kamrából indul, oxigénben dús vért szállít az agyba, a hasi szervek-



A lovak közötti zebrák

be és az izmokba, majd az elhasznált vért összegyűjtő vénákban folytatódik, melyek a vért a jobb kamrához juttatják. Innen indul a kisvérkör, az oxigénhiányos vért a tüdőbe pumpálja, ahol az felfrissül oxigénnel, majd a tüdővénákon keresztül a bal kamrához szállítódik. Egészséges ember esetén a két vérkör ugyanannyi vért pumpál, de nem ugyanakkora nyomással. A nagyvérköri átlagnyomás 95 Hgmm, ezzel szemben

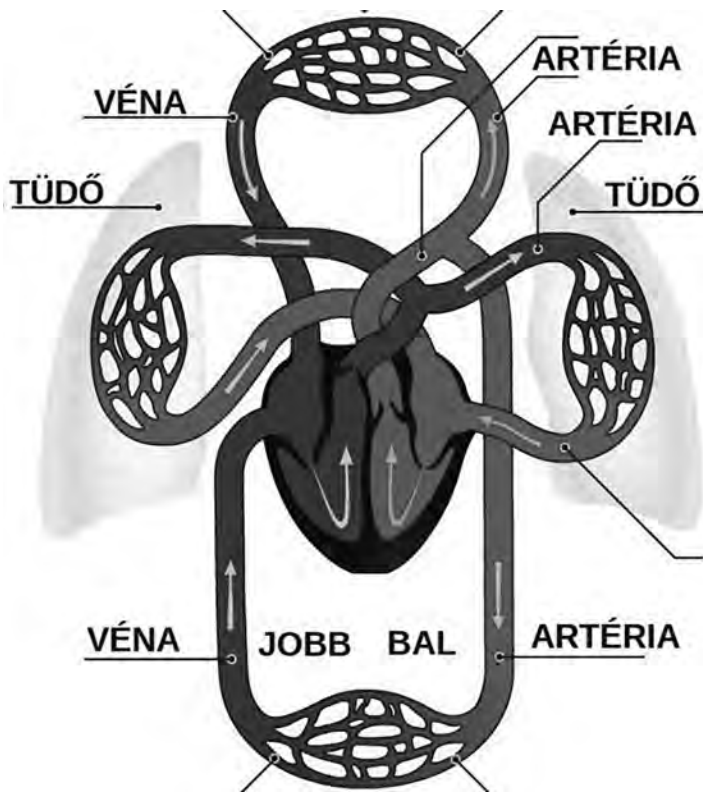
a kisvérköri körülbelül 15 Hgmm. A két érték közötti különbség mintegy hatszoros, ami jelentősen be tud szűkülni. A kóros kisvérköri nyomástartomány 25 (terhelésben 30 Hgmm-nél) kezdődik, és egészen nagyvérköri értékeket is el tud érni. A megnövekedett nyomás következményeként a pulmonális artériákban megemelkedik a nyomás, ellenállásuk megnő, megnő az endothelin aktivitása, ami az érfali izomzatot védő vékony réteg. Ennek következtében az erek beszűkülnek, a tüdőben lévő erek keresztmetszete kisebb lesz, simaizomzat felszaporodik. A nagy vérellenállás miatt a jobb kamrának nagyobb munkát kell végeznie a vér pumpálásához, ami csak úgy lehetséges, ha izomzata megnő, a kamra fala megvastagszik, és jelentős mértékben kitágul. Gyógyszeres kezelés nélkül a túlterhelt jobb kamra elgyengül, és a beteg meghal.

Fajtái, kialakulásának lehetséges okai

A pulmonális hypertonianak 5 különböző típusát ismerjük. Ilyen PH-COPD, bal kamrai szívelégtelenség miatt kialakult magas tüdőérvnyomás, a PH-COPD vagy PH-ILD ami krónikus tüdőbetegség vagy oxigénhiányos állapot miatti PH, CTEPH ami krónikus tüdőembólia miatt kialakult PH, illetve beszélünk tisztázatlan többtényezős mechanizmusok következményeként kialakult betegségről (sarcoidosis, histiocytosis X) utolsó sorban pedig ún. idiopathias ismeretlen eredetű betegség miatt kialakult PH-ról, ez a pulmonális artériás hipertonia (PAH).

Diagnosztizálása

Ritkasága lévén nagyon nehéz felismerni. Általában külső szemmel nincsen feltűnő tünete a betegségnek. Vegyünk sorban néhány tünetet. Légszomj, szédülés, fulladás, cianózis (ismertebb nevén kékülés, körmök



Kis és nagy vérkör

és ajkak oxigénhiányos állapot okozta kékülése). Igen hétköznapi tünetek. A mai világban arra tanítják az embereket, orvostanhallgatókat, hogy ha patadobogást hallanak, gondoljanak a lóra. Hétköznapi tünetek mellé gyakran hétköznapi betegségeket társítanak. Következtethetnénk COPD-re, asztmára, vagy csak arra, hogy a páciens elhízott, esetleg alvási apnoe-ban szenved. De! Ugyanezek a tünetek lehetnek a PAH tünetei is, hiszen a PAH betegek a lovak közötti zebrák.

Súlyosságának osztályozása funkcionális csoportok segítségével

Csak úgy, mint sok más súlyos betegség (például a daganatos betegségek) esetében a betegek állapotát, a betegség súlyosságát és előrehaladottságát funkcionális csoportokba sorolhatjuk, annak függvényében, hogy a páciens mindennapi életére milyen hatást gyakorol a PAH. Az első funkcionális csoportba tartoznak azok, akik normális napi tevékenységüket könnyen elvégzik, tüneteket nem tapasztalnak. Általában ebben a funkcionális osztályban még nem tudják diagnosztizálni a beteget. A második csoportba azok tartoznak, akik a normális napi tevékenységük

közben tüneteket produkálnak, aktivitásuk során kismértékű korlátozottságot tapasztalnak. A harmadik csoportba a betegek a megszokottnál kisebb aktivitás mellett is tapasztalnak tüneteket. Kifejezetten korlátozott a fizikai aktivitás. Negyedik csoportba azon betegeket soroljuk, akik bármilyen jellegű tevékenység során tüneteket produkálnak, nyugalomban is egyaránt. A gondozó orvosok célja az, hogy a beteget minél hamarabb diagnosztizálják, a legalacsonyabb osztályba kerüljön, és a lehető leghosszabb ideig abban is maradjon. Mivel említettem, hogy a mindennapi tevékenységekre befolyással van a betegség így az kihatással lesz a életre is.

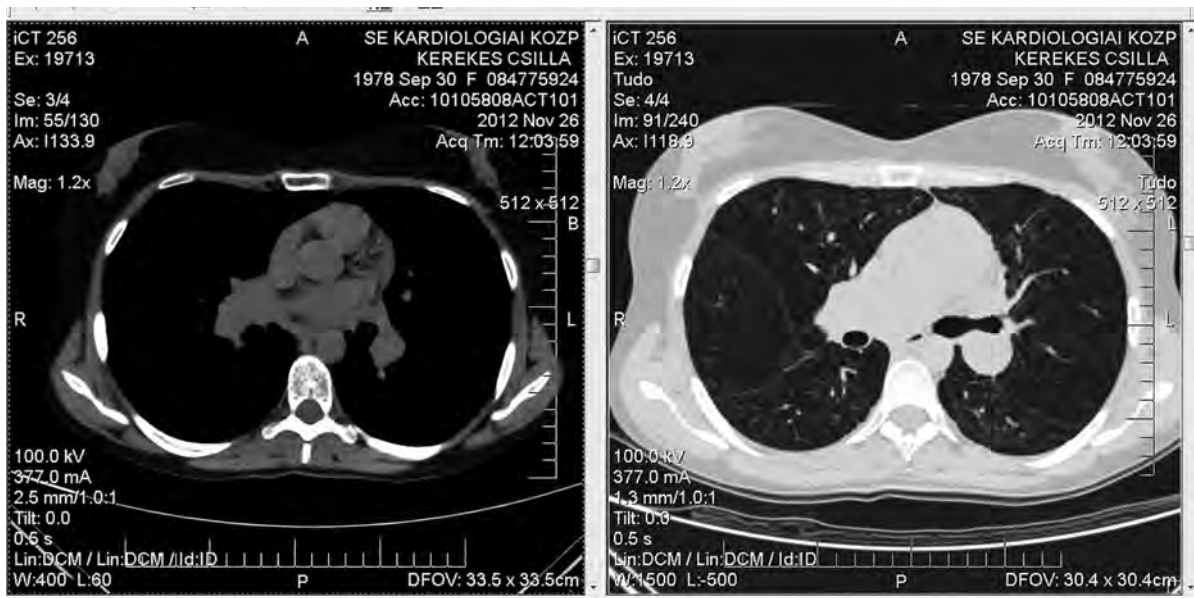
A betegség kihatása a mindennapi életre

Amit a PAH befolyásol:

- **Munka:** A beteg teljesítőképessége romlik, mindennemű fizikai terheléstől tiltják, így fizikai munkát képtelen végezni
- **Családi élet és családalapítás:** Nagyfokú empátiát és segítőkészséget követel egy beteg emberrel való közös élet. Gyakran adódnak ebből konfliktusok. Sokáig a gyermekvállalást is tiltották, ma már a rohamosan fejlődő orvostudományak köszönhetően kezelőorvos véleménye alapján bizonyos esetekben engedett, de a nagyfokú romlással kell számolni.
- **Oktatás:** A redukálódott vérellátás következtében a koncentrációképesség romlik, a fáradékonyság miatt a beteg nehezebben tanul. Kisgyermek esetén pszichés problémákhoz vezethet, például a testnevelés óráról való állandó felmentettség, a közös játék közbeni fulladás. Általában gyakran le is tagadják betegségüket, nem lehet korlátozni őket.
- **Utazás:** Repülőgépen való utazás csak konzultáció esetén vehető igénybe.
- **Egyszerűbb napi tevékenységek (bármilyen fizikai mozgással jár):** Séta, bevásárlás, zuhanyzás. A leghétköznapiabb dolgokat is befolyásolja a betegség.

A betegséget befolyásoló pozitív és negatív tényezők

Mint az éremnek is, a betegséget befolyásoló tényezőknek is két oldala van. Van, ami pozitív és van, ami negatív befolyással lehet a beteg életére, állapotára, terhelhetőségére. Pozitívan befolyásolja a páciens



CT kép (tág jobb pitvar és kamra)

állapotát az egészségtudatos életmód, a helyes táplálkozás, ugyanis a betegség egyik mellékhatása a megemelkedett koleszterin- és húgysavszint, ami köszvény- és koleszterinbarát étkezést igényel, így ezekhez alkalmazkodva kell kialakítani egy egészséges étrendet. Fontos ezek mellett a környezet támogatása és segítségnyújtása mind fizikálisan mind pedig mentálisan. A megfelelő orvosi ellátás elengedhetetlen, a gyakori konzultáció, alapos kórismertetés, megfelelő gyógyszeres kezelés miatt. De a legfontosabbak: életkedv, **elfogadás**,

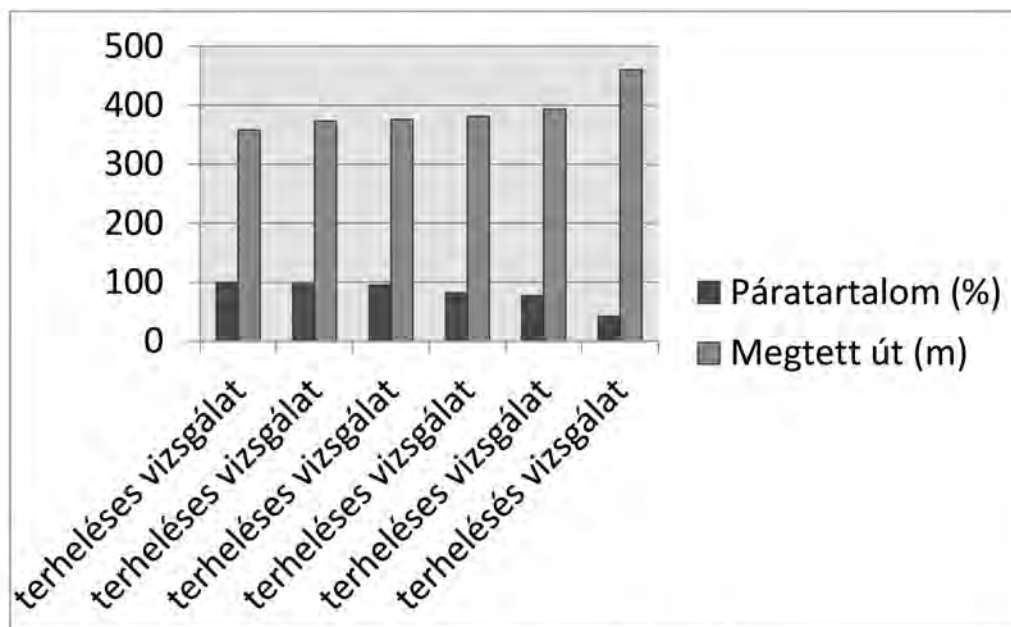
pozitív hozzáállás. A beteg állapotára negatív befolyással van a stressz, párás levegő, túlzott fizikai terhelés, fáradtság és az időjárás viszontagságai.

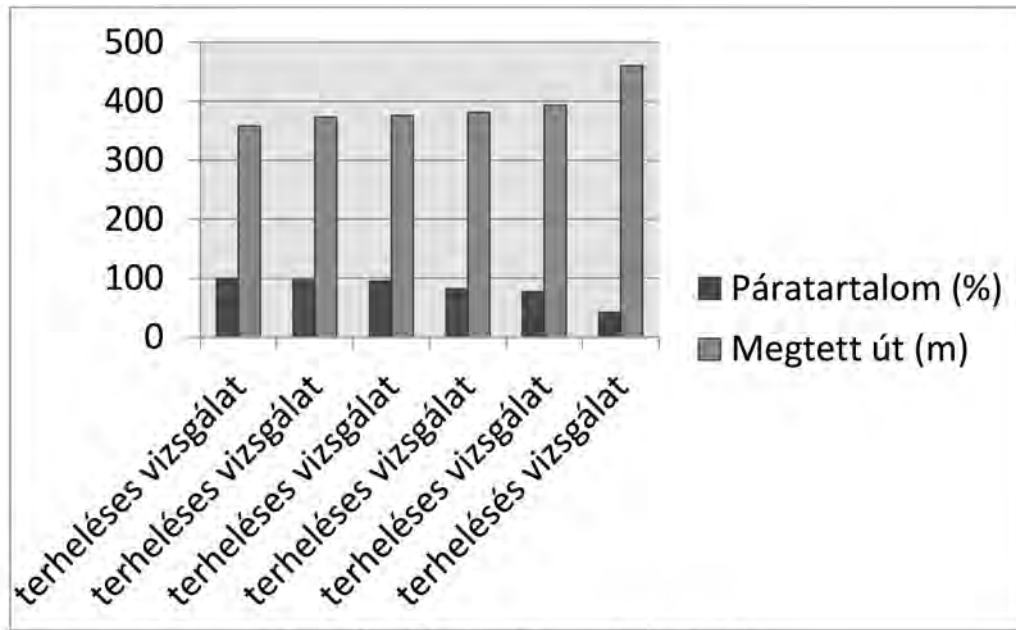
Kutatási anyag ismertetése

A vizsgált beteg általános jellemzése

A vizsgálatokat és méréseket Édesanyámon végeztem, akit, mint említettem 2009-ben diagnosztizáltak. Korábban említettem a betegséget befolyásoló tényezők

Páratartalom kihatása a beteg terhelhetőségére





Páratartalom kihatása terhelési szaturációra

esetében az időjárást. A téli időszakban szemmel láthatólag romlott a terhelhetősége a párásabb idő beköszöntével. Mindenképpen olyan vizsgálatot szerettem volna végezni, amit eddig még nem vizsgáltak orvosok. Ezért döntöttem a páratartalom kihatásának vizsgálata mellett. Mint az a CT leleten is látható kifejezetten tág a jobb pitvar és kamra. A TEE vizsgálat (*transoesophagealis echocardiographia*, nyelőcsövön keresztül végzett szívultrahang) pontos mérése alapján a jobb kamrai nyomás 125 Hgmm. A mitrális mellső vitorlán a prolapsus enyhe, ami azt jelenti, hogy a bal kamra és a bal pitvar közötti billentyű kicsit lazább a kelletnél.

A vizsgálati módszerek bemutatása

Korábban említettem a betegséget befolyásoló tényezők esetében az időjárást. A téli időszakban szemmel láthatólag romlott Édesanyám terhelhetősége a párásabb idő beköszöntével. Mindenképpen olyan vizsgálatot szerettem volna végezni, amit eddig még nem vizsgáltak orvosok, nem szerettem volna bebizonyítani vagy megcáfolni egy mások által feltett hipotézist. Ezért döntöttem a páratartalom kihatásának vizsgálata, megfigyelése mellett. Először a terhelési szaturációs értékek változását vizsgáltam a páratartalom függvényében, majd a beteg terhelhetőségét mértem 6 perces járás teszt segítségével, aminek eredményeit szintén a páratartalom függvényében ábrázoltam. A 6 perces járás teszt segít a PAH betegek terhelhetőségének felmérésében, gyakran alkalmazzák a klinikákon. Lényege az, hogy a beteg 6 percen keresztül kitartóan, folyamatosan sétáljon, úgy, hogy ne fulladjon be. A vizsgálat

kezdeté előtt nyugalmi szaturációt, a vizsgálat után pedig terhelési véroxigén szintet mérnek. Kutatásom ezen eredményekre nem tért ki.

Eredmények

A vizsgálatok során megfigyelhető, hogy minél magasabb volt a páratartalom, annál alacsonyabb volt a vérben oldott oxigén százalékban megadott szintje terhelés után. Szintén fordított arányosság figyelhető meg, a páratartalom és a terhelhetőség között.

Összegzés

Vizsgálataim alapján a párásabb napokra az előírtnál több oxigén használatot javallok, emellett pihenést és légzőskönnyítő gyógyszerek használatát. Ezekre a napokra nagyobb odafigyelés szükséges.

BALOG DÓRA

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

i Köszönettel tartozom a Semmelweis Egyetem Pulmonológiai Klinikájának, Dr. Karlócai Kristóf főorvosnak, Csabuda Eszternek a Tüdőér Egylet elnökének, és végül, de nem utolsó sorban Édesanyámnak, aki kiállta a megterhelő vizsgálatokat.

IRODALOM

A pulmonológia kézikönyve, szerkesztette: Magyar Pál és Losonczy György, Medicina kiadó, 2012. (468.-483. oldal)
Kommunikációs segédlet PAH betegek részére
A belgyógyászat alapjai 1. , Tulassay Zsolt, 2010, 6.31, 6.32, 6.33 táblázatok.

A HIT ÉS AZ ÉRTELEM – RÉSZLET EGY DIÁKESSZÉBŐL

Haydn, Herschel és a Teremtés oratórium

“Intellektusunk megköveteli, hogy a természet törvényei között felismerjük azt a két hatóerőt, amely titok, de minden tudást áthat: a rendet, melyről a tudományok, és Istent, melyről a vallások beszélnek.”

(Max Planck)

Haydn hosszú, 1732-től 1809-ig tartó élete során együtt nőtt az új zenei elképzelésekkel, sőt leginkább ő maga alakította azokat. A maga módján a felvilágosodás tipikus alakja volt. Vallásos, de nem szenteskedő, bátor, de nem vakmerő, értelmes, de nem tudálékos, kalandvágyó, de nem forrófejű. Szellemi és érzelmi életében minden arányos és mértéktartó. Már kiskorában rendkívüli zenei készségről tett tanúbizonyságot.

Haydn egyik életrajzi vázlatában így ír: *A Mindenható Atya olyan zenei fogékonysággal áldott meg, hogy már hatéves koromban férfi módjára a kórusban álltam és miséket énekeltem, és egy kicsit zongorázni meg hegedülni is tudtam.* Többnyire önmagát kellett tanítania. *„Sose voltak rendes tanárait. Mindig gyakorlatból indultam ki, előbb az éneklésben és a hangszeres játékban, majd a zeneszerzésben. Zenét többet hallgattam, mint tanultam, ám a legjobb zenét, amit az én időmben hallani lehetett...Így gyarapodtam apránként, tudásban és képességben.”*

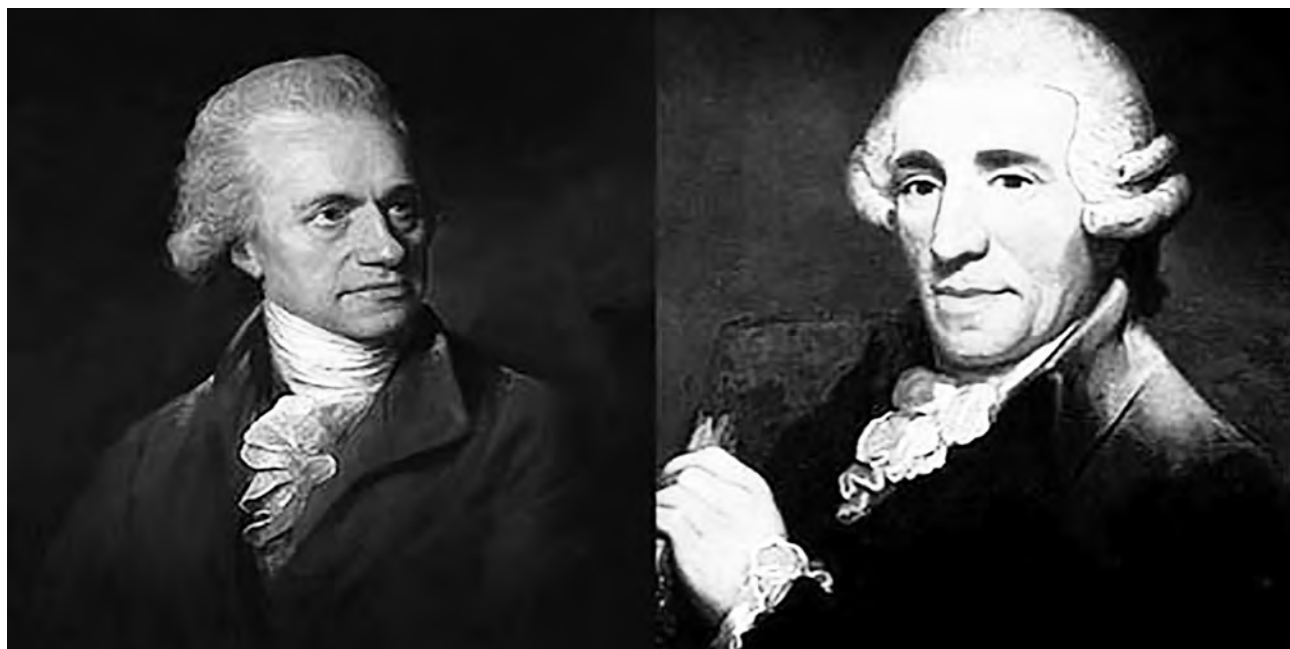
Haydn Bécsben hallotta a „legjobb zenét”. Nyolcévesen bekerült a Stephansdom kórusába, amelynek egyik

büszkesége lett. A hangja 17 évesen, 1749-ben elkezdett mutálni, ezért megváltak tőle. Nehéz évek következtek az életében.

1761-ben megtette élete legjelentősebb lépését. Másodkarmesterként az Esterházyak szolgálatába állt. Esterházy Pál Magyarország legnagyobb és leggazdagabb családjához tartozott, aki szerette a képzőművészetet és a zenét. Kismartoni kastélyának 200 szobája volt, parkok öveztek és színháztermek voltak benne. Haydn nagyon elégedetten foglalta el a helyét, azonban mindössze egy évig szolgálta Pál herceget. Pál 1762-ben meghalt, akit Miklós herceg követett.

Miklós, a Pompakedvelőnek nevezett herceg azonnal új palotát építtetett magának, és Eszterháznak nevezte el. Az épületegyüttes 1766-ban készült el, amely Versailles után Európa legnagyobb kastélya volt. 1766-ban azonban az első karmester meghalt, és Haydn került a helyére.

Miklós herceg és Haydn nagyon jól kijöttek egymással. Miklós, aki zenerajongó hírében állt – barytonon, egy manapság már nem használt, a csellóval rokon

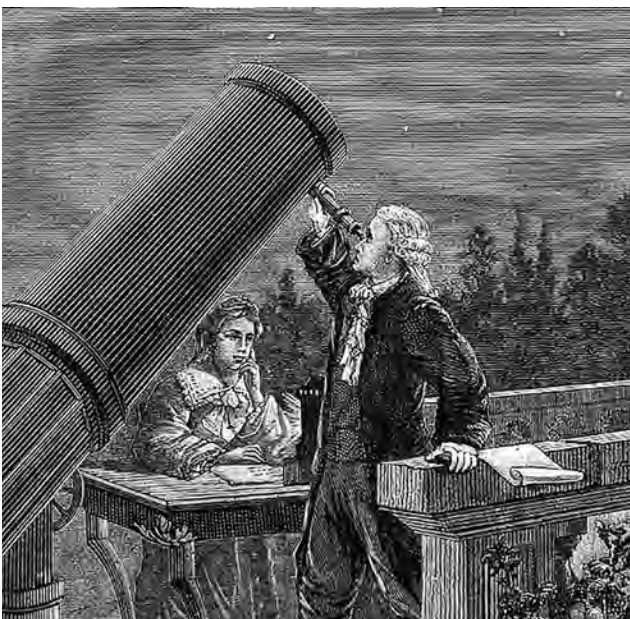




hangszeren játszott — elvárta Haydntól, hogy számos, saját kezűleg is eljátszható művet komponáljon neki. A zeneszerző közel kétszáz, a herceg kedvenc hangszerére írott művel igyekezett megfelelni.

Tudatában volt szerencséjének. *„Hercegi gazdám minden munkámban kedvét lelte. Itt egy zenekar élén kísérletezhettem, lemérhettem a hatást, javíthattam, nyesegethettem, merhettem. Amellett el voltam szigetelve a világtól, senki sem volt körülöttem, aki zavarhatott vagy gyötörhetett volna — kellett, hogy eredetivé váljak.*

Haydnra az Európában akkor legjobb manheimi zeneszerző iskola is nagy hatással lehetett, amelyre jellemző volt az addig ismeretlen pontosság, virtuozitás és kifejezőerő. Christian Schubart zeneszerző és kritikus, lelkesedve írja: *„Náluk a forte mennydörgés, a crescendo lezúduló vízesés, a diminiuendo távolba vesző, érré szűkülő, kristálytisza hegyi patak, a piano a tavasz lehelete.”*



Haydn zenekara nem állt ezen a színvonalon, de Európa egyik legjobb együttesévé kovácsolta. A karmesterük volt minden tekintetben. Az összjátékra és a részletekre is ügyelt.

1781-ben találkozott az akkor huszonöt éves Mozarttal, ami hatalmas ösztönző erővel hatott fejlődésére. Haydn Mozarttól új szerkesztési, hangnem-párosítási és a zenei kifejezőerőt fokozó ötleteket kapott. Mozart a szerkezeti felépítés tekintetében tanult sokat Haydntól. Mozarttal való találkozására idején Haydn már Európa egyik leghíresebb zeneszerzője volt.

1790 vége felé elfogadott egy londoni ajánlatot. 1791. január 1-jén érkezett meg, és tizennyolc hónapig maradt. London zenei élete ebben az időszakban kifejezetten gazdag és élénk volt. A londoni társaság szívébe fogadta Haydnt. 1791. március 11-én adta első koncertjét, negyven tagú zenekart vezényelt a zongora mellől. A legnagyobb együttes volt, amit valaha dirigált. A siker óriási volt; Shakespeare-hez hasonlították.

Angliai tartózkodása alatt 1792 júniusában, *William Herschelnél*, III. György kinevezett udvari csillagászánál is látogatást tett slough-i otthonában. Herschel egyszerre volt német és angol, oboista, zeneszerző és csillagász. A Herschel-féle tükrös teleszkópok jobban működtek, mint Greenwichi Királyi Obszervatórium műszerei. Herschel 1781 márciusában fedezte fel az Uránusz bolygót.

Haydn 1792 júniusában látogatása során, a csillagász kertjében már néhány éve ott álló 122 centiméter átmérőjű, tükörrel felszerelt 12 méter hosszúságú óriásteleszkópba belenézett, és elállt a szava: a szeme elé táruló világűr katarzist okozott számára. Csak néhány év múltán tudta a világűrbe vetett pillantást hangokba önteni, azt a hatalmas élményt, a kimondhatatlant, a végtelent, melynek fényében olyan kicsinek és jelentéktelennek tűnik az ember. Így született meg Haydn legsikeresebb műve, a Teremtés oratóriuma, melynek 1798-ban volt Bécsben az ősbemutatója.

MEGYESI ÁDÁM



1



2



3

Az imádkozósáskák védekezési stratégiái

1, *Phyllocrania paradoxa* ivarérett nőstény

2, *Danuria barbozae* jellegzetes testtartásban

3, *Gongylus gonylodes*

(*Paulovkin András felvételei*)

