

Magyar Tudomány

ETOLÓGIA

Vendégszerkesztő: MIKLÓSI ÁDÁM

Kosáry Domokos 90 éves

A jövő tudósai

2003•8

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA FOLYÓIRATA. ALAPÍTÁS ÉVE: 1840
CIX. kötet – Új folyam, XLVIII. kötet, 2003/8. szám

Főszerkesztő:

CSÁNYI VILMOS

Vezető szerkesztő:

ELEK LÁSZLÓ

Olvasószerkesztő:

MAJOROS KLARA

Szerkesztőbizottság:

ÁDÁM GYÖRGY, BENCZE GYULA, CZELNAI RUDOLF, CSÁSZÁR ÁKOS, ENYEDI GYÖRGY,
KOVÁCS FERENC, KOPECZI BÉLA, LUDASSY MÁRIA, NIEDERHAUSER EMIL,
SOLYMOSI FRIGYES, SPÁT ANDRÁS, SZENTES TAMÁS, VAMOS TIBOR

A lapot készítették:

CSAPÓ MÁRIA, CSATÓ ÉVA, GAZDAG KÁLMÁNNÉ, HALMOS TAMÁS, MATSKÁSI ISTVÁN,
PERECZ LÁSZLÓ, SPERLÁGH SÁNDOR, SZABADOS LÁSZLÓ, SZENTGYÖRGYI ZSUZSA, F. TÓTH TIBOR

Lapterv, tipográfia:

MAKOVECZ BENJAMIN

Szerkesztőség:

1051 Budapest, Nádor utca 7. • Telefon/fax: 3179-524
matud@helka.iif.hu • www.matud.iif.hu
Kiadja az Akaprint Kft. • 1115 Bp., Bárfai u. 65.
Tel.: 2067-975 • akaprint@matavnet.hu

Előfizethető a FOK-TA Bt. címén (1134 Budapest, Gidófalvy L. u. 21.);
a Posta hírlapüzleteiben, az MP Rt. Hírlapelőfizetési és Elektronikus
Posta Igazgatóságánál (HELP) 1846 Budapest, Pf. 863,
valamint a folyóirat kiadójánál: Akaprint Kft. 1115 Bp., Bárfai u. 65.

Előfizetési díj egy évre: 6048 Ft

Terjeszti a Magyar Posta és alternatív terjesztők

Kapható az ország igényes könyvesboltjaiban

Nyomdai munkák: Akaprint Kft. 25845

Felelős vezető: Freier László

Megjelent: 15,35 (A/5) ív terjedelemben

HU ISSN 0025 0325

TARTALOM

Topál József: Az etológia születése: gondolatok egy évforduló kapcsán	932
Miklósi Ádám: Segítség, etológusok!!! – Bevezető	936
Gerlai Róbert: Egy új tudományos forradalom: a molekuláris genetika, az informatika és a viselkedés tudományának integrációja	938
Kemenes György: A csigaagy nem bicikli, avagy: elemi idegrendszeri folyamatok és a tanulás evolúciúsan konzerválódott sejtes-molekuláris mechanizmusainak vizsgálata puhatestű idegrendszereken	949
Haller József – Halász József – Mikics Éva: Agresszió és stressz: okok és mechanizmusok.....	957
Kabai Péter: A létra alján: a viselkedés és szabályozásának hierarchiája.....	964
Altbácker Vilmos: Borókás üreginyúl: egy állati tradíció kialakulása és következményei	970
Török János – Garamszegi László Zsolt – Hegyi Gergely – Hettyey Attila – Michl Gábor – Rosivall Balázs: Szignalizáció és szexuális szelekció	976
Liker András – Barta Zoltán – Székely Tamás: Az élet játéka: stratégiák a táplálkozásban és a párszerzésben	984
Számadó Szabolcs: Kommunikáció az állatvilágban: az őszinteség és csalás problémája	991
Miklósi Ádám – Topál József – Csányi Vilmos: Kivel lehet még „beszélgetni” – A fajok közötti kommunikáció problémája, különös tekintettel az ember-kutya kapcsolatra	998
Király Ildikó – Szalay Ágnes – Gergely György: Mit utánzunk és miért: a vak mimikritól a belátásos utánzásig	1007
<i>Tanulmányok</i>	
Berencsi György – Saleh Younes Ali – Gyarmati Péter – Takács Mária – Gönczöl Éva: A súlyos akut respiratorikus szindróma (SARS) és a kórokozó virológiai tulajdonságai.....	1017
Patkós András: Kutatás és egyetem kapcsolata Európában és Magyarországon ...	1025
<i>A jövő tudósai</i>	1035
<i>Tudós fórum</i>	
Ormos Mária: „90” Kosáry Domokos.....	1045
MTA kihelyezett ülés Burgenlandban/Bécsben.....	1049
Gábor Dénes-díj 2003 – felterjesztési felhívás	1052
<i>Kitekintés (Jéki László – Gimes Júlia)</i>	1053
<i>Könyvszemle</i>	
Olvasonapló (Niederhauser Emil).....	1059
Maróth Miklós: A görög filozófia története (Ritoók Zsigmond).....	1064
Frank Tibor: Roosevelt követe Budapesten (Sipos Péter).....	1066
Tibor Fényes: Structure of Atomic Nuclei (Lakosi László)	1067
Károlyi Mihály levelezése V. 1945-1949 (Csató Tamás)	1070
Szabó Katalin – Kocsis Éva: Digitális paradicsom vagy falanszter (Bögel György)	1071
Borsányi László: Hontalanok a hazájukban (Farkas Ákos).....	1073
Hargittai István: Életeink (Vámos Tibor).....	1074

AZ ETOLÓGIA SZÜLETÉSE: GONDOLATOK EGY ÉVFORDULÓ KAPCSÁN

Topál József

tudományos főmunkatárs, MTA-ELTE Összehasonlító Etológiai Kutatócsoport – kea@axelero.hu

Ma már senkit sem kell meggyőzni arról, hogy az etológia a biológiai tudományok egyik elismert, jelentős képviselője. E helyzet nem kis részben köszönhető annak a három embernek, akiket harminc évvel ezelőtt arra érdemesített a tudomány világa, hogy megkapják a legnagyobb elismerést, a Nobel-díjat. Harminc év szép kerek szám, és kellően hosszú idő ahhoz, hogy visszatekintve néhány mondat erejéig érdemes legyen újragondolni az etológia születésének körülményeit, az azóta eltelt időt, valamint azt, mit is köszönhetünk mi, mai etológusok Karl von Frischnek, Konrad Lorenznek és Nikolas Tinbergennek, e három ízig-vérig természettudósoknak.

Közismert, hogy a Nobel-díjat általában valamely világraszólóan fontos tudományos felfedezésért vagy egy-egy kiemelkedő tudós életművét elismerve szokták odaítélni. Éppen harminc éve, 1973-ban azonban a Nobel-bizottság az orvosi-élettani kategóriában némileg rendhagyó döntést hozott. Azaz, hogy az osztrák Karl von Frisch és Konrad Lorenz, valamint a holland Nikolas Tinbergent együttesen jelölték, elsősorban nem egy adott konkrét tudományos felismerést vagy valakinek a személyes életművét díjazták, hanem tulajdonképpen a természettudományok egy új feltörekvő tagját részesítették e kiemelkedő elismerésben. E diszciplína pedig nem más, mint az állati (és emberi) viselkedés összehasonlító, evolúciós szemléletű tudománya: az *etológia*.

Az 1973-as díjátadás fontos állomása volt annak a folyamatnak, melynek következtében az etológia nemcsak a viselkedéstudományok között, de a szélesebb értelemben vett biológiai tudományok sorában is jelentős szereppel bíró tudományággá nőtte ki magát. Persze nem volt ez mindig így. Annak ellenére, hogy az állatok viselkedésének megfigyelése és az ezzel kapcsolatos ismeretek rendszerezése, felhasználása az ember életében mindig is fontos szerepet játszott, az etológia szinte az utolsók között lépett a modern természettudományok sorába. Az 1900-as évek elején, amikor a természettudományok számos ága jelentős fejlődésnek indult, az állati viselkedés leírásával, értelmezésével a tudós társadalom szinte egyáltalán nem foglalkozott. Ma már talán furcsának találjuk, de továbbra is meghagyták e területet a „laikus” természetbúvárok kedvtelésének körében. Meglehetősen hosszú időnek kellett eltelnie ahhoz, hogy úgy tekintsenek az állati viselkedésre, mint a tudomány eszközeivel is vizsgálatra érdemes jelenségre. E mellőzöttség jórészt annak a ténynek volt tulajdonítható, hogy az adott kor tudományos módszertani eszköztára számára az állati viselkedés nagyon nehezen értelmezhető, bonyolult jelenség volt, melyet nem nagyon tudtak objektív, racionális módon leírni és magyarázni.

E probléma az állati viselkedés kutatásának korai szakaszában tulajdonképpen két, egymással ellenkező megközelítésmódban bontakozott ki:

Az antropomorfizáló irányzatban az ember azon természetes késztetése testesült meg, hogy az állati viselkedést emberi módon szemlélje, és olyan jellegzetességekkel ruházza fel, amelyekkel nem feltétlenül rendelkezik. A „behaviorista” irányzat pedig ezzel szöges ellentétben azt a kutatási törekvést valósította meg, melynek lényege, hogy az állatot olyan reflexgépnak tekintjük, amelyet a külső ingerek által kiváltott automatikus válaszok vezérelnek, és semmiféle „magasabbrendű” viselkedésre nem képes.

A két egymásnak feszülő irányzat kompromisszumaként jelent meg a múlt század közepén az etológia mint olyan egészséges középút, mely módszereiben és magyarázó elveiben képes egyesíteni a természettudományos objektivitást és a vizsgált jelenségtől való racionális távolságtartást azzal az intuitív kreativitással, mely a természetjáró, a megfigyelt állat mindennapjait alaposan ismerő „természetbúvárt” jellemzi. Ennek az időszaknak kiemelkedő alakjai Lorenz, Frisch és Tinbergen, akik valamennyien elévülhetetlen érdemeket szereztek az állati viselkedés vizsgálatának tudományá nemesisében. Bár mindhárman szép kort értek meg (86, 96 illetve 81 évet), sajnos ma már egyikük sincs köztünk. Ötleitek, elképzeléseik, nemegyszer zseniális meglátásaik azonban mindmáig nagyon is aktív szerepet játszanak az etológia mindennapjaiban.

Konrad Lorenz (1903-1989) a magatartáskutatás egyik legismertebb, ma már a klasszikusok közé számító képviselője igazi egyéniség volt. Az oly sokszor megörökített, népes állatsereglettől körülvelt ősz szakállas, nagypapás alakja inkább egy a múltból ittfelajított természetbúvárra emlékeztetett, híven tükrözve világszemléletének azt a ketősséget, melyben a modern tudós és a naiv természetimádó jól megfér egymással. Ez az egyedi ötvözetű világlátás emelte Lorenz-et kortársai és követőinek nagy többsége fölé, ez nyitotta meg a lehetőséget egy új

tudomány, az etológia klasszikus, európai irányzatának megteremtésére. Állatszerete és kivételes megfigyelőképessége már kora gyermekkorában megmutatkozott. Saját bevallása szerint olyan fontos felismerések, mint a bevéődés, valamint a motivációs modelljében kulcsszerepet játszó „akcióspecifikus potenciál” már gyermekkorában végzett megfigyelései során megfogalmazódtak benne. Életében meghatározó jelentőségű volt, hogy akkoriban szokatlan módon, már kisiskolásként megismerkedett Darwin evolúciós elméletével és a természetes szelekció fogalmával. Ez alapvető szemléletformáló hatással volt rá, s már korán elindította abba a szellemi irányba, melynek eredményeképpen később megfogalmazta a viselkedés összehasonlító, evolúciós szemléletű vizsgálati módszerét mint önálló, máig érvényes tudományos paradigmát. Az, hogy előbb humán orvosként, majd zoológusként végzett, később pszichológiát is hallgatott, olyan széles látókörű emberré tette őt, mely alkalmassá tette arra, hogy mentálisan befogadjon és továbbformáljon egy olyan interdiszciplináris tudományt, mint az etológia.

Amikor harmincas éveinek közepén először találkozott Nikolas Tinbergennel mindketten meglepődve tapasztalták, hogy mennyire azonosan gondolkodnak az etológia kérdéseiről. Szinte percek alatt életre szóló barátság alakult ki közöttük. Lorenz azonnal meghívta magához Tinbergent, s a nyári lúd tojásbegörgető magatartását vizsgálva hamarosan együtt dolgozták ki a fajspecifikus viselkedésmintázatok reflexekre, taxisokra és öröklött mozgásmintázatokra való felbontásának forradalmian új elvét.

Számos, máig is érvényes felismerése, fogalmi újítása és elméleti modellje mellett Lorenz tudományos életművének természetesen sok olyan eleme is van mely nem, vagy csak részben állta ki az idő próbáját. Például elkötelezett „csoportszelekcionista” volt annak ellenére, hogy a szociobiológusok köré-

ben már a hetvenes években gyakorlatilag megbukott a csoportselekcio, mint az állatok szociális viselkedésének kialakulását magyarázó elv. Ugyancsak kritikusan szemléljük már a motivációval kapcsolatban kidolgozott ún. pszichohidraulikus modelljét vagy az emberi evolúció kapcsán propagált „ön-domesztikációs” elméletét. Am mindez nem csökkenti az etológia megszületésében és az evolúciós szemlélet viselkedéstudományokban való meghonosításában szerzett érdemeit.

Nem lehet említés nélkül hagyni azt sem, hogy Lorenz nemcsak kiváló tudós volt, hanem kivételes képességekkel rendelkezett a tudomány népszerűsítése terén is. Számos bestsellere is bizonyítja, írásaiban szerencsésen ötvözte a szakmai színvonalat a jó értelemben vett popularitással. Késői éveiben érdeklődése egyre inkább az emberi társadalmakat mozgató biológiai tényezők felé fordult, néha keserű, pesszimista hangulatú írásokban tárgyalta az emberi civilizáció árnyoldalait. Mindemellett megmaradt szinte gyermeki érdeklődése az állatvilág iránt, utolsó éveiben végzett megfigyelései azonban sajnos jórészt publikálatlanok maradtak. Kalandos élete ellenére mindig is patrióta volt. Mi sem jellemzőbb, hogy hosszú élete végén ugyanott, Altenbergben érte a halál, ahol majd 90 évvel korábban, az Osztrák-Magyar Monarchia fiaként először meglátta a napvilágot.

Nikolas Tinbergen (1907-1988) a holland etológusnemzedék első és máig legismertebb képviselője, akinek sok szempontból Lorenzhez hasonló módon indult a pályája. Ő is már gyermekként, autodidakta módon kezdett el tudományos igényességgel megfigyeléseket végezni otthon tartott tuskés pikóin, s e korai tapasztalatok számára is fontos indulást jelentettek későbbi tudományos felismeréseinek megfogalmazásában.

Biológus diplomája után is megtartotta rendkívül széleskörű érdeklődését az élővilág legkülönbözőbb jelenségei iránt. A legkülönbözőbb fajokon végzett nagyhatású vizs-

gálatokat, így például nemcsak a sirályok bevésoedéses tanulásával és a rovarok (méhfarakas) tájékozódási képességeivel kapcsolatban tett jelentős felismeréseket (ez utóbbi vizsgálatait éppen Karl von Frisch inspirálására kezdte el), de még fiatal éveiben több nyarat eltöltve az eszkimók között, fontos adatokat szerzett humánetológiai tanulmányaihoz. Érett kutatóként érdeklődése mindinkább a humánetológia felé fordult, s jelentős sikereket ért el például az autizmus etológiai szemléletű megközelítésében. Munkáival elévülhetetlen érdemeket szerzett az etológiai módszer emberi viselkedés elemzésére való alkalmazásában. Azt, hogy ő maga milyen fontosnak tartotta kutatásainak ezt a részét, az is jelzi, hogy a Nobel-díj átadásakor tartott ünnepi előadásában is e témát választotta.

Közel ötven évig füzte szoros, baráti kapcsolat Lorenzhez, a rendszeres eszmecsere és találkozások nagyon sokat jelentettek mindkettőjük számára. Gyümölcsöző együttműködésük titka, hogy a képzelet és lelkesezés által gyakran elragadott Lorenz intuitív meglátásait és kreatív elképzeléseit jól kiegészítette Tinbergen hűvösen logikus, rendszerző gondolkodásmódja és kritikai hozzáállása.

Számos eredménye mellett Tinbergen életművének talán máig legfontosabb része az a felismerés, miszerint az etológiai módszer a kérdés felvetésében sajátos szempontrendszert kell érvényesítsen. Ennek lényege, hogy adott magatartási jelenség átfogó vizsgálata egyaránt kell érintse azokat a kérdéseket, melyek a viselkedés konkrét mechanizmusára, biológiai funkciójára, az egyedfejlődés során történő megjelenésére, valamint evolúciós történetére vonatkoznak.

Utolsó éveit az emberi viselkedés egyedfejlődésével kapcsolatos kérdéseknek szentelte. Az etológia, az összehasonlító- és kognitív pszichológia szempontrendszerének együttes alkalmazásával nagyon fontos szerepet játszott annak a máig tartó folyamatnak a megindításában, melynek lényege egy

integratív, evolúciós szemléletű viselkedéstudomány kialakítására való törekvés.

Karl von Frisch (1886-1982) csaknem teljes évszázadot átölélő élete gyakorlatilag végigkíséri az etológia tudományának valamennyi fejlődési szakaszát a megszületés előtti évtizedektől az érett, interdiszciplináris tudományként való kiteljesedésig. Egy neves bécsi professzor fiaként, Lorenzhez hasonlóan ő is az Osztrák-Magyar Monarchiában született. Először orvosnak készült, de tanulmányait filozófia és zoológia szakokon fejezte be. Már az első világháború előtti években a méhek szín- és formaérzékelését, s az ezzel kapcsolatos tanulási folyamatokat illető részletes vizsgálatokba kezdett. Korát messze megelőzően már ekkor olyan kérdések izgatták, mint például megkülönbözteti-e a virágok színe a méh, és használja-e ezt a képességét a virágpoggyútése során. Lorenztől és Tinbergen-től eltérően érdeklődése nem kalandozott az állati viselkedés különböző jelenségei között, hamarosan területének igazi specialistájává vált, és gyakorlatilag egész kutatói pályáját a méhek képességeinek felderítésére szentelte. Kitért az következetes kutatómunkájának eredményeképpen páratlan mélységben tárta fel e szociális rovar sokszor megoldombentően kifinomult képességeit a szaglás, a színérzékelés, a tájékozódás, az ezzel kapcsolatos tanulási képességek, valamint a kommunikáció terén.

Elmélyült kutatóként szinte mindvégig szaktudományának keretein belül, a laikus közönség számára szinte észrevétlenül dolgozott. Bár kutatásait a szűk szakmai körökön túl alig népszerűsítette, eredményeivel a viselkedéskutatók között mégis olyan páratlan elismertségre tett szert, amely a szélesebb ismertséget is meghozta számára. Maga Lorenz – és különösen Tinbergen – mesterként tisztelve rendkívüli megbecsüléssel viszonyult hozzá, hiszen az első etológus nemzedék valamennyi jelentős tagja bizonyos értelemben az ő „köpenyéből” bújik ki. Bár von Frisch a

kívülállók számára leginkább a méhek „táncnyelvének” megfejteséről ismert, egész munkássága nagymértékben járult hozzá a klasszikus európai etológia kialakulásához.

Az etológia e három emblemikus alakjának kitüntetése óta harminc év telt el, s annak is lassan tizenöt éve már, hogy az utolsó is elment közülük. Az élet – és a tudomány – azonban nem áll meg. Bár az etológia egykor a pszichológia, a zoológia és az evolúcióbíológia hagyományaiból egy egységes szemléletmódot és elméleti keretet adó interdiszciplináris tudományként jelentkezett, nagyon gyorsan megindult benne az az erőzítő, mely az egyes szakterületek megjelenésével (magatartásgenetika, neuroetológia, szociobiológia, humánetológia, stb.) szükségszerűen lebontotta az egységes kereteket, és specializált szakirányok tucatjára osztotta önmagát.

Úgy vélem azonban, hogy az etológiai megközelítésmód a harmadik évezred elején sem veszített aktualitásából. Mindez persze nem jelenti azt, hogy a sokszor eltérő paradigmákkal dolgozó viselkedéstudományok, az etológia egyes szakirányai, az összehasonlító pszichológia, a kognitív pszichológia vagy az evolúciós pszichológia bármelyike is „igazabb” magyarázatát adná a viselkedési jelenségeknek és az azt kísérő kognitív mechanizmusoknak. Ellenkezőleg, e diszciplínák egymást sokszor kiegészítő hipotézisei és magyarázó modelljei a viselkedés evolúciós kialakulásának és működési mechanizmusainak komplex megközelítését teszik lehetővé.

Manapság egyre nyilvánvalóbban érvényesül az a folyamat, melynek eredményeképpen a viselkedéstudományok egy olyan szintézis felé közelítenek, amely a felvetett kérdések újfajta, integrált megközelítését és értelmezését adja, és új utakat nyithat az élő rendszerek viselkedésének megértésében.

Kulcsszavak: *etológia története, Lorenz, Tinbergen, Frisch, Nobel-díj, magatartáskutatás, klasszikus etológia*

SEGÍTSÉG, ETOLÓGUSOK!!!

A VENDÉGSZERKESZTŐ BEVEZETŐ MEGJEGYZÉSE AZ OLVASÓHOZ

Miklósi Ádám

A részben evolúciós kérdésekkel is foglalkozó biológusok számára nem szokatlan, hogy némely dolog kezdete valahol elvész a múlt homályában. Ez azonban nem igaz a magyar etológia történetére. Erről pontos adatunk van: 1973. Ekkor alakult meg az ELTE Etológia Tanszékének elődje Csányi Vilmos professzor vezetésével a gödi Biológiai Állomáson *Magatartásgenetikai Laboratórium* „fedőnév” alatt. Emellett természetesen zajlott egyfajta párhuzamos evolúciós folyamat is, azaz más tudományos intézményekben is születtek etológiai indítatású munkák, de talán nem vitatható, hogy egy ilyen hazai „műhely” létrejötté nagyban hozzájárult az etológia magyarországi meghonosításához. Ma már több mint huszonöt évre tekint vissza a Magyar Etológiai Konferencia története, amely háromévente ad lehetőséget a hazai kutatások bemutatásának, és 1997-ben megalakult a Magyar Etológiai Társaság is, melynek fő célja az etológia mint tudományos módszer megjelenítése a magyar természettudományban, oktatásban.

1973 más szempontból is fontos dátum az etológia történetében. Ekkor ítélték oda a Nobel-díjat három magát etológusnak valló zoológusnak: Konrad Lorenznek, Niko Tinbergennek és Karl von Frischnek. Mi, etológusok természetesen büszkék vagyunk erre a sikerre, ami e fiatal tudományág első nagy nemzetközi elismerése volt, ám vannak, akik máig a Nobel-díj bizottság egyik „nagy tévedésének” tartják. Hogyan kaphattak valakik orvosi-életteni Nobel-díjat azért, mert

„távcsővel a nyakukban nézegetik a vadon élő állatokat”, vagy abban élnek ki magukat, hogy libacsibékkal úszkálnak a tavakban? Nos, egy pillanatra próbáljuk meg elfogadni ezt az álláspontot, és nézzük meg, honnan jöttek, mit csinálnak ezek a magukat „etológusnak” valló biológusok, és esetleg valóban nem lehetne-e meg a világ nélkülük?

Kezdetben volt a morfológia, majd az anatómia, amely leírta a formák (növény-, illetve állatfajokat reprezentáló egyedek) szerkezetét, aztán jött a rendszertan, amely rendszerezte magukat a formákat („fajokat”). Alig több mint száz éve megjelent a biokémia, az élettan, majd a genetika, melyek az egyes formák egyedi szintjén vizsgálták működésük, fejlődésük, illetve szaporodásuk mechanizmusainak alapjait. Aztán kiderült, hogy ezeket „formákat”, illetve e formák közösségeit („populációit”) a környezettel együtt érdemes vizsgálni, és megszületett az ökológia. Röviden mindez úgy is összefoglalhatjuk, hogy hagyományosan az egyes tudományágak a biológiai szerveződés különböző szintjeit veszik górcső alá. Akkor rendben is volnánk. Vagy talán mégsem? Már Darwinnak is feltűnt, s talán ezért is tekintik őt sokan az etológia atyjának (is), hogy ebből a felépítményből valami hiányzik, hiszen az állatok esetében a viselkedés nem igazán sorolható be az említett biológiai szintek közé. Valóban, miért marad ki a viselkedés mint szerveződési szint, holott jól tudjuk, hogy az egyed viselkedésének mérhető paraméterei éppolyan fenoti-

pikus jellemzőknek tekinthetők, mint mondjuk a lábszárcsont hossza, a vérnyomás vagy a koleszterinszint. Az etológia éppen azért válhatott önálló tudománnyá, mert a viselkedés tanulmányozása alapvetően más módszereket igényel, mint az egyedi szint alatti jellemzők leírása. Lorenz egyik legfontosabb hozzájárulása a biológia tudományához éppen az a felismerés, hogy a viselkedést fenotípusos bélyegként kezelte, amely nemcsak az egyedre lehet jellemző, hanem a fajra vagy más rendszertani csoportra is, így ugyancsak más fenotipikus jellemzőkhöz hasonlóan hozzájárulhat a fajok közötti rokonsági viszonyok tisztázásához. Tehát akárhogya is nézzük, a viselkedés mindenképpen a biológiai szerveződés egyik külön szintje, és így a probléma továbbra is megmarad, amikor csupán két szerveződési szintet különböztetnek meg (infraindividuális és szupraindividuális), mint ahogy ez például az OTKA pályázati bizottságok esetében megfigyelhető.

Talán e kissé „különc” helyzet miatt a viselkedés kutatói hamar felismerték az interdiszciplináris kutatás jelentőségét. Az etológia születésével lényegében egyidőben indultak a neuroetológiai, magartásgenetikai, humánetológiai kutatások, amelyeket némi késéssel, de növekvő lendülettel követték az öko-etológiai, azaz közkeletű szóval viselkedésökológiai megközelítésen alapuló vizsgálatok. Egyre gyakribbak az olyan kutatási programok, amelyek nem korlátozódnak a viselkedés értelmezésére, hanem igyekeznek feltárni az adott viselkedés genetikai vagy neurobiológiai alapjait éppúgy, mint a viselkedés hozzájárulását az egyed életben maradásához. Azt is mondhatnák, hogy az etológia alkalmas terep lehet különböző tudományterületek összekapcsolására is. Példaként tekintünk a madárének-kutatás esetét. Talán már több is, mint kétszáz éve, hogy „rээрő” lelkes madárkedvelő, zoológuslelkületű természetbúvárok zongorahangra igyekeztek átirni a madarak énekét. Később „szakavatott” eto-

lógusok készítettek ezrével különböző madárfajok énekéről katalógust. Korán felmerült, de még mindig a viselkedésökológia egyik központi kérdése a madárének funkciójának vizsgálata, azaz: milyen szerepet játszik az ének a párválasztásban vagy területvédelemben. Ezzel párhuzamosan kezdődött meg az éneklés mint viselkedés mechanizmusának (neurális, hormonális aspektusok) feltárása. Ma sokan a madárének-tanulást mint az emberi nyelvtanulás egyik neurobiológiai modelljét tartják számon, és a genetikusoktól kezdve, neurobiológusokon és etológusokon át a viselkedésökológusokig vizsgálják. Reményeim szerint ebbe az integrációs folyamatba adnak betekintést a kollégáim által írt tanulmányok, amelyek nemcsak viselkedési szinten értelmezik a jelenségeket, hanem igyekeznek genetikai, neurobiológiai vagy éppen ökológiai szintű megközelítést is nyújtani, illetve érintik a teoretikus modellezés avagy a humán pszichológia határterületeit.

Végül két megjegyzés. Más tudományokkal szemben az etológia a kevésbé eszköz- és technológiaigényes területekhez tartozik. Talán ez is oka annak, hogy a magyar etológiai kutatások a világ élvonalába tartoznak. A kötet szerzői közül néhányan már külföldön öregbítik a magyar tudomány hírnevét, és aktív szerepük volt és van abban, hogy az általuk vezetett kutatásban az etológiai szemlélet megfelelő képviselőt kapjon.

A hazai etológia nemzetközi elismertségét jelzi, hogy 2005-ben Budapesten rendezük meg a több mint ötvenéves múltra visszatekintő Nemzetközi Etológiai Konferenciát. Ez nemcsak arra ad lehetőséget, hogy bemutassuk a magyar etológiai kutatás eredményeit, de bizonyára sok kezdő kutató számára is meghatározó jelentőségű élmény lesz. Nevükben is remélem, hogy etológiai kutatóink továbbra is élvezni fogják a hazai tudományos közvélemény erkölcsi és anyagi támogatását, hogy a jövőben képesek legyünk felvenni a versenyt külföldi kollégáinkkal.

EGY ÚJ TUDOMÁNYOS FORRADALOM: A MOLEKULÁRIS GENETIKA, AZ INFORMATIKA ÉS A VISELKEDEÉS TUDOMÁNYÁNAK INTEGRÁCIÓJA

Gerlai Róbert

PhD, tudományos főmunkatárs, Eli Lilly and Company, Lilly Research Laboratories
robert_gerlai@yahoo.com

Az elmúlt pár évtizedben szemtanúi voltunk a molekuláris genetika forradalmának. A gén koncepciójának megszületése után számtalan új, a gyakorlatban is alkalmazható molekuláris technológiát fejlesztettek ki, amely előre nem látott mértékben segítette elő az élőlények biológiai működésének megértését. A genetika forradalma azonban tatóongó őrnt hagyott maga után: számos más tudományág, mint például a neurobiológia és a viselkedéstudományok, nem tudtak lépést tartani a molekuláris genetika által diktált gyors fejlődéssel. Azonban a helyzet lassan kezd megváltozni. A jelen cikkben e változást, és a jövőbeli kutatások egy lehetséges irányát vázolom fel, különös tekintettel az állatok viselkedésének tanulmányozásában rejlő lehetőségekre. Véleményem szerint a számítógépesítés, az új mérnöki megoldások, a bioinformatika és viselkedéskutatásban bekövetkező koncepcionális változások egy új tudományág születéséhez fognak vezetni: a „Phenomics”, hasonlóan a „Genomics” tudományához, egy új evolúciós lépcsőt fog jelenteni a természettudomány fejlődésében.

A génmanipuláció fő alanya: a házi egér

Az agyműködés biológiai mechanizmusának megértése mind tudományos, mind pedig gyógyászati szempontból alapvető fontos-

ságú. Minden száz emberből egy szenved skizofréniában, az Alzheimer-kór konzervatív becslések szerint is több mint 1,5 millió embert érint csak az Amerikai Egyesült Államokban, autizmusban is milliók szenvednek, a depresszió és pszichózis a leggyakoribb kórok egyike. Mindezen betegségek részben az agyműködés meghibásodására vezethetők vissza, de mindmáig nem sikerült pontosan feltárni sem a betegséget kiváltó okokat, sem azt, hogy hol sérül az agyműködés mechanizmusa. Így hatékony gyógyításuk sem lehetséges. Az agyműködés biológiai mechanizmusait kutatva a kutatók között kialakult egy megegyezés: egy közösen elfogadható „modellállatra” van szükség, amely lehetőséget ad genetikai és egyéb beavatkozások hatásának kipróbálására. A választott modellállat a házi egér (*Mus musculus domesticus*) lett, mert számos praktikus előnye mellett (könnyű tartani és szaporítani) magatartása és agyának működése komplex, és sok tekintetben hasonlít az emberéhez. Egy másik fontos szempont volt, hogy ez a faj alkalmas a genetikai mérnökösködéssre. Rekombináns genetikai módszerek segítségével az egerek DNS-ébe mesterséges módon mutáns géneket lehet beültetni. A mutáns gén aztán nagy mennyiségben termelhet mRNS-t, azaz mesterségesen megnövelt gén-expressziót lehet elő-

idézni. De ennek ellenkezőjét is el lehet érni, azaz le lehet csökkenteni, vagy teljesen meg is lehet szüntetni a gén expresszióját („null” mutáció). Az így kialakított úgynevezett „transzgénikus” egerekben egyetlen gén funkcióját változtattuk meg, és ez lehetővé teszi, hogy az általunk kiszemelt gén fenotípusra (a megfigyelhető tulajdonságokra) gyakorolt hatását vizsgáljuk. Egy másik lehetőség mutáns gének létrehozására, hogy kémiai úton idézünk elő úgynevezett random mutagenézist. Az etil nitrozourea (ENU) nevű mutagén pontmutatót okoz az egér DNS-ében. A transzgénikus egerekkel ellentétben azonban ez a mutáció véletlenszerűen, és nem egy előre kiszemelt génben fordul elő. Ez a módszer ezért inkább arra alkalmas, hogy eddig ismeretlen gének hatását fedezzük fel, és a fenotípusos elváltozások alapján új, az agy működésében fontos szerepet játszó géneket találjunk. A fenotípus vizsgálata tehát mind a transzgénikus egerek, mind pedig a random mutagenézissel kialakított mutáns egerek esetében alapvető fontosságú. (Az egérgenetika módszereiről és a módszerek alkalmazásáról az olvasó részletesebben a Wim E. Crusio és Gerlai Róbert (1999) által szerkesztett kézikönyvben kaphat információkat.)

A viselkedésvizsgálatnak alapvető szerepe van az agykutatásban

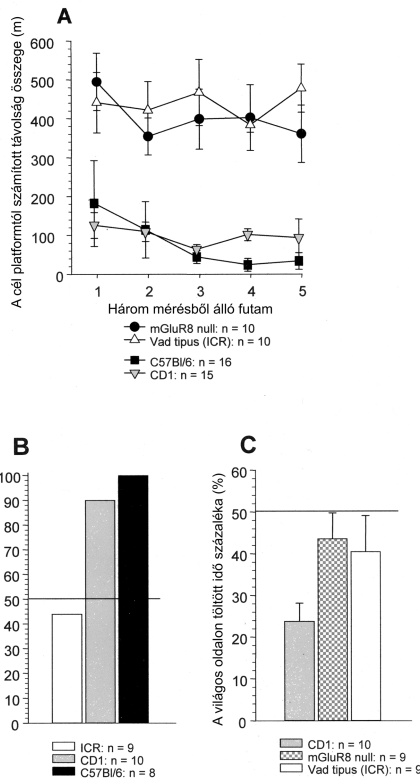
A fenotípus vizsgálata azonban igen bonyolult, különösen, ha az agyműködés következményeképpen jelentkező viselkedési elváltozások elemzéséről van szó (Gerlai, 2001). Mindazonáltal több kutató, köztük jómagam is, azon a véleményen van, hogy az agyműködés egyik legobjektívabb és legpontosabb vizsgálatának módja a viselkedés tanulmányozása (Gerlai–Clayton, 1999). Az agy egyik legfontosabb szerepe, hogy az adott környezet figyelembevételével megfelelő viselkedési válaszokat adjon. A viselkedés vizsgálata lehetővé teszi, hogy

az agy működését az agyterülettől, illetve a neurobiológiai mechanizmustól függetlenül vizsgáljuk, azaz objektív módszerünk van arra, hogy egy mesterségesen előidézett mutáció hatását, a mutáció okozta neurobiológiai elváltozásokat felfedezzük és jellemezzük. A viselkedési fenotípus vizsgálatának fontosságát mások is felismerték. Több kutató összefogásából az USA-ban nemrég elindult a *The Mouse Phenome Project* elnevezésű kutatási program (Paigen–Eppig, 2000), amely azt a célt tűzte ki maga elé, hogy részletesen leírja és katalógusba foglalja az egér viselkedési tulajdonságait. Mint ahogy a *Mouse Genome Project* feltérképezte az egér DNS-ét (azaz leírta a nukleotidák szekvenciáját), úgy a *Mouse Phenome Project* részletes információkat fog szolgáltatni az egér viselkedési és egyéb fenotípusos jellemzőiről.

A régi módszer: az elveszett kulcsot csak a lámpa fénye alatt kerestük

Bár sokan elfogadják a viselkedéskutatás fontosságát, a tesztek gyakran nagyon lassúak és munkaidényesek, és ezért túlságosan szűkre szabottak. Számos cikk jelent meg még olyan neves tudományos lapok hasábjain is, mint a *Science* és a *Nature*, melyben a kutatók technikailag briliáns módszerekkel megváltoztatták az általuk kiszemelt gén működését, de a kitenyészett mutáns egér fenotípusát csak igen elnagyolva és csak az általuk kiszemelt szubjektív szempontoknak megfelelően elemezték. Azaz a kulcsot csak a lámpa fénye alatt keresték. Így fordulhatott elő, hogy az aCamKII (egy calmodulin-függő kináz egyik alegységét kódoló gén) nullmutáns egérről, amelyről utóbb kiderült, hogy abnormálisan félénk, úgy gondolták, hogy a tanulásban van elmaradva (például Silva et al., 1992), holott a mutáns egerek csak ijedtükben felejtették el, hogy mit kellett volna csinálniuk a Morris-féle térbeli tanulás-tesztben (az eredeti hipotézis az volt,

1. ábra • A viselkedés analízise nem mindig egyszerű. Az mGluR8 null mutáns egerek tanulási képességének vizsgálatakor derült ki, hogy nem képesek még az egyszerű asszociatív tanulásra sem. Az (A) panel mutatja, hogy a Morris-féle vizes labirintusban az mGluR8 null mutáns egerek nem voltak képesek megtanulni, hogy a víz felszíne alatt levő platform helyét egy vizuális jel, egy zászló mutatta. Azonban részletesebb vizsgálat kimutatta, hogy a kontroll- („vad típus”) egerek sem találták meg a platformot. Mind a mutáns, mind pedig a vad típusú egerek az ICR albinó egértörzstől származtak. Más egértörzsből származó egerek, például a C57BL/6 (fekete) vagy a CD1 (albinó) egerek könnyedén megtanulták a tesztet, és megtalálták a platformot. További vizsgálatok derítették ki, hogy az ICR törzsből származó egereknek nem a tanulási képességgel, hanem a látással van problémájuk. A vizuális szakadék teszt (B) alkalmas a látás vizsgálatára. Az állatoknak egy lécről lenézve kell eldönteniük, hogy melyik a biztonságos oldal, a fedett kemény felület vagy a látszólag mély szakadék. Az ábra az egerek arányát mutatja, melyek a biztonságos oldalra léptek le. Az ICR törzsből származó egereknek csak 42 % választotta a biztonságos oldalt, ami nem tér el szignifikánsan a random 50 %-os (egyenes vonal) választástól. Azonban a szintén albinó CD1 és a fekete C57BL/6 egerek több mint 90 % választotta a biztonságos oldalt. Mivel a választás



egyedül vizuális ingerek alapján történik (az egerek nem tudják megtapintani egyik oldalt sem, és mindkét oldal egyforma üveglappal van befedve, csak az egyik alatt tátongó ür míg a másik alatt egy falp van), így az eredmények azt sugallják, hogy az ICR egerek nem látnak. Azt, hogy az ICR egerek teljesen vakok e (C) panel eredményeiből tudjuk eldönteni. Ebben a kísérletben az egereknek egy két kompartmentből álló dobozban kellett sétálniuk. Szabadon választhattak a sötét és a világos oldal között. Általában az egér éjszakai állat lévén, a sötét oldalt választja. Valóban, a CD1 egerek idejük kevesebb mint 30 %-át töltötték a világos kompartmentben, míg az ICR törzsből származó egerek (az mGluR8 null mutáns és a vad típusú egerek) több mint 40 %-ot. Az utóbbi szám szignifikánsan magasabb, mint a 30 %, és majdnem eléri a random-szintet, azaz 50 %-ot. Ez azt sugallja, hogy az ICR egerek nagyon rosszul látnak, és bár lehet, hogy nem teljesen vakok, alig tudják megkülönböztetni a sötétet a világostól. Az ábrán (A és C) az átlag, illetve a Standard Error van feltüntetve. Az „n” a kísérletben mért egerek számát jelzi. Az 50 %-os véletlen szintet egyenes vonal mutatja. Részletesebb magyarázat, illetve a kísérleti módszerek leírása Gerlai és munkatársainak (2002) cikkében található meg. Az ábra ezen cikkekből vett eredményeken alapul.

hogy a CamKII fehérje a tanulásban játszik szerepet, így a kutatók csak ezt vizsgálták). Hasonlóan az mGluR8 mutáns egerekről azt feltételezték, hogy szorongásban szenvednek (Linden et al., 2002). A kutatócsoport a szorongás ellen igyekezett gyógyszert kidolgozni, így a munka erre a problémára összpontosult. A kutatók kimutatták, hogy az mGluR8 null egerek különösen szoronganak, amikor erős megvilágítású dobozban vannak. Utóbb derült csak ki, hogy az ICR nevű egértörzs, amit a mutáns egér kialakítására használtak hordozta a retina degenerációját előidéző gén egy variánsát (az *rdallélt*), a kutatók tehát majdnem teljesen vak egerek fényre való reakcióját vizsgálták, és így eredményeik nehezen értelmezhetők (Gerlai et al., 2002).

Viselkedési tesztrendszerek: a fenotípus szisztematikus feltérképezése

Ahogy a fenti példák is mutatják, a túlságosan szűkre szabott és csak a viselkedés bizonyos aspektusait vizsgáló kutatás veszélye, hogy alapvetően korlátozza a genetikai manipuláció (a mutáció) által előidézett idegrendszeri elváltozás megfelelő értékelését. Éppen ezért egyes kutatók javasolják, hogy részletes, a viselkedés számos aspektusát vizsgáló teszt-sorozatot kell végezni (Crawley–Paylor, 1997). Néhány ilyen „teszt-csomag” már létezik is. Az ismertebbek közül talán a SHIRPA tesztrendszert lehetne megemlíteni (Hatcher et al., 2001), amely már előzőleg alkalmazott és jól ismert viselkedésteszteket foglal magába. Egy másik csomag a CANTAB rendszer (<http://www.camcog.com>), amely egy ötletes és mind emberi, mind pedig állatkísérletekre alkalmazható számítógépesített teszt-sorozat. Ezek a teszt-csomagok többek között lehetővé teszik a mozgásfunkciók, az érzékelés, a motiváció, a tanulás és a félelem vizsgálatát, és így teljesebb képet adnak a viselkedési fenotípusról.

Vajon mennyi viselkedési teszt szükséges a fenotípus leírásához? Vannak, akik azt vallják, hogy az egér viselkedése viszonylag egyszerű (még a patkányéhoz képest is), így egy tucat teszttel is elég jól le lehet írni az egér magatartását. Mások szerint az egerek agya elég bonyolult ahhoz, hogy az egér számtalan viselkedési tulajdonsággal bírjon. Én az utóbbi elképzeléssel értek egyet. Ráadásul nagyon valószínű, hogy egy új mutáció olyan új, nem várt változásokat okoz az agyban, amelyeket egy néhány tesztből álló rendszer nem képes kimutatni. Az is megfontolandó, hogy bár az emlősök génjeinek száma nyilvánvalóan véges (jelenleg mintegy 40 ezerre becsülik), és így az agyműködés mögött rejlő biológiai mechanizmusok száma is feltehetően korlátozott, ez nem jelenti azt, hogy az agyműködés funkcionális „egységeinek” száma is csupán 40 ezer. Ezeket a funkciókat, így a viselkedést is, nemcsak a 40 ezer gén és ezek számtalan kombinációja befolyásolja, hanem a feltehetően még nagyobb számú és folytonosan változó környezeti tényezők hatása is. A környezeti hatások a gének hatását is bonyolult módon változtathatják meg, amit „gén-környezet interakciónak” hívunk. Összefoglalva tehát a viselkedési „fének” (fenotípusos tulajdonságok) száma feltételezhetően óriási. A teljes fenotípusos analízis még igen nagy számú teszt alkalmazásával is csak egy álom.

A tesztrendszereket illetően egy másik sokat vitatott kérdés az, hogy vajon szükség van-e standard tesztekre, vagy jobb lenne minden mutánst a mutációnak megfelelő speciális tesztekkel vizsgálni. A standardizálás mellett szól, hogy ez lehetővé tenné a különböző laboratóriumokban mért eredmények összehasonlítását, ez azonban azt is jelentené hogy a tesztek merevek és változtathatatlannak. Ez viszont oda vezethet, hogy nem lesznek alkalmasak az új mutáció által okozott idegrendszeri elváltozások megfelelő jellemzésére. Úgy tűnik, hogy a vita ered-

ményeként egyfajta kompromisszum kezd kialakulni: a standardizált tesztekre szükség van, mert ezek egy referenciapontot jelentenek, de a speciális tesztekre is szükség van, mert ezek lehetővé teszik a rugalmas és kreatív viselkedési analízist.

A gének és a környezet közötti interakció fontosságát is kezdik felismerni a molekuláris genetikai kutatók. Ez a magatartásgenetikában régóta ismert jelenség, számos fejlődést okozott a kutatóknak. Néha a mutáció környezettől függő módon, hol ezt, hol azt a változást eredményezte. Így felismertük, hogy a környezeti faktorok kontrollálása éppolyan fontos, mint a genetikai tényezők (Gerlai, 1996). Sok molekuláris biológus felejtette el, hogy az általa módosított és mesterségesen beültetett „transzgén” nem az egyetlen olyan gén, ami az agy működését befolyásolja. Számtalan más gén, az úgynevezett „genetikai háttér” is fontos szerepet játszik (bővebben lásd Gerlai, 1996). Végül, de nem utolsósorban az etológiai, illetve ökológiai szempontok figyelembevételére is számos kutató hívta fel a figyelmet (Gould, 1974; Gerlai–Clayton, 1999), hiszen csak így nyílik mód arra, hogy megértsük a magatartás mögött rejlő biológiai/genetikai tényezőket. A mesterséges, az állat természetes viselkedését figyelmen kívül hagyó kísérletek nem hoznak értelmezhető eredményeket. Az etológiai szemléletmód hatására koncepcionálisan új tesztek születnek, melyek igen hasznosak az agyműködés genetikai tényezőinek vizsgálatára.

A tesztrendszerek szerkezete a tudományos kérdéstől függ

A viselkedési tesztrendszerek hierarchikus felépítésűek. Először általánosabb és kevésbé specializált tesztek alkalmaznak, melyek számos idegrendszeri elváltozásra érzékenyek. Ezt követik az egyre célzottabb, speciálisabb tesztek, melyek lehetővé teszik, hogy részletesebben megvizsgálják a mutá-

ció által előidézett elváltozásokat, azaz pontosítsák a diagnózist. A tesztrendszer összeállításának kérdése azonban még nyitott. Gyógyszerkutató intézetek, illetve orvosi kutatással foglalkozó laboratóriumok esetében a fő szempont a betegség maga, illetve az, hogy a tesztrendszer megfelelően tárja fel a betegség tüneteit és mechanizmusát. Így például az Alzheimer-kór vizsgálatára kialakított tesztrendszer feltehetőleg a memória jellegzetességeire fog összpontosítani olyan tesztekkel, melyek a figyelmet, a rövid és hosszú távú memóriát, illetve az úgynevezett „gondolati vezérfunkciót” (executive function) vizsgálják, hasonlóan ahhoz, ahogy ezeket a memóriával és tanulással kapcsolatos jellegeket a humán klinikumban vizsgálják. Más kutatási irány esetén előnyös lehet, ha a tesztrendszert a neurobiológiai mechanizmusok szerint alakítják ki. Például a memória elemzése esetén a kutató vizsgálhatja, hogy vajon a memória kiépítése, a memória konszolidációja (megerősítése illetve megtartása) vagy felidézése megváltozott-e a mutáció következtében. Ha valaki vizsgolt a különböző agyi struktúrákban bekövetkezett esetleges változásokra kíváncsi, akkor úgy szervezheti meg a tesztrendszert, hogy az lehetővé tegye például az úgynevezett „procedurális tanulás” (cerebellum-funkció), a reláció-tanulás (például térbeli tanulás: hippocampus-funkció), az elemi tanulás (agykéreg-funkció), avagy emocionális tanulás (amygdala-funkció) vizsgálatát. Sok esetben a tesztrendszerek alapvetően különböző eredményekre vezetnek a közöttük lévő átfedések ellenére. Azonban az is fontos, hogy egy adott tesztrendszeren belül számos tesztnek kell ugyanarra a viselkedésre vonatkozó adatokat szolgáltatnia. Egy teszt sohasem elég, mert eredményei önmagában félrevezetőek lehetnek. Így például a relációs tanulás vizsgálata esetén a hibás következtetések elkerülésére olyan tesztek kell alkalmazni, melyek ugyanarra

a neurobiológiai mechanizmusra (ebben az esetben a hippocampus működésére) érzékenyek, de különböző mozgási, érzékelési és motivációs jellegzetességekkel rendelkeznek. Csak ebben az esetben tudjuk ugyanis eldönteni, hogy a mutáció okozta elváltozás valóban a relációs tanulást, illetve a hippocampus működését befolyásolta, és nem pedig a fenti jellemzők (mozgás-, érzékelési képesség, motiváció) megváltozásán keresztül hatott a viselkedésre.

Gyorsabb, jobb, és automatikus viselkedési tesztek: a jövő szele?

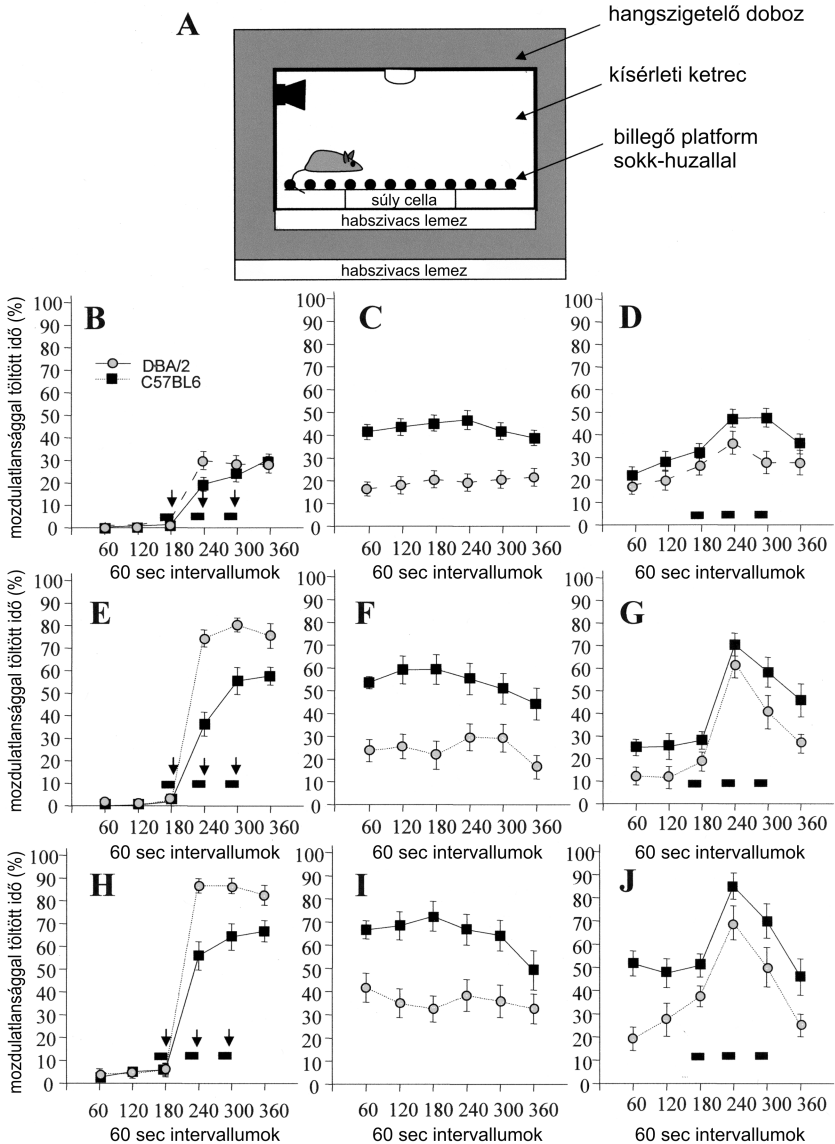
A fentiekből világosan kitűnik, hogy egy tesztrendszer összeállítása óriási kihívást jelent. A rendszer optimalizálása nem egyszerű feladat. A legalapvetőbb probléma praktikus jellegű: a viselkedéselemzés sok időt és helyet igényel. Hogyan lehet pontosan és gyorsan vizsgálni, hogy milyen funkcionális eltéréseket okozott a mutáció? Vajon a minőség rovására megy a gyorsaság? Egy lehetséges megoldás az, ha a párhuzamosan működtethető viselkedési berendezések számát megnöveljük, azaz több kísérleti állatot mérünk egy időben. A másik megoldás szerint a teszt által nyújtott információ mennyiségét növeljük, és olyan tesztet alkalmazunk, amelyben egyidejűleg sokféle viselkedési paramétert lehet mérni. Az is fontos, hogy berendezésünk flexibilis, azaz többféle agyfunkció jellemzésére is képes legyen.

Ma már akár egy átlagos számítógép is alkalmas arra, hogy számtalan viselkedésmérő berendezést vezéreljen, és gyorsan és hatékonyan analizálja a mért adatokat. Ékes példája a fejlődésnek egy nemrég kifejlesztett rendszer, amely a kísérleti állat mozgását egy úgy nevezett erő-transzdukáló rendszer (force transducer system) segítségével méri (MED Associates, Vermont USA). A rendszer nyolc tesztapparatust képes egyszerre működtetni, és számtalan mozgásparaméter mérésére lehet beprogramozni. A rendszert

laboratóriumomban (Eli Lilly and Company, Neuroscience Research, Indianapolis) továbbfejlesztettük, és lehetővé tettük, hogy az eredetileg a nagy súlyú patkányra kidolgozott berendezés az apró egér mozgását is megfelelően mérni tudja (Fitch et al., 2002).

A kísérleti állat mozgásától függően az erő-transzdukáló berendezés különböző „erő-mintázatokat” (különböző frekvenciával és amplitúdóval rendelkező elektronikus hullámokat) regisztrál. Jelenleg azon dolgozunk, hogy a hullámformák mintázata alapján azonosítani tudjuk a megfelelő magatartás-elemeket. A „lefagyás” (freezing) nevű viselkedésformát egyszerű mérni, hiszen csak a mozgás teljes hiányát kell regisztrálni. Azonban a két lábra való ágaskodást, a tisztálkodást vagy ugrást már sokkal nehezebb ezzel a módszerrel felismerni. Azonban némi programozási tehetséggel remélhetőleg hamarosan ez a probléma is megoldódik, s a rendszer alkalmas lesz számtalan magatartás-elem pontos mérésére. Miért érdekesek ezek a magatartás-elemek? Miért nem elég csupán az állat aktivitásának hagyományos módon történő regisztrálása? Mert nem mindegy, hogy a kísérleti állat azért nem mozog, mert remegve és a félelemtől megdermeve ül a sarokban, vagy békés nyugalommal nyalogatja a szőrét, vagy netán úgy unja már a tanulástesztet, hogy el is aludt. Ezidáig viselkedéselemeket csak közvetlen megfigyelés révén tudtuk mérni, azaz a kísérletezőnek kellett nézni az állatokat és papírra vetni vagy számítógépbe írni, hogy milyen magatartásmintázatokat figyelt meg. Ez nyilvánvalóan igen időigényes, és fárasztó. Az erő-transzdukációs rendszer további előnye, hogy a berendezést mindenféle tartozékkal is fel lehet szerelni, így például alkalmassá lehet tenni a legkülönfélébb tanulási tesztekre.

Talán még ennél is kifinomultabb az a berendezés, melyet egy biotechnológiai cégnél, a PsychoGenicsnél (Terrytown, NY,



2. ábra • Az erő-transzdukciós rendszer eredetileg a patkány mozgásának analizésére került kidolgozásra. Számos hardver- és szoftver-módosítás után a berendezés alkalmas lett a kis testsúlyú egér mozgásának analizésére. Az ábrán (A) az erő-transzdukciós rendszer sémája látható. A platform, amely elektromos sokk-huzalokat is tartalmaz, az erő-transzdukáló „súly-cellára” van rögzítve. A platform legkisebb mozgása is

torziós erőt kelt, és ez a súly-cellában elektromos jelet indukál. Az elektromos jelet egy elektronikus szűrő-erősítő felerősíti, és egy számítógép analizálja. Az ábra többi része az erő-transzdukciós rendszer által automatikusan mért viselkedés (mozdulatlanság) mértékét (B, C, D) hasonlítja össze egy számítógépes programmal (Noldus Observer Event Recording) rögzített, de a kísérletező megfigyelésén alapuló adatokkal (E, F,

G), és hagyományos, papír-ceruza módszerrel, szintén emberi megfigyelésen alapuló eredményekkel (H, I, J). A kísérlet egyébként egy félelemkondicionálási teszt, amely egy asszociációs tréningből (B, E, H; sokk + hangjel), egy kontext (hely) felismerési tesztből (C, F, I; nincs sokk és nincs hangjel), és egy hangjelfelismerési tesztből (D, G, J; nincs sokk + hangjel) áll. A hangjel időzítését három vastag rövid vonal mutatja, és az elektromos sokk kibocsátását a nyilak jelzik. Az ábra két beltenyészett egértörzs (a DBA/2 és a C57BL/6) viselkedésének átlagát és a Standard Errort mutatja. Mindkét egértörzsből negyven



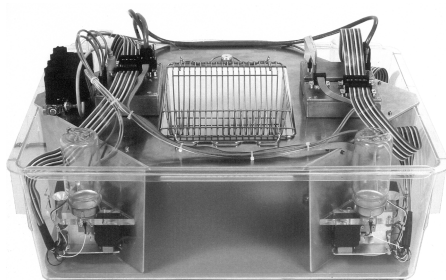
3. ábra • A SmartCube rendszer (PsychoGenics Inc.) lesz az első berendezés, amely számtalan mozgásmintázatot, azaz magatartáselemet fog automatikusan, nagy sebességgel és kapacitással érzékelni és analizálni. A SmartCube robot hardverrel, számítógépes látással, és számtalan neurológiai mérőberendezéssel lesz felszerelve. Ezenkívül képes lesz arra, hogy önmagát tanítva (machine-learning algoritms) egyre pontosabban felismerje a viselkedés különféle elemeit. A magatartásmérésben szokásos frekvencia-, intenzitás és időtartam-mértékeken felül, a berendezés az úgynevezett tranzíciós táblázatot is elemzi, azaz azt, hogy mely viselkedés követi időben a másikat. A viselkedési tulajdonságokon felül, a berendezés fiziológiai paramétereket (például a szívverés ritmusát, vérnyomást, stb.) is regisztrálni fog. (Ábra és információk a PsychoGenics engedélyével.)

állatot vett részt a kísérletben. Az erő-transzducerrel (B, C, D) minden állatot megmérünk, míg a többi mérésben videokazettára rögzített felvétel segítségével ezen állatok közül random módon kiválasztott húsz egér viselkedését elemeztük. Fontos megjegyezni, hogy a két, emberi megfigyelésen alapuló mérést (E, F, G és H, I, J) két külön személy végezte (ugyanazon állatokról készült felvételek alapján), és az eredmények igen hasonlóak. Az ábrából az is látszik, hogy az erőtranszdukciós rendszer is igen hasonló eredményeket produkált, azaz alkalmas volt arra, hogy a két egértörzs közötti különbségeket érzékelje.

USA) fejlesztenek ki. A SmartCube-nak nevezett berendezés számítógépes képanalízis alapján működik. Az ötlet azon alapszik, hogy az állatok viselkedését három dimenzióban úgynevezett *image analysis* (képanalízis) segítségével mérjük. A számítógép a felvett képet pixelről pixelre analizálja, és minden pixelbeli változást (mozgást) érzékeli. A több kamerából kapott képet aztán egy szoftver segítségével integrálják, és így a pixelekből történt időbeli változásokat három dimenzióban képesek értékelni. Azonban a dolog lényege nem ebben rejlik. A képanalízis legfontosabb eleme, hogy a számítógép (legalábbis a PsychoGenics dolgozó szerinti), képes lesz megtanulni, hogy bizonyos pixelváltozás-mintázatok egy-egy magatartáselemnek felelnek meg. Így a szoftver egyre több magatartáselemet fog „felismerni”, egyre kifinomultabb méréseket tud majd végezni, és számtalan magatartáselemet mér igen nagy pontossággal, és ráadásul gyakorlatilag korlátozatlan számú berendezéssel. Azaz egy kis szobában annyi munkát fognak tudni elvégezni pár nap alatt, amennyit egy emberi megfigyelésen alapuló vizsgálatban akár kutatók százai végeznének éveken át egy egész egyetemi épületben. A sebesség önmagában persze nem nagy előny. Azonban lehetővé teszi, hogy a kutatók az összes jelenleg forgalomban levő és a viselkedés szempontjából érdekes

gyógyszert kipróbálják és a viselkedésre kifejtett hatásukat jellemezzék. Az adatok segítségével a gyógyszereket aztán kategorizálják, és egyfajta viselkedésmintázattal jellemzik őket. Így ha egy új kémiai vegyület vizsgálatára kéri fel őket, az új vegyület viselkedési mintázata alapján rögtön meg fogják tudni mondani, hogy vajon az új gyógyszer olyan-e mint például a Prozac (egy depresszió elleni gyógyszer, amely a serotonin nevű neurotransmitter idegsejtbe való felvételét és lebontását gátolja), vagy úgy hat-e mint egy AMPA-R aktivátor (egy glutamin neurotransmitter receptor „potenciátor”, amiről úgy hiszszük, elősegíti a tanulást).

Egy másik említésre méltó új berendezés már borsos áron ugyan, de meg is vehető (kb. 30 ezer amerikai dollár). Az „IntelliCage”



4. ábra • Az IntelliCage (NewBehavior Inc.) lehetővé teszi, hogy egerek viselkedésének számos jellemzőjét hosszú időn keresztül, az egerek megzavarása nélkül nyomon kövessük. A berendezésben négy tanulás-sarok van, melyek egy-egy antennával vannak felszerelve. Az antennák érzékelik az egyes egerek mozgását, illetve jelenlétét, amit az egerekbe beültetett egyedi microchip tesz lehetővé. A berendezés így pontosan nyomon tudja követni, hogy melyik egér hol tartózkodik, és hogy milyen gyorsan mozog. A tanulás-sarokok beépített fotocellával (infravörös detektorokkal) is fel vannak szerelve. A sarokok még tartalmaznak apró nyílásokat is (nose-poke receptacle), melyekbe az egereknek be kell dugni az orrukát, hogy a nyílás mellett lévő kis itatóból jutalomtejet vagy cukros vizet kapjanak. A „rossz

elnevezésű készüléket egy svájci cég (NewBehavior Inc., Zürich), gyártja Hans-Peter Lipp, a híres neuroanatómus magatartás-genetikus vezetésével. A berendezés rádió-transzponder technológia segítségével figyeli, hogy a benne szaladgáló egerek éppen hol és mit csinálnak. A készülék minden egyes egeret, melybe egy egyedi microchipet ültettek be, meg tud különböztetni, így értékelni tudja, hogy melyik egér dolgozik azon, hogy mihamarabb megkapja a jutalmát az ételosztóból, melyik szaladgál fejt vesztve a ketrec közepén, és melyik ül a bonyolult berendezésből kiábrándult módon a sarokban. Bár első látásra talán nem nyilvánvaló, az IntelliCage a természetes környezetnek (több tagból álló egércsolesség) megfelelő helyzetben is képes méréseket végezni.

tanulóknak” büntetés jár. Ezek az egerek jutalom helyett egy apró fűvókából erős levegőfuvallatot kapnak. A berendezés az egerek hőmérsékletét is méri. Az érzékelőkből elvezetett jeleket, illetve a különböző stimulusok időzítését mikroprocesszorok segítségével egy központi számítógép dolgozza fel, illetve irányítja. A központi számítógép raktározza el az adatokat is. Az egyes egerekről gyűjtött adatokat a számítógép képes megkülönböztetni, így lehetőség van arra, hogy az egyedi kísérleti alanyok képességeinek, tanulási eredményeinek megfelelően automatikusan változzanak a tanulás kritériumai. A rosszul tanulóknak kevésbé bonyolult, a jobbaknak komplikáltabb feladatokat lehet kijelölni, s mindezt anélkül, hogy a kísérlet alatt akár egyszer is hozzányúl-nánk az egerekhez (persze azért az egérketrecet rendszeresen tisztítani kell, de ezt a kísérleti időn kívül is el lehet végezni). A kitzethető tanulási feladatok száma szinte végtelen. A NewBehavior Inc. párat említ, úgymint: térbeli tanulás, vizuális megkülönböztetés, ízpreferencia, illetve megkülönböztetés, különféle operáns tanulási tesztek és tér-idő kondicionálás. Ezenfelül számos szociális, a fajtársak között történő interakciót is lehet elemezni, például a jutalomért vagy ennivalóért való versengést, dominancia-rangsort, stb. (Ábra és szöveg a NewBehavior Inc. engedélyével.)

Bioinformatika és többváltozós statisztika: alapvető eszközök a jövő viselkedéskutatásában

A fent bemutatott berendezések hatalmas mennyiségű adatot szolgáltatnak. Ezek elemzése és megfelelő értelmezése bonyolult bioinformatikai feladat. Többváltozós statisztikai módszerekre, illetve komplikált mintázatelemzésre is szükség lehet. Ráadásul a fenotípus vizsgálata általában nem ér véget a viselkedés elemzésével. Már van mód arra, hogy szabadon mozgó egerek idegsejtjeinek aktivitását mérjük elektrofiziológiai eszközökkel, azaz lehetségessé vált, hogy vizsgáljuk egy szabadon mászkáló egér hippocampusában található piramis sejtek (az úgynevezett „hely” sejtek) működését. Ezek az idegsejtek felelősek a térbeli, illetve a relációs tanulásért. A viselkedési és elektrofiziológiai adatok együttes elemzése még fokozottabb igényt támaszt majd a bonyolult adatfeldolgozásra. Mindez bár komplikáltnak tűnik, de lehetőséget fog adni arra, hogy eddig fel nem ismert idegrendszeri, illetve viselkedési mintázatokat fedezzünk fel. Mint ahogy eleinte nem látjuk a mozaikkép mögött rejlő emberi arcot, ugyanúgy ezek nélkül a matematikai eszközök nélkül lehet, hogy sosem tudnánk felismerni, vajon mit mutat a kép. Minden bizonnyal a számtalan paraméterből összeálló mozaik pontosabb képet ad majd az agyműködésről és annak elváltozásairól, a gének szerepéről és betegségekkel kapcsolatos problémákról.

A különféle eredményeket összefoglaló adatbázisokra is szükség lesz. Ezekben minden egyes kísérleti eredményt katalogizálnak, úgy, hogy az adatokat érdeklődésünknek, illetve kísérleti kérdéseinknek megfelelően lehet majd csoportosítani és rendszerezni. Ilyen adatbázisok ugyan ma még nem léteznek, de a csírájuk már megtalál-

ható. Például a Jackson Laboratórium által fenntartott internetes *Induced Mutant Resource* (IMR) adatbázis (<http://www.jax.org/imr/index.html>), vagy a *Transgenic Targeted Mutation Database* (TBASE; <http://tbase.jax.org/>), valamint a BioMedNet által fenntartott *Mouse Knockout and Mutation Database* (<http://research.bmn.com/mkmd>) már átfogó információkat nyújt transzgenikus egerekről. Szintén elkezdtek működni olyan nyílt internetes fórumok, melyek lehetővé teszik az elképzelések és adatok szabad áramlását (Surjo–Arndt, 2001). Bioinformatikai eszközök, melyeket eredetileg a genetikai információk feldolgozására fejlesztettek ki, fontos szerepet fognak majd játszani a viselkedési és egyéb fenotípusos adatok feldolgozásában, értékelésében.

Új tudományág születésének vagyunk szemtanúi: a *phenomics* hasonlóan a *genomics* tudományához egy forradalmat jelent majd a fenotípus elemzésével kapcsolatos vizsgálatokban. Hardver- és szoftvermérnökök dolgoznak majd együtt viselkedéskutató és neurobiológus kollégáikkal, hogy közösen oldják meg az évszázad nagy kérdését: miként szabályozzák a gének az agy működését. De ez nem csupán egy izgalmas tudományos kérdés. Megválaszolása lehetővé fogja tenni azt is, hogy új módszereket dolgozzunk ki számtalan, az emberi agyat érintő betegség gyógyítására. A fenotípus kifinomult módszerekkel való vizsgálata, csakúgy mint az elegáns genetikai módszerek, fontos szerepet fog játszani e cél elérésében.

Kulcsszavak: *agykutatás, egér, fenotípus-vizsgálat, genetika, idegrendszer, magatartás, mutáció, transzgen technológia*

Köszönetemet szeretném kifejezni dr. Gabos Györgynek és Gerlai Júliának, hogy értékes bírálatukkal segítették e cikk megírását.

IRODALOM

- Crawley, Jacqueline N. – Paylor, Richard (1997). A Proposed Test Battery and Constellation of Specific Behavioral Paradigms to Investigate the Behavioral Phenotypes of Transgenic and Knockout Mice. *Hormones and Behavior*. **31**, 197-211.
- Crusio, Wim E. – Gerlai, Róbert (eds.) *Handbook of Molecular-Genetic Techniques for Brain and Behavior Research*, Elsevier, Amsterdam
- Fitch, Thomas – Adams, B. – Chaney, S. – Gerlai R. (2002). Force Transducer Based Movement Detection in Fear Conditioning in Mice: A Comparative Analysis. *Hippocampus*. **12**, 4-17.
- Gerlai Róbert – Adams, B. – Fitch T. – Chaney, S. – Baez, M. (2002). Performance Deficits of Mglur8 Knockout Mice in Learning Tasks: The Effects of Null Mutation and the Background Genotype. *Neuropharmacology*. **43**, 235-249.
- Gerlai Róbert (2001): Behavioral Tests of Hippocampal Function: Simple Paradigms, Complex Problems. *Behavioural Brain Research*. **125**, 269-277.
- Gerlai Róbert – Clayton, Nicola S. (1999): Analysing Hippocampal Function in Transgenic Mice: An Ethological Perspective. *Trends in Neurosciences*. **22**, 47-51.
- Gerlai Róbert (1996). Gene Targeting Studies of Mammalian Behavior: Is It the Mutation or the Background Genotype? *Trends in Neurosciences*. **19**, 177-181.
- Gould, James L. (1974). Genetics and Molecular Ethology. *Zeitschrift für Tierpsychologie*. **36**, 267-292.
- Hatcher, Jonathan P. – Jones, D. N. C. – Rogers, D. C. – Hatcher, P. D. – Reavill, C. – Hagan, J. J. – Hunter, A. J. (2001). Development of SHIRPA to Characterize the Phenotype of Gene-Targeted Mice. *Behavioural Brain Research*. **125**, 43-47.
- Lindén, Anni-Maija – Johnson, B. – Peters, S. – Shannon, H. – Tian, M. – Wang, Y. – Yu J. – Koster, A. – Baez, M. – Schoepp, D. (2002). Increased Anxiety-Related Behavior in Mice Deficient for Metabotropic Glutamate 8 (Mglu8) Receptor. *Neuropharmacology*. **43**, 2, 251-260.
- Paigen, Kenneth – Eppig, Janan T. (2000). A Mouse Phenome Project. *Mammalian Genome*. **11**, 715-717.
- Rousseau, Jacob B. – Lochem, P. B. A. – Gispen, W. H. – Spruijt, B. M. (2000). Classification of Rat Behavior with an Image-Processing Method and a Neural Network. *Behavior Research Methods Instruments & Computers*. **32**, 63-71.
- Silva, Alcino J. – Paylor, R. – Wehner, M. J. – Tonegawa, S. (1992). Impaired Spatial Learning in A-Calcium-Calmodulin Kinase II Mutant Mice. *Science* **257**, 206-211.
- Surjo, David – Arndt, Saskia S. (2001). The Mutant Mouse Behavior Network, A Medium to Present and Discuss Methods for the Behavioural Phenotyping. *Physiology and Behavior*. **73**, 5, 691-694.



A CSIGAAGY NEM BICIKLI, AVAGY: ELEMI IDEGRENSZERI FOLYAMATOK ÉS A TANULÁS EVOLÚCIÓSAN KONZERVÁLÓDOTT SEJTES-MOLEKULÁRIS MECHANIZMUSAINAK VIZSGÁLATA PUHATESTŰ IDEGRENSZEREKEN*

Kemenes György

tudományos tanácsadó, MRC kutatócsoport-vezető,
Sussexi Idegtudományi Kutatóközpont, Brighton, Egyesült Királyság – g.kemenes@sussex.ac.uk

Az elmúlt mintegy ötven évben a gerinctelen és elsősorban a puhatestű állatok idegrendszerein végzett vizsgálatok döntő módon járultak hozzá az idegi ingerületképzés és -terjedés, valamint a tanulás és emlékenyom-kialakulás sejtens-molekuláris folyamatainak megértéséhez. E folyamatok közül több olyan bizonyult, amely az evolúció során kevés változáson ment keresztül, és így egyszerűbb idegrendszerekben való vizsgálatokkal fontos betekintést nyerhetünk a fejlettebb idegrendszerek elemi és komplex működésének alapvető mechanizmusába.

Sok kiténő külföldi és magyar idegtudós kollégám az emlős agy közvetlen vizsgálatával próbálja – rendkívül nagy sikerrel – annak legbonyolultabb funkcióit feltárni (lásd: *Agy és tudat*. in Magyar Tudomány. 2001. október). Ha az állati idegrendszereket autókhoz hasonlítanánk, nyilvánvaló, hogy az emlős idegrendszer és különösen az emberi agy, mondjuk, egy Rolls Royce-nak felel meg, és ha egy ilyen luxusautó összes bonyolult funkcióját meg akarjuk ismerni, ezt valóban csakis annak közvetlen tanulmányozásával érhetjük el. Azt azonban talán könnyű

belátni, hogy ha csak a Rolls Royce mint robbanómotorral meghajtott jármű általános működési alapelveiről akarunk képet alkotni, ezt akár egy Trabant alapos vizsgálatával is megtehetjük (még akkor is, ha a Trabantot sokan nem is tekintik autónak!). Ennek az az előnye is megvan, hogy ebben az esetben a luxusautóban meglévő bonyolult, de a működés lényegét nem érintő komponensek és funkciók (fedélzeti számítógép, légkondicionálás, minibár, stb.) nem nehezítik meg az alapelvek megértését. Ezzel szemben az is világos, hogy még a legdrágább és legbonyolultabb kerékpár legalaposabb vizsgálatával sem jutunk közelebb még a legegyszerűbb autó működésének megértéséhez sem. Ezt azért fontos hangsúlyoznunk, mert még az élő természettudományok iránt általában érdeklődő, de az idegtudományokban nem járatos közönség körében is elterjedt az a nézet, hogy az emlős és különösen az emberi agy az idegrendszer fejlődésének olyan magas szintjét képviseli, amelyhez képest, hogy az autó hasonlatnál maradjunk, az egyszerűbb, különösen a gerinctelen, idegrendszerek legfőljebb biciklinek tekinthetők, tehát olyan járműnek, amelynek működését hiába vizsgáljuk, tapasztalat sem jutunk közelebb az autó működésének megértéséhez.

* Ezt a tanulmányt szüleimnek, dr. Kemenes Egonnak és dr. Kemenes Egonnának, valamint feleségemnek, Dr. Kemenesné dr. Kiss Ildikónak ajánlom sok szeretettel.

Hogy a fenti nézet helytelen, azt már a zseniális, Nobel-díjas spanyol neuroanatómus, Santiago Ramón Y Cajal, az ún. neuronan és így a modern idegtudományok alapító atyja is felismerte, annak ellenére, hogy a XIX.-XX. század fordulóján, amikor korszakalkotó kutatásait végezte, a funkció vizsgálatára közvetlen alkalmas elektrofiziológiai módszerek még nem álltak a gyakorlatban rendelkezésre (bár az olasz Luigi Galvani már a XVIII. század végén fölfedezte az állati elektromosságot, és a német Emil du Bois-Reymond, Johannes Müller és Hermann von Helmholtz már a XIX. században kimutatták, hogy egy idegsejt elektromos aktivitása meghatározott módon befolyásolja a közelében lévő többi sejtet). Cajal még a legegyszerűbb féregidegrendszer és a magasan fejlett emlős agy közötti különbséget is csak olyan bonyolultságbeli különbségnek tartotta, amely mondjuk egy egyszerű zsebóra és egy csillagászati óra között van; bár az utóbbi rendkívüli pontossággal mutatja a másodperceket, perceket és órákat, sőt a Föld pozícióját és mozgását más bolygókhoz képest, az előbbi is tökéletesen ellátja az órák alapvető feladatát, amely az idő múlásának mérése. Ugyanígy, érvelt Cajal, a legegyszerűbb gerinctelen idegrendszer is tökéletesen alkalmazkodott azokhoz a környezeti feltételekhez, amelyek között az adott gerinctelen állatfaj eddigi evolúciója zajlott. Ennek funkcionális kifejeződése az, hogy még a legegyszerűbb idegrendszerek is képesek betölteni az idegrendszer legfontosabb általános feladatát – az organizmust alkotó többi szervrendszer működésének a belső és külső környezet gyakran változó követelményeinek megfelelő összehangolását.

Egy másik ezzel összefüggő fontos gondolat a darwini szelekciós elméletre vezethető vissza. A törzsfajlás során több olyan sejtes-molekuláris szabályozási mechanizmus alakult ki korán, tehát a gerinctelenek és gerincesek közös őseinek szintjén, amely

azután „kiállta az idő próbáját” (tehát ellenállt a szelekciós nyomásnak), és emiatt legfőkébb csak kis változásokon ment át mind a gerinctelen, mind a gerinces evolúció során. Jó példa erre az embrionális testfejlődést megszabó, ún. homeobox génegyüttes, amelyet az ecetmuslicában (*Drosophila sp.*) fedeztek fel, és amelyhez felépítésben és funkcióban nagymértékben hasonló génegyütteseket találtak később az egér és az ember genomjában is. Már Cajal is felvetette azt a gondolatot, hogy az idegrendszer törzsfajlás során is számos ilyen „konzerválódott” mechanizmus alakult ki, és ezek férgek, puhatestűeken és rovarokon végzett vizsgálatával közelebb juthatunk az ilyen mechanizmusok megértéséhez az emlős agyban is.

A jelen tanulmánynak az a célja, hogy immár a Cajal óta főlhalmozódott hihetetlen nagy mennyiségű új ismeret háttérében bemutassa, hogy a puhatestű idegrendszerek (amelyeken sokfajta nagy sikerű ideglettani kutatómunka folyik szerte a világban) és a legfejlettebb emlős idegrendszerek (beleértve az emberi agy) működési alapelvei azonosak, és hogy ez az azonoság nemcsak a legalapvetőbb idegrendszeri jelenségekre, hanem a tanulás és memóriakialakulás bizonyos molekuláris folyamataira is kiterjed. Ennek azért van nagy jelentősége, mert minden idegrendszer – beleértve az emberi agyat – talán legbonyolultabb folyamatai éppen a tanulási jelenségekkel függenek össze, és ezek sejtes/molekuláris alapelveinek feltárása az egyes idegsejtek szintjén még ma is sokkal könnyebb a számban kisebb, de méretben jelentősen nagyobb idegsejtekkel rendelkező puhatestűekben, mint a rendkívül bonyolult idegrendszerrel bíró emlősökben.

A puhatestű állatok óriás idegsejtjeit már a XIX. században fölfedezték, de az ideglettani vizsgálatok szempontjából igazi jelentőséget csak a múlt század 30-as éveiben

nyertek. Miután a 20-as években az angol Lord Edgar Adrian fölismerte, hogy az idegsejtek elektromos működésének alapegysége az idegimpulzus vagy akciós potenciál, 1936-ban a szintén angol John Z. Young fölfedezte a neurofiziológiai kutatások számára a tintahal több mint 1 mm vastag és 10 cm hosszú óriás axonokkal rendelkező idegsejtjeit (amelyeket először 1909-ben az amerikai L. W. Williams írt le). Míg Williamsé volt e sejtek felfedezésének érdeme, Youngnak tulajdonítható az az alapvető felismerés, hogy az óriás axonok rendkívül alkalmas kísérleti objektumok olyan kísérletekhez, amelyeknek célja az idegrendszer működésének megértése. Ezen a nagy jelentőségű, de meglehetősen általános felismerésen kívül Young az elsők között mutatott rá arra is, hogy ha meg akarjuk ismerni az akciós potenciál keletkezésének mechanizmusát, ezt csak úgy lehet elérni, ha egy elektródával az axon *belsejéből* vezetjük el, és így mérjük a sejtmembránon keresztül föllépő elektromos változásokat.

Young felismerése után nem sokkal ezt a gyakorlatban az amerikai Kenneth Cole és Howard Curtis, valamint az angol Alan Hodgkin (aki Cole-tól és Curtistól „leste el” a tintahal axon használatát, és vezette azt be a brit laboratóriumokban), Andrew Huxley és Bernard Katz meg is valósította. Nekik tulajdoníthatók az első intracelluláris elvezetések, amelyeken az akciós potenciál alakja és a háttérében álló membránkonduktancia-változások egyaránt tisztán láthatók. Cole fejlesztette ki a feszültségzár (voltage-clamp) módszert, amelyet aztán Hodgkin, Huxley és Katz óriási sikerrel használt a nyugalmi és akciós potenciál és az ingerületterjedés ionos mechanizmusainak leírásához.

1952-ben jelent meg Hodgkin és Huxley korszakalkotó cikksorozata (az egyik cikkben Katz is szerzőtárs volt), amelyben részletesen leírták a tintahal axon használatára épülő kísérleteiket. Az idegsejt elektromos

működésének részletes megértését először lehetővé tevő eredményeikért 1963-ban Hodgkint és Huxleyt Nobel-díjjal jutalmazták. Az elektrofiziológiai kísérleti technikák további fejlődésével lehetővé vált, hogy mások gerincesek idegsejtjein is hasonló méréseket végezzenek el, és ez hamarosan világhosszá tette, hogy minden idegsejt, beleértve az emberi agy sejtjeit, lényegében azonos módon tartja fenn a nyugalmi potenciált, hozza létre és közvetíti az akciós potenciálokat. 1977-ben Hodgkin (akivel a 80-as évek vége felé a brit Élettani Társaság egyik előadójaként még nekem is volt szerencsém találkozni) a következőt jegyezte meg: „az, hogy Young 1936-ban bevezette a tintahal idegrost kísérleti használatát, nagyobb mértékben járult hozzá a neurofiziológia fejlődéséhez, mint bármilyen más felfedezés az elmúlt negyven év során”.

A tintahal kísérleti állatként való használata még további két Nobel-díjjal jutalmazott munka sikeréhez járult hozzá. Az egyik az amerikai George Wald nevéhez fűződik, akit 1967-ben tüntettek ki a látás kémiai és fiziológiai folyamatainak összehasonlító élettani szemléletű feltárásáért. Az ő munkássága azt támasztotta alá, hogy az idegrendszer alapvető működési módjai és azok kémiai és élettani háttere még az olyan specializált idegsejtek, mint a retina sejtjei szintjén is nagymértékben konzerválódtak az evolúció során. A másik Nobel-díjas (1970) az angol Sir Bernard Katz volt (ugyanő vett részt Hodgkinék eredeti kísérleteiben is), aki a tintahal ideg-izom kapcsolat vizsgálatával tisztázta a kémiai ingerületátvitel (neurotranszmisszió) alapvetően fontos kérdéseit, elsősorban a kémiai átvivőanyag-felszabadulás kvantális jellegét. A japán Hagiwara Szuszumu és az amerikai Theodore H. Bullock a tintahal idegi szinapszisének vizsgálatával írta le elsőként a kémiai áttevődésű szinapszis működését. A későbbi vizsgálatok megállapították, hogy a kémiai szinapszisok

a gerinces állatokban is ugyanilyen elevek alapján működnek, és a kémiai átvivőanyagok nagy részét (például szerotonin, dopamin, acetilkolin, glutaminsav) mind a gerinctelen, mind a gerinces állatok idegrendszerében föllelhetjük.

A múlt század 50-es éveinek vége felé már nyilvánvaló volt tehát, hogy az elemi neuronális mechanizmusok és az ingerület-áttevődés terén az egyszerűbb (köztük a puhatestű) és bonyolultabb idegrendszerek (köztük az emberi agy) is alapvető azonosítást mutatnak.

Ez a fontos felismerés nyitotta meg az utat olyan új kutatások előtt, amelyek a puhatestű idegrendszerek működésének elemzésével az elemi jelenségek vizsgálatának továbbfejlesztése mellett a magatartás idegi szabályozómechanizmusainak feltárására irányultak. Erre a célra különösen a Gastropodák központi idegrendszere bizonyult alkalmasnak, ahol gyakran találhatóunk óriás, és több fajban (*Aplysia*, *Lymnaea*) élénken pigmentált idegsejteket, amelyeket elektrofiziológiai kísérletekben a francia Angélique Arvanitaki alkalmazott először. A Gastropoda idegrendszerek vizsgálatán alapuló neurobiológiai kutatások a múlt század hatvanas éveiben indultak el több európai laboratóriumban, elsők között a Magyar Tudományos Akadémia Tihanyi Biológiai Kutatóintézetében (jómagam is itt kezdtem kutatói pályámat, és ahol, néhány hosszabb-rövidebb külföldi úttal megszakítva 1979 és 1990 között folytattam kutatásaimat). A hatvanas években létrehozott új laboratóriumokban (Amszterdam, Jan Lever; Párizs, Ladislav Tauc; Southampton, Gerald Kerkut; Moszkva, Dimitrij Szaharov; Tihany, Salánki János és S. Rózsa Katalin) megkezdett puhatestű neurobiológiai munkák korai eredményei is alátámasztották, hogy számos, a gerincesekben is föllelhető elemi és bonyolultabb idegi szabályozási mechanizmus hatékonyan vizsgálható puhatestű idegrendszerekben.

A tanulás evolúciósan konzerválódott molekuláris mechanizmusainak későbbi megértését talán legjobban elősegítő munka is igazából e laboratóriumok egyikéből indult el, bár később főleg amerikai kutatóhelyeken bontakozott ki. 1961-ben egy fiatal amerikai pszichiáter, Eric R. Kandel meglátogatta Tauc párizsi laboratóriumát, ahol közösen fedezték fel a heteroszínaptikus facilitáció jelenségét az *Aplysia* nevű tengeri meztelen csiga faj idegsejtjeit vizsgálva. Ennek az a lényege, hogy két idegsejt közötti színaptikus kapcsolat erőssége megnő, ha előzőleg az egyik (ún. preszínaptikus) sejt színaptikus végződése erős bemenetet kap egy harmadik sejt színaptikus végződésén át.

Ezt követően az Egyesült Államokban a 70-es évek elején óriási lendülettel indultak meg azok a munkák, amelyek *Aplysiában* a habituáció, szenzitizáció és klasszikus elkerülési kondicionálás sejtes mechanizmusait először írták le az ún. „egyszerű rendszer” (simple systems), vagy más néven redukcionista megközelítési módra építve (Eric R. Kandel, Irving Kupfermann, Vincent Castellucci, Harold Pinsky, Tom Carew, Jack Byrne, Robert Hawkins, Tom Abrams, Terry Walters, Craig Bailey, Mary Chen és sokan mások). Ezzel párhuzamosan egy másik tengeri meztelen csiga fajban (*Hermisenda crassicornis*) is sikerült tisztázni egy kondicionált elkerülési válasz neurobiológiai alapjait (Daniel Alkon, Terry Crow és mások). Ez volt az az időszak, amikor emlősállatokban is nagy lendületet vettek a tanulási mechanizmusok megértésére irányuló elektrofiziológiai kísérletek (lásd például Baranyi Attila és Fehér Ottó immár klasszikusnak számító kísérleteit a macska mozgatókérgének piramissejtjein), és ezek a már említett puhatestűeken végzett kísérletekkel együtt a 80-as évek végére elvezettek ahhoz a felismeréshez, hogy mint az elemi folyamatok terén, úgy a tanulás sejtes folyamataiban is sok közös vonás van a puhatestű és emlős idegrendszerek között.

A következő általánosnak tűnő alapelvek bontakoztak ki:

1. Az idegrendszeri plaszticitás (tanulási-képesség) már meglévő idegsejthálózatokban lezajló változásokhoz köthető.

2. A plaszticitás előfordulása nem korlátozódik egyetlen idegrendszeri területre vagy idegsejt típusra.

3. A rövid ideig tartó plasztikus változások ún. második hírvivő rendszerek működésével és ioncsatornák (főként kálium- és kalciumcsatornák) módosulásával függnek össze. A második hírvivő rendszerek megnövekedett aktivitása olyan hosszabb idejű változásokat is triggerelhet, amelyek a tartós emléknymok kialakulásában játszanak szerepet (1. ábra).

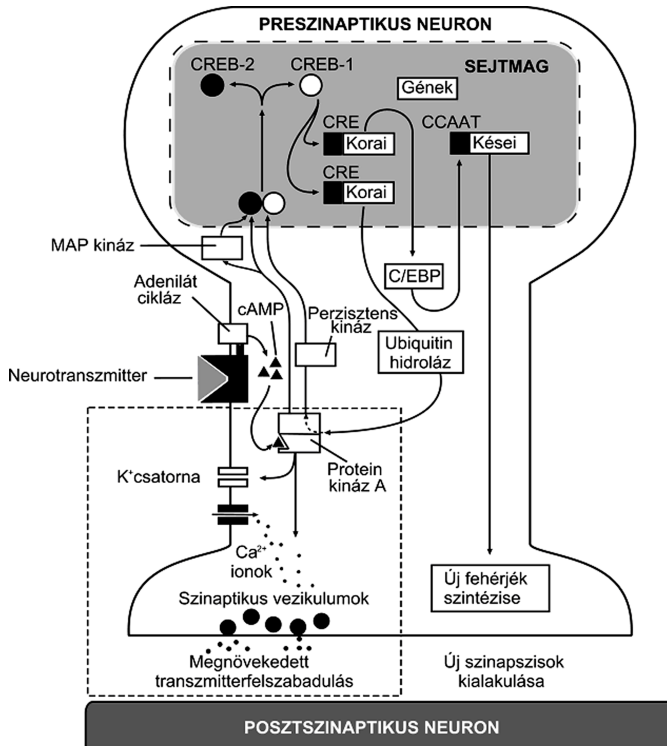
4. A plasztikus változások nem korlátozhatók egy meghatározott idegrendszeri területre vagy neuronra, és nem korlátozhatók egyetlen fajta speciális membránfolyamatra sem. A különböző típusú kifelé irányuló káliumáramok megváltozása és az ezzel összefüggésben álló, fokozódó kalciumbeáramlás hatására megnövekedett transzmitter-felszabadulás (1. ábra) azonban olyan általános mechanizmusnak tűnik, amely inkább csak részleteiben különbözik az egyes fajok között.

Bár a felsorolt közös vonások a gerinces és gerinctelen idegrendszer tanulási hátterében álló sejtes mechanizmusokban szembejönnek, nehezen eldönthető, hogy ezek is evolúciósan erősen konzerválódtak alapvető folyamatokra épülnek-e, vagy csak hasonló funkciójú, de az evolúció során párhuzamosan kialakult jelenségek. Más a helyzet bizonyos típusú tartós emléknymok kialakulásának sejtszinten lezajló folyamatai terén, amelyek minden eddig leírt esetben hasonló típusú gének aktiválásával, új mRNS- és fehérjeszintézissel járnak. A nyolcvanas évek közepe óta rohamosan fejlődő molekuláris biológiai módszerek használatával megint csak az *Aplysiában* sikerült először

feltárni azokat a molekuláris mechanizmusokat, amelyek tartós emléknym kialakulásához vezetnek, legalábbis egyes idegsejtek szintjén (Kandel 2001). Ez jelentősen hozzájárult ahhoz, hogy Eric R. Kandel munkásságát 2000-ben élettani és orvostudományi Nobel-díjjal jutalmazták, és ez a puhatestű állatok idegrendszerén folytatott vizsgálatok fontosságának rendkívül magas szintű elismerését jelzi.

A tartós emléknym kialakulása során a kulcsfontosságú lépések közé tartozik a ciklikus AMP által közvetlenül vagy közvetve aktivált kináz típusú enzimek (protein kináz A, MAP kináz) sejtmagba való belépése, ahol azok ún. transzkripciós (RNS átírást beindító) faktorokat (például CREB, ciklikus AMP-re válaszoló elemet (CRE) kötő protein) képesek aktiválni (1. ábra). Ezeknek az a rendkívül fontos szerepük, hogy különböző típusú addig hallgatag gének CRE szakaszaihoz kötődve azokat aktiválják, és így beindítják azokat a többlépcsős molekuláris folyamatokat, amelyek új hírvivő RNS és fehérje szintéziséhez és végső soron a neuronok közötti szinaptikus kapcsolatok tartós megerősödéséhez vezetnek (1. ábra). Az elmúlt évtized nagy jelentőségű felfedezése volt az, hogy egyrészt a CREB proteineket kódoló gének felépítése rendkívül hasonló a csigáktól elkezdve az ecetmuslicán át az egérig és az emberig, másrészt, hogy a CREB által aktivált gének és további molekuláris mechanizmusok is rendkívül erősen konzerválódtak (Miller et al., 1998).

Az *Aplysiához* és *Drosophilához* hasonlóan a *Lymnaea stagnalis* nevű csigafaj (nagy mocsári csiga), amelyen jómagam folytatom az asszociatív tanulás sejtes-molekuláris megértését célzó vizsgálataimat, CREB proteint kódoló génje mintegy 85 % homológiát mutat az emlős CREB gén szerkezetével, és ún. foszforilációs és CRE kötő szakaszai gyakorlatilag azonosak a hasonló funkciót betöltő emlős CREB génszaka-



1. ábra • A rövid idejű és tartós szenzitizáció kialakulásához vezető molekuláris folyamatok preszinaptikus komponenseinek áttekintése az *Aplysia* idegrendszer vizsgálatával elért eredmények alapján. Az ábra egy szenzoros neuront mutat sémás változatban. A rövid idejű szenzitizáció kialakulásának folyamata (szaggatott vonallal határolt négyszögben) a preszinaptikus végződés membránjában lévő káliumcsatornák protein kináz A enzim által való átmeneti foszforilációjára épül. Ezt a szenzitizáló ingerületi pálya neurotransmittere váltja ki az adenilát cikláz enzim aktiválásával, amely cAMP képződését eredményezi. A cAMP a protein kináz A enzim szabályozó alegységéhez kötődve aktiválja annak katalitikus alegységét, és ezzel alkalmassá teszi azt kálium ioncsatorna-fehérjék foszforilálására. A káliumcsatorna foszforilációja annak bezáródásához, így az akciós potenciál időtartamának megnövekedéséhez, és az így hosszabb ideig nyitva maradó feszültség által aktivált káliumcsatornák át fokozott kalciumbeáramláshoz vezet. Ez megnövekedett transzmitter-felszabadulást és így erősebb posztzinaptikus választ eredményez, amelynek a végeredménye fokozott

magatartási reakció lesz egy előzőleg gyenge hatású ingerre. Mindezek a folyamatok az idegsejt sejtmagon kívüli részeiben, elsősorban a szinaptikus végződésben zajlanak le. A tartós memória kialakulása ezzel szemben olyan folyamatokhoz kötött, amelyek jórészt a sejtmagban zajlanak le, és génaktiválással járnak. Ezek a folyamatok a MAP kináz és a protein kináz A enzimek sejtmagba való belépésével kezdődnek. A sejtmagba belépve ezek az enzimek aktiválják a CREB ún. aktivátor változatát (CREB-1), míg inaktíválják az ún. represszor változatot (CREB-2). Az aktivált CREB korai gének CRE szakaszához kötődve azok működését beindítja, és ez a C/EBP nevű újabb transzkripció faktoron át késői gének aktiválásához vezet, illetve más korai gének (pl. ubiquitin hidroláz) aktiválásán át azt eredményezi, hogy a protein kináz A enzim katalitikus alegysége perzisztensen aktívává válik. Mindezen folyamatok végeredménye a megnövekedett fehérjeszintézis, amely új szinapszisok kialakulásában játszik szerepet. Mind a rövid, mind a tartós memória itt bemutatott molekuláris lépései igen hasonlóan bizonyultak a gerinctelen és gerinces állatok eddig leírt sejt szintű tanulási modelljeiben.

szokkal. Ez azért is érdekes, mert a *Lymnaea* táplálkozási magatartását etológiai módszerekkel vizsgálva mi mutattuk ki először, hogy puhatestű állatok is képesek addig csak gerincesekben megfigyelt komplex asszociatív tanulásra, amely tartós emléknymó kialakulásával is jár (Kemenes – Benjamin, 1989). Ez a tanulás a táplálkozási válasz érintési és kémiai ingerekkel történő kondicionálására épül. Az ilyen ún. *appetítív tanulásnak* az az etológiai jelentősége, hogy eredményeképpen a vízcsigák természetes környezetükben, ahol sokféle növényi anyaggal táplálkoznak, képesek például már az útjukba kerülő növényi anyag textúrája alapján eldönteni, hogy az ehető-e vagy nem, és ha igen, milyen tápanyagokban gazdag. Tudományos szempontból az ilyenfajta tanulási jelenségek vizsgálata egyszerűbb idegrendszerrel rendelkező állatokban azért rendkívül gyümölcsöző, mert szemben az Eric R. Kandel által is alkalmazott ún. redukcionista megközelítési móddal, a magatartási szintről kiindulva, sőt azzal párhuzamosan teszi lehetővé a tanulás idegi szabályozási folyamatainak vizsgálatát. Az általunk vizsgált *Lymnaea*-ban például a háromfázisú ritmikus táplálkozási mozgásokat létrehozó idegrendszeri hálózat olyan részleteiben ismert (Staras et al., 1998, 2003; Straub et al., 2002), hogy ez lehetővé teszi azonosított idegsejtekben lezajló elektrofiziológiai változások nyomon követését a tanulás során (Kemenes et al. 1997; Staras et al., 1999; Benjamin et al., 2000).

A fenti neuroetológiai megközelítési mód alkalmazásával nyilvánvalóvá vált, hogy nemcsak a gerinctelen állatokon eddig leggyakrabban vizsgált egyszerű nem-asszociatív (habituáció, szenzitizáció), de bonyolultabb asszociatív tanulási folyamatok általános molekuláris alapelvei is föltárhatók puhatestű állatok idegrendszerének vizsgálatával. Ezen a téren mára már jelentős új eredményeket értünk el, amelyek először igazolták, hogy a *Lymnaea* asszociatív tanu-

lási folyamataiban az emlősökben megfigyeltékhez azonos módon fontos szerepet játszik a protein kináz A és a MAP kináz, valamint a protein kináz A-val a CREB aktiválása során szinergista hatású nitrogén-oxid (NO) és ciklikus guanozin-monofoszfát (cGMP) (Kemenes et al., 2002).

A korai, főleg *Aplysián* végzett elemzések szerint az asszociatív tanulás során lezajló szinaptikus változások ún. nem-hebbi típusúak. 1949-ben Donald Hebb kanadai pszichológus posztulálta azokat a változásokat, amelyek a szinaptikus kapcsolatok megerősödéséhez vezetnek. Ennek a folyamatnak lényege az, hogy két szinaptikusan kapcsolt sejt időben egybeeső aktivitása a szinaptikus kapcsolat megerősödéséhez vezet. Az ilyen típusú szinapszisok a szakirodalomban hebbi szinapszis néven váltak ismertté. Terje Lømo norvég tudós 1966-ban fedezte fel a tartós potenciózódás (long-term potentiation, LTP) jelenségét az emlősagyban, amelyet aztán 1973-ban angol kollégájával, Timothy Bliss-szel együtt írt le részleteiben. Hamar világossá vált, hogy szemben az *Aplysiában* leírt ún. aktivitás-függő preszinaptikus facilitációval, amelyről úgy vélik, hogy ez a klasztrikus kondicionálás sejtjes mechanizmusa, az LTP hebbi típusú asszociatív folyamat, amelynek kialakulása során mind a pre- mind a posztzinaptikus sejt működése rendkívül fontos szerepet játszik. Mivel az LTP (és LTD, tartós depresszió) eddig az egyetlen olyan ismert sejtjes mechanizmus az emlősagyban, amely elvileg asszociatív tanulást közvetíthet, úgy tűnt, hogy mégiscsak lényegi eltérések lehetnek a puhatestű és emlős sejtjes asszociatív tanulási folyamatok között. A kilencvenes években azonban kiderült, hogy megfelelő kondicionálási paradigma alkalmazásával *Aplysiában* is fölépíthető olyan asszociatív tanulás, amely hebbi típusú változásokon alapul, sőt az emlősagyhoz hasonlóan, a glutaminsav mint pre-szinaptikus transzmitter és N-methyl-D-aszpartát

(NMDA) típusú posztszinaptikus glutaminsav receptorok működésére épül (Murphy et al., 1997).

A puhatestű állatokban, így az általunk használt *Lymnaea*-ban is, az eddig vizsgált tanulási mechanizmusok mind olyan memóriaformák kialakulásával függenek össze, amelyek az ún. nem-deklaratív vagy implicit emléknymok példái. Ezek olyan tanulási formák eredményeképpen jönnek létre, mint a habituáció, szenzitizáció, pavlovi és operáns kondicionálás vagy különböző motoros készségek elsajátítása. Attól messze vagyunk még, hogy az emlős- és különösen az emberi agyra jellemző rendkívül bonyolult, ún. epizodikus memória kialakulásának és fennmaradásának molekuláris hátterét is megértsük, és nem valószínű, hogy ebben a gerinctelen és köztük a puhatestű modellek közvetlenül hasznosak lehetnek. Valószínű azonban, hogy a legbonyolultabb memóriafunkciók is olyan alapkövekből épülnek föl, amelyeket már az evolúció során korán megjelent, a gerinctelen és gerinces állatokban

egyaránt működő tanulási folyamatok is alkalmaztak, és amelyek jó részét már eddig is puhatestű idegrendszerek vizsgálatával sikerült feltárni. Ezért remélem, hogy e tanulmány elolvasása után az olvasó elfogadja, hogy a csigaagy még az emberi agy Rolls Royce-ához képest sem csak biciklinek tekinthető, és így további vizsgálatával még több hasznos információt nyerhetünk a legbonyolultabb agyi működések sejtes-molekuláris alapmechanizmusairól is. Az, hogy az emberi aggyal összevetve aztán a csigaagy az autók közül is tényleg csak a Trabanthoz hasonlítható-e, majd remélhetőleg kiderül további kutatásaink során.

Kulcsszavak: *asszociatív tanulás, klasszikus kondicionálás, hebbi szinapszis, CREB fehérje, Lymnaea stagnalis*

Köszönetnyilvánítás

A szerző kutatásait az Orvostudományi Kutatási Tanács (MRC, Egyesült Királyság) támogatja.

IRODALOM

- Benjamin, Paul R. – Staras, Kevin – Kemenes György (2000): A Systems Approach to the Cellular Analysis of Associative Learning in the Pond Snail *Lymnaea*. *Learning and Memory*. **7**, 124-131.
- Kandel, Eric R. (2001): The Molecular Biology of Memory Storage: A Dialogue between Genes and Synapses. *Science*. **294**, 1030-1038.
- Kemenes György – Benjamin, Paul R. (1989): Appetitive Learning in Snails Shows Characteristics of Conditioning in Vertebrates. *Brain Res.* **489**, 163-166.
- Kemenes György – Staras, Kevin – Benjamin Paul R. (1997): *In Vitro* Appetitive Classical Conditioning of the Feeding Response in the Pond Snail *Lymnaea Stagnalis*. *Journal of Neurophysiology*. **78**, 2351-2362.
- Kemenes Ildikó – Kemenes Gy. – Andrew, R. J. – Benjamin, P. R. – O'Shea, M. (2002): Critical Time-Window for NO-Cgmp Dependent Long-Term Memory Formation after One-Trial Appetitive Conditioning. *Journal of Neuroscience*. **22**, 1414-1425.
- Milner, Brenda – Squire, Larry R. – Kandel, Eric R. (1998): Cognitive Neuroscience and the Study of Memory. *Neuron*. **20**, 445-468.
- Murphy, Geoffrey G. – Glanzman, David L. (1997): Mediation of Classical Conditioning in *Aplysia Californica* by Long-Term Potentiation of Sensorimotor Synapses. *Science*. **278**, 467-471.
- Staras, Kevin – Kemenes György – Benjamin, Paul R. (1998): Pattern-Generating Role for Motoneurons in a Rhythmically Active Neuronal Network. *Journal of Neuroscience*. **18**, 3669-3688.
- Staras, Kevin – Kemenes György – Benjamin, Paul R. (1999): Cellular Traces of Behavioral Classical Conditioning Can Be Recorded at Several Specific Sites in a Simple Nervous System. *Journal of Neuroscience*. **19**, 347-357.
- Staras, Kevin – Kemenes I. – Benjamin, P. R. – Kemenes Gy. (2003): Loss of Self-Inhibition Is a Cellular Mechanism for Episodic Rhythmic Behavior. *Current Biology*. **13**, 116-124.
- Straub, Volko A. – Staras, K. – Kemenes Gy. – Benjamin, P. R. (2002): Endogenous and Network Properties of *Lymnaea* Feeding Central Pattern Generator Interneurons. *Journal of Neurophysiology*. **88**, 1569-1583.

AGRESSZIÓ ÉS STRESSZ: OKOK ÉS MECHANIZMUSOK

Haller József

tudományos főmunkatárs, MTA Kísérleti Orvostudományi Kutatóintézet – haller@koki.hu

Halász József

tudományos munkatárs, MTA Kísérleti Orvostudományi Kutatóintézet

Mikics Éva

PhD-hallgató, MTA Kísérleti Orvostudományi Kutatóintézet

*Abnormális agresszió:
biológiai vagy pszichológiai kérdés?*

Az agresszivitás mint a fajon belüli kompetíció magatartási eszköze és minden magasabb rendű állatfaj magatartási repertoárjának része, önmagában természetesen nem tekinthető abnormálisnak, bár az emberi társadalom, amely alapvetően kooperációra épül, sokat szenved normálisnak tekinthető formáitól is. Még több gondot okoznak azonban az agresszió abnormális formái. A pszichológiai irodalom (például a DSM-IV) több olyan rendellenességet is számon tart, amelynek lényege az agresszivitás. Ilyenek az antiszociális személyiségzavar (antisocial personality disorder), a váltakozó expozív zavar (intermittent explosive disorder), „életvezetési zavar” (conduct disorder), az ellenkező-kihívó magatartás (oppositional-defiant disorder) és a bomlasztó magatartás-zavar (disruptive behavior disorder). Ezekon kívül számos olyan rendellenesség van, amelyben az agresszió fontos komponens. Ilyen például a poszt-traumatikus stressz rendellenesség, a skizofrénia, a depresszió mániás szakasza, stb. A releváns rendellenességek pontos kategorizálása objektíválja az agresszióformák minősítését, pontosab-

ban: egy ilyen forma azonosítása nem szubjektívebb, mint a depresszió vagy szorongás valamely formájának azonosítása.

Az agresszió determináltsága kettős: társadalmi és biológiai. Mint az erőforrásokért való versengés eszköze, természetesen nem választható el a szociális tényezőktől, ugyanakkor viszonylag jól ismert anatómiai, ideg-életani és hormonális jelenségek állnak a háttérben. Bizonyos mértékig és bizonyos körökben vitatott, hogy melyik faktornak mekkora jelentősége van. Szélsőségessé formálva az álláspontokat (amelyek ritkán, de megjelennek ilyen fókú szélsőségeként is), két lehetőséggel állunk szemben: (1) Az agresszió (mint minden más jelenségnek az éhségtől a verejtékezésig) megvannak a biológiai alapjai, de ezek a biológiai jelenségek csak levezénylik a magatartást, és nem határozzák meg, hogy mikor jelenjen meg és milyen erős legyen. (2) Az agressziót ugyan pszichikai vagy társadalmi konfliktusok idézik elő, de a konfliktusok sokféleképpen feloldhatók, és tisztán biológiai tényezők határozzák meg azt, hogy egy adott pillanatban a válasz agresszív vagy másmilyen legyen. Attól függően, hogy melyik álláspontot fogadjuk el, az agresszivitás biológiai alapjait tekintjük központi vagy járulékos kérdésnek.

Számos konkrét bizonyíték van arra, hogy az agresszió társadalmi és biológiai tényezői szorosan összefonódnak. Ezek részletes tárgyalására itt nincs hely, de egy konkluzív példát kiemelünk. Közismert, hogy rossz körülmények között felnövő és bántalmazott gyerekekből agresszív felnőtt lesz. Van azonban egy probléma: az agresszív felnőttek zömét valóban bántalmazták gyerekkorukban, de nem *minden* bántalmazott gyerekből lesz agresszív felnőtt, sőt többségükben nem lesz az. Az ellentmondást korábban azzal magyarázták, hogy egy gyereket sokféle bántalom érhet (fizikai bántás, megszegényítés, szeretethiány), és hosszú távú hatásokkal csak akkor kell számolni, ha ezek halmozottan jelennek meg. Egy közelmúltban megjelent tanulmány azonban arra utal, hogy a megoldás a (noradrenalin bontó) monoamino oxidáz A (MAO_A) génjének polimorfizmusában keresendő (Caspi et al, 2002). Bebizonyosodott, hogy csak azokból a bántalmazott gyerekekből lesz agresszív felnőtt, akiknek MAO_A aktivitása genetikai okokra visszavezethetően alacsony, ezért noradrenerg rendszernek aktivitása magas. A MAO_A-t és a noradrenerg rendszert már korábban is összefüggésbe hozták az emberi és állati agresszivitással, de nem hozták összefüggésbe társadalmi tényezőkkel. Ez a példa kitűnően illusztrálja, hogy az agresszió társadalmi és biológiai tényezői szorosan kapcsolódnak egymáshoz, és hogy a biológiai jelenségeknek komoly társadalmi hatásai vannak.

Glukokortikoidok és abnormális agresszió

A stressz és agresszió között közismerten szoros kapcsolat van, a kapcsolat természete azonban a hormonhatás időtartamától függ. A glukokortikoid szekréció természetes akut (napszakos és ultradiális ingadozás által kiváltott) emelkedése fokozza az agresszivitást (ez glukokortikoid receptor blokkolókkal vagy szintézisgátlókkal kivédhető; Haller et

al., 2000); és akut glukokortikoid kezelésekkel az agresszivitás jelentős mértékben fokozható (Brain – Haug, 1992). A glukokortikoidok krónikus túltermelése ezzel szemben gátolja az agressziót (Politch – Leshner, 1977).

Az akut és krónikus hatások közötti ellentét nem meglepő, ha figyelembe vesszük az állat állapotának különbségeit az akut és krónikus helyzetben, valamint a glukokortikoidok hatásmechanizmusainak sokféleségét és időfüggését. Az akut stressz idején az állatnak (vagy embernek) minden reménye megvan arra, hogy megszabaduljon a kellemetlen tényezőtől. Ilyen helyzetben tehát az aktivitás fokozása előnyös. A krónikus stresszállapot viszont azért alakul ki, mert az egyén hosszabb idő alatt sem tudott megszabadulni a stressz-faktortól, így ez nem valószínű a jövőben sem. Ilyen helyzetben a túlélés elősegítése, a kockázatok és energia-vesztés megkerülése előnyös (Makara – Haller, 2001). E megfontolások alapján az akut glukokortikoid stresszreakció agresszivitás-fokozó és a krónikus reakció agresszivitás-gátló hatása egyaránt funkcionálisnak tűnik. A mechanizmusok irányából megközelítve a kérdést, megállapíthatjuk, hogy a glukokortikoidoknak szerteágazó genomiális és nem-genomiális idegi hatásai vannak, amelyek érvényesülési ideje (és időtartama) a perces nagyságrendtől a hetes nagyságrendig terjed (Makara – Haller, 2001). E mechanizmusok révén – megfelelő felső szabályozás mellett, illetve azt közvetítve –, a glukokortikoidok technikailag is alkalmasak arra, hogy hozzájáruljanak ennek a komplex jelenségkörnek (az akut és krónikus stresszválasz által kiváltott magatartási adaptációnak) szabályozásához. Bár az agresszió és a glukokortikoidok kapcsolatának még számos tisztázatlan aspektusa van, a bifázikus hatás alapkérdéseinek leírásával úgy tűnt, hogy a glukokortikoidok agressziós hatásainak lényegi kérdései ismertté váltak. Ez azonban korántsem volt így.

Virkunnen és munkatársai 1985-ben érdekes megfigyelést tettek köztörvényes bűnözőkön végzett kísérleteik során: az antiszociális személyiség-rendellenességgel diagnosztizált agresszív bűnözőknél konzisztensen *alacsony* glukokortikoid-szinteket mértek mind a börtön személyzettel, mind a pszichikai rendellenességet nem mutató agresszív bűnözőkkel összehasonlítva. A felfedezés pillanatában ez a felismerés nem találta meg helyét a tudományos köztudatban, talán azért nem, mert a glukokortikoidok *elég telenségének* káros következményeit akkoriban még nem látták olyan világosan, mint ma (Heim et al., 2000). Az évek során azonban hasonló összefüggést több más pszichikai rendellenesség esetében is kimutattak, felnőtteknél, gyerekeknél, férfiaknál és nőknél egyaránt (Pajer et al., 2001). A feltárt esetekben a pszichikailag rendellenes (antiszociális személyiségzavar, ellenkező-kihívó magatartás) páciensek agresszivitása annál magasabb volt, minél kisebb volt vérplazmájuk glukokortikoid tartalma, és minél kisebb volt stressz-reaktivitásuk. Ez az összefüggés nem korlátozódott emberi alanyokra, mert a kutyamenhelyen mért *alacsony* glukokortikoid-szint jól jelezte előre magatartási problémák megjelenését az illető kutyák örökbe fogadása után (Hennessy et al., 2001). Mindezek a megfigyelések sejteni engedték, hogy az *alacsony* glukokortikoid-termelés és az agressziós problémák között összefüggés van, de nem bizonyították, mert az említett tanulmányok puszta korreláción alapultak. Az okozati összefüggések felderítésére tehát kísérletes vizsgálatokra volt szükség.

A glukokortikoidok elég telensége abnormális agressziót indukál

A glukokortikoid hipofunkció létrehozása végett kísérleti állataink mellékveséjét eltávolítottuk, és bőrük alá glukokortikoid tablettákat helyeztünk (glukokortikoid pótlásos ADX, ADXr) (Haller et al., 2001). A tab-

lettákra azért volt szükség, mert a pótlás nélküli mellékveseirtás a hippocampus egyes területein neuronpusztulást okoz. Ez a kísérleti eljárás jól modellezi a humán pácienseknél megfigyelt glukokortikoid hipofunkciót, mert mind az alapszintre, mint a stresszválaszra kihat. A „*hagyományos*” magatartás-elemzés nem mutatott ki nagy eltérést a kontroll és az ADXr állatok magatartása között, egyedül a fenyegetések időtartama csökkent, ami önmagában semmiképpen sem tekinthető abnormálisnak. Az állatok magatartásának rutinszerű, széles körben alkalmazott eljárásával tehát nem léptünk közelebb a probléma feltáráshoz. Egy magatartásnak (jelen esetben az agresszióknak) azonban számos olyan körülménye van, amelyet egy részletes etológiai elemzésnél tanácsos figyelembe venni. A nyolcvanas évek elején a szokásosnál részletesebb elemzésnek vetették alá az állatok támadási mintázatát, és megállapították, hogy ez a mintázat erőteljesen függ a körülményektől. Rezidensek (saját területen, betolakodóval küzdő állatok) harapásaiak zömét (több mint 90 %-át) az ellenfél kevésbé sérülékeny testrészeire (hátra és oldalakra) irányították (Blanchard – Blanchard, 1981). A betolakodók azonban, különösen, ha náluk lényegesen nagyobb hímek kolóniájába kerültek, ahol életük is veszélyben forgott, már másképpen cselekedtek, és elsősorban ellenfeleik sérülékeny testfelületeit (fej, torok, has) támadták. Ez a felismerés, és a támadások mintázatának részletesebb elemzése nem vált gyakorlattá, de nekünk nagy segítségünkre volt a mellékveseirtás következményeinek azonosításánál. Az ADXr állatoknál ugyanis a kontrollokhoz képest mintegy tízszeresére nőtt a veszélyes testfelületekre (fej, torok, has) irányított támadások aránya, annak ellenére, hogy saját területen küzdöttek, náluk kisebb ellenfelekkel (1. ábra).

Ezt a jelenséget már eléggé súlyos elváltotásnak tekinthetjük ahhoz, hogy a maga-

Műtét	Várakozás	Akut kezelés	Agresszív kontaktus
ShnH	álműtét		
ADXnH	mellékveseirtás	kontroll	nincs
ADXnH+B	hormonpótlással	kortikoszteron	
ShH	álműtét		
ADXH	mellékveseirtás	kontroll	20 perc
ADXH+B	hormonpótlással	kortikoszteron	

Betűkód: Sh= áloperált; n= nem; H= harcoló; ADX= mellékveseirtás alacsony szintű krónikus glukokortikoid-pótlással; +B= akut kortikoszteron-kezelés (0.5 mg/kg kortikoszteron-HBC komplex, 10 perccel a kontaktus előtt; kontroll-injekció: HBC komplex).

1. táblázat • A glukokortikoid hipofunkció vizsgálatának kísérleti terve

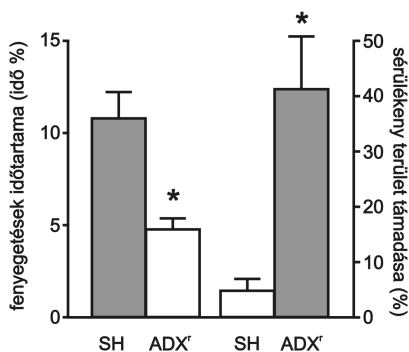
tartást abnormálisnak tartjuk. Ebben az összefüggésben a fenyegetések időtartamának csökkenése is új jelentőséget nyer, hiszen az ADXr állatok úgy támadtak veszélyes testfelületeket, hogy szándékaikat nem jelezték előre (a fenyegetések funkciója a támadási szándék jelzése, ami lehetővé teszi az ellenfél számára a visszahúzódást). Összefoglalva tehát, egy hormonális rendellenesség, amely emberekkel összefüggött az abnormális agresszióval, hasonlóan abnormális agressziót hozott létre kísérleti állatainkban. Megállapíthatjuk tehát, hogy a glukokortikoid hipofunkció és az abnormális agresszió közötti összefüggés ok-okozatának tűnik.

Abnormális agresszió és szorongás

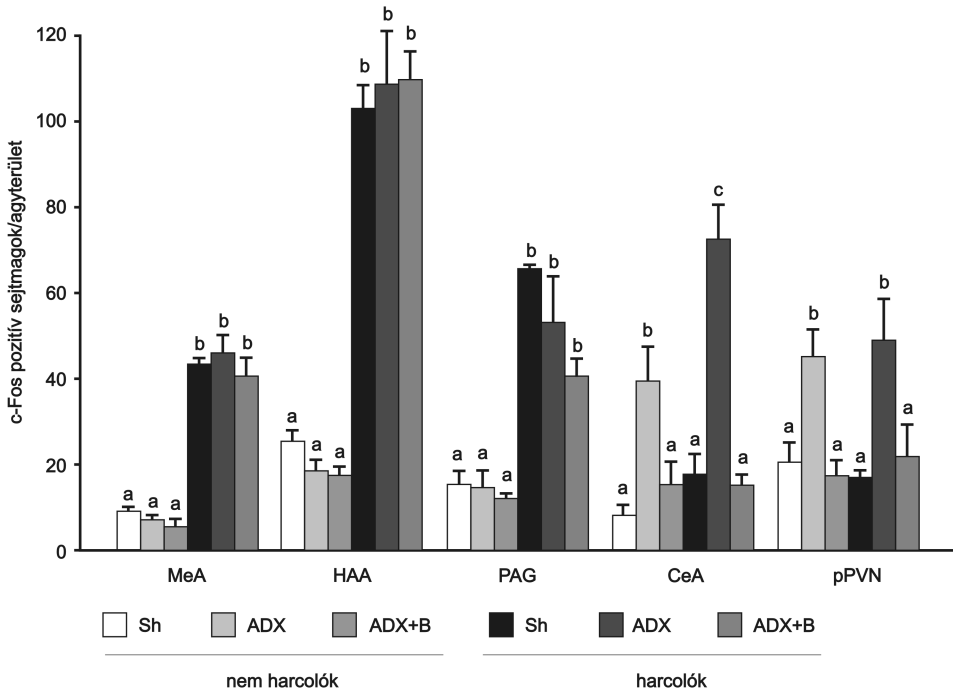
A glukokortikoid hipofunkció alapvetően megváltoztatta az agresszív magatartás jellegét, ezért feltehető volt, hogy a hormonhiány az agresszió szabályozásában szerepet játszó idegközpontok aktivitását is megváltoztatta. Ezt a jelenséget rezidens állatokban c-Fos immuncitokémiával kívántuk felderíteni. Hat csoportot vizsgáltunk egymással párhuzamosan (Halász et al., 2002). Három csoportot nem vetettünk alá agresszió-tesztnak, de áloperációnak, mellékveseirtásnak (ADXr), illetve mellékveseirtásnak és akut kortikoszteron-injekciónak igen. A másik három csoport ugyanilyen hormon-manipu-

lációkon esett át, de húsz percre egy náluk jelentősen kisebb ellenfelet helyeztünk ketrecükbe. A kísérleti eljárást és a csoportokat az 1. táblázatszemlélteti.

A harcoló csoportoknál a korábbi magatartási különbséget ezúttal is észleltük: az ADXr állatok támadásaik zömét (mintegy 70-80 %-át) az ellenfél veszélyes testfelületeire irányították, míg ugyanez az érték a kontrolloknál 8 % alatt volt. A harcoló és nemharcoló csoportok c-Fos aktivációja éles eltérést mutatott: az utóbbiaknál az aktiváció mértéke (agyterülettől függően) 5-10-szer erősebb volt.



1. ábra • A glukokortikoid hipofunkció hatása az agresszív magatartásra. A fenyegetések időtartama felére csökkent, míg a veszélyes testfelületekre adott támadások százalékos aránya csaknem tízszeresére nőtt.



2. ábra • Hormonkezelések hatása az agyi c-Fos fehérje expressziójára. Az utóbbit a neuronális aktiváció markerének tekintik. MeA= mediális amygdala; HAA= hypothalamikus támadási központ; PAG= centrális szürkeállomány; pPVN= n. paraventricularis hypothalami pars parvocellularis; CeA= centrális amygdala; Sh= áloperált; ADX= mellékveseitott, +B= akut módon kortikoszteronnal kezelt. A MeA, HAA és PAG közismerten szerepet játszanak az agresszivitás szabályozásában, a pPVN a kortikoszteron-termelés szabályozásában, míg a CeA a szorongás szabályozásában játszik szerepet. Az agresszív magatartás szabályozásában szerepet játszó idegközpontok aktivációját az ADX nem változtatta meg, az agresszió viszont jelentősen megnövelte a CeA aktivációját az ADX állatoknál.

A nemharcolóknál egyik hormonmanipuláció sem váltott ki jelentős hatást. A harcolóknál – meglepetésünkre – az agresszivitás szabályozásában szerepet játszó idegközpontok aktivációja egyik hormonmanipuláció hatására sem változott meg. Bár némi különbség észlelhető volt, ezek egyike sem volt szignifikáns, és egyik különbség sem volt akkora, hogy tüzetesebb vizsgálatot tett volna szükségessé. Lényeges eltérést tapasztaltunk azonban a stressz (nucleus paraventricularis hypothalami, pars parvocellularis; pPVN), illetve a félelem (centrális amygdala, CeA) szab-

lyozásában szerepet játszó idegközpontok c-Fos aktivációjában. A pPVN aktivációja verekedés nélkül is megerősödött az ADX hatására, a CeA aktivációja azonban a verekedőknél több mint kétszer erősebb volt a nem verekedőkhöz képest. Az akut kortikoszteron-kezelés az ADX minden hatását törölte. Úgy tűnik tehát, hogy az ADX nem befolyásolja az agresszivitás korábban ismert és nyilvántartott központjait, ellenben fokozza a félelemben szerepet játszó centrális amygdala-aktivációt.

Mivel a c-Fos tanulmány a félelem esetleges szerepére utalt, két szorongás-tesztben

megvizsgáltuk a glukokortikoid hipofunkció hatását a szorongásra: a szociális komponenseket nem tartalmazó megemelt keresztpalló (elevated plus-maze) és a szociális interakció tesztben. Az idegéletani eredményeinkkel összhangban, az ADXr valóban szorongást váltott ki a kísérleti állatokban, de ez csak a szociális interakció tesztben volt nyilvánvaló; a szociális komponens nem tartalmazó megemelt keresztpalló tesztben az ADXr állatok a kontrollhoz hasonlóan viselkedtek. Úgy tűnik tehát, hogy a hormonális rendellenességgel együtt járó szorongás szociális jellegű.

Kezdetben feltételeztük, hogy a szorongás az abnormális agresszió kialakulásának egyik okozója lehet. Ezt a feltételezést alátámasztotta, hogy a megfigyelt agressziós mintázathoz hasonló életveszélyben forgó állatoknál mutattak ki. Logikusnak tűnt, hogy egy szorongással járó abnormális agresszióforma megnyilvánulását egy szorongásgátló legalábbis enyhíteni tudná, ezért megvizsgáltuk egy szorongásgátló (buspiron) hatását abnormális agressziós modellünkben. Meglepetésünkre azonban előkísérleteink azt mutatják, hogy a buspiron nemhogy enyhítette volna, de súlyosbította a problémát. A veszélyes területre adott harapások számát ugyan nem befolyásolta, szignifikánsan megnövelte azonban a harapások számát (ami, tekintve, hogy az arány nem változott, a veszélyes területre adott támadások abszolút számának növekedését jelentette). Bár a jelenséget kétségtelenül tovább kell még vizsgálni, ez az eredmény azt sugallja, hogy a szorongás nem előidézi, hanem vélhetően féken tartja az ADXr állatok agresszivitását.

Következtetések helyett

Az agressziókutatás jelenleg két vonalon halad, amelyek meglehetősen élesen elválnak egymástól. A pszichológiai/pszichiátriai kutatás azokat a társadalmi/pszichikai összefüg-

géseket vizsgálja, amelyek az agresszió fokozódását okozzák, a laboratóriumi kutatás a genetikai, idegi és endokrinológiai összefüggésekre koncentrálnak. Sok más területen – például a szorongás, depresszió, skizofrénia, stb. vizsgálatában – a humán és laboratóriumi kutatás szoros kapcsolatban van, és egymást segítve fejlődik. Ez csak korlátozott mértékben igaz az agressziókutatásra. Ennek a hiányosságnak számos oka van. Az egyik, és talán legfontosabb, hogy a nem kívánt agresszivitás elleni gyógyszerek kutatása megközelítőleg sem folyik olyan intenzitással, mint más pszichikai rendellenességek esetében, így az agresszió pszichológiai/pszichiátriai kutatásának sokkal kevésbé van szüksége laboratóriumi modellek figyelemmel kísérésére, mint más pszichikai rendellenességek esetében. Ez természetesen nem vezet a két kutatási irány közötti kapcsolatok teljes megszűnéséhez, és az információk, ha lassan is, de átszivárognak a másik oldalra. Nem tagadható ugyanakkor, hogy az információcserét a laboratóriumi kutatások hiányosságai is gátolják. A laboratóriumi agressziókutatás szinte kizárólag a normálisnak tekinthető agresszivitás vizsgálatára koncentrálnak, abból a feltételezésből kiindulva, hogy a rendellenes formák szabályozási mechanizmusai megegyeznek a normális agresszió mechanizmusáival, csak az arányok tolnak el. Glukokortikoid hipofunkcióval kapcsolatos kutatásaink azon nagyon kevés laboratóriumi modellek egyikének kialakulásához vezettek (az agyi léziók hatásainak kutatása mellett), amelyek az abnormális agresszióformák vizsgálatát teszik lehetővé, és amelyek arra utalnak, hogy a normális és abnormális agresszió szabályozása között lehetségesek eltérések. Ez a tény az, amely az ilyen jellegű kutatásokat jelentőssé teszi. Vizsgálatainkban egy humán összefüggésből indultunk ki, és megállapítottuk, hogy (1) az endokrin rendellenesség, amely embereknél abnormális agresszióval együtt jelentkezik,

abnormális agressziót idéző állapotokban; (2) az agresszivitásban fellelhető rendellenesség, akárcsak az emberben, szorongással társul. Ezzel, úgy érezzük, bizonyítékot találtunk arra, hogy a glukokortikoid hipofunkció és abnormális agresszió között ok-okozati összefüggés van. Új felismerésnek tekinthető, hogy az endokrin rendellenesség által előidézett szorongás fékezőleg hat az ugyanazon endokrin rendellenesség által előidézett agresszivitásra. Ezt a felismerésünket természetesen további

kísérletekkel kell megerősítenünk. A modell azonban – ettől a felismeréstől függetlenül, alkalmasnak látszik egy olyan abnormális agresszióforma szabályozási mechanizmusainak tanulmányozására, amelynek nyilvánvaló humán párhuzamai vannak.

Kulcsszavak: *agresszió, magatartás, állatok, ember, patkány, pszichikai zavarok, stressz, glukokortikoidok, támadási célpont, fenyegetés*

IRODALOM

- Blanchard Robert J. – Blanchard, D. Caroline (1981): The Organization and Modeling of Animal Aggression. In: Brain, Paul F. – Benton, David (eds.) *The Biology of Aggression*. Sijthoff et Noordhoff, Alphen aan den Rijn (The Netherlands). 529-563.
- Brain, Paul F. – Haug, Marc (1992): Hormonal and Neurochemical Correlates of Various Forms of Animal "Aggression". *Psychoneuroendocrinology*. **17**, **6**, 37-551.
- Caspi, Avshalom – McClay, J. – Moffitt, T. E. – Mill, J. – Martin, J. – Craig, I. W. – Taylor, A. – Poulton, R. (2002): Role of Genotype in the Cycle of Violence in Maltreated Children. *Science* **297**, 851-854.
- Halász József – Liposits Zs. – Kruk, M. R. – Haller J. (2002): Neural Background of Glucocorticoid Dysfunction-induced Abnormal Aggression in Rats: Involvement of Fear- and Stress-related Structures. *European Journal of Neuroscience*. **15**, **3**, 561-569.
- Haller József – Halász J. – Mikics É. – Kruk, M. R. – Makara G. B. (2000): Ultradian Corticosterone Rhythm and the Propensity to Behave Aggressively in Male Rats. *Journal of Neuroendocrinology*. **12**, 937-941.
- Haller József – Van De Schraaf, J. – Kruk, Menno R. (2001): Deviant Forms of Aggression in Glucocorticoid Hyporeactive Rats: A Model for 'Pathological' Aggression? *Journal of Neuroendocrinology*. **13**, 102-107.
- Heim, Christine Marcelle – Ehlert, Ulrike – Hellhammer, Dirk H. (2000): The Potential Role of Hypocortisolemia in the Pathophysiology of Stress-related Bodily Disorders. *Psychoneuroendocrinology*. **25**, 1-35.
- Hennessy, Michael B. – Voith, V. L. – Mazzei, S. J. – Buttram, J. – Miller, D. D. – Linden F. (2001): Behavior and Cortisol Levels of Dogs in a Public Animal Shelter, and an Exploration of the Ability of these Measures to Predict Problem Behavior after Adoption. *Applied Animal Behaviour Science*. **73**, 217-233.
- Makara B. Gábor – Haller József (2001): Non-genomic Effects of Glucocorticoids in the Neural System. Evidence, Mechanisms and Implications. *Progress in Neurobiology*. **65**, 367-390.
- Pajer, Kathleen – Gardner, W. – Rubin, R. T. – Perel, J. – Neal, S. (2001): Decreased Cortisol Levels in Adolescent Girls with Conduct Disorder. *Archives of General Psychiatry*. **58**, **3**, 297-302.
- Politch, J. A. – Leshner, Alan I. (1977): Relationship between Plasma Corticosterone Levels and Levels of Aggressiveness in Mice. *Physiology and Behavior*. **19**, 775-780.
- Virkkunen, Matti (1985): Urinary Free Cortisol Secretion in Habitually Violent Offenders. *Acta Psychiatrica Scandinavica*. **72**, 40-44.

A LÉTRA ALJÁN: A VISELKEDÉS ÉS SZABÁLYOZÁSÁNAK HIERARCHIÁJA

Kabai Péter

tudományos főmunkatárs, SZIE ÁOTK, Ökológiai Tanszék – pkabai@univet.hu

Az agy működéséről szóló ismeretterjesztő művek olvasóinak könnyen támadhat olyan benyomásuk, hogy az idegrendszer alapvetően négy dolgot csinál: 1. gyors reflexpályákon lehetővé teszi az azonnali reakciókat káros vagy kellemes ingerekre; 2. bonyolult idegpályákon keresztül feldolgozza az érzékszervekhez beérkező ingereket; 3. információt tárol; 4. a pillanatnyi külső helyzet és a tárolt információ alapján döntéseket hoz a megfelelő válaszokról.

Mivel az agyműködést minden korban az éppen legfejlettebb technikai vívmánnyal érzékeltetik, manapság az idegrendszer működését egy számítógépes vezérlőközponthoz szokás hasonlítani. Vannak olyan egyszerű válaszok, mint például a pupillareflex vagy patellareflex, amikről egy alsó szintű szabályozó saját hatáskörében hoz döntést. A bonyolultabb információk a vezérlőközpontba külön csatornákon futnak be, és külön „monitorokon” jelennek meg a képek, hangok, szagok és egyéb ingerek feldolgozott jelei, valamint a tárolt információk. A monitorokat egy „kicsi ember” nézi, aki némi gondolkodás után kiadja a parancsot a válaszra... Ettől az elképzeléstől, miszerint a magasabbrendű döntéseket egy, az agyunkban figyelő okos kis törpe (akinek agyában nyilván egy még kisebb törpe ül) hozza meg, nehéz elszakadni.

Mindez azért is meglepő, mert az egyszerű reflex-komplex viselkedés dichotómiát az etológusok már több mint negyven évvel

ezelőtt gazdagították a viselkedés hierarchikus szerveződésének gondolatával.

A bonyolult viselkedésszekvenciák elemei könnyen csoportosíthatóak abból a szempontból, hogy milyen valószínűséggel fordulnak elő egymás közelében. A korai etológusok szerint a viselkedés-elemek közötti kapcsolatok egy többszintes hierarchiában írhatók le. A hierarchia legalján az elemi reakciók, csúcán az adott helyzetet a memóriatárral összetevő döntéshozó „központok” állnak. E két végpont között az etológusok a viselkedés szerveződésében kimutattak, illetve a viselkedés idegi szabályozásában feltételeztek számos köztes réteget.

A következőkben néhány példával szeretném bemutatni, hogy az idegrendszer a régebbi elképzelésekkel szemben meglepően finom felismeréseket végez, és sok döntést hoz az alsóbb és köztes szinteken.

1. *Bevésődés*

A fészekahagyó madarak, például a csirkék vagy kislibák röviddel kelésük után megközelítenek és követnek szinte bármilyen mozgó tárgyat, ami természetes körülmények között az anya, laboratóriumban pedig valamilyen mesterséges stimulus lehet. Néhány órás együttlét, illetve követés során a kismadár megtanulja a tárgy jellegzetességeit, amelyeket egy választásos helyzetben ellenőrizhetünk. A tanult kiscsirke az ismert tárgyhoz odafut, és eközben kapcsolattartó hangot hallat. Egy ismeretlen tárgy ugyanak-

kor menekülési reakciót és stressz-vokalizációt válthat ki. E tanulási folyamatot a kérdést tudományos szempontból elsőként tanulmányozó Konrad Lorenz nevezte el bevésődésnek (imprinting).

A tárgy memorizálásában szerepet játszó agyterületeket, sőt a memória rögzülése során lezajló biokémiai és morfológiai változásokat elég jól ismerjük Horn és munkatársainak munkája nyomán (Horn, 1998). Az emléknym rögzítésében kritikus feladata van a nagyagy egy meghatározott területének, az IMHV-nak (*intermedialis hiperstriatum ventrale*). Az IMHV anatómiai kapcsolatai és működése alapján valódi asszociációs területnek tekinthető (Csillag, 1999). E terület lézióját követően a csirke nem képes imprintálódni, miközben más tanulási képességei nem károsodnak. Az IMHV tehát az emléknymok és az aktuális információk összevetése alapján úgy tűnik, döntést hoz: Fuss hozzá vagy menekülj!

A tanulási folyamat szükséges feltétele a követési reakció, amire a csirkék minden tréning nélkül képesek. Sokáig azt hitték, hogy a követési reakciót bármilyen stimulus azonos valószínűséggel váltja ki, tehát nincs semmiféle öröklött preferencia. Joseph Kovach azonban bizonyította, hogy a frissen kelt naiv japán fűrj egyedek eltérő valószínűséggel közelítik meg például a villogó kék fényt a pirossal szemben, illetve a függőleges vonalmintázatot a vízszintessel szemben. E kis egyedi különbségeket sikerült genetikai szelekcióval jelentősen felerősítenie. A szelekcióval előállított „Kék” vonal 20. generációs egyedei közel egy valószínűséggel választották a kék fényt a pirossal szemben, és a „Piros” vonal hasonlóan erős, de ellentétes nem tanult preferenciát mutatott. A mintázatra történő szelekció kevésbé volt hatásos, de a „Függőleges” és a „Vízszintes” vonal egyedei a véletlent szignifikánsan meghaladó arányban választották genetikailag szelektált stimulusukat (Kovach, 1980).

Időközben Horn munkacsoportja is ki derítette, hogy a csirkék minden tanulás nélkül hajlamosabbak egy kitömött anyamadár modellt megközelíteni, mint egy forgó dobozt vagy hengert (Horn, 1986). Ezt az amúgy nem túl erős nem tanult preferenciát predispozíciónak nevezték el. Horn és munkatársai feltételezték, hogy a predispozíció és a tanult preferencia idegi szabályozását külön rendszerek végzik. A leginkább elfogadott elképzelés az volt, hogy a nem tanult követési válasz, valamint a nem tanult preferencia a mozgásindításban alapvetően fontos bazális ganglionokhoz köthető.

A nem tanult predispozíció idegi szabályozásának vizsgálatához jó modellt jelentettek a szelektált vonalak, mert ezekben a predispozíciót rendkívüli mértékben felerősítette a genetikai szelekció. Az első kísérletek arra utaltak, hogy a piros illetve kék preferenciára szelektált vonalak egyedeiben a preferált, illetve a nem preferált fény észlelésekor más látópálya aktiválódik, és ez a különbség már a nagyagy alatti (szubtelencefalikus) szerveződési szinten kimutatható (Kabai et al., 1992). A előagy alatti jelentőségét bizonyította, hogy a követési válasz, sőt a nem tanult színre és formára való preferencia is gyakorlatilag sértetlen marad a teljes nagyagy eltávolítás után is (Kabai – Kovách, 1993a; 1993b). A decerebrált madarak nem képesek imprintálódni, követési választuk új tárgyak bemutatásakor is fennmarad, és nem vált ki menekülési reakciót.

Ezek és más vizsgálatok arra utalnak, hogy a bonyolult imprinting tanulás funkcionálisan és anatómiailag is élesen szétválasztható legalább két alrendszerre: (1) a követésre alkalmas stimulus felismerése és a követés motoros szabályozása teljes egészében a gyors reagálásra képes szubtelencefalikus régiók irányítása alatt van, (2) a memórianyomok képzése, a pillanatnyi helyzet értékelése és adott esetben a követési válasz gátlása telencefalikus szabályozás alatt áll.

2. Ízelkerüléssel tanulás

A tyúk jellegzetességeinek megtanulása mellett a fészekhagyó kismadarak másik fontos feladata az, hogy meg tudják különböztetni az ehetőt a közömbös, illetve rossz ízű tárgyaktól. A lecke megtanulására mindössze három napjuk van, eddig tart ki ugyanis a szikzacskóban magukkal hozott tartalék tápanyag. Természetes körülmények között a kiscsirkék szinte bármilyen apró és feltűnő tárgyra rácsippennek, és próba-szerencse alapján tanulják meg, mi ehető és mi nem. A rossz ízű, valószínűleg mérgező dolgok megtanulása különösen fontos, mert ebben nem szabad sokszor hibáznia. Az ehető-mérgező diszkriminációs tanulás vizsgálatára egyszerű módszert sikerült kifejleszteni. A csirkének pálcákra ragasztott gyöngyöt mutatnak, amire a csirke azonnal rácsíp. Ugyanannak a gyöngynek ismételt prezentációja csökkenő intenzitású csipegetést vált ki, a csirke megtanulja, hogy a tárgy közömbös. Egy új forma vagy szín láttán a csipegetés gyakorisága felugrik, majd a sorozatos bemutatások hatására csökken. Amennyiben azonban a gyöngy megerősítő jellegű, például a szomjas csirke vízhez jut a gyöngyből, a csipegetés frekvenciája növekszik (Sakai et al., 2000).

Ha a gyöngyöt kellemetlen ízű anyaggal itatják át, a csirke a rácsípést követően azonnal undorreakciót mutat, hátrál, fejét rázza, csőrét az aljathoz dörzsöli, és ezt követően legalább egy napig nem csíp rá hasonló tárgyra (Rose, 2000). Mivel a hosszú távú emlékezetet kiváltó élmény, a csippenés időben pontosan meghatározható, a jelenség különösen alkalmas a memóriaképződés időbeli folyamatának vizsgálatára. Rose és munkatársai több évtizedes munka során tisztázták, hogy az ízelkerüléssel tanulásban kritikus szerepe van egy nagyagyú (telenkefalikus) területnek, az LPO-nak (*Iobus parolfactorius*). Egyetlen találkozás a rossz ízzel mélyreható változásokat indít be az LPO-ban,

amely folyamat végén a neuronok és kapcsolataik morfológiai változása, sőt új idegsejtek megjelenése detektálható.

Az LPO, sőt a teljes telenkefalon sem szükséges azonban az alapreakció, a csipegetés szabályozásához. Decerebrált csirkék bármilyen alkalmas méretű tárgyra rácsipnek, és a csipegetést addig folytatják, míg az a látóterükben van. Ez és egyéb vizsgálatok arra utalnak, hogy a csipegetést kiváltó inger felismerése és a reakció motoros szabályozása a nagyagy alatti területek feladata.

A decerebrált állatokon végzett egyszerű vizsgálatok tanulságaként újra kell gondolnunk a viselkedés és tanulás idegi szabályozását. Úgy tűnik, igazolódik az a feltevés, amire a korai etológusok pusztán a viselkedés elemzése alapján jutottak. Az elemibb viselkedésreakciók végrehajtásához szükséges információkat és a reakció megvalósítását alsóbb szintű rendszerek szabályozzák, amelyek alapállapotban automatikusan beindítják a reakciót. A felsőbb szintű szabályozó területek a finomabb információ feldolgozásához, tárolásához, a döntéshez és adott esetben az alsóbb szintek gátlásához szükségesek. Ha ez a gátlás megszűnik, a reakció teljes egészében végbemegy.

Valószínű, hogy ez a szerveződési elv nemcsak a madarakra jellemző. Halakban és kétélűtűekben már régen kimutatták a szub-telenkefalikus szabályozás jelentőségét, emlősökben még kevés az ilyen vizsgálat. A szabályozás egy aspektusa, az érzékelés szub-telenkefalikus kapacitásáról azonban már van annyi ismeret, hogy megjelenhetett erről egy áttekintés. (Sewards – Sewards, 2002)

A létrel evolúciója

Az elmúlt pár évben élénk vita bontakozott ki az agy evolúciójának alapvető szabályairól. Egyrészt tudjuk, hogy az agyban nincs egyetlen elszigetelt idegsejt sem, a neuronok és az agyterületek szoros kapcsolatban állnak egymással, így nem meglepő, hogy az egyes agy-

területekben lévő neuronok száma és végső soron a területek mérete nem független egymástól. Egy emlősfaj kisagyának méretéből például egyszerű számítással következtethetünk nagyagyának térfogatára. Ez alapján várható, hogy az evolúció során egyetlen agyrész mérete sem változhat meg önmagában, csak a többi agyterülettel összhangban (koordinált evolúció). Az érem másik oldala az, hogy a különböző fajok számára más és más funkció lehet fontos, ami viszont elvileg a speciális funkciót ellátó agyterület önálló növekedését eredményezheti. Sokak véleménye szerint például az emberi agykéreg, vagy a visszhang alapján tájékozódó denevérek kisagya az evolúció során mintegy önállósította magát, és a többi területtől függetlenül növekedett meg hatalmas mértékben (mozaikos evolúció). A kérdés nem zárult le megnyugtatóan, mert ugyanannak az emlősfaj-adatbázisnak az elemzésével egyes szerzők a koordinált (Finlay et al., 2001), mások a mozaikos evolúciós modellre találtak bizonyítékot (Barton – Harvey, 2000).

Saját munkánkban egy független adatbázis alapján huszonhárom madárfaj agyterületeit elemezzük. Az agyterületek közötti korrelációk vizsgálata nem egyszerű, mert a fajok nem függetlenek egymástól, madaraink egyazon törzsfaj ágain ülnek. Mivel a fajok közötti hasonlóságot a vizsgált változók közötti funkcionális kapcsolatokon kívül a közös leszármazás is okozhatja, a leszármazás hatását el kell távolítani az elemzést megelőzően. Ennek érdekében a vizsgált fajokra törzsfát készítünk mitochondriális DNS szekvenciák alapján (Schrott, 2002). Ezek után változónként kiszámítottuk a törzsfaj egymás melletti ágain, illetve elágazásain lévő párok különbségeit. Az így nyert ún. evolúciósan független kontrasztok már valóban függetlenek a leszármazástól, és ezért bármilyen statisztikai elemzés végezhető rajtuk.

Előzetes eredményeink arra utalnak, hogy a koordinált és mozaikos evolúciós

modellek összebékíthetők egymással a szerveződés két alapvető sajátossága: a párhuzamos feldolgozás és a hierarchikus szerveződés elve alapján. A párhuzamos processzálsból adódó függetlenség nyilvánvaló. A párhuzamos pályák közül az adott faj számára fontosabb processzáls hatékonyságára ható szelekció megnövelheti a pálya elemeit a többi alrendszer rovására. Érdekesebb kérdés, hogy egy adott pálya elemei függetlenekedhetnek-e egymástól az evolúció során. Amennyiben egy pályát, például valamelyik látópályát úgy képzelünk el, hogy az alsóbb szintű területek csak a felsőbb területek felé küldenek rostokat, akkor szoros összefüggést, koordinált evolúciót várhatunk az egyes területek mérete között. Egy pályán fölfelé haladva tehát az egyes területek mérete között szoros evolúciós korrelációt, tehát az $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ területek között „vas-tag” nyilatkat várunk.

Még nem publikált eredményeink azonban arra utalnak, hogy a látópálya bizonyos területei között szoros, más területek között gyenge az evolúciós összefüggés. Alulról fölfelé vizsgálva az összefüggéseket szoros kapcsolatot találtunk $A \rightarrow B$, (A: tectum opticum, B: nucleus rotundus), valamint $B \rightarrow C$ (C: ectostriatum) között. A $C \rightarrow D$ kapcsolat már gyengébb volt (D: neostriatum). Továbbhaladva, a két telenkefalikus integráló terület, $D \rightarrow E$ (E: hiperstriatum ventrale) között ismét szoros a kapcsolat. Az evolúciós kapcsolat szorossága ($A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$) minden bizonnyal a területek közötti kapcsolatok jellegét tükrözi. Míg például B terület szinte kizárólag az A-tól kap beidegést, és szinte kizárólag a C területbe vetít, a C területnek több agyterülettel van gazdag kapcsolata. A két asszociáló terület (D és E) természetesen sok helyről kap beidegést, de kapcsolatrendszerükben az egymáshoz fűződő viszonyuk a meghatározó. Ennek alapján a szinte kizárólagosan kapcsolódó területek korreláltan evolválódnak, míg a velük

lazább kapcsolatban álló területek ebben a viszonylatban függetlenül változhatnak. Attól függően tehát, hogy milyen egységek között keresünk evolúciós kapcsolatokat, vagy a koordinált, vagy a mozaikos evolúciós modell látszik igazolódni.

Mi várható az agy egésze, tehát a teljes rendszer vizsgálatától? A teljes agyat tekintve minden terület minden területtel közvetlenül vagy közvetve kapcsolatban áll, és ez alapján többen feltételezik, hogy az egyes agyterületek mérete az összes többi által determinált, tehát az agy egészére a koordinált evolúció kényszerfeltételei hatnak.

Ez akkor lenne igaz, ha az agynak, mint a válaszokat szabályozó rendszernek csak egyetlen szintről lenne kimenete. Az utóbbi időben azonban egyre több a bizonyíték arra, hogy a hierarchikus szerveződés nemcsak az információ-feldolgozás hierarchiáját, hanem a döntéshozás hierarchiáját is jelenti. Egy funkcionális pályának nemcsak a „csúcán”, hanem több rétegben van kimenete. Az egyes kimenetek funkcionális fontosságának megfelelően az adott agyterület mérete akár szintenként, önállóan evolválódhat. Az ízelkerüléses tanulási modell alapján például elképzelhető, hogy egy táplálékspecialista faj számára az egyszerű információk gyors kiértékelése és a gyors válasz a fontos, míg egy generalista esetében nagyobb jelentősége van a tanulásnak, a pillanatnyi kép és a memóriában tárolt információ összevetésének. A gyors választ szabályozó szubtelencefalikus régiók és az emléknymokat tároló és kiértékelő nagyagyi területek jelentősége és mérete így az evolúció során elszakadhat egymástól.

Tervek

Érdekes feladat lesz a madár- és emlősagy evolúciós összehasonlítása. Tudjuk, hogy a madarak több, számunkra mentális kihívást jelentő feladatot alsóbb szinten, automatikusan oldanak meg. Abban a feladatban például, amelyben egy bonyolult mintázatról el

kell dönteni, hogy tükrözéssel vagy forgatással jött létre, a galambok az emberhez hasonló teljesítményt nyújtanak. Míg azonban az ember a feladatot „mentális forgatással” oldja meg a kéregben, a madarak ugyanezt feltehetően szubtelencefalikus szinten, a tectum opticumban teljesítik. Egy most folyó vizsgálatunkban Schrott Anikóval (SzIE doktori program) arra a kérdésre keressük a választ, hogy a madár- és emlősagy evolúciós változásában valóban kimutatható-e eltérés a szintek közötti munkamegosztásban.

A szintek közötti munkamegosztás feltétele a szintek közötti hatékony kommunikáció. Érdekes, hogy a munkamemóriában, szabályfelismerésben, előrejelzésben központi szerepet játszó emlős agyterület, a prefrontális kéreg erőteljes dopamin beidegézést kap alsóbb szintekről, és kimutatták, hogy a dopaminerg sejteknek specifikus szerepük van a szabálytanulásban. Saját vizsgálatainkban igazoltuk, hogy a dopamin D1 receptor rendszernek kritikus szerepe van a madarak tanulásában is (Stewart et al., 1996). Bár a madarak nagygya nem rendelkezik kéreggel, a madár-telencefalon egy régiója az emlős prefrontális kéreg analógjának tekinthető, éppen erős dopaminerg beidegzése miatt. Dr. Csillag Andrással (Semmelweis Egyetem) és Zachar Gergellyel (ELTE doktori program) jelenleg egy közvetlen mérési módszerrel (mikrodialízis) azt vizsgáljuk, hogy a madár prefrontális kéregben milyen szerepe van a dopamin-rendszernek, amely úgy tűnik, az alsó és felsőbb szintű döntési pontok egyik fontos összehangolója.

A szerveződés mechanizmusának és evolúciójának vizsgálata közelebb vihet minket annak megértéséhez, hogy egy szervezet miként képes egyazon pillanatban tucatnyi szabályozást összehangoltan megoldani, és milyen szelekciós erők hatnak e szabályozási funkciók összehangolt elkülönülésére. Tudatunk, az a bizonyos mindent látó „kicsi törpe”, valójában nagyon keveset észlel

ezebből folyamatokból. Azt azonban, hogy „ki is ő” és honnan „tudja”, mikor, miben kell átvenni az irányítást, egyelőre csak sejtjük.

IRODALOM

- Barton, Robert A. – Harvey, Paul H. (2000). Mosaic Evolution of Brain Structure in Mammals. *Nature*. **405**, 1055-8.
- Csillag András (1999): Striato-Telencephalic and Striato-Tegmental Circuits: Relevance to Learning in Domestic Chicks. *Behavioural Brain Research*. **98**, 227-36.
- Csillag András – Kabai Péter – Kovach, Joseph K. (1995): The Effects of Localized Mesencephalic and Diencephalic Lesions on Unconditional Color Preferences in Selected Lines of the Japanese Quail. *Physiology and Behavior*. **58**, 659-667.
- Davies, D. C. – Csillag A. – Szekely A. – Kabai P. (1997): The Efferent Connections of the Domestic Chick Archistriatum. A Phaseolus Lectin Anterograde Tracing Study. *Journal of Comparative Neurology*. **389**, 679-693.
- Finlay, Barbara L. – Darlington, Richard B. – Nicastro, Nicholas (2001): Developmental Structure in Brain Evolution. *Behavioral and Brain Sciences*. **24**, 263-78.
- Horn, Gabriel (1998): Visual Imprinting and the Neural Mechanisms of Recognition Memory. *Trends in Neurosciences*. **21**, **7**, 300-305.
- Kabai Péter – Kovach, Joseph K. (1993a): Persistence of Approach Response after Decerebration in Newly Hatched Quail Chicks. *Physiology & Behavior*. **53**, 699-707.

Kulcsszavak: *bevésődés, ízelkerülés, hierarchikus viselkedésszerveződés, agyevelődés, relatív agyméret, madarak*

- Kabai Péter – Kovach, Joseph K. (1993b): Subtelencephalic Visual Discrimination in Selected Lines of Japanese Quail. *NeuroReport*. **4**, 255-258.
- Kabai Péter – Kovach, Joseph K. – Vadász Csaba (1992): Neural Correlates of Genetically Determined and Acquired Color Preferences in Quail Chicks. *Brain Research*. **573**, **2**, 260-266.
- Kovach, Joseph K. – Kabai Péter (1993): Effects of Bilateral Hemispherectomy On Genetically Variable Stimulus Preferences and Imprinting in Quail Chicks. *Brain Research*. **629**, 181-188.
- Rose, Steven P. (2000): God's Organism? The Chick as a Model System for Memory Studies. *Learning & Memory*. **7**, 1-17.
- Sakai, Sayaka – Yanagihara, S. – Kabai P. – Koga, K. – Matsushima, T. (2000): Predisposed Visual Memory of Shapes in Quail Chicks. *Zoological Science*. **17**, 1045-1051.
- Schrott Anikó (2002): *A madáragy moduláris evolúciója*. Szakdolgozat
- Sewards, Terence V. – Sewards, Mark A. (2002): Innate Visual Object Recognition in Vertebrates: Some Proposed Pathways and Mechanisms. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A. Molecular and Integrative Physiology*. **132**, **4**, 861-91.
- Stewart, Michael G. – Kabai P. – Harrison, E. – Steele, R. J. – Kossut M. – Csillag A. (1996): The Involvement of Dopamine in the Striatum in Passive Avoidance Training in the Chick. *Neuroscience*. **70**, 7-14.



BORÓKÁS ÜREGINYÚL: EGY ÁLLATI TRADÍCIÓ KIALAKULÁSA ÉS KÖVETKEZMÉNYEI

Altbäcker Vilmos

egyetemi docens, ELTE Etológia Tanszék – altbac@ludens.elte.hu

Ha a róka enni akar, nyúlra vadászik, miközben az a gypet vagy a facsetetékét rágja. Ha tehát az erdész csökkenteni szeretné a vadkárt, nemcsak kerítést építhet vagy puskát ragadhat a nyúlragás ellen, az is célra vezethet, ha abbahagyja a rókák gyérítését, és azok elvégzik helyette a nyúlirtást. Az ökológiai összefüggések és a mögöttük húzódó etológiai mechanizmusok ismerete lehetőséget nyújt a folyamatok dinamikájának értő befolyásolására, és lehetővé teszi, hogy az egyensúlyt a biológiai sokféleség megőrzése mellett biztosítsuk. Most egy olyan kutatásról számolunk be, amelynek középpontjában a kiskunsági borókások életének megértése áll.

A Duna-Tisza közti homokhátságon kialakult természetes vegetáció legszembetűnőbb sajátága, hogy több léptékben is mozaikos szerkezetű, vagyis élesen körülhatárolt foltok szabálytalan ismétlődéseként írható le (Kertész et al., 1994). Az 1976-ban alakult Kiskunsági Nemzeti Park a homokbuckásokon kialakult nyáras borókás erdőt, az erdőt körülvevő homoki legelőket és az ennek mélyedéseiben létrejött kiszáradó szikes tavakat hivatott megőrizni. Az észak-déli gradiens mentén húzódó bugacbócsai valamint orgoványi ősbörökás-pusztá komplexének mozaikos szerkezete mind elméleti, mind kutatás-szervezési szempontból ideális hosszú távú, több léptékben jelentkező folyamatok kísérletes vizsgálatára.

Kutatócsoportunk a növényzet-növényevő kapcsolatok foltos környezetben megnyilvánuló sajátosságait elemzi 1989 óta. A kutatás fő témája az üreginyúl (*Oryctolagus cuniculus*) és a boróka (*Juniperus spp.*) sokrétű kapcsolata.

„A borókás egy darabka félsivatag Európa közepén” mondjuk, ahol a déli lejtők felszíni hőmérséklete nyáron elérheti a 70 fokot. A nyáras-borókás facsoportok közé ékelődő tisztások csupasz homokfelszínének létrejöttében az üreginyúl legelésének, kaparásának hatása igen számottevő lehetett. Az üreginyúl számára ideális élőhely az ősbörökás, ibériai őshazájában is a félsivatagos ligetes növényzetű homokdűnéket lakja, ahol ő a boróka fő terjesztője: a magok csak a nyúl által előemészte csíráznak ki. Az üreginyúl magyarországi elterjedését is nagyban befolyásolja a vegetáció architektúrája iránti preferenciája, illetve a kotorekásás lehetősége, amit az mutat, hogy elterjedése egybeesik a homoktalajok előfordulásával. A bugaci ősbörökásban a másfél évszázada itt élő nagyszámú üreginyúl rágása hozzájárulhatott a jelenlegi arculat, a csupasz felszint övező szélsőséges mikroklimatikus viszonyok kialakulásához. A gyeppen az üreginyúl táplálékválasztásában általában preferált fűfélék helyett ma a magas méregtartalmú növények a gyakoriak (*Thymus* spp., *Linum hirsutum*, *Colchicum autumnale*), feltehető-

en azért, mert az üreginyúl a számára ehető növényfajokat az erdő korábbi történelme során kiette a gyeptől. Ez a hatás ma is kimutatható, a táplálék-összetétel elemzése szerint a tavaszi fő táplálék a már csak néhány rágott töben fellelhető *Festuca vaginata* (Mátrai et al., 1997). A sok évtizede ható rágás következményeként valószínűleg már a talaj magbankja is kimerült, a növényevőket kizáró kísérletünkben a mintavételi helyeken több év után sem jelentek meg a máshol állományalkotó fűfélék.

Egy harmincöt hektáros terület teljes felmérése azt mutatta, hogy az üreginyulak életének központja a nyúlvár, amit dombtetőn álló borókák alá ásnak. Fontos a táplálékkelőhely közelsége, így a legelés közben megzavart állatok gyorsan el tudják érni a váraikat. Mivel a dombok és a borókák eloszlása nem egyenletes, a rágás hatása sem egyenletesen jelentkezik, a várat rejtő borókákat szinte csupasz homoksáv veszi körül.

A legelést követően az üreginyulak nem akarhol ürítenek: több ezer nyúlbogóból álló ürülekhalomokra potyogtatnak. Ezek funkciója a területjelzés, így elsősorban a kolóniák határain találhatók. Ezt úgy bizonyítottuk, hogy minden ürülekhalomra fehér papírlapot helyeztünk, majd helikopterről légifotósorozatot készítettünk, amin a fehér pöttyök helye pontosan bemérhető. Ezek szerint az ürülekhalomok 5-8 méterenként kialakított láncolata a várak körüli legelőket határolja. E halmok kialakulása azt is jelenti, hogy a gyeptől elfogyó szerves anyag nem egyenletesen kerül vissza a körforgásba, hanem az ürülekhalomokon összpontosul. Az ürülekhalomok körül sokkal több a nitrogén, mint mást, így nem véletlen, hogy zöld növénygyűrű látható körülöttük, egyrészt a trágyázás, másrészt a nyúlbogókban rejtőző magok kicsírázása következtében. Az üreginyúl őshazájában több száz olyan növényfajt írtak le, amelyek csakis a nyúlön keresztülhaladás után tudnak kicsírázni.

A nyúl rágása nemcsak a gypersorsát befolyásolhatja. A bugaci terület belső, homokbucskás részein, ahol a kutatás kezdetén az üreginyúl különösen gyakori volt, sok kifejlett boróka alsó levelei hiányoztak. Alkonyatkor gyakran láttuk, hogy az üreginyúl ágaskodva eszi a borókaleveleket. Ez annál inkább feltűnő volt, mert az erdő másik végében, Bócsán nem volt nyoma a borókafogyasztásnak. A bugaci borókarágás bócsai hiányának több oka is lehet, különbözhetnek az üreginyulak is, a borókák is. Mivel az örökzöldek olyan terpéneket tartalmaznak, amik az emésztést blokkolják, elképzelhető volt, hogy a bócsai borókák sokkal mérgezőbbek, így az ottani üreginyulak elkerülik őket. Ezért még 1992 őszén huszonnégy darab, megközelítőleg 25 cm-es magasságú, Bócsáról származó kisborókát ültettünk át Bugacra, és a csemeték felét műanyag hálókkal elkerítettük a nyulak elől. Két nappal később a kerítetlen kisborókáknak már csak a vastagabb fás ágai voltak meg, vagyis a nem rágott terület borókái fogyaszthatók – legalábbis a bugaci nyulak számára! Ezután figyelmünket arra összpontosítottuk, miben különbözhetnek a bugaci nyulak. A tisztásokon kijelölt sok száz mintaterület leírása azt bizonyította, hogy a borókások gyperszintjében a körülmények nem térnek el jelentősen, a kínálat eltérése tehát nem lehet felelős a helyi étrendért. Az üreginyúl kb. hetvenféle növényfajból válogathat, bár ezek nagy része csak időszakosan áll a rendelkezésükre. A gyp botanikai jellemzése mellett minden évszakban mintát vettünk az állatok étrendjéből is. Mivel a nyulak éjszaka táplálkoznak, megfigyeléssel nem sokra mentünk, a „mintát” az ürülekfogójuk jelentette, amiben az elfogyasztott növények kemény külső epidermisrétege árulkodik az előző napi étrendről. A bogyóbeli maradványokat mikroszkóppal elemezve a bugaci nyulak hullatékában több évszakban is található boróka (Mátrai et al., 1997), tehát rendszeresen fogyasztják e növényt.

Mivel az üreginyulak több évszázada jelen vannak a Kiskunságban, kézenfekvő volt a lehetőség, hogy a helyi körülményekhez történő alkalmazkodás eredményeképpen borókaszerető populáció alakult ki Bugacon. Ezt könnyen kideríthetjük, ha ellenőrzött körülmények között borókával kínálunk bugaci és más üreginyulákat. Befogott állataink valóban ették a borókat, de csak akkor, ha a bugaci erdőben nőttek föl: a laboratóriumban született példányok elkerülték a borókat. Több más emlősnél is ismert, hogy kölyökkorban alakul ki a preferenciájuk, a legelésző birka báránya ellesi az anya szokásait, és ő is hasonló növényeket fog fogyasztani. Az anya-kölyök kapcsolat azonban az üreginyúl esetében olyan különleges, hogy az étrend „ellessése” kizártnak tűnt.

A nyúl mama egy föld alatti üregben hozza világra kölykeit, s a napi egyszeri szoptatások közötti időszakban a fészek bejáratát gondosan bezárja. Mivel az ellés után azonnal párizik, a szoptatási időszakban már rendszerint újra vemhes. A huszonnyolc napig tartó szoptatási időszak végén azután a kicsiket elüzi maga mellől, így azok az elválasztás utáni héten, a legkritikusabb időszakban semmiféle közvetlen segítséget nem kapnak. A halandóság az első hónapban igen magas, csak azok az egyedek maradnak életben, melyek megtalálják a megfelelő búvóhelyeket, illetve ki tudják választani a szegényes kínálatból a tápláló, de kevésbé mérgező növényfajokat. Feltételezésünk szerint ez a szelekciós nyomás rá kellett hogy szorítsa az utódokat arra, hogy a megfelelő táplálékról minél korábban szerezzenek információt. Mivel erre később nincs lehetőségük, még a fészekben, anyjuktól kell hogy tanuljanak.

Ezt a hipotézist laboratóriumban teszteltük, az egyszerűség kedvéért csincilla fajtájú házinyulakon. Nöstények három csoportját a vemhesség illetve a szoptatás idején három különböző diétán tartottunk. A kontrollcsoport csak tápot kapott, a második emellé

adalékként 10 % borókat, a harmadik pedig 10 % kakukkfűvet. Ezeket a növényeket azért választottuk, mert a kutatási területen megtalálhatók, a nyulak rendszeresen fogyasztják is ezeket, s elegendően aromásak ahhoz, hogy szaguk jól érezhető legyen. A kisnyulak rögtön elválasztásuk után hármass választási tesztben vettek részt egy hétig. A tesztek során regisztráltuk az első választásokat, és mértük, hogy mennyit fogyasztottak az egyes táplálékfélékből.

Az első választások értékelése azt mutatta, hogy az állatok előnyben részesítették azt az aromás növényt, melyet anyjuk fogyasztott. Az elfogyasztott mennyiségek is hasonló preferencia kialakulását támasztották alá: a kezelt nöstények kicsinyei sokkal többet fogyasztottak az aromás táplálékból, mint a kontrollállatok. A kezdeti különbség azután fokozatosan csökkent, s végül pár nap alatt eltűnt. A kicsik megtanulták, hogy a táplálékból nyúláp fogyasztása előnyösebb (Altbacker et al., 1995).

A következő lépés az volt, hogy megvizsgáljuk, milyen módon hat az anyai étrend a kisnyulakra. Kimutattuk, hogy a kicsikre az anyai étrendjének már az anyaméhben van hatása, az is elegendő volt a teljes preferencia kialakulásához, ha az anyanyúl csak a vemhesség alatt fogyasztotta a borókat. Hasonló módon az is hatásos volt, ha a kontroll kisnyulakat egy borókat evő nöstény szoptatta, vagyis az étrendről szóló információ az anyai tejével is átadódhat. Ezek a jelenségek patkánynál is ismertek voltak, azonban a nyulaknál egy további átadódási mód is létezik. Az anyanyúl minden szoptatáskor elhelyez néhány ürülékboggyót a fészekben, és a kölykök elfogyasztják a megrágott növények szaganyagait is tartalmazó nyúlboggyókat. Ha olyan nöstény boggyóit tesszük egy tápon nevelt anya fészkébe, amely borókat evett, ez is elegendő a kisnyulak boróka-preferenciájának kialakításához (Bilkó et al., 1994).

Mivel a preferencia már a táplálék első érintése előtt is megjelenik, várható, hogy a szaglásnak döntő szerepe van a reakcióban. Úgy is sikerült preferenciát kiépíteni, hogy nem az anyát ettük borókával, hanem a borókabogyókat a fészekbe tettük egy az érintkezést megakadályozó erős fémrács alá. A későbbiekben Robyn Hudson müncheni vizsgálatai azt is kimutatták, hogy a tartós preferencia háttérben a boróka illatára történő specifikus szagtanulás áll. Bár a borókára specifikus receptorok minden kisnyúl szaglóhámjában megvannak, de életük első hetében lezajló sejsztintű szelekciós folyamatok következtében csak a borókával is táplálkozó anyák utódaiban maradnak meg, s erre vezethető vissza a viselkedési tesztben mérhető pozitív reakció.

Ezek a kísérletek bizonyítják, hogy az üreginyúlnál a táplálékpreferencia szociális tanulás révén átadódhat egyik generációról a másikra, azonban ez csak a kezdeti választásban segíti a kisnyulakat. Az egyéni, próba szerencse tanulás túlságosan kockázatos az elválasztást követő napokban, így az anya tapasztalatának szolgáló átvétele átsegítheti a kisnyulat a tejről a szilárd táplálékra áttérés nehéz időszakán. A preferencia az anya étrendjére még akkor is kialakul, ha a kérdéses növény az állatok számára mérgező. A kakukkfű fogyasztása többszöri vetéléshez vezetett, és a kicsik későbbi fejlődésére is kedvezőtlenül hatott. Mi emberek is gyakran fogyasztunk kakukkfűteát, például meghűléses betegségek ellen. A dobozon ott szerepel: „terhesség esetén fogyasztása ellenjavallt”. Érdemes tehát betartani ezt az intelmet. A kakukkfű-étrenden tartott nőstények kicsinyei elválasztásukat követően mégis előnyben részesítették ezt a növényt. Vajon miért? A fészekből kibúvó kisnyúl kb. hetvenféle növényfajból válogathat Bugacon, ámde ezek jó része mérgező, vagy csak időszakosan áll a rendelkezésükre. Csak azok az egyedek maradhatnak életben, melyek ki

tudják választani a szegényes kínálatból a legkevésbé mérgező növényfajokat. Nincs jó, csak elfogadható táplálék, és ilyen körülmények között célszerű inkább az anya tapasztalatában, mint a vakszerencséében bízni. Könnyen lehet, hogy a többi növény még a kakukkfűnél is mérgezőbb...

Ha azonban kedvezőbb táplálékot találnak az állatok, pár nap alatt kitapasztalják, és egyre inkább ennek fogyasztására térnek át. Ez az egyedi tanulás nem jelenti az anyától szerzett információk elfelejtését, feltehető, hogy az állatok életük későbbi szakaszában, különösen kritikus helyzetekben, relatív táplálékhiány idején is képesek hasznosítani a tanultakat. A laboratóriumban a borókápreferencia nem csak elválasztáskor jelentkezik: amikor a vemhességük alatt borókát evő anyák kisnyulai csak *hat hónappal* később találkoztak életükben először borókával, akkor szinte rávetették magukat, ellentétben a kontrollállatok enyhe reakciójával.

Bár a felnőtt nyulak nem szívesen esznek mérgező növényeket, ha nincs más, ki tudják választani a kevésbé ártalmasakat. A bugaci borókásban nem minden boróka egyforma, a hatóanyag-tartalomban négyeszeres különbségek is előfordulnak. Ezek között egy laboratóriumi tesztben még a tapasztalatlan házinyulak is különbséget tudtak tenni, nem véletlen tehát, hogy a bugaci borókárágás csak bizonyos, alacsony méregtartalmú egyedekre összpontosul. Bócsán, az erdő másik felében, ahol az anya nem járt elől jó példával a boróka fogyasztásában, még az alacsony méregtartalom is elegendő a nyulak távol tartásához. A legnagyobb veszélynek a kisborókák vannak kitéve, mivel sokan évig eltart, míg a boróka „kinő a nyúl szájából”, vagyis a hajtáscsúcsok az ágaskodó nyúlnál is magasabbra nőnek. Ha viszont a fentiek szerint ilyen eltérő az erdő bugaci és bócsai végén a kisborókákra leselkedő veszély nagysága, ennek halmozottan jelentkeznie kell a túlélő borókák méretében. A

borókák korcsoport-eloszlását oly módon határoztuk meg, hogy 10-10 hektárnyi területen megmértük az ott található összes boróka törzsátmérőjét. Bugacon alig volt méternél kisebb egyed, míg Bócsán a legtöbb boróka ebbe a mérettartományba esett. Most már csak a borókák korát kellett meghatározni, amihez az erdőtűzben elpusztult egyedek törzsét használtuk fel. Ezekből egy talaj feletti korongot kivágva csiszolatot készítettünk, amin megszámlálhatók az évgyűrűk, így megállapítható az életkor és a törzsátmérő összefüggése. Ennek ismeretében az élő borókák kora törzsátmérőjükből roncsolásmentesen volt meghatározható. Ezzel a módszerrel sikerült felfedni, hogy Bugacon mintegy negyven évre visszamenőleg kevés kisboróka marad meg, feltehetőleg azóta rágják őket az üreginyulak. Az Országos Vadgazdálkodási Adattár szerint abban az időszakban különösen nagy mennyiségben éltek üreginyulak Bács-Kiskun megyében. Az erdészek szerint a sok állat annyira lerágott mindent, hogy alig volt mit enniük, és vélhetően ekkor fanyalodtak rá a borókaevésre. Ez az újítás nem tűnt el nyomtalanul, azok a hatvanas évekbeli nyulak egy új táplálkozási tradíciót hoztak létre. Sokrétű bizonyítékaink vannak arra nézve, hogyan maradhatott fenn ez a szokás a generációs határokat áttörve, miként követik a kisnyulak anyjuk táplálkozási szokásait.

Az eddigiek szerint az üreginyulak a buckásban sokféle módon befolyásolják a növényzetet: szelektíven legelik a növényeket, terjesztik a magokat, tapossák a gyepet – a nyúlösvények és az ürülékhalomok a négyszáz méter magasból készült légifotón is látszanak –, kaparásuk fizikai zavarást jelent, az ürülékdombok pedig nagymértékben befolyásolhatják a gyep nitrogénkörforgását azáltal, hogy a tápanyagokat kis helyre koncentrálnak. Az üreginyúl hatása felerősíti az abiotikus kényszereket: a rágás erősebb hatású, ha a növény eleve tűrőké-

pességének határán tengődik. Ugyanakkor a nyúl fontos prédaállata a területen élő ragadozóknak, a róka- és a görényürülékekben csaknem kizárólag nyúlészőr található. Mivel a bugac-bócsai védett területen az élőhely mozaik igen változatos, úgy látjuk, hogy a növényevő emlősök térben és időben szegregálódó közösséget alkotnak. A helyhez kötött üreginyúl és a borókást napali rejtőzésre használó mezei nyúl (*Lepus europeus*) közötti kompetíciót csökkenti, hogy a mezei nyulak a pusztára járnak táplálkozni, ahol az erdőbelinél sokkal kedvezőbb táplálékkinálaton a kisszámú özzel osztoznak. A különböző stratégiákat mutató, és az egymással, valamint a relatíve egyszerű struktúrájú növényzettel kölcsönhatásban álló növényevők rendszerszemléletű tanulmányozása általános ökológiai összefüggésekre mutat rá (Altbäcker, 1998).

A kutatások első öt éve azt támasztotta alá, hogy az ökoszisztémában az üreginyulak központi szerepet töltenek be, sok növény léte tőlük függ, míg egy sor ragadozó első-sorban velük táplálkozik, vagyis a nyúl Bugacon kulcsfajnak tekinthető. Több olyan vegetációtípus létezik, például a rövidfűvű préri, ahol a helyi endemikus emlősöket a természetes rendszer részének tekintik, és kimutatták, hogy hatásuk nélkül degradációs folyamatok indulhatnak be. A nyúlpopuláció ökológiai szerepét állományuk 1994-es összeomlása is alátámasztja: azóta mind a vegetáció, mind az állatközösség átrendeződött. A vizsgálati időszakban több, nagy területet érintő erdőtűz is pusztított, szomorú bizonyítékként annak, hogy eltérő időléptékű folyamatok alakítják a homoki erdők életét. A leégett területek regenerációját erősen befolyásolja a legelő állatközösség összetétele: máshol legel és mást eszik a birka vagy az üreginyúl. Ezek alapján elindult a növényzet-növényevő kapcsolat hosszú távú terepi vizsgálata, amiben a legelés részfolyamatainak alapos elemzése az etológus feladata. A

legelés megfigyelését korábban lehetetlen-
né tette a nyúl féltékenysége, az elmúlt öt évben
azonban olyan módszert dolgoztunk ki, amivel
az üreginyúl teljesen kezessé tehető (Bilkó –
Altbäcker, 2000, Pongrácz – Altbäcker, 1999,
Pongrácz et al., 2001). Ne lepődjön meg tehát
senki, ha az Ősborókás belsejében békésen
legelő üreginyulákat figyelő biopásztorral
találkozik: ilyen most a laboratóriumi kísérle-
teken nyugvó terepetológia.

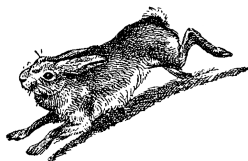
Kulcsszavak: *növényevő, vadkár, méreg,
szociális tanulás*

Köszönetnyilvánítás

Ezt a munkát a Kiskunsági Nemzeti Park
segítségével, több OTKA-pályázat támoga-
tásával, rengeteg kolléga közreműködésével
végeztük. A kutatás az NKFP 3-B 0008/2002
pályázat komplex ökológiai vizsgálataiba
illeszkedik.

IRODALOM

- Altbäcker Vilmos – Hudson, Robyn – Bilkó Ágnes
(1995): Rabbit Mothers' Diet Influences the Pups'
Food Choice. *Ethology* **99**, 107-116.
- Altbäcker Vilmos (1998): Növény-növényevő kap-
csolatok vizsgálata homoki társulásokban. in Fekete
Gábor (ed) *A közösségi ökológia frontvonalai*.
Sciencia, Budapest. 123-145.
- Bilkó Ágnes – Altbäcker Vilmos – Hudson, Robyn,
(1994): Food Preference Transmission in the Rab-
bit: The Means of Information Transfer. *Physiol-
ogy and Behavior*. **56**, 907-912.
- Bilkó Ágnes – Altbäcker Vilmos (2000): Regular Han-
dling Early in Nursing Period Eliminates Fear Re-
sponse toward Human Beings in Wild and Domestic
Rabbits. *Developmental Psychobiology*. **36**, 1, 78-88.
- Hudson, Robyn – Altbäcker Vilmos (1992): Devel-
opment of Feeding and Food Preference in the
European Rabbit: Environmental and Maturational
Determinants. In Galef, Bennet Jr. – Mainardi,
Marisa – Valsecchi, Paola (eds.) *Ontogeny and
Social Transmission of Food Preferences in Mam-
mals. Basic and Applied Research*. Harwood Press,
London. 125-147.
- Hudson, Robyn – Bilkó Ágnes – Altbäcker Vilmos
(1995): Nursing, Weaning and Development of In-
dependent Feeding in the Rabbit. (*Oryctolagus cu-
niculus*). *Zeitschrift für Säugetierkunde*. **61**, 39-
48.
- Kertész, M. – Szabó, J. – Altbäcker Vilmos (1994):
The Bugac Rabbit Project. Part I: Description of the
Study Site and Vegetation Map. *Abstracta Botanica*.
17, 187-196.
- Mátrai Katalin – Altbäcker Vilmos – Hahn István
(1998): Seasonal Diet of Rabbits and Their Effect
on Juniper in Bugac Juniper Forest (Hungary)
Acta Theriologica. **43**, 107-112.
- Pongrácz Péter – Altbäcker Vilmos (1997): Early
Larning in Rabbit Pups - the Possible Role of Arousal
and Feeding. In Taborsky, Michael – Taborsky,
Barbara (eds.) *Advances In Ethology*, vol. 32, Chap-
ter II. Information Acquisition And Processing, 83.
- Pongrácz Péter – Altbäcker Vilmos (1999): The Ef-
fect of Early Handling is Dependent Upon the
State of the Rabbit (*Oryctolagus Cuniculus*) Pups
Around Nursing. *Developmental Psychobiology*.
35, 241-251.
- Pongrácz Péter – Altbäcker Vilmos (2000): Ontog-
eny of European Rabbits' (*Oryctolagus Cunicu-
lus*) Antipredator Behaviour Against Aerial and
Ground Predators. *Can. Journal Of Zoology*. **78**,
655-665.
- Pongrácz Péter – Fenes Ditte – Altbäcker Vilmos
(2001): Human Handling Might Interfere with
Conspecific Recognition in the European Rabbit
(*Oryctolagus Cuniculus*). *Developmental Psycho-
biology*. **39**, 53-62.



SZIGNALIZÁCIÓ ÉS SZEXUÁLIS SZELEKCIÓ

Török János

egyetemi docens – yeti01@cerberus.elte.hu

Hegy Gergely

tudományos segédmunkatárs

Michl Gábor

tudományos segédmunkatárs

Garamszegi László Zsolt

tudományos munkatárs

Hettyey Attila

PhD-hallgató

Rosivall Balázs

PhD-hallgató

ELTE Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék
Viselkedésökológiai Csoport

Az 1980-as években formálódott ki egy új biológiai tudományterület: a viselkedésökológia, melynek gyökerei az ökológiában, etológiában és az evolúcióbiológiában keresendők. E tudományterület kutatói, a viselkedésökológusok, arra keresik a választ, hogy milyen viselkedési formák milyen körülmények között növelik az egyedek rátermettségét, evolúciós sikerét. Az ELTE Állatrendszertani és Ökológiai Tanszékén 1990-ben alakult a Viselkedésökológiai Csoport, mely szervezett keretek között folytatta a tanszéken 1978-ban megkezdett életmenet-evolúciós, táplálkozás-stratégiai és szaporodásbiológiai kutatásokat. Az utóbbi években a csoport kiterjesztette vizsgálódásait az ivari kiválasztódás gerinceseknél előforduló mechanizmusainak, illetve ezek párválasztási és utódnevelési stratégiákkal való kapcsolatainak tanulmányozására is.

Ivari kiválasztódás (szexuális szelekció)

Tynte asszony rajongott az indiai pávákért, melyből számosat tartott parkjában, ezért leírhatatlan volt megrökönyödése, amikor kedvenc pávatyúkjá tollazatot váltva daliás kakassá alakult. El is rohant John Hunterhez,

kora kiváló biológusához, aki előtt ez a kivételes, ám a tyúkféléknél nem túl ritka jelenség nem volt ismeretlen, hiszen éppen az elsődleges és a másodlagos nemi jellegek eltéréséről szóló értekezését fogalmazta a *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* folyóirat részére, mely 1780-ban meg is jelent. Közel száz évvel később írt könyvében Charles Darwin Hunter munkájával vezeti be az ivari kiválasztódással kapcsolatos gondolatait, mely még újabb száz évig aludta „csipkerózsika-álmát”, azután viszont feléledt, sőt divatosá lett. Mi sem mutatja ezt jobban, mint hogy a viselkedésökológiában megjelenő több ezer cikk közül minden negyedik valamilyen módon az ivari kiválasztódáshoz kapcsolódik.

Darwin példák sokaságán keresztül demonstrálta, hogy az ivari kiválasztódás milyen eltéréseket eredményez egy-egy fajon belül az ivarak között, illetve az ivarokon, elsősorban a hímeken belül. Az ivari kiválasztódás eredménye a hím szarvasbogarak óriási rágója (szarva), a gímszarvas agancsa, Reeve fácánjának több mint másfél méteres farokszálya vagy az énekesmadarak csodálatos éneke. Egyes kutatók szerint a termé-

szetes szelekció iskolapéldájaként emlegetett többméteres zsiráfnyak is e folyamat eredményeként alakulhatott ki az evolúció során. Az utóbbi évtizedek legismertebb viselkedésokológusa Anders P. Möller szerint a szexuális szelekció a klasszikusan elkülönített intra- (általában a hím-hím versengés) és interszexuális (általában a hölgyválasz) versengési mechanizmus mellett a direkt párszerzés, a spermiumversengés, az ivarfüggő abortálás, az utódgyilkosság, valamint az ivarfüggő utódgondozás is eredményezhet kiválogatódást. A szexuális szelekció során túlzottan kifejeződő másodlagos nemi jellegek viselőjük mortalitási kockázatát növelhetik, így a folyamatot általában a természetes szelekció szabályozza. Az ivari szelekció ezért nem választható el a természetes szelekciótól, mivel mindkét folyamatban az egyed rátermettségének (egyszerűbben szaporodási sikerének) növekedése jelzi az evolúciós sikert, bár az utóbbiban inkább a termékenység (fekunditás) és túlélés alapján becsüljük azt, míg az előbbiben az egyszerűség kedvéért inkább a másodlagos nemi jellegekhez kapcsolható párszerzés és pármegtartás, valamint a párosodási siker szolgál a becslés alapjául.

Fehér foltok mint szignálok

A másodlagos nemi jellegek olyan látható, hallható vagy szagolható bélyegek, viselkedési mintázatok, melyek kifejeződése az ivari kiválasztódás eredményeként jelentősen eltér az ivarok között. Ezek gyakran jelzések (szignálok): információt szolgáltatnak a jelzést adó egyed bizonyos tulajdonságairól a jelfogó (azonos vagy ellentétes ivarú egyed) részére. A kommunikációban a jelzést adó és jelzést vevő érdeke sokszor különbözhet. A jelleg kifejlesztésének vagy fenntartásának, a bizonyítható rátermettségi előny mellett, költségei is vannak.

Az örvös légykapó (*Ficedula albicollis*) kis termetű, rovarevő énekesmadárfaj, mely

Európa középső területein terjedt el. Az 500-600 ezer költőpár Oroszország délnyugati részétől Franciaország keleti részéig húzódó lomb- és tűlevelű erdőkben fészkel. Izolált populációi találhatóak Dél-Finnországban, valamint a svédországi Götland szigeten. Hosszú távú vonuló, Zaire, Uganda és Zambia *Brachystegia* erdőiben telel. Szociálisan monogám, de egyes hímek két tojóval is képesek párba állni. Vizsgálataink szerint a hazai populációkban a poligínia gyakorisága 8-9 százalék. Az örvös légykapó hímek feltűnő, fekete-fehér tollazatú madarak, míg a tojók rejtőzködő szürkésbarna színezetet viselnek. Az utóbbi években a kontrasztos (feketével övezett) fehér foltokról feltételezték, hogy jelzéseként szolgálhatnak a tojók, illetve más hímek számára a szexuális szelekciós folyamatokban. Az eddigi vizsgálatok a homlokfolt és a szárnyfolt esetében mutattak ki jelzés szerepet.

A szexuális jelzésekkel kapcsolatban két alapvető evolúciós nézőpontból tehetünk fel kérdést: a jeladó és a vevő irányából. Így például, egyrészt, mi tartja fenn a gyakran igen kidolgozott és ezért költséges szignált? Másrészt, milyen haszna van a vevőnek abból, hogy figyelembe veszi? A jelzések kidolgozottsága a használatuk útján rájuk nehezedő irányított szelekció miatt maradnak fenn, tehát azért, mert van, aki figyel rájuk. A másik oldalról viszont a jelzéseket a klasszikus nézőpont szerint információértelmezés miatt érdemes figyelembe venni, ez utóbbi pedig létrehozásuk illetve fenntartásuk költségeinek köszönhető.

A madarak párválasztási szignáljai által közvetített információ sokféleképpen kategorizálható. Az egyik célravezető módszer direkt és indirekt előnyöket különböztet meg. Előbbiek már az adott költési esemény során jelentkeznek, utóbbiak csak a jövőben. Direkt előny például a territórium minősége, a parazitáktól való mentesség, a táplálék-szerző képesség. Az indirekt előnyök főleg

genetikai természetűek. A genetikai jutalom lehet csupán az utódok várható attraktivitása, de más is lapulhat mögötte, például ha a jelzés kifejeződését az egyed részben öröklődő állapotához igazítja („jó gén” szignálok).

Ha egy szignál információtartalmára vagyunk kíváncsiak, hasznosnak tűnik két kérdés megválaszolása. Egyrészt öröklődik-e a bélyeg? Ha nem öröklődik, akkor az indirekt előnyök kiesnek a lehetőségek közül. Másrészt van-e a bélyegnek rugalmassága, illetve kondíciófüggése (összefügg-e az egyed jelenlegi vagy múltbeli állapotával)? Ha ezek nincsenek, akkor a direkt előnyök, sőt az indirekt előnyök nagy része is kiesik. A két fenti kérdés megválaszolását tűztük ki mi is elsődleges célul, mikor vizsgálni kezdtük az örvös légykapó hímek két fehér tollazati szignálját: a homlokfoltot és a szárnyfoltot.

A magyarországi populációban mind a homlokfolt, mind a szárnyfolt öröklődése jelentős volt, és egybeesett, illetve meghaladta a faj svédországi populációjában tapasztaltakat. Tehát a genetikai előnyök, beleértve az utódok attraktivitását és más faktorokat, nem zárhatók ki.

A homlokfolt (Hegyi et al., 2002) semmilyen kapcsolatot nem mutatott a különböző módon becsült egyedi kondíció-változókkal. Az egyéves és idősebb fiókákra kapott heritabilitás értékek gyakorlatilag azonosak voltak, tehát nem mutatkozott korai szülői hatás. Egyedeken belül a homlokfolt nem változott a korrallal. A felnőtt, ivarérett madaraknál negatív kapcsolatot mutatott a túléléssel, a fiataloknál nem volt összefüggés. Tehát a homlokfolt az általunk vizsgált populációban stabil, öröklődő jelzésnek mutatkozott. Ettől eltérően svéd kutatók kimutatták, hogy az előző évi megnövekedett szaporodási befektetés csökkenti a homlokfolt méretét (Gustafsson et al., 1995), illetve, hogy a nagyobb homlokfoltú apától származó idegen fiókák jobban fejlődnek, mint fészektársaik.

Szabadszabó vizsgálatainkból kiderült, hogy a nagyobb homlokfoltú hímek inkább képesek poligin (egy hím két tojóval áll párba) kapcsolat kialakítására, mégpedig úgynevezett monoterritoriális poliginíát hoznak létre. Ilyenkor az elsődleges és a másodlagos tojó odúja közel helyezkedik el egymáshoz (sokszor szomszéd odúban költenek). Ez előnyt jelent a hímnek, mert a pár- vagy fészekörzésnél, illetve a fiókák etetése során kisebb távolságot kell berepülnie. Sikerült azt is kimutatni, hogy a kis homlokfoltú hímek tojói gyakrabban „lépnek félre”, mint a nagyobb homlokfoltú hímekéi (Michl et al., 2002). A természetben nagyon nehéz megfigyelni ezeket a viselkedési mintázatokat, hiszen az elmúlt több mint húsz évben a pillisi légykapó populációban összesen három-négy kopulációs eseményt láttunk. Ráadásul egy kopuláció észlelése nem jelenti azt, hogy sikeres inszemináció történt, hiszen két-három másodperces kopulációknál nehéz (praktikusan lehetetlen) eldönteni történt-e spermaátvitel. Csoportunknak azonban sikerült kísérletesen bizonyítania a tojó választási szerepét a párkapcsolat kívüli, idegen hímrel történő párosodásnál (Michl et al., 2002). Sőt az adatokból az is kitűnik, hogy a félrelépés nem akármikor történik, hanem általában az első tojás lerakásának környékén.

A fehér szárnyfolt (az elsőrendű evezők külső és belső zászlaján található depigmentált részek) az afrikai teljes vedlés, illetve a költő területen történő részleges vedlés során alakul ki. Vizsgálataink szerint az egyéves, szabadult egyedek fehér szárnyfoltja megkétszereződik a következő évre, amikor is a jellemző adult tollazat kialakul a fajnál. A szárnyfolt függött az egyedek előző évi kondíciójától (Török et al., 2002). Az egyéves fiókáknál tapasztalt kiugróan magas öröklődés jelentős, apai szárnyfolttól függő korai környezeti hatásra utal. Az idősebb fiókáknál kapott heritabilitás viszont jóval

kisebb volt, értéke hasonló volt a homlokfoltéhoz. A szárnyfolt igen idős madaraknál (hároméves kor után) erős pozitív összefüggést mutatott a túléléssel, míg fiatalabb korcsoportokban nem volt kapcsolat. Eddig csak kevesen foglalkoztak a szárnyfolt szerepének tisztázásával a him-hím versengésben vagy a hölgyválaszban. Saját eredményeink szerint a spermiumversengésben nem tűnik preferált jelzésnek a szárnyfolt (Michl et al., 2002), azonban a tojók differenciális allokációjában szerephez juthat (lásd később).

A két jelzésre tehát minden szempontból eltérő eredményeket kaptunk. Ezek arra utalnak, hogy a szárnyfolt rugalmas, kondíciót, sőt egyedi minőséget jelző bélyeg: öröklődő és kondíciófüggő, túléléssel pozitív kapcsolatot mutat a kritikus öregkorban. A homlokfolt ezzel ellentétben a flexibilitásnak semmilyen jelét nem adta, sőt a felnőtt madaraknál, ahol a tollruha nagyobb szerepet játszik a him-hím agresszióban, mint a fiataloknál, negatív kapcsolatot mutatott a túléléssel. Ez arra utal, hogy a homlokfolt alapú párválasztás előnye főleg az utódok vonzerejében rejlik.

Ezen eredményeknek több újszerű vonatkozása van. Egyrészt bizonyítottuk, hogy egy adott szignál meghatározottsága a populációk között alapvetően eltér. A homlokfolt szerepe hasonló a svéd és a magyar populációban, ugyanakkor az általa biztosított előnyök mégis különbözhetnek, mivel Svédországban kondíció jelző, míg nálunk nem az. Másrészt azt is kimutattuk, hogy két vagy több párválasztási jelzés egy fajon belül eltérő információt nyújthat, annak ellenére, hogy kifejlesztése azonos anyagcserealapokon nyugszik. Harmadrészt, a ma általánosan elfogadott vélemény szerint a kondíciófüggést és viabilitást jelző bélyegeket létrehozási költséggel bírnak. A fehér tollfoltok kialakításának viszont feltehetően nincs vagy nagyon kicsi az előállítási költsége, hiszen ezek pigment nélküli foltok. A depigmentált foltok

nak viszont számottevő lehet a fenntartási költsége, mert ezek a tollterületek törékenyebbek, és a rágótetvek is előnyben részesítik őket. De költségként szóba jöhet a nagyobb feltűnőség miatt megnövekedett predációs veszély vagy a bélyeg által kiváltott szociális kontaktusok energetikai háttere is.

Differenciált anyai ráfordítások

A tojómadár szülői ráfordítása számos összetevőből áll. Noha ez fajspecifikusan változhat, énekesmadaraknál általában idetartozik a fészeképítés, a tojásérlelés, a kotlás, a melengetés, valamint a fiókák etetése. Az örvös légykapó április közepén érkezik hazánkba. Az őszi vonulásig rendelkezésre álló idő csak egy költést tesz lehetővé számára, ami nem jelenti azt, hogy a tojók szülői ráfordítása független a körülményektől. Közel egy évtizede ismert, hogy a tojók etetési aktivitása részben maradványfüggő. Az öregedő, legalább öt éves madarak többet hajlandók befektetni utolsó fészekaljukba, mint a fiatalabbak. A szülői befektetést a kedvező ökológiai tényezők is serkentik, egy költési szezonon belül a korai fészekaljak nagyobbak (hét tojás), mint a későiek (öt-hat tojás).

A kilencvenes évek kutatásai azt mutatják, hogy lehetőség van a tojó számára a szülői ráfordítás változtatására a tojások minőségén keresztül is. Hubert Schwabl (1993) kimutatta, hogy a kanári tojók tojásaikba eltérő mennyiségű tesztoszteront rakhatnak, amivel bizonyos mértékig megszabhatják utódaik életkilátásait. Azok a fiókák, amelyek magas tesztoszteron koncentrációjú környezetben fejlődtek, erőteljesebbek voltak társaiknál, élénkebben kérték a táplálékot, és végeredményben nagyobb kirepülési súlyt értek el, mint társaik. Diego Gil és munkatársai (1999) fogságban tartott zebra-pintyeken azt tapasztalták, hogy a tojók tesztoszteron befektetése kondíciófüggő. A piros gyűrűs (e fajban a piros csórt a tojók a természetben preferálják párválasztáskor) hímekek párjai

több tesztoszteront raktak a tojássárgájába, mint más hímeké. Mivel az örvös légykapó esetében a tojók párválasztáskor a nagy fehér homlokfoltot viselő hímeket részesítik előnyben, az előbbieket alapján azt várhattuk, hogy a preferált fenotípusú hímek fészekaljaiban a tesztoszteron-tartalom magas lesz. Eredményeink azonban cáfolták a feltételezést, mert a sárgájában talált tesztoszteron egy korjelző másodlagos nemi bélyegtől, a szárnyfolt nagyságtól függött. A kis szárnyfoltú, egyéves hímek tojásainak tesztoszterontartalma szignifikánsan nagyobb volt, mint a nagy szárnyfoltú adultaké.

Általános jelenség a gerincesek körében, hogy az ikrák, peték, tojások sárga színűek, ami karotinoid-tartalmuk következménye, s kiderült, hogy a madártojások karotinoidtartalma erősen függ a táplálékban lévő karotinoidok elérhetőségétől. Azt is kimutatták, hogy ezek a molekulák kiváló szabadgyökfogók, és megakadályozzák a fejlődő embrió biológiailag aktív membránjainak destruálódását az agyban és a májban. A tojássárgájában lévő karotinoidok mennyisége és minősége tehát, hasonlóan a tesztoszteronhoz, befolyásolhatja az embrió további életkilátásait. Korábbi vizsgálatokból már kiderült, hogy a karotinoidfelvétel költséges folyamat, illetve azt is tudjuk, hogy a tojónak a rendelkezésére álló karotinoidmennyiséget meg kell osztania saját élettani folyamatai és az embriók szükségletei között. A fészekalj tojásainak karotinoid-mintázata tehát komplex folyamat eredménye. Számít a tojó táplálékszerző képessége, egészségi állapota, tapasztalata és talán a szociális környezet is. Vizsgálataink az utóbbit megerősítették, mert kiderült, hogy a kis szárnyfoltú hímek fészekaljaiban a tojássárgája szignifikánsan vörösebb színárnyalatú, mint a nagy szárnyfoltúakéban. Eredményeink azt mutatták, hogy akkor fektetnek a tojók többet a tojás minőségét javító, biológiailag aktív molekulák bevitelére, amikor párjuk nem rendelke-

zik költési tapasztalattal, azaz rossz minőségű szülő. Mind a tesztoszteron, mind a karotinoidok többféle mechanizmus által életerős, egészséges fiókák kelését eredményezhetik, amelyek táplálékkérő aktivitása az átlagosnál élénkebb. A tapasztalatlan apákat a normálisnál erősebb kolduló szignálok arra készíthetik, hogy fokozzák szülői erőfeszítéseiket. Úgy tűnik, hogy az örvös légykapóban a tojó a tojások minőségének javításával próbálja kompenzálni párja gyengébb szülői képességeit.

*Egy flexibilis, összetett szignál
– a madárének*

A madárének változékonysága és összetettsége már hosszú ideje vonzza a kutatók érdeklődését. A párválasztás során a tojó madarak előnyben részesítik azokat a hímeket, melyek kitarthatóbb és komplexebb éneket produkálnak, mert a jobb minőségű ének jelezheti az adott hím előnyös tulajdonságait (Searcy – Yasukawa, 1996). Számos tanulmány kimutatta, hogy a „szébb” és „jobb” ének jelzi a hímek kondícióját, territóriumuk jóságát vagy akár a későbbi, utódgondozásban vállalt szerepüket. Az ilyen éneket produkáló egyedek preferálásával a tojók tehát számos előnyre tehetnek szert, mert a preferencia az életképes utódok számában jelentkező rátermettségi hasznot eredményez. A tojó egyedek figyelmének felkeltése mellett azonban a madáréneknek fontos szerepe van a hímek közti versengésben, a territóriumok felosztásában is. A territóriális viselkedés során a hímek énekükkel jelezhetik a potenciális betolakodóknak a területre lépés kockázatait.

Az ivari kiválasztódás során azt várjuk, hogy a hímek megbízható másodlagos nemi jellegei, illetve a tojók által a bélyeg iránt mutatott preferencia kapcsolt átöröklődése révén kimerül a bélyeg varianciája, és minden egyed egyformán kifejezett jelleget fog viselni. William D. Hamilton és Marlene Zuk

(1982) javasolt egy mechanizmust: a gazda-parazita kapcsolatrendszer, ami a kimerülő variancia ellen dolgozhat. Ebben az esetben a „jó gének”, amelyek köthetők a másodlagos nemi jellegek kifejeződéséhez is, a hímek parazitákkal szembeni jobb ellenálló képességét kódolhatják. Az akusztikus szignalizáció és a paraziták elleni immunvédelem kapcsolatáról nagyon keveset tudunk. Az őszinte szignálok esetében a tesztoszteronszint (amely szerepet játszik az énekaktivitásban) és az immunfunkciók között negatív kapcsolat van, az egyik folyamat erősödése gyengíti a másikat. Részben ez a költségként jelentkező kényszerű kompromisszum biztosíthatja a jelzés őszinteségét (Folstad – Karter, 1992).

Egyes énekbélyegek, mint az ének aktivitása, az éneklésre fordított idő vagy az ének hosszúsága, illetve erőssége (amplitúdója) az ének tartalmától függetlenek, és energetikai kényszerek szabályozása alatt állnak (Vehrencamp, 2000). Ezek az énekjellemzők a tojóhím és hím-hím kontextusban is használt, általános szignálok, melyeket általában előállítási költségek szabályoznak. Az ének komplexitását kifejező repertoárméret, mely az ének- vagy énekelem-típusok számát jelenti, igen nagy fajok közötti változékonyságot mutat. A fentiekkel szemben ez főleg interszexuális viszonylatban használatos jelleg, melyet belső, fizikai vagy fiziológiai tényezők korlátoznak. A repertoárméret jelezheti a hím korát, kondícióját és túlélőképességét. Mára bizonyítottá vált, hogy a repertoárméret kevésbé prediktálja a párba állás sikerességét. Ez azt sugallja, hogy a legtöbb fajnál inkább a valódi tartalom, mintsem a repertoár mérete lenne fontos a szexuális szelekció folyamatában (Gil – Gahr, 2002). A „tartalom” alatt legalább négyféle jelenség különíthető el: a megosztott éneklés, a dialektusok eltérése, speciális énekelemek jelenléte a repertoárban, illetve az ének alapfrekvenciája.

A módszertani nehézségeket leküzdve (Garamszegi et al., 2002) kutatócsoportunk kísérletesen közelítette meg az örvös légykapó ének jelzésfunkcióinak vizsgálatát. Randomizáltan kiválasztott udvarló légykapó hímek énekét regisztráltuk és elemeztük, becsültük tesztoszteronszintjüket (nem-invazív módszerrel, ürülékből határoztuk meg a tesztoszteronszintet) és immunrendszerük hatékonyságát (az énekjellemzők standard antigénre adott válaszána mérésével), a kezelés után újból analizáltuk énekük szerkezetét. Az eredmények azt mutatták, hogy az ének aktivitása (éneklési ráta) jelezheti a jeladó egészségi állapotát, az ének minősége (például strófaszám) pedig immunrendszerének általános védekező képességét. Vizsgálataink szerint a nagyobb homlokfoltú hímek tesztoszteronszintje magasabb volt, de mindegyik hímnél csökkent a tesztoszteron az immunválasz hatására, ami az említett fiziológiai kompromisszumot támasztja alá.

Bizonyítottuk, hogy a jelfogók (hölgyválasznál a tojók, hím-hím versengésnél a hímek) a jelzés minőségétől függően módosítják viselkedésüket. Az intenzívebb énekrátával rendelkező madarak a költőodúért folytatott indukált versengésben sikerebbek voltak, a zavarást követően hamarabb visszafoglalták odújukat. A hölgyválasznál a tojók előnyben részesítették a jobb minőségű éneket produkáló hímeket, így ezek közül kerültek ki a poligin, több tojóval párba álló egyedek.

Az immunkihívásra adott válasz erőssége összefüggött a tesztoszteron meghatározottságú homlokfolt nagyságával is. Úgy tűnik, hogy az örvös légykapónál az akusztikus és vizuális szignálok együttesen játszanak szerepet a minőség jelzésében. Az utóbbi években egyre nagyobb hangsúllyal hirdetik, hogy a realisztikus kommunikációban a komplex, összetett jelzésrendszerek megbízhatóbb információközvetítők, mint az egyszerű szignálok.

Alternatív párosodási stratégiák vizsgálata kételtűeken

A legtöbb állatfajnál a hímek és a nőstények nem véletlenszerűen állnak párba, hanem bizonyos jellegek – például testméret, hangadás vagy színezet – minőségének megfelelően. Miért alakult ki nem véletlenszerű párosodás, mikor az gyakran többletenergia-bebefektetéssel jár, mintha véletlenszerűen állnának párba az egyedek? Ennek egyik oka lehet az, ha az egyik nem kisebb számban van jelen, és így a másik nem egyedei versengeni kényyszerülnek értük. A pusztá párszerzésen felül azonban a potenciális partnerek közötti minőségbeli különbségtétel és a választás érvényesítésének képessége is előnyt jelenthet. Az ilyen előnyök sokféle lehetnek: a versengés vagy a párválasztás útján létrejött párokban a partnerek egymással nagyobb számú vagy rátermettebb utód(ok) produkálására, hatékonyabb utódgondozásra, vagy ugyanakkorára, de kisebb saját befektetés mellett lehetnek képesek, mintha véletlenszerűen álltak volna párba (Andersson, 1994). A párválasztás emellett még segíti az egy helyen és egy időben szaporodó egyedek faj szerinti elkülönülését is (Pfenning, 2000). Elméletben többféle előnyét feltételezik a nem véletlenszerű párosodásnak, mint ahányat sikerült eddig a természetben kimutatni, de így is nyilvánvaló, hogy a természet ezen a téren is sokszínűbb, mint ahogyan azt mai ismereteink alapján leírjuk.

Csoportunk kételtűeken vizsgálja a nem véletlenszerű párosodás kialakulásának lehetséges okait és működésének mechanizmusait. A békafajoknál ez általános jelenség, de sok esetben nem tudjuk, hogy az adott mintázatot a nőstények párválasztása vagy a hímek közötti versengés, esetleg mindkét tényező együttesen alakítja-e ki. Az ismert, hogy természetes körülmények között a hímek csak igen kis mértékben vagy egyáltalán nem válogatnak a nőstények között, ha

találkoznak eggyel, azzal azonnal megpróbálnak párba állni. A pár kialakulásával azonban még nem fejeződött be a válogatás kifejezésének lehetősége. Nőstények esetében (békáknál is) ismeretes egy „rejtett hölgyválasz”-nak nevezett mechanizmus, ami lehetővé teszi a nőstények számára, hogy rossz minőségű partner jelenlétében kevesebb petét rakjanak le, és a le nem rakott petéik újra felszívódjanak. Az így „megspórolt” energiát a következő évi peterakásba fektethetik (Reyer et al., 1999). Felvetődik a kérdés: vajon a hímeknél is megtalálható-e egy ehhez hasonló mechanizmus? Amennyiben a hímek egy rosszabb minőségű nősténnyel állnak párba, elképzelésünk szerint kisebb mennyiségű spermát „fektetnek be” a vele való pázásba, és így hamarabb lehetnek képesek egy újabb pázásra.

A nem véletlenszerű párosodásnak az az eredménye, hogy bizonyos egyedek (legtöbbször hímek) több és jobb minőségű utódot tudnak létrehozni, mint mások, de lehetnek olyanok is, amelyek egyáltalán nem jutnak párhoz egy adott szaporodási ciklusban. Azoknak, melyek szubordinánsak a párosodási partnerért folytatott versengésben, vagy nem felelnek meg a nemek közötti párválasztási preferenciáknak, lehetőségük van alternatív párzási stratégiákat folytatni. A békáknál megfigyelt, petecsomókon belüli többszörös apaság vizsgálatára kidolgoztunk egy módszert, amelynek alkalmazásával kideríthetjük, hogy milyen gyakoriságú és következményeiben milyen fontossága van az alternatív párzási stratégiáknak különböző békafajok és békafaj-együttesek esetében. 2000 óta azt is vizsgáljuk, hogy a különböző alternatív párosodási stratégiák alkalmazását külső (környezeti) vagy belső (genetikai) tényezők határozzák-e meg.

Zárszó

A viselkedésokológia a szupraindividuális biológiai tudományterület egyik legerőtelje-

sebben fejlődő ága. A növekvő „népszerűség” nemcsak a bevezetőben említett három tudományterület ötvöződésének köszönhető, hanem inkább a hihetetlen módszergazdagságnak, ami szinte minden vizsgálat alapvető jellegzetessége. Akár egyetlen részkerítés kutatása során alkalmazhatnak molekuláris genetikai, immunológiai, élettani, endokrinológiai és térinformatikai módszereket, és akkor még nem szóltunk az adatelemzéseknél használt változatos statisztikai módszerekről. Ezekhez a vizsgálatokhoz az ELTE Viselkedéscsoporthoz tartozó kutatói az

elmúlt évtizedekben folyamatos segítséget kaptak a Pilis Parkerdő Rt.-től (és jogelődjeitől), az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramoktól, az Oktatási Minisztériumtól, a Pro Renovanda Alapítványtól, az Eötvös Loránd Tudományegyetemtől és a Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesülettől. Köszönjük mindenkinek a támogatást.

Kulcsszavak: *szignálok, intraszexuális szelekció, interszexuális szelekció, másodlagos nemi jellegek, szignálköltség, szárnyfolt, légykapó*

IRODALOMJEGYZÉK

- Andersson, Malte (1994): Sexual Selection. Princeton University Press, Princeton
- Folstad, Ivar – Karter, Andrew John (1992): Parasites, Bright Males, and Immunocompetence Handicap. *American Naturalist*. **139**, 603-622.
- Garamszegi László Zolt – Boulinier, T. – Möller, A. P. – Török J. – Michl G. – Nichols, J. D. (2002): The Estimation of Size and Change in Composition of Avian Song Repertoires. *Animal Behaviour*. **63**, 623-630.
- Gil, Diego – Gahr, Manfred (2002): The Honesty of Bird Song: Multiple Constraints for Multiple Traits. *Trends in Ecology and Evolution*. **17**, 133-140.
- Gil, Diego – Graves, J. – Hazon, N. – Wells, A. (1999): Male Attractiveness and Differential Testosterone Investment in Zebra Finch Eggs. *Science*. **286**, 126-128.
- Gustaffson, Lars – Qvarnström, Anna – Sheldon, Ben C. (1995): Trade Offs Between Life-History Traits and a Secondary Sexual Character in Male Collared Flycatchers. *Nature* **375**, 311-313.
- Hamilton, William D. – Zuk, Marlene (1982): Heritable True Fitness and Bright Birds: A Role for Parasites. *Science*. **218**, 384-387.
- Hegyi Gergely – Török János – Tóth László (2002): Qualitative Population Divergence in Proximate Determination of a Sexually Selected Trait in the Collared Flycatcher. *Journal of Evolutionary Biology*. **15**, 710-719.
- Michl Gábor – Török J. – Griffiths, S. – Sheldon, B. C. (2002): Experimental Analysis of Sperm Competition Mechanisms in a Wild Bird Population. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. **99**, 5466-5470.
- Pfennig, K. S. (2000): Female Spadefoot Toad Compromise on Mate Quality to Ensure Conspecific Matings. *Behav. Ecol.* **11**, 220-227.
- Reyer, Heinz-Ulrich – Frei, Gerhard – Som, Christian (1999): Cryptic Female Choice: Frogs Reduce Clutch Size When Amplexed by Undesired Males. *Proceedings of the Royal Society of London Series B*. **266**, 2101-2107.
- Schwabl, Hubert (1993): Yolk Is a Source of Maternal Testosterone for Developing Birds. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. **90**, 11466-11470.
- Searcy, William A. – Yasukawa, Ken (1996): Song and Female Choice. In: Kroodsmá, Donald E. – Miller, Edward H. (eds.) *Ecology and Evolution of Acoustic Communication in Birds*. Cornell University Press, Ithaca, 454-473.
- Török János – Michl G. – Garamszegi L. Zs. – Barna, J. (2003): Repeated Inseminations Required to Ensure Fertility in a Wild Bird Population. *Proceedings of the Royal Society of London Series B*. **270**, 641-647.
- Török János – Hegyi G. – Garamszegi L. Zs. – Tóth L. (2003): Depigmented Wing Patch Size is a Condition-dependent Indicator of Viability in Male Collared Flycatchers. *Behavioral Ecology*. **14**, 382-388.
- Vehrencamp, Sandra L. (2000): Handicap, Index, and Conventional Signal Elements of Bird Song. In: Espmark, Yngve – Amundsen, Trond – Rosenqvist, Gunilla. (eds.) *Animal Signals: Signaling and Signal Design in Animal Communication*. Tapir Academic Press, Trondheim. 277-300.

AZ ÉLET JÁTÉKAI: STRATÉGIÁK A TÁPLÁLKOZÁSBAN ÉS A PÁRSZERZÉSBEN

Liker András

tudományos munkatárs, Szent István Egyetem Állatorvos-tudományi Kar Ökológiai Tanszék
aliker@univet.hu

Barta Zoltán

egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem Evolúciós Állattani és Humánbiológiai Tanszék –
zbarta@delfin.klte.hu

Székely Tamás

egyetemi docens, Department of Biology and Biochemistry, University of Bath – T.Szekely@bath.ac.uk

A viselkedés egyedi változatossága

Gyakori jelenség, hogy az élőlények egy problémát többféle módon oldanak meg. A ragadozók például elkerülhetők rejtőzködéssel, meneküléssel vagy mérgező anyagok termelésével, esetleg egy rosszízű préda utánzása (mimikri) is elég lehet az életben maradáshoz. Evolúciós időskálán vizsgálódva sok példát találhatunk az alternatív problémamegoldásokra az állat- és növényfajok morfológiai, életmenetbeli vagy viselkedési különbségeinek összehasonlítása során. Az egyedi élet időskáláján hasonló plaszticitást képvisel a viselkedés változatossága. Egy populáció különböző egyedei, vagy akár ugyanaz az egyed életének különböző szakaszaiban más és más viselkedési válaszokat használhat egy adott probléma megoldására (Barta et al., 2002). A viselkedésnek ez a plaszticitása teszi lehetővé, hogy az egyedek gyorsan alkalmazkodhassanak környezetük változásaihoz vagy a saját állapotukban bekövetkező változásokhoz, és a lehető leghatékonyabb módon használják ki lehetőségeiket a táplálkozás, a párválasztás vagy az utódgondozás során.

A viselkedés egyedi változatossága egyes esetekben jól elkülöníthető alternatívák formájában nyilvánul meg, amelyeket viselkedési stratégiáknak is szokás nevezni. Madaraknál például két alternatív szaporodási stratégia az utódok gondozása és az utódok elhagyása (Székely et al., 1996). Hasonló viselkedési/döntési stratégiákat ismerünk az állati kommunikációban (Liker, 2002) és a csapatos táplálkozási viselkedésben (Barta, 2002). Fontos megjegyezni, hogy a stratégia kifejezés a viselkedésbiológiában nem jelenti annak feltételezését, hogy az egyedek valamilyen tudatos döntési folyamatban választják ki a számukra leelőnyösebb viselkedési válaszokat. A stratégia pusztán egy rövidített kifejezése annak, hogy az eltérő megoldások egymástól lényegesen különböző döntéseket és viselkedési akciókat foglalnak magukba, amelyeknek egy adott környezetben lényegesen különböző költségei és nyereségei lehetnek.

Mitől függ, hogy az egyed milyen viselkedési stratégiát követ egy adott helyzetben? Abban az esetben, amikor a viselkedési

döntés következménye nem függ társak viselkedésétől, viszonylag egyszerű elméleti modellek segítségével meghatározható, hogy az adott környezetben milyen viselkedés maximalizálja az egyed szaporodási sikerét (ún. optimális viselkedés). A helyzet bonyolultabb akkor, ha az egyed nyeresége a populáció többi tagjának viselkedésétől is függ. Gyakran alakulnak ki ilyen szituációk a csapatos táplálkozás, a párválasztás és utódgondozás során. Például, ha az utódait gondozó hím az utódok elhagyására készül, nem mindegy számára, hogy mit csinál a populáció többi tagja. Ha mindenki más gondoz, akkor a dezertáló hím nem talál új párt, vagyis jobban teszi, ha tovább gondozza az utódait. Ha viszont a nőstények nagy része szintén a dezertálás mellett dönt, akkor példabeli hímünk nagy eséllyel fog új párt találni, így érdemes lesz dezertálnia.

Az ilyen jellegű problémák (az ún. evolúciós játékok) kezelésére fejlesztették ki az evolúciós játékelméletet. A játékelméleti modellekben az egyed viselkedését stratégiákkal (viselkedési alternatívákkal) reprezentálják, és azt a stratégiát keresik, amit elterjedése után már semmilyen más stratégia nem szoríthat ki a populációból (ún. evolúciósan stabil stratégiák, ESS). A játékok megoldása során gyakori, hogy nem egyetlen stratégia a stabil, hanem a stratégiák egy bizonyos keveréke. Így ezek a modellek sokszor jó alapot biztosítanak a természetben fellelhető egyedi viselkedési variációk elméleti vizsgálatára.

A következőkben bemutatjuk azokat a vizsgálatainkat, amelyek a viselkedés egyedi változatosságának megértésére irányulnak. Munkánkban a madarak táplálkozási és szaporodási viselkedését kutatjuk, és elsősorban arra keressük a választ, hogy milyen adaptív értéke lehet az egyed számára egyik vagy másik viselkedési alternatíva követésének egy adott szociális vagy ökológiai környezetben. Munkánk során igyekszünk ötvözni a

gyakran külön utakon haladó elméleti-mo-dellező és empirikus-experimentális kutatási stratégiákat: specifikus modelleket készítünk a problémák leírására, amelyeket azután valós biológiai rendszerekben igyekszünk tesztelni.

Kereső és potyázó viselkedés

A szociális élet velejárója, hogy az egyedek egy része kihasználhatja mások erőfeszítéseit saját sikerességének növelésére. Az ilyenfajta kihasználás szembetűnő módon jelenik meg a madarak táplálkozó viselkedésében. A csapatosan táplálkozó magevő madaraknál gyakori jelenség, hogy az egyedek egy része maga keresi a táplálékszeme- ket rejtő raktárakat, magcsomókat (ők az ún. „keresők”), míg az egyedek másik része nem tölti idejét a táplálékfeltok felkutatásával, hanem a mások által már felfedezett foltokból igyekszik táplálkozni („potyázók”). E madarak táplálkozásában tehát két stratégia van jelen, és a potyázó stratégiát követő egyedek megtakaríthatják a táplálék felkutatásának költségét, ha a közelükben vannak kereső egyedek.

A csapatos táplálkozás elméleti vizsgálata megmutatta, hogy e két stratégia stabilan fennmarad a csapatban, ha a potyázás sikere negatív frekvenciafüggést mutat: azaz ha a potyázó egyedek sikeresen táplálkoznak sok kereső között, de sikerük a keresők táplálkozási sikere alá csökken, ha számuk túlságosan megnő a keresőkéhez képest. Az eddigi kísérletek igazolták ezt az elképzelést és a modellek több más perdikcióját is. Így a csapatos táplálkozás néhány általános sajátossága jól érthető a korábbi kutatások alapján, a stratégiák sikerességének ismeretében például prediktálható a potyázók egyensúlyi aránya. Jóval kevesebbet tudunk azonban azokról a tényezőkről, amelyek meghatározzák, hogy egy adott egyed milyen stratégiát követ a csapatban, különösen akkor, ha a csapattagok valamilyen szempontból külön-

böznök egymástól. Ki fog keresni, és kiből lesznek potyázók?

A stratégiaválasztást befolyásolhatja például az egyedek kompetíciós képességeinek különbözősége: a madárcsapatokban gyakran alakul ki dominancia-hierarchia, és a hierarchiában elfoglalt rang jól prediktálja a táplálékhoz való hozzáférést. A probléma részletes vizsgálatára konstruált modellünk azt mutatja, hogy dominancia-hierarchiában elsősorban a domináns egyedeknek éri meg a potyázó stratégiát alkalmazni, mivel számukra jelentős mennyiségű táplálék szerezhető meg a keresők által talált forrásokból is (Barta – Giraldeau, 1998). Az, hogy az egyedek mennyire specializálódnak egy-egy stratégia használatára, a kompetíciós különbségek nagyságától függ, azaz attól, hogy két szomszédos rangú egyed között mekkora az átlagos különbség a versengési képességben. Ha ezen különbség kicsi, a rangnak nincs hatása az egyedek stratégiaválasztására; ezzel szemben nagy kompetíciós különbségeknél a dominánsok kizárólag potyáznak, míg a szubordináns egyedek kizárólag keresgélnek. Közepes kompetíciós különbségek esetében a modell nem prediktál szigorúan elkülönülő stratégiahasználatot (minden egyed használhatja mindkét táplálékszerzési módot), azonban a dominancia-rang növekedésével az egyedek gyakrabban használják a potyázó stratégiát.

Egy állapotfüggő dinamikus modellben azt vizsgáltuk meg, hogy miként befolyásolja az egyedek energiatartaléka (kondíciója) a potyázó stratégia használatának gyakoriságát (Barta – Giraldeau, 2000). Az egyed energiatartalékainak mértéke várhatóan akkor van jelentős hatással az egyed döntésére, ha a két stratégia révén nem egyforma biztonsággal szerezhető meg az életben maradáshoz szükséges táplálék. Egy korábbi modell azt mutatta, hogy valóban ez a helyzet: a potyázással nagyobb eséllyel lehet legalább minimális mennyiségű táplálékhoz jutni,

mint kereséssel, azonban a felvett táplálék átlagos mennyisége a kereséssel talált foltok esetében nagyobb. A dinamikus modell ennek megfelelően azt prediktálja, hogy a rossz kondícióban lévő egyedek nagyobb gyakorisággal használják a potyázást, mint a jobb kondíciójúak, mivel így nagyobb eséllyel szerezhetnek meg legalább annyi táplálékot, ami az életben maradáshoz minimálisan szükséges. Ezzel szemben a jó kondícióban lévők inkább keresgélnek, mert elegendő tartalékkal rendelkeznek az éhenhalás elkerüléséhez, és így képesek „kivárni” a kereséssel várhatóan megszerezhető nagyobb mennyiségű táplálékot. A modell emellett a potyázás gyakoriságának napszakos változására és a predációs kockázat hatására is tesztelhető predikciókat ad.

Mennyire jól használhatók ezek az elméleti eredmények a táplálkozás viselkedés egyedi különbségeinek megértésére? A modellek predikcióit házi és mezei verebek (*Passer domesticus*, *P. montanus*) csapatos táplálkozásának vizsgálatával teszteljük, részben szabadon élő madarakon, részben pedig laboratóriumi csapatokon végzett kísérletek során. A verebek jó modellrendszernek bizonyultak a probléma kutatásában, mivel telelő csapatainkban az egyedek jól definiált dominancia-hierarchiát alakítanak ki (Liker – Barta, 2001), és mindkét stratégia elég gyakran előfordul a táplálék keresése során ahhoz, hogy a jelenséget hatékonyan vizsgálhassuk. Eddigi eredményeink azt mutatják, hogy a legtöbb egyed mindkét taktikát használja, azonban nagy egyedi változottság van a potyázás gyakoriságában. A dominancia-rang jelentősen befolyásolja a stratégiahasználatot: a dominánsok többet potyáznak az alacsonyabb rangúaknál, és a potyázás gyakorisága fokozatosan emelkedik az egyedek rangjának növekedésével (Liker – Barta, 2002). A dominancia-rang, a kondíció és a predációs veszély kísérletes manipulációjával jelenleg teszteljük, hogy a

verebek mennyire plasztikusan alakítják táplálkozási viselkedésüket a környezet és belső állapotuk által szabott feltételekhez. Szabadon élő mezei verebekkel végzett kísérleteink eredményei például arra utalnak, hogy a madarak a dinamikus modellben prediktált módon reagálnak a predációs veszély megváltozására (Barta et al., 2003). Kísérletünkben a predációs kockázat növelésével (a menedéket nyújtó bokroktól való távolság növekedésével) a potyázási gyakoriság emelkedett. Mivel a nagyobb predációs veszély csökkentheti a táplálkozásra rendelkezésre álló időt, az egyedek valószínűleg megpróbálják a biztonságosabb stratégiát használni: a potyázást választják, amely kevesebb, de biztosabb táplálékot jelent a rövidebb táplálkozási próbálkozások alatt, mint a rizikósabb keresgélés.

Szexuális konfliktus

A nemek evolúciós érdeke gyakran különbözik (szexuális konfliktus). A konfliktus származhat abból, hogy a hímek és a nőstények nyeresége eltér a párválasztásban (pre-zigotális konfliktus), vagy abból, hogy az utódok gondozása költséges, és mindkét szülő nyerne, ha a másik szülő fektetne többet az utódok gondozásába (poszt-zigotális konfliktus). Az utódgondozás csökkenti a táplálkozásra fordítható időt, növelheti annak kockázatát, hogy a szülő a ragadozók zsákmánya lesz, valamint csökkentheti annak az esélyét, hogy az egyed új partnert találjon és azzal újabb szaporodásba kezdjen. Ezért várható, hogy evolúciós időskálán mindkét nem igyekszik saját utódgondozási erőfeszítését csökkenteni, és az utódok gondozásának nagyobb részét vagy egészét a másik nem egyedeire hagyni. Madaraknál a szexuális konfliktus egyik szembetűnő megnyilvánulási módja az utódok elhagyása, amikor az egyik (ritkábban mindkét) szülő a tojások lerakása vagy a fiókák kikelése után befejezi a gondozást, és új pár szerzésével próbál-

kozik (amint azt számos partimadár teszi), vagy pedig egyszerűen abbahagyja a szaporodást (például a vadrécék hímjei; Székely et al., 1996). A szexuális konfliktussal kapcsolatos vizsgálataink során elsősorban arra keressük a választ, hogy milyen ökológiai tényezők határozzák meg a nemek gondozási stratégiáit: mikor gondoznak a hímek és mikor a tojók?

Mivel az egyedek utódgondozási döntéseinek (gondozás versus dezertálás) költsége és nyeresége a partner viselkedésétől is függ, a játékelméleti modellek a szexuális konfliktus elméleti vizsgálatára is jól használhatók. Számos modell született, amely a nemek dezertáló viselkedését az utódgondozás értéke (mennyire növeli az utódok túlélését?), valamint a szülők párszerzési esélyének függvényében vizsgálta (áttekintés: Székely et al., 1996). Habár e modellek túlságosan leegyszerűsített leírását adják a problémának ahhoz, hogy közvetlenül tesztelhetőek legyenek, továbbá specifikus korlátokkal rendelkeznek, néhány általános predikció mégis származtatható belőlük. Egyrészt várható, hogy az a szülő fogja gondozni az utódokat, amelyiknek nagy nyeresége származik a gondozásból (például hatékonyan képes táplálni vagy védeni a fiókákat), míg a kevésbé jól gondozó ivar egyedei inkább dezertálnak. Másrészt, annak a szülőnek éri meg dezertálni, amelyik könnyen talál új párt és gyorsan új szaporodásba kezdhet. Az utódgondozást az állapotfüggő dinamikus játékelmélet eszközeivel vizsgáló modellünk e mellett az energiatartalékok fontosságára hívja fel a figyelmet (Barta et al., 2002): a modell szerint például a tojók energiatartalékaik stratégiai szabályozásával manipulálhatják a hímek dezertálási döntéseit. Az elméleti vizsgálatok fenti predikcióit két madárfaj, a széki lile (*Charadrius alexandrinus*) és a függőcinege (*Remiz pendulinus*) szaporodási viselkedésének vizsgálatával teszteljük.

Mindkét madárfaj szaporodási rendszerének érdekes vonása az, hogy mind a hímek, mind pedig a tojók dezertálhatnak a szaporodási ciklus valamelyik fázisában. A széki lilék kis termetű partimadarak. Ennél a fajnál mindkét szülő részt vesz a kotlásban, azonban a fiókák kikelését követően valamelyik szülő általában dezertál: leggyakrabban a hím gondozza a fiókákat, ritkábban előfordulnak kétszülős vagy tojó gondozású családok is. A fiókák gondozása a kelés után négy-öt hétig folytatódik, tehát jelentős befektetést jelent a gondozó szülő(k) számára. A dezertáló egyedek egy része új párt keres, és rövid időn belül újabb fészkelésbe kezd. Miért a tojók dezertálása gyakoribb ennél a fajnál? Két kísérletben teszteltük a modellek predikcióit. Az első kísérletben a fiókák kelése után véletlenszerűen eltávolítottuk valamelyik szülőt a családból, majd a figyeltük a szülők utódgondozó viselkedését, és mértük a fiókák túlélését (Székely – Cuthill, 1999). A hím és tojó gondozta családok összehasonlítása megmutatta, hogy a szülői képességek különbsége nem magyarázhatja a tojó lilék gyakori dezertálását (első predikció): a kísérleti családokban nem különbözött az egyedül gondozó hímek és tojók szülői viselkedése, és ami különösen fontos, nem különbözött a fiókáik túlélése sem. Genetikai markerekkel vizsgáltuk a szülők és utódaik közötti rokonságot, de úgy tűnik, hogy a páron kívüli fertilizáció és intraspecifikus fészekparazitizmus ritka, csupán a családok 8 %-ában fordul elő (Blomqvist et al., 2002). Egy másik kísérletben a párszerzési esély jelentőségét teszteltük: kotlás alatt eltávolítottuk néhány hím és nőstény lile párját, valamint fészekalját, majd mértük az új pár szerzéséhez szükséges időt (Székely et al., 1999). A kísérlet megmutatta, hogy a nemek újrapárosodási idejében jelentős különbségek vannak (második predikció). Míg a tojók általában néhány nap alatt új párt kaptak, addig a hímeknél ez átlagosan tizenkét napig tartott;

a tojóknak tehát jelentősen jobb párszerzési esélyeik voltak a „dezertálást” követően, mint a hímeknek. E két kísérlet volt az egyik első olyan vizsgálatsorozat, amelyben a párelhagyási modellek mindkét alapvető predikcióját egy fajon belül tesztelték, és eredményeik egyértelműen az újrapárosodási esély jelentőségét hangsúlyozták. Jelenleg vizsgáljuk, hogy a hímekhez képest miért találunk ennyire könnyen új párt a tojó lilék. A megfigyelések arra utalnak, hogy a legtöbb lilepopulációban a hímek aránya nagyobb a tojókénál, ami magyarázhatja az újrapárosodási különbségeket. A fiókák molekuláris szexálásán alapuló eredmények azt mutatják, hogy a hím túlsúlyos ivararányt nem a hím fiókák nagyobb kelési aránya okozza. A nőstények és hímek túlélésének vizsgálatából az derült ki, hogy amíg az öreg madarak túlélésében nincs a nemek között különbség, addig a hím fiókák túlélési esélye jobb, mint a nőstény fiókáké (Székely et al., publikálatlan adatok). Egyelőre nem világos, hogy milyen ökológiai tényezők felelősek az eltérő nemű fiókák különböző túléléseért. További vizsgálatok szükségesek ahhoz is, hogy összehasonlítsuk a hím és a tojó lilék szaporodóképes élettartamát: lehetséges, hogy az eltolt ivararányt az okozza, hogy a hímek hosszabb ideig képesek szaporodni, mint a tojók.

A függőcinegék szaporodási rendszere még a széki lilékénél is komplikáltabb. Ennél a fajnál a hím két hetet is eltölt a fészkek megépítésével. A szexuális konfliktus következményei már a tojásrakás alatt megmutatkoznak: egyes hímek új fészkek építésébe kezdenek, a tojók egy része pedig új hímek territóriumait keresi fel, még mielőtt az első fészkek alj teljes lenne. A tojásrakás befejezése után az egyik szülő általában dezertál, így a legtöbb fészkek alját csak egy szülő gondozza. A folyamat azonban nem áll meg ezen a ponton: az eddig vizsgált populációk mindegyikében (Ausztria, Magyarország, Svédország)

a fészkaljak 30 %-át a második szülő is elhagyja, amelyek ezt követően elpusztulnak. Hogyan maradhat fenn ez a látszólag paradox szaporodási rendszer, amelyben mindkét szülő jelentős erőfeszítése (tojásrakás, fészkepítés) vesz el a kétszülős dezertálás következtében? A probléma kutatására indított terepvizsgálatunk első eredményei arra utalnak, hogy a párszerzési esélyek a cinegék dezertálási viselkedését is jelentősen befolyásolhatják. Úgy tűnik, hogy a hímek leginkább a fészkelési időszak azon részében dezertálnak, amikor párszerzésük leggyorsabb, míg a kétszülős dezertálás akkor a leggyakoribb, amikor a tojók párszerzési kilátásai is jók lehetnek (Szentirmai István, Székely Tamás és Liker András, publikálatlan adatok). A következő években olyan kísérlet sorozat elvégzését tervezzük, amely pontosabb képet adhat a párszerzési esély, valamint az egyedek más tulajdonságainak (például kondíció, tollazat, ének bonyolultsága) szerepéről a függőcinegék párválasztási és utódgondozási döntésében.

Jövöbeli kutatási irányok

A madarak táplálkozási és szaporodási stratégiáinak kutatása számos izgalmas, felderítésre váró problémát tartogat. Mindkét kutatási irány esetében fontosnak látjuk folytatni az

egyedi változatosság mögött meghúzódó állapotfüggő döntések vizsgálatát, amilyen például a kondíció hatása a potyázásra (Barta – Giraldeau, 2000) vagy a dezertálásra (Barta et al., 2002). Mivel a táplálkozási stratégiákat eddig főleg laboratóriumi körülmények között kutatták, fontosnak tartjuk a terepi vizsgálatok kiterjesztését. Különösen érdekes lehet a különböző stratégiát követő egyedek túlélési és szaporodási sikerének összehasonlítása, amit eddig egyetlen faj esetében sem vizsgáltak természetes körülmények között. A függőcinegék szaporodási rendszerének vizsgálatában az ökológiai tényezők mellett szeretnénk bepillantást nyerni a stratégiák genetikai hátterébe is, amit laboratóriumi kísérletek segítségével tervezünk megvalósítani.

Kulcsszavak: *viselkedési stratégiák, evolúciósan stabil stratégia, potyázó viselkedés, szexuális konfliktus, széki ille, függőcinege, házi veréb*

Köszönetnyilvánítás:

Vizsgálatainkat az OTKA T030434 (BZ), F026595 (LA), T031706 (SzT) pályázatai, valamint az FKFP-0470/2000 (BZ és SzT) pályázata támogatták. Barta Zoltán és Liker András munkáját a Békésy György posztdoktori ösztöndíj támogatta.

IRODALOM

- Barta Zoltán (2002): Optimális táplálkozás és csapatos élet. In: Barta Zoltán – Liker András – Székely Tamás (eds.) *Viselkedésökológia: modern irányzatok*. Osiris, Budapest
- Barta Zoltán – Giraldeau, Luc-Alain (1998): The Effect of Dominance Hierarchy on the Use of Alternative Foraging Tactics: A Phenotype-Limited Producing-Scrounging Game. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. **42**, 217-223.
- Barta Zoltán – Giraldeau, Luc-Alain (2000): Daily Patterns of Optimal Producer and Scrounger Use under Predation Hazard: A State-dependent Dynamic Game Analysis. *The American Naturalist*. **155**, 570-582.
- Barta Zoltán – Liker András – Mónus Ferenc (2003): The Effects of Predation Hazard on the Use of Social Foraging Tactics. *Animal Behaviour*. (megjelenés alatt).
- Barta Zoltán – Liker András – Székely Tamás (eds.) (2002): *Viselkedésökológia: modern irányzatok*. Osiris, Budapest
- Barta Zoltán – Houston, A. I. – McNamara, J. M. – Székely T. (2002): Sexual Conflict about Parental Care: The Role of Reserves. *The American Naturalist*. **159**, 687-705.
- Blomqvist, Donald – Andersson, M. – Küpper, C. – Cuthill, I. C. – Kis J. – Lanctot, R. B. – Sandercock, B. K. – Székely T. – Wallander, J. – Kempenaers, B. (2002): Genetic Similarity between Mates Explains Extra-pair Parentage in Three Species of Waders. *Nature*. **419**, 613-615.
- Liker András (2002): Az állatok jelzésrendszerének evolúciója. In: Barta Zoltán – Liker András –

- Székely Tamás (eds.): *Viselkedéskológia: modern irányzatok*. Osiris, Budapest
- Liker András – Barta Zoltán (2001): Male Badge Size Predicts Dominance against Females in House Sparrows. *Condor*. **103**, 151-157.
- Liker András – Barta Zoltán (2002): The Effects of Dominance on Social Foraging Tactic Use in House Sparrows. *Behaviour*. **139**, 1061-1076.
- Székely Tamás – Cuthill, Innes C. (1999): Brood Desertion in Kentish Plover: The Value of Parental Care. *Behavioral Ecology*. **10**, 185-190.
- Székely Tamás – Cuthill, Innes C. – Kis János (1999): Brood Desertion in Kentish Plover: Sex Differences in Remating Opportunities. *Behavioral Ecology*. **10**, 191-197.
- Székely Tamás – Webb, J. N. – Houston, A. I. – McNamara, J. M. (1996): An Evolutionary Approach to Offspring Desertion in Birds. In: Nolan, Val Jr. – Ketterson, Ellen D. (eds.) *Current Ornithology*. Vol. 13, Chapter 6, Kluwer Academic Publishers. 271-330.



KOMMUNIKÁCIÓ AZ ÁLLATVILÁGBAN: AZ ŐSZINTESÉG ÉS CSALÁS PROBLÉMÁJA

Számadó Szabolcs

tudományos munkatárs, Eötvös Loránd Tudományegyetem
Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék – szamszab@ludens.elte.hu

Az állatok kommunikációját sokféle szempontból lehet vizsgálni. Az alapvető irányokat még Nikolaus Tinbergen vázolta fel négy kérdésben, amelyek négy megközelítési módot takarnak: a felépítés, a funkció, az egyedfejlődés és a törzsfjlődés tanulmányozását. Minden viselkedés, de bármely más biológiai struktúra vizsgálatakor az első lépés az adott struktúra részletes leírása, jellemzése. A következő lépés az adott viselkedés funkciójának kiderítése és vizsgálata, azaz hogyan járul hozzá az egyed túléléséhez, az egyed génjeinek a továbbadásához. Az egyedfejlődés szempontjából való vizsgálat a viselkedés kialakulásának folyamataira kérdez rá, illetve például az egyedi vagy szociális tanulás szerepére. Végül, de nem utolsósorban az adott viselkedést lehet tanulmányozni az evolúció szemszögéből. Ez utóbbiak alapvetően két részre bonthatók. Egyrészt az ún. törzsfjlődési kényszerekre (például csak már meglévő struktúrák módosulhatnak), másrészt a funkcióhoz kapcsolható optimalizációs problémákra (miért vált olyanná a madarak szárnya, amilyen; miért hasonlít a cápák, delfinek, halak uszonyainak felépítése?). Ezeknek az optimalizációs problémáknak nagy része költség-haszon analízisként szokott megjelenni. Ez a szemlélet elég hamar utat talált az etológiában (táplálkozási stratégiák, territóriumválasztás, stb.), aminek a legfényesebb bizonyítéka a viselkedés-ökológia mint tudomány jelenleg is tartó virágzása. A játékelmélet ennek az opti-

malizációs megközelítésnek egy speciális eseteként fogható fel, melynek specialitása, hogy olyan problémákkal foglalkozik, ahol a biotikus környezeti tényezők (saját vagy más faj egyedeinek tulajdonsága vagy viselkedése), melyek az adott viselkedés hatékonyságát (így költség/haszon arány) befolyásolják, nem vehetők állandónak, hanem változnak az adott viselkedés függvényében. Teljesen más megközelítést igényel a madárszárny formájának optimalizációs vizsgálata (ahol elég tudni a szárnyat alkotó, befedő anyag aerodinamikai tulajdonságait, illetve a légkör releváns tulajdonságait, melyek állandónak vehetők), vagy egy adott faj párválasztási stratégiáinak vizsgálata, ahol a hímek optimális viselkedése függ a nőstények viselkedésétől és fordítva (Maynard Smith, 1982). Ez a „stratégiai” megközelítésmód kezd meghonosodni az állati kommunikáció vizsgálatában is, és ennek egyik vetülete az ún. „csalás-őszinteség” problémája.

Ennek a problémakörnek két alapkérdése van: (1) Őszintén kommunikálnak-e az állatok? Azaz a kommunikáció során a fogadó fél számára releváns információt közöl-e a szignált adó egyed vagy sem. (2) Ha az első kérdésre igen a válasz, akkor mi biztosítja a kommunikáció őszinteségét? A továbbiakban második kérdést szeretném röviden és tömören körüljárni, itt is elsősorban a kérdéskörben meghatározónak számító Zahavi-féle hátrányelv (Zahavi – Zahavi, 1997) érvényességét.

Mi számít csalásnak?

Mielőtt továbblépnénk, érdemes meghatározni, mi számít csalásnak (lásd: Grafen, 1990). Képzeljünk el egy kommunikációs helyzetet egy szignált adó és egy szignált vevő egyeddel. Tegyük fel, hogy ugyanazt a szignált kétféle típusú egyed is képes leadni. Ha feltesszük, hogy a szignál vevője nem rendelkezik kimerítő információval a szignált adóról, hanem csak annyit tud, amennyit a szignál közöl vele, akkor a vevő kénytelen ezt a két típust egy kategóriába sorolni. Könnyű belátni ugyanis, hogy teljes tájékozottság esetén mindenféle csalás lehetetlen volna. Valószínű, hogy a kétféle típus egybemosásából az egyik hasznot húz, a másiknak viszont kára származik. Csalónak általában az elsőt, a haszonélvezőt szoktuk nevezni.

A hátrányelv

Nem véletlen, hogy a csalás problémája a játékelméleti szemléletmód bevezetésével egy időben jelent meg. Maynard Smith (1982) az állati konfliktusok egyik fajtáját leíró „anyagháború” modell (war of attrition) kapcsán arra a konklúzióra jutott, hogy az állatoknak nem érdekük szándékaikat az ellenfél tudomására juttatni. Ebben a modellben két egyed küzd egy erőforrásért igen egyszerű módon: mindketten várnak, hogy a másik elmenjen, aki tovább bírja, az nyer. Nyilvánvaló, hogy a küzdő feleknek a küzdelemre szánt időt nem érdekük előre elárulni a másik félnek, hiszen az kicsit tovább várakozva biztosan megnyerheti a küzdelmet. Ebből következtetett Maynard Smith arra, hogy az ilyen esetekben vagy egyáltalán nincs kommunikáció, vagy ha mégis van, akkor az valószínűleg az ellenfél megtévesztését szolgálja. Persze az „anyagháború” elég speciális eset, számunkra azonban nem is a részletek, hanem a mögöttük meghúzódó logika az érdekes. Ez pedig azt mondja, hogy

versenyhelyzetben általában rosszul jár az a fél, amelyik szándékait a másik tudomására hozza.

Richard Dawkins és John R. Krebs (1984) sokkal drasztikusabban fogalmazzák meg, mint Maynard Smith. Mivel az egyedek viselkedését géneik határozzák meg, szerintük az állati kommunikáció egyik elsődleges célja a többi egyed manipulálása az éppen kommunikáló egyed génjei javára. Persze nem zárják ki az őszinteség lehetőségét sem, csak azt mondják, hogy akit be lehet csapni, azt be is fogják csapni. Az evolúció során ezért „fegyverkezési verseny” jön létre a manipulátorok és áldozataik között. A manipulátorok egyre újabb trükköket fejlesztenek ki, az áldozatok pedig igyekeznek átlátni a szitán.

Ennek ellenére sok esetben megfigyelhető a szándékok kommunikációja, még versenyhelyzetekben is. Ezért mindenképpen magyarázatra szorul, hogy mi garantálja az ilyen rendszerek őszinteségét és evolúciós stabilitását. Amotz Zahavi ennek a problémának a feloldására javasolta az ún. „hátrányelvet” (handicap principle). E szerint a kommunikáció őszinteségét a kommunikáció során használt szignálok költsége garantálja. A szignálköltségnek az őszinte egyedek számára elfogadhatónak, a lehetséges csalók számára pedig elriasztónak kell lennie. Az egyik klasszikus példa a pávakakasok farkdísze. Ez a díz jelentősen megnehezíti a kakasok mozgását, de Zahavi szerint a hímek túlélőképességét csökkentő hasonló jellegzetességek nem pusztán kellemetlen mellékhatások, hanem a szexuális szelekció esszenciális elemei. A fark viselésének hátrányát ugyanis csak a legjobbak élik túl. Ezzel a logikával érvel Zahavi amellett, hogy hasonlóképp a szexuális szelekcióhoz, a szignál költsége minden egyes kommunikációs helyzetben egyfajta tesztet kell hogy jelentsen a szignált feladó egyed számára. Így a fiókák táplálékkeregető viselkedése költséges mivel a hangoskodás odavonzza a raga-

dozókat a fészekhez; a fenyegető pózok költségesek, mert a fenyegető egyed sebezhető részeit mutatja a megfélemlítendő egyed felé; a ragadozó jelenlétét jelző vészjelzések költségesek, mert felfedik a szignált adó egyed jelenlétét; stb.

Játékelméleti megközelítés

Zahavi nem aratott osztatlan sikert elméletével. A kezdeti nehézséget az jelentette, hogy az elv igen egyszerű genetikai modellek kezei között nem működött (Maynard Smith, 1982). Tíz évvel Zahavi publikációja után jelent meg az első modell (Pomiankowski, 1987), mely kimutatta, hogy a hátrányelv bizonyos körülmények mellett érvényes lehet. Három évvel ezután Alan Grafen (1990) dolgozta ki azt a játékelméleti modellt, amely a szerző szándéka szerint a hátrányelv általános érvényességét igazolja. Grafen a hátrányelv lényegét három pontban foglalta össze:

1. minden kommunikáció (legalábbis általában) őszinte;
2. a szignálok költségesebbek, mint ahogy azt pusztán az információ-átvitel megbízhatósága indokolná;
3. a szignálok költségesebbek a rosszabb genetikai háttérrel rendelkező egyedek számára.

Zahavi és Grafen is úgy gondolja, hogy a hátrányelv minden típusú állati kommunikációra igaz: „Ha a természetben egy szignált látunk, akkor az biztos, hogy 'handicap'.” (Grafen, 1990).

A további vizsgálatok alapkérdése általában az volt, hogy igaz-e Grafen következtetése, és ha igen, akkor milyen feltételek mellett. Az első – és talán az egyik legfontosabb – eredmény Maynard Smith-től (1991) származik, aki egy igen egyszerű modell segítségével (Sir Philip Sidney game: SPS) – mely egyben a hátrányelv működését is demonstrálta – bebizonyította, hogy ha a kommunikáló felek között nincs konfliktushelyzet,

akkor a szignálnak nem kell költségesnek lennie. Maynard Smith (1991) modellje után több olyan cikk is megjelent, amelyben a szerzők a költségmentes, ámde őszinte kommunikáció lehetőségét vizsgálják konfliktushelyzetben. Egy egyszerű „szignál-válasz” modell (action-response game) segítségével ki lehet mutatni, hogy költségmentes szignálok evolúciósan stabilak lehetnek még akkor is, ha érdekellentét van a szignált adó és a szignált vevő egyed között. Ennek a modellnek az egyik sajátossága, hogy diszkrét tulajdonságokat, illetve diszkrét szignálokat feltételez. Ez nem tűnik túlságosan realiztikusnak, és felmerül a kérdés, hogy az eredmény mennyiben függ ezektől az egyszerűsítő feltevésektől (e modellnek illetve Maynard Smith SPS-játékának általános verzióját lásd Számadó, 1999). A következő fontos fejlemény a Carl T. Bergstrom és Michael Lachmann (1998) szerzőpáros nevéhez fűződik, akik kimutatták, hogy a költségmentes ún. „gyűjtő” (pooling) szignálok evolúciósan stabilak lehetnek folytonos modellek esetében is (ahol mind a tulajdonság, mind a lehetséges szignálok folytonosan változhatnak), feltéve, ha a szignált adó és a szignált vevő egyedek között *általában* nincs érdekellentét. A „gyűjtő” elnevezés azt a tényt takarja, hogy ebben az esetben eltérő tulajdonságokkal rendelkező egyedek adják ugyanazt a szignált, tulajdonképpen a közel hasonló egyedek egyforma szignált használnak. A költségmentes szignálok „térnyerése” azonban nem állt meg. Lachmann, Számadó és Bergstrom kimutatták (2001), hogy konfliktushelyzetben a költségmentes szignálok őszinték és evolúciósan stabilak lehetnek, még akkor is, ha az egyedek nem „gyűjtő” szignálokat használnak, feltéve, ha a szignálok költsége függ a szignált adó egyed releváns tulajdonságától.

Az eddig felsorolt modellek mind ún. aszimmetrikus kommunikációs helyzetekre vonatkoztak, ahol a szignált adó illetve a

szignált vevő egyednek eltérő választási lehetőségeik vannak (például párválasztás vagy szülő-utód kommunikáció). Azonban kiderült, hogy szimmetrikus helyzetekben (például agresszív kommunikáció) is lehet evolúciósan stabil költségmentes szignálokat használni az egyedek szándékainak őszinte kommunikációjára. E modellek értelmezése azonban nem volt egyértelmű, néhányan (köztük értelemszerűen Zahavi is) a hátrányelv megerősítéseként fogták fel. Ennek a félreértésnek a lehetőségét küszöbölte ki Szamadó (megjelenés alatt), amikor különböző költséggel rendelkező fenyegető pózok evolúciós stabilitását vizsgálta Magnus Enquist modelljének segítségével. Az eredeti modell költségmentes szignáljaihoz tetszőleges költséget hozzáadva, illetve levonva meg lehet nézni, hogy az így kapott szignálok evolúciósan stabilak-e a költségmentes szignálokkal szemben. Kiderült, hogy a költséges (handicap) fenyegető pózok nem evolúciósan stabilak, szemben az olyan pózokkal, melyek költségmentesek vagy ún. negatív költséggel bírnak, azaz a szignál funkción kívül még valamilyen más funkciót is ellátnak. Ennek következtében olyan fenyegető pózok elterjedését várjuk, melyek a fajra jellemző harci viselkedés első lépésének „kimerevített” változatai (ez a konklúzió egybevág számos etológiai megfigyeléssel). Ezzel egyrészt a fogadó fél tudára adják harci szándékaikat, másrészt felkészülnek a küzdelemre, ha a pusztá fenyegetés nem lenne elég. Az esetek többségében ez az első lépés a fajra jellemző „fegyverek” harcra kész állapotba helyezését jelenti, például íny felhúzása, szarvak leengedése, csáprágók felmutatása, stb. Az evolúciós stabilitást a szituációban rejlő kockázat garantálja, ugyanis ha az ellenfél is hasonló készültségbe helyezte magát, akkor már általában igen nehéz a megtorlás kockázata nélkül megszakítani az interakciót. Más szóval általában számítani kell arra, hogy a győztes fél

üldözni fogja a vesztes felet, s ebben mindig benne van a menekülő fél sérülésének kockázata.

Összegezve elmondhatjuk, hogy Grafen eredményei csak korlátozott feltevések mellett igazak: mindenekelőtt, ha nincs érdeellentét a kommunikáló felek közt, akkor a szignáloknak nem kell költségeseknek lenniük, azonban ezen túlmenően is sikerült kimutatni, hogy bizonyos feltételek mellett a költségmentes kommunikáció lehet evolúciósan stabil mind diszkrét, mind pedig folytonos modellek esetében. Természetesen a kulcskérdés itt is az, hogy lehet-e tesztelni az alternatív modellek predikcióit, illetve a már meglévő ismereteink mely modelleket támasztják inkább alá. Mielőtt erre rátérnénk, előbb meg kell ismerkednünk a szignálok és a szignálköltség különböző típusaival.

Szignálköltség – a szignálok típusai

Hogyan definiáljuk egy szignál költségét? „*A priori*”, azaz minden költség, ami a szignál előállításához szükséges; vagy pedig vegyük figyelembe a szignál következményeit is? Akkor sem könnyű a helyzetünk, ha az első variációhoz ragaszkodunk. Maynard Smith és David Harper (1995) ebben az értelemben kétféle költséget különböztet meg. Az első az a minimális ráfordítás, ami a szignál hatékony működéséhez szükséges, azaz ahhoz, hogy az üzenet egyértelmű legyen a fogadó fél számára (efficacy cost). A ráfordítás második fajtája a lehetséges csalók ellen véd, ha konfliktus van a két kommunikáló fél között. Ez a stratégiai költség (strategic cost). Első hallásra nem tűnik lehetetlennek, hogy a következményeket is a stratégiai költségek közé soroljuk, például a szignál felmutatásának kockázatát. Ezzel azonban rögtön két probléma adódik. Egyrészt nem könnyű megmondani, hogy mely események sorolhatóak a szignál következményei közé és melyek nem. A második – sokkal fontosabb – ellenvetés, hogy nemcsak negatív, hanem

pozitív következmények is lehetségesek. A pozitív következmények viszont negatív költséget jelentenek. Ez azt is jelentheti, hogy egy adott szignálnak összességében negatív költsége is lehet, ami ellentmond a hátrányelvnek. Viszont ez egyáltalán nem meglepő, ha figyelembe vesszük, hogy az állatoknak hosszú távon csak akkor éri meg egymással információt cserélniük, ha ebből átlagosan valamilyen hasznuk származik. Ez viszont azt jelenti, hogy a következmények figyelembevételével minden szignál negatív költséggel (pozitív következményekkel) jár a szignált adó egyedre, legalábbis átlagosan. Összességében elmondható, hogy a következményt csak akkor érdemes a szignálköltséghez sorolni, ha az ebből származó haszon vagy veszteség egyértelműen köthető az szignálhoz.

A kétféle költségnek megfelelően Maynard Smith és Harper (1995) három alapvető szignáltípust különböztet meg. (1) Első a „minimális szignál” (minimal signal), ahol a szignál költsége csak az első költségítípust foglalja magában. Ez csak akkor lehetséges, ha a kommunikáló felek közt nincs konfliktushelyzet. Ilyen a csoportkohéziót fenntartó szignálok zöme, mint például a téli cinegecsapatok halk cserregése. (2) A „költség-növelt” szignálok (cost-added signals) alkotják a második típust. Itt az árban már a stratégiai költség is benne van, ami a lehetséges csalás ellen véd. Klasszikus példa a pávakakasok tolldíszje, amely lerontja a kakasok röpképességét, viszont megbízhatóan jelzi fitnessüket. (3) A harmadik szignáltípus szintén használható konfliktushelyzetben, azonban itt a megbízhatóságot nem a stratégiai költség, hanem a szignál és a szignált adó egyed közötti fizikai kapcsolat biztosítja. Ez az „index”. Erre lehet példa a tigriseknek az a territóriumjelölési szokása, hogy fák törzseit kaparással jelölik meg, olyan magasan, amilyen magasan csak bírják. Az összefüggés nyilvánvaló. Nagyobb tigris magasabbra ér fel, csali

nem lehet. Aki nem éri el az előtte jelölő állat kaparását, az jobb, ha nem is találkozik vele. A szignáltípusok nevét és a megbízhatóságuk okát az 1. táblázat foglalja össze.

Szignáltípus	Megbízhatóság oka
minimális szignál	azonos érdekek
Költség-növelt szignál	stratégiai költség
Index	fizikai kapcsolat

1. táblázat

Szignálköltség mérése

Zahavi elméletének legkézenfekvőbb tesztelése a természetben megtalálható szignálok költségének mérése lenne. Azonban az elméleti definíció problémáin túl számos gyakorlati problémával is szembesülni kell, mindenekelőtt a szignálköltség és a várható nyereség mérésének nehézségeivel.

Ennek következtében talán nincs is olyan terület, ahol egyértelmű konklúziókat lehetne levonni a szignálok öszintességével és a szignálköltséggel kapcsolatban. A két, talán legjobban ismert kommunikációs témakör a párválasztás és a szülő-utód kommunikáció problémája. Itt helyszüke miatt csak az utóbival szeretnék részletesebben foglalkozni, a párválasztás igen kiterjedt irodalmának áttekintése külön cikket igényelne.

Szülő-utód konfliktus és kommunikáció

A szülő-utód kommunikáció alapvető paradoxona, hogy habár a szülők érdeke a fiókák támogatása, a támogatás szintjében alapvető érdekellentét van a két fél között. A fiókák mindig többet akarnak, mint amennyit a szülők hajlandóak lennének a fiókákra áldozni (Trivers, 1974). Ebből következik, hogy a szülő-utód kommunikációban az öszintesség ugyanolyan probléma, mint bármely más kommunikációs területen, ahol érdekellentét van a kommunikáló felek között. Egy, a Zahavi-féle hátrányelven alapuló játékelmé-

leti modell szerint a fiókák által használt szignálok költségesebbek, mint azt az információközlés hatékonysága indokolná. E pluszköltség alapvetően két forrásból eredhet. Egyrészt lehet ún. „produkciós költség”, azaz a fiókák olyan energiatöbbletet fordítanak a szignálok előállítására, amit máshol is felhasználhatnának. Másrészt a pluszköltség eredhet külső forrásból is, ez elsősorban a megnövekedett predációs kockázatot jelenti, ami a fiókák hangos kéregetésének lehet az eredménye. Mindkét típusú költség mérésére történtek kísérletek, meglehetősen ellentmondásos eredményekkel.

Az energetikai költség kimutatását célzó első kísérletek eredményei azt mutatták, hogy a fiókák napi energetikai szükségleteihez viszonyítva ez a költség nem magas (Leech – Leonard, 1996). Habár az oxigénfogyasztás szintje (ami indikátora egy adott állat energiafelhasználásának) megemelkedik a kéregető viselkedés folyamán, a kéregetés rövidsége miatt az össz-energiatöbblet elenyésző a napi energiaigényhez képest. Talán még ennél is fontosabb, hogy a szignálintenzitás növelésének energiaigénye kisebb, mint az egy „adag” táplálékból származó várható energianyereség. Ezért a korai kísérletek alapján azt a következtetést lehetett levonni, hogy a produkciós költség semmiképp nem biztosíthatja kommunikáció őszinteségét. Ezzel szemben a Rebecca Kilner és munkatársai (2001) által elvégzett kísérlet azt mutatja, hogy mégiscsak van szignifikáns energetikai költsége a fiókák kéregető viselkedésének. A fiókák manipulációjával kimutatták, hogy a társaiknál intenzívebben kéregető fiókák súlyvesztése nagyobb, mint a kevésbé intenzíven kéregető fiókáké, illetve hogy az intenzíven kéregető fiókák súlygyarapodása a kéregetést követő huszonnégy órában kisebb volt, mint társaiké. Az előző kísérletekkel kapcsolatban Kilnerék megjegyzik, hogy „A kéregetés költségét nem lehet úgy megmérni, hogy a

fiókák saját maguk választhatják meg a kéregetés intenzitását” (azaz a költség méréséhez mindenképpen manipulációs kísérletek kellene). Ehhez azonban azt még mindenképpen hozzá kell tenni, hogy ez a költség csak a nyolcnapos fiókáknál volt szignifikáns, az ennél fiatalabb vagy idősebb fiókák esetében nem. Így ez a költség nem adhat általános magyarázatot a szülő-utód kommunikáció őszinteségére, hiszen a nyolc napnál fiatalabb és idősebb fiókák is megbízhatóan jelzik szükségleteiket a szülők felé.

A predációs költség kimutatására irányuló kísérletek szintén ellentmondásos eredményeket hoztak. Csak földön fészkelő madárfajok esetében sikerült kimutatni, hogy a fiókák hangos kéregetése szignifikánsan növeli a fészkek kifosztásának valószínűségét. Ez azt jelenti, hogy védett helyeken fészkelő madárfajok esetében a predációs költség nem használható fel a szülő-utód kommunikáció őszinteségének megmagyarázására.

Összességében azt lehet mondani, hogy a szülő-utód kommunikáció paradoxona továbbra is fennáll. A meglévő érdekellentét ellenére a fiókák megbízható információt közölnek szüleikkel, de a kutatók nem találtak olyan általánosan érvényes szignálköltséget, amely képes lenne ezt megmagyarázni.

Konklúzió

Bár a Zahavi-féle hátrányelv jelentős szerepet tölt be az állati kommunikáció őszinteségének megmagyarázásában, nem tekinthető olyan általánosan érvényűnek, ahogyan azt Zahavi és később Grafen állította. Játékelméleti modellezés segítségével sikerült kimutatni, hogy ha nincs érdekellentét a kommunikáló felek közt, akkor a szignálok nem kell pluszköltséget tartalmazniuk, továbbá hogy a felek közt fennálló érdekellentét esetében is elképzelhető – bizonyos feltételek mellett – költségmentes szignálok használata. A szülő-utód kommunikációról

rendelkezésünkre álló adatok sem támasztják alá egyértelműen Zahavi álláspontját. Ezen túlmenően, a természetben előfordulhatnak ún. kevert stratégiát használó, evolúciósan stabil állapotok is, azaz olyan populációk, ahol az egyedeknek csak egy része őszinte, vagy ahol minden egyed egy adott valószínűséggel csal (lásd: Számadó, 2000). Ezekben az esetekben a csaló egyedek gya-

korisága és fitnessze közt fennálló negatív visszacsatolás tartja fenn az őszinteség adott szintjét a populáción belül, és nem a szignálok megnövekedett költsége, mint ahogy azt Zahavi jósolta.

Kulcsszavak: *csalás, hátrányelv, konfliktushelyzet, szignálköltség, pávakakas, szülőutód konfliktus*

IRODALOM

- Bergstrom, Carl T. – Lachmann, Michael (1998): Signaling among Relatives. III. Talk Is Cheap. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. **95**, 5100-5105.
- Grafen, Alan (1990) Biological Signals as Handicaps. Journal of Theoretical Biology. **144**, 517-546.
- Krebs, John R. – Dawkins, Richard (1984): Animal Signals: Mind-reading and Manipulation. In: Krebs, John R. – Davies Nicholas B. (eds.) *Behavioural Ecology. An Evolutionary Approach*. 2nd ed. Blackwell Scientific Publication, Oxford. 380–402.
- Lachmann, Michael – Bergstrom, Carl T. (1998): Signalling among Relatives II: Beyond the Tower of Babel. Theoretical Population Biology. **54**, 146-160.
- Lachmann, Michael – Számadó Szabolcs – Bergstrom, Carl T. (2001): Cost and Conflict in Animal Signals and Human Language. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. **28**, 13189-13194.
- Leech, Susan – Leonard, Marty (1996): Is There an Energetic Cost in Nestling Tree Swallows. Proceedings of the Royal Society of London Series B. **263**, 983-987.
- Kilner, Rebecca (2001): A Growth Cost of Begging in Captive Canary Chicks. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. **98**, 11394-11398.
- Maynard Smith, John (1982): *Evolution and the Theory of Games*. Cambridge: Cambridge University Press, Cambridge
- Maynard Smith, John (1991): Honest Signalling: The Philip Sidney Game. Animal Behaviour. **42**, 1034-1035.
- Maynard Smith, John – Harper, David G. C. (1995): Animal Signals: Models and Terminology. Journal of Theoretical Biology. **177**, 305-311.
- Pomiankowski, Andrew (1987): Sexual Selection: The Handicap Principle Does Work - Sometimes. Proceedings of the Royal Society of London Series B. **231**, 123-145.
- Számadó Szabolcs (1999): The Validity of the Handicap Principle in Discrete Action-Response Games. Journal of Theoretical Biology. **198**, 593-602.
- Számadó Szabolcs (2000): Cheating as a Mixed Strategy in a Simple Model of Aggressive Communication. Animal Behaviour. **59**, 221-230.
- Számadó Szabolcs (megjelenés alatt) Threat Displays Are Not Handicaps. Journal of Theoretical Biology.
- Trivers, Robert L. (1974): Parent-offspring Conflict. American Zoologist. **14**, 249-264.
- Zahavi, Amotz – Zahavi, Avishag (1997): *The Handicap Principle*. Oxford University Press, New York, Oxford

KIVEL LEHET MÉG „BESZÉLGETNI”? A FAJOK KÖZÖTTI KOMMUNIKÁCIÓ PROBLÉMÁJA, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL AZ EMBER-KUTYA KAPCSOLATRA

Miklósi Ádám

tudományos főmunkatárs, ELTE Etológia Tanszék – miklosa@ludens.elte.hu

Topál József*

tudományos főmunkatárs, ELTE Etológia Tanszék, MTA Összehasonlító Etológia Kutatócsoport

Csányi Vilmos

egyetemi tanár, akadémikus, ELTE Etológia Tanszék

Az ember egyik legalapvetőbb tulajdonsága a kíváncsiság, az új, ismeretlen felé való vonzódás. Nem véletlen, hogy a népszerű sajtót is mindig lázba hozzák az olyan hírek, hogy valaki földönkívüliekkel találkozott, vagy netalán el is rabolták. A lényeg azonban nem feltétlenül abban van, hogy ilyen esetek megtörténhetnek-e vagy sem, hanem hogy milyen erősen érdeklődik az ember a más „fajokkal” való kapcsolatfelvétel iránt. Míg a hétköznapi embert inkább csak a természetes kíváncsiság hajtja, a kutató szakmai kötelessége elmerengeni azon, hogy ha egyszer mégis létrejön egy ilyen találkozás, akkor miképp lehet ezekkel a lényekkel majd „beszélgetni”, egyáltalán lehetséges-e egy közös kommunikációs rendszer kialakítása, és lennének-e megbeszélési témáink. Ha az illető kutató etológus, akkor az ilyen gondolat kísérletek helyett megpróbálhat olyan „modellt” keresni, amely alkalmas lehet a felvetett probléma vizsgálatára. A következőkben a kutya és az ember közötti kommunikáción keresztül szeretnénk megvilágítani a fajok közötti (interspecifikus) kommunikáció problémáját.

Csányi Vilmos és Kampis György (1988) egy etológiai modell keretében vetette fel a fajok közötti kommunikáció kérdését, igaz, ők egy földi (az ember) és egy földön kívüli „faj” kommunikációjának lehetőségét vizsgálták. Az etológusok már régóta kutatják az állati (és emberi) kommunikáció folyamatait, mind a funkció (és evolúció), mind a mechanizmus (és egyedfejlődés) szempontjából. Az egyik ma már általánosan elfogadott elképzelés lényege szerint az egyedfejlődés során (genetikai és környezeti faktorok interakciója révén) az állati agyban létrejön egy, a környezetet reprezentáló modell. A modell lényege, hogy egyes komponensei megfeleltethetők a környezet bizonyos elemeinek. Általánosságban elmondhatjuk azt is, hogy e modell működtetése teszi lehetővé, hogy az állat (és ember) képes legyen megfelelően válaszolni a környezeti ingerekre, képes legyen megjósolni bizonyos események bekövetkeztét, vagy például egy probléma-helyzetben – belátással – új viselkedési megoldásokat „találjon fel”. A környezetre vonatkozó agyi modell egyik alrendszere a kommunikációval kapcsolatos. A modell más

alegységeihez hasonlóan ez is három fő komponensre bontható: felismerő- („kulcs”), referencia- és végrehajtó rendszer („akció”). Az állati kommunikációra általánosságban jellemző, hogy zárt, azaz csak viszonylag kis számú jelből áll, amelyek nagy része genetikailag meghatározott, s a tanuláshoz csak korlátozott szerepe van (lásd lent). Ebből következik, hogy mind a felismerő-, mind a végrehajtó rendszer lényegében alig változik az egyedfejlődés során, a megfelelő komponens maturációját követően az egyed képes az adott kommunikációs jel felismerésére, illetve bemutatására. A kölyökkutyák kezdetben alig reagálnak idősebb társaik agresszív jelzéseire, illetve egyedfejlődésük kezdetén maguk sem képesek bizonyos agresszív kommunikációs jelek bemutatására (a játékhelyzetet kivéve). A fiatal vagy felnőtt állat természetesen már potenciálisan képes valamennyi fajspecifikus jel adására, illetve vételére, azonban egy adott jelre való reakcióját az agyi modell referenciarendszere fogja meghatározni, amely a belső állapotát, a korábbi hasonló helyzetben szerzett tapasztalatokat összegzi. A példánkbeli kutya lehet, hogy támadólag lép fel, de elképzelhető, hogy inkább a behódolást választja, de lehetséges válaszreakciója semmiképpen sem léphet túl a fajspecifikus viselkedés-repertoár keretein.

Mindez azt a benyomást támasztja alá, hogy az állati kommunikációs rendszer igen szűk keretek között mozog. A teljesség kedvéért azonban érdemes megjegyezni, hogy van egy-két kivétel is. Ilyen például a fehérbarkójú cercófajmók (*Cercopithecus aethiops*) vészkiáltása, amelynek használatát a kismajmok tanulással sajátítják el (Cheney – Seyfarth, 1990). Igaz, a kölykök már kiskorukban rendelkeznek a három alapvető vészkiáltástípussal, amely a légi, földi, illetve a fán lévő ragadozó jelzésére szolgál, de azt nem tudják pontosan, hogyan is néznek ki azok az „objektumok”, amelyek valóban ve-

szélyt jelentenek. Míg kezdetben a kölykök minden repülő objektum látványára vészjelzéseket hallatnak („az idősebbek némi bosszúságára”), lassan megtanulják, hogy mely ragadozók veszélyesek a csapatra. A tanulás illetve a veleszületett képességek ilyenfajta ötvözése funkció szempontjából szerencsés lehet, hiszen ez a rendszer az esetlegesen újonnan megjelenő ragadozófajok ellen is védelmet nyújt. Bármilyen rugalmas is a cercókók vészjelzése, a végeredmény az, hogy a csapat minden egyede adott helyzetben ugyanúgy viselkedik, hiszen csak ez biztosítja a faj túlélését.

Talán már az olvasóban is felmerült a kérdés, hogy ha ennyire zárt egy faj kommunikációs rendszere, akkor egyáltalán előfordulhat-e fajok közötti kommunikáció? Nézzük a következő példát: A korábban említett cercókók közeli rokonai, a Diana-cerkóf (*Cercopithecus diana*) és a Cambell-cerkófajom (*Cercopithecus campbelli*) vegyes csoportokat képezve táplálkoznak. Mindkét faj hímei egymástól jól megkülönböztethető fajspecifikus vészkiáltásokat adnak koronás sas, illetve leopárd feltűnése esetén. Egy ötletes kísérletsorozat alatt Karl Zuberbühlernek (2000) sikerült kimutatnia, hogy a Diana-cerkók nemcsak felismerik a másik majomfaj vészkiáltását, hanem a tartalomnak megfelelően viselkednek, azaz „tudják”, hogy a másik faj adott vészkiáltása milyen ragadozó megjelenését jelenti. Eszerint mégis lehetséges fajok közötti kommunikáció? A helyes válasz kialakításához két dolgot érdemes figyelembe vennünk. Egyrészt a vészkiáltások, legyenek bár megkülönböztethetők, mégis sok tekintetben, akusztikailag hasonlóak, így elképzelhető, hogy egy másik faj vészkiáltása éppen hasonlósága miatt önmagában is hatással van a fajspecifikus felismerő rendszerre. Ezért nem kizárt, hogy a másik faj kiáltását hallva a Diana-cerkóf már a legelső alkalommal vészjelzésként értékeli a hangot. Másrészt valószínű, hogy a csapatban együtt

mozgó majmoknak rengeteg alkalmuk van arra, hogy egyszerű asszociációs tanulási folyamatok révén megtanulják egymás vészkiáltásait a megfelelő ragadozó feltűnésével összekapcsolni. Végül tegyük hozzá, hogy a kommunikációnak ez a fajtája is igen korlátozott és behatárolt, a rendszerből hiányzik az alapvető rugalmasság az összetett és időben változó kommunikációs interakciók létrejöttéhez.

E kiragadott példák is azt a benyomásunkat erősítik, hogy nincs igazából lehetőség komplex interspecifikus kommunikációra. Érdekes módon erre a következtetésre jut Csányi és Kampis is (1988) a földiek (az ember), illetve a földönkívüliek kommunikációs esélyeit latolgatva. Tanulmányuk végén azonban mégis felvetnek egy lehetséges megoldást: Amennyiben mind a két fél szándékát fejezi ki a kommunikációra, akkor az egyetlen megoldás, hogy mindketten közös akciókban vesznek részt (azonos környezetben), és így szert tesznek egy olyan közös „nyelvre”, amely a későbbiek során a kommunikáció alapja lehet. A következőkben ezt a gondolatot igyekszünk etológiai szempontból továbbelemezni.

Az interspecifikus kommunikáció általános modellje

Ha a fent említett elképzelés alapján az állati agyban kiépült környezeti modelltől indulunk ki, akkor könnyű belátni, hogy a korlátot a rendszer rugalmatlansága képezi. Ez a sajátosság egyfelől előnyös, hiszen evolúciós értelemben a faj szempontjából a legfontosabb, hogy az egyedek a jelzéseket pontosan felismerjék, illetve a tévesztés lehetőségét minimalizálják. Mivel ezek a jelzések evolúciós léptékben alig változnak, a modell felismerési és végrehajtási rendszereire az erős genetikai meghatározottság jellemző. A komplex szociális közösségben élő fajok esetében viszont a rendszer elemei már bizonyos rugalmasságra tettek szert. Bár a jelek

továbbra is genetikailag meghatározottak, megfelelő használatukat azonban sok esetben „gyakorolni” kell. Benson Ginsburg írja le, hogy a társaiktól elválasztva felnevelt farkasok birtokában vannak ugyan a fajspecifikus kommunikációs jelzésekészletnek, de a jelek „helyes” használatát nem ismerik, azaz nem képesek a megfelelő jelzéseket a szociális helyzetnek megfelelően alkalmazni. Természetes körülmények között azonban ez a flexibilitás is megszűnik, hiszen amint az egyed eléri a maturáció végét, kialakulnak azok a viselkedési rutinok, amelyek a társakkal való kommunikáció alapjait képezik. Ezek szerint a tanulás inkább csak kanalizáló szerepet játszik a kommunikatív viselkedés létrehozásában, a későbbiekben már alig van mód a változtatásra. Sajnos azonban az ily módon szerveződő rendszer kevésbé alkalmas interspecifikus kommunikációra, mert az ehhez szükséges feltételek a fentebb ismertetett modell értelmében csak a két félnek közös akciói révén alakulhatnak ki, ami természetesen feltételezi a folyamatos tanulási képesség meglétét.

Mivel kommunikációként definiált jelenség általában fajtársak között kerül leírásra, az a kérdés ritkán merül fel, hogy honnan tudják az egyedek, „kivel” lehet vagy kell kommunikálni. Sok faj esetében a fajfelismerés genetikai alapokon nyugszik, míg számos példa ismeretes arra, hogy az egyedek egy ún. érzékeny (szenzitív) időszak alatt tanulják meg felismerni egymást (azt tekintik fajtársnak, akit ezen időszak alatt maguk körül látnak). Bár a szenzitív időszak hossza erősen fajfüggő (néhány perc vagy több hónap is lehet), az elv lényegében ugyanaz. A szenzitív időszak végére tehát kialakul azoknak a „lényeknek” a kategóriája, amelyekkel fajspecifikus módon lehet kommunikálni. Kísérleti körülmények mellett természetesen elvégezhető olyan manipuláció, amikor egy másik faj egyedét „csempésszük be” az adott „faj” kategóriájába (amikor például

magunk keltetünk ki egy kiscsibét a tyúk jelenétét kizárva), természetes esetben a rendszer megfelelően biztosítja a fajfelismerést.

Mindezek szerint legalább két alapvető követelménye van egy interspecifikus kommunikációra képes rendszernek. Egyrészt meg kell őriznie a tanulási képességét, azaz hogy jeleit, illetve az azok közötti kapcsolatot (szekvenciát) rugalmasan változtassa, illetve nyitottnak kell maradnia más „lények” iránt, amelyek potenciális kommunikációs partnerek lehetnek. Ennek egyik megoldása a le nem zárt, vagy a lehetőségekhez képest hosszan elnyújtott szenzitív időszak.

Az állati elme vizsgálatára elkötelezett kutatók az elmúlt évtizedekben jelentős erőfeszítéseket tettek annak vizsgálatára, hogy milyen lehetőség van az ember és egyes állatfajok közötti kommunikációs rendszer kiépítésére. E vonatkozásban érdemes röviden megemlíteni ember-csimpánz, illetve az ember-delfin interakció esetét. Az előbbi esetében számos, emberi körülmények között felnevelt csimpánz (*Pan troglodytes*), illetve bonobo (*Pan paniscus*) mutatja, hogy speciális körülmények között van lehetőség fajok közötti kommunikációs rendszer kialakítására. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy a csimpánz-ember közötti kommunikáció azért is lehetséges, mert a kialakult rendszer olyan viselkedési homológiára épít, amelyet mindkét fél a közös őstől örökölt. Másrészt viszont a csimpánz-ember kommunikáció nem egy természetes helyzetet tükröz, nincs (ismert) evolúciós előzménye. Így ezek a mesterséges körülmények között végzett vizsgálatok elsősorban a csimpánz potenciális kommunikációs képességét hivatottak felderíteni. Egyes vizsgálatok alapján (illetve számos anekdota szerint) a delfinek természetes kommunikációs rendszere a csimpánzokénál árnyaltabb, sőt a miénkhöz hasonlóan főleg az akusztikus csatornán zajlik. Az eltérő ökológiai környezet, illetve

az eltérő evolúciós múlt a fentiek értelmében nagyon megnehezíti mind a delfinek egymás közötti kommunikációjának értelmezését, mind a velük való mesterséges „nyelv” kialakítását. Érdekességképpen megjegyezhető, hogy újabb kísérleti eredmények szerint a delfinek jobban értelmeznek bizonyos emberi gesztikuláris jelzéseket (irányjelző mutatás), mint a csimpánzok.

Mindezek alapján felvetődik, hogy az interspecifikus kommunikációs rendszerek leírására célszerűbb lenne egy olyan faj emberrel való kommunikációs képességének vizsgálata, mely közös ökológiai környezetben él az emberrel, mely számára az emberrel való interakciók természetes adaptációs kényszerként jelenhettek meg, s melyek viselkedési repertoárjában nincsen az emberrel való közeli rokonságon alapuló jelentős átfedés. A szóba jöhető fajok száma nem túl nagy, s sokak szerint csak egyetlen ilyen faj van: a kutya. Érdemes tehát gondolatmenetünket a kutya-ember kommunikációra kiterjeszteni.

Kísérletek a kutya evolúciójának megfjtésére

Van néhány faj, amelynek evolúciójával kapcsolatos kérdések mindig is lázba hozzák a tudományos közvéleményt. A dobogó tetejét természetesen az ember foglalja el, de szorosan következik utána a kutya. Az utóbbi években különösen megnőtt az érdeklődés a téma iránt, amikor egy svéd-amerikai kutatócsoport a kutya megjelenését 135 ezer évvel ezelőttre tette (Vilá et al., 1997), kihívva ezzel számos régész ellenérzését, akik szerint a kutya feltűnését nem lehet 8-10 ezer évnél korábbra tenni. A vitában nem célunk állást foglalni, érdemes viszont megjegyezni, hogy a „bűvös” százezer év a *Homo sapiens* európai megjelenésével esik egybe, míg a másik időszak a letelepedő és mezőgazdasági tevékenységet is folytató emberrel hozható összefüggésbe. Fontos azonban megje-

gyezni, hogy ekkor már többféle kutya is létezett, tehát a kutyaajták őseinek megjelenését valamilyen evolúciós változásnak kellett megelőznie. Az általunk előnyben részesített elképzelés szerint a kutya evolúciója két lépcsőben zajlott (bővebben lásd Csányi, 2000a; Coppinger – Coppinger, 2001). Ennek lényege, hogy az északi féltekén elterjedő ember viszonylag nagy mennyiségű, számára már nem fogyasztható táplálékot hagyva maga körül egy olyan új potenciális niche-t (ökológiai fülkét) hozott létre, amely lehetőséget adott az ezt kihasználni képes fajok számára az ember közvetlen környezetébe való beilleszkedésre. Ezt a lehetőséget legelőször valószínűleg a mai farkassal (*Canis lupus*) közös egykori ősfaj egyes populációi ismerték fel, és elhagyva eredeti élőhelyüket, az ember körül telepedtek meg. Ezek az őskutyák tehát valószínűleg csak kihasználták egy új táplálékforrást, amikor a fejlődés külön útjára léptek. Az akkori ember és kutya között nem volt szükség szerű a szoros kapcsolat, de bizonyos viselkedésbeli változásoknak már ekkor végbe kellett mennie, például a kutyák éhség esetén nem tekinthették élelemforrásnak az embert (nem biztos, hogy ez fordítva is így volt), ugyanakkor el kellett viselniük az ember közelségét (csökkent menekülési távolság), amelynek jelenléte bizonyos esetektől eltekintve valószínűleg nem jelentett veszélyt számukra. Azáltal, hogy a kutya és az ember kölcsönösen részévé vált egymás környezetének, nemcsak meghatározták bizonyos értelemben egymás létfeltételeit, de az egymáshoz való alkalmazkodás alapvető adaptációs folyamatai is beindulhattak. Valószínűleg evolúciós értelemben hosszabb „jószomszédság” előzte meg azt, hogy az ember felismerje a kutya jelenlétének előnyeit, illetve aktívan beavatkozzon a kutya életébe, és egyes kisebb populációkat a többiekől izolálva neveljen fel (aktív domesztikáció kezdete).

Lehet-e egy farkassal „beszélgetni”?

A könnyebbség kedvéért induljunk ki a kutya ma élő legközelibb rokonából, a farkasból. Nem tudjuk, hogy az egykori közös ős milyen lehetett, de valószínűleg sok tekintetben hasonlított a mai farkashoz. Az evolúciós történet szempontjából az utóbbi százezer évben a farkas volt az északi félteke (Eurázsia) egyik csúcragadozója. Mindezt egy viszonylag kevésbé specializált ragadozóviselkedés-készlet és rugalmas szociális életük tette lehetővé. Elterjedési területükön a farkasok jól alkalmazkodtak a helyi sajátosságokhoz, de adott terület esetében is a falka élete a környezeti viszonyoknak volt alárendelve. Mivel zsákmányállataik egy részének mérete jóval meghaladja a sajátjukét, csak akkor számíthatnak sikerre, ha a falka együttműködik a vadászat során. Ez a kényszer alapvetően meghatározza a falka életét, amelynek a „békéjéhez” nemcsak a rangsor, hanem számtalan szociális viselkedésforma ritualizált formája is hozzájárul. Összetett szociális életét és életmódját tekintve a farkas minden bizonnyal alkalmas alanya lehetne egy fajok közötti kommunikációt célzó kísérletnek, a csimpánzok és a delfinekhez hasonlóan. Jellemzően az emberi kíváncsiságra, sokan valóban belefogtak ilyen kísérletekbe, de vajmi kevés eredménnyel. Mivel a tudományos irodalomban nagyon kevés adat van farkas-ember közötti kapcsolatról, az ELTE Etológia Tanszékén (Ielkes doktoranduszok és egyetemi hallgatók segítségével) elhatároztuk, hogy magunk járunk utána a dolognak, és megpróbálunk egy interspecifikus kapcsolatot kiépíteni a farkassal. A szakirodalomban mindenki egyetértett abban, hogy farkast csak akkor lehet sikeresen emberhez szocializálni (kéretik nem utánozni!), ha még szemnyílás előtt elveszik a anyjától, és nem találkozik (csak rövid időszakokra) fajtárrsal életének első hónapjaiban. Miért? Mert a farkasok ebben az első

időszakban tanulják meg, melyek azok a „lények”, amelyek a fajtárs kategóriájába kerülnek. Ez a szenzitív időszak a 3. héten véglegesen lezárul, tehát amely fajjal addig nem találkozott, annak egyedeivel később nem lesznek képesek kommunikatív interakciókra. A mi esetünkben a farkasok szocializációja legalább három hónapon keresztül napi 24 óra emberi társaságot jelentett. A „mostohamamák” lelkesedése teljes sikerhez vezetett, általuk sikerült beépülnünk a farkasok világába. A nevelt állatok még ma, másfél évesen is sok szempontból úgy viszonyulnak az emberhez, mintha fajtárs lenne, annak ellenére, hogy életüket már egy éve „hagyományos” falkában élik. Érdekes módon még ez a szoros kapcsolat sem volt elég arra, hogy valódi, mindkét fél „akaratán” alapuló kommunikációs rendszert jöjjön létre. Tapasztalataink szerint a farkasok felismerő rendszerébe alig épültek be az emberi kommunikációs jelzések, és a viselkedésük is csak nehezen módosítható emberi befolyásra (a közhiedelemmel ellentétben a mi farkasaink ugyan képesek kézjelre leülni, de ennek megtanítása csak nagy erőfeszítés árán volt lehetséges). A szocializáció tehát csak csekély mértékben érintette a felismerő-, illetve a végrehajtó rendszer rugalmasságát, ami arra utal, hogy a környezeti hatás itt önmagában nem elegendő, a rugalmasság hiányának genetikai okai vannak.

Miért lehet egy kutyával „beszélgetni”?

Amikor az őskutya áttért az ember körül felhalmozódott táplálékforrások kihasználására, lényegében egy fordított evolúciós utat járt be, hiszen táplálékspecialistából generalistává vált. Bizonyos értelemben az is elképzelhető, hogy immáron kevésbé volt szükség a szorosan összetartozó, zárt falkákra, hiszen a közös vadászat már csak kisebb szerepet játszott a táplálékszerzésben. Feltételezhető, hogy a táplálék korlátozó szerepének megszűnése következtében az őskutyára egykor

ható szelekciós tényezők hatása csökkent (relaxált szelekció). Másfelől új szelekciós szempontok is megjelentek, amit az ember közelsége okozott. Ily módon előnyhöz juthattak azok a kutyák, akik nem mutattak agressziót az ember irányában, kevésbé kerültek el, elnyúlt szenzitív időszakuk révén jobban megtúrték közelségét, illetve jobban „érdeklődtek” az ember tevékenysége iránt. Természetesen ma még csak sejtjük, hogy valójában milyen szelekciós feltételek között jött létre a kutya, de az biztos, hogy a fent leírt vagy ahhoz hasonló helyzet eredményeképp a ma élő kutya viselkedése lényeges mértékben eltér a farkasétól.

Az egyik legfontosabb változás kutya esetében a szenzitív időszak hosszának megnövekedése. A farkas szenzitív időszaka 3-4 hét körül lezárul, ezzel szemben a kutyaé 4-16 hét közötti időszakot öleli fel, sőt egyes adatok alapján úgy tűnik, hogy a kutya az egész életén keresztül megtartja azt a képességét, hogy az emberrel új kapcsolatot alakítson ki (Topál et al., 1998; Gácsi et al., 2001). A szenzitív időszak végét általában az jelzi, hogy megjelenik az idegen „lények” felé mutatott elkerülő magatartás, ami természetesen rüleg megakadályozza a velük való komplex interakciók kiépülését. A genetikai hatást mutatja, hogy a szelidségre szelektált, ún. „domesztikált” rókák esetében is megfigyelték, hogy a szenzitív időszak megnyúlt (majdnem a kétszeresére), nagyrészt azért, mert későbbre tolódott a félelmi reakciók, ill. az elkerülő viselkedés megjelenése (Belyaev, 1978). Az őskutya esetében előnyös lehetett, ha a kölykök a fészek elhagyása után még egy ideig „nyitottak” maradtak az őket körülvevő világ „lényei” iránt, s így az emberrel szemben nem alakult ki félelmi reakció. De az is elképzelhető, hogy a kutyánál a szenzitív időszak kitolódása, csak evolúciójának második szakaszában került sor, amikor fontos volt, hogy a kutyák minél rugalmasabban alkalmazkodjanak az emberek változó közösségeihez.

Ha lehet, még izgalmasabb változások zajlottak le a kutya viselkedés-szerveződésének terén. Már a kutya és a farkas etogramjának (viselkedési katalógus) összevetésekor is szembevetődnek az eltérések. Vegyük például a vokális kommunikációs jelzéseket. A farkas kilenc-, a kutya tízféle hangjelzést használ, azonban a kutya két hangjelzése (az ugatás és a csaholás) a farkasétól eltérően több kontextusban is szerephez jut. A legérdekesebb az ugatás evolúciója, amely a farkas esetében főleg riasztó- illetve területi jelzés, és viszonylag rövid, szűk frekvencia-tartományon belül mozog. Ellentétben a kutyák ugatása általában hosszabb hangsorozatokból áll, és a frekvencia-tartomány is sokkal szélesebb határok között változhat. Az ugatás esetében ez a változatosság azt jelenti, hogy elvileg a jelzés alkalmassá válhat többféle funkció betöltésére, azaz az ugatás nem egy hangjelzés lesz a többi között, hanem a különböző, egymástól elkülöníthető ugatások eltérő jelentéstartalommal bírhatnak. Nemrég kimutatták, hogy a kutyák „szeparációs” ugatása jóval magasabb frekvenciájú, mint amit egy zavaró helyzetben (idegen csenget) adnak. Az ugatás variabilitása felkínálja a lehetőséget egy szabadon módosítható kommunikációs jelzésekészlet kialakítására.

Sok más esetben is megfigyelhető, hogy a farkas specifikus magatartásformái a kutya esetében sokkal általánosabb formában jelentkeznek. Kölykök játékát elemezve derült ki, hogy míg a farkasok főleg a másik tarkóját harapdálják előszeretettel, addig a kutyák kevésbé válogatósak, és a harapások a test bármely pontját érhetik. Ugyanakkor a kölyökkutyáknál sokkal gyakoribb a lábemeléssel történő játékrahívás, és összességében, a kutyakölykök is sokkal könnyebben veszik rá egymást a játékra, mint a farkasok.

Talán az egyik legérdekesebb változást a ragadozó életmód viselkedésformáival kapcsolatban figyelhetjük meg. Az ősi farkas-típusra a következő ragadozó viselkedés-

szekvencia volt a jellemző: (1) orientáció (a préda észrevétele), (2) szemezés (a ragadozó beméri a préda térbeli helyzetét), (3) becserkészés, (4) üldözés, (5) megragadás (harapással), végül (6) megölés. Coppinger (2001) elemzése szerint a mai kutyafajták viselkedését megfigyelve jól nyomon követhető ennek a genetikailag rögzített szekvenciának a feltöredezése. A vadászatokhoz használt pointerek viselkedésében a szekvenciából csak a orientálás és a szemezés maradt meg, illetve a szekvencia végén található megragadás. A vadász szempontjából a kutya ragadozó-viselkedésének csak az eleje és a vége fontos, hiszen a pointer feladata a vad helyének jelzése (ezt a „mutató”, irányba álló viselkedést irányított szelekcióval még nyomatékosabbá tették ezekben a fajtákban, s innen is kapták a nevüket), illetve az elejtett vad behozása. A klasszikus szekvencia többi elemének megjelenése kifejezett hibának számít, hiszen milyen kellemetlen lenne, ha az észlelt vadat a kutya maga kezdené el hajtani, vagy a már lelőtt prédát sajátjának tekintené. Ugyanez a ragadozó-szekvencia másképp módosult a terelő kutyák esetében. A nyáj mozgatásához ugyanis szükség van a ragadozó viselkedés első elemeire (orientáció, szemezés, becserkészés), a befejező lépések (megragadás, megölés) alkalmazása viszont „szigorúan tilos”, hiszen a nyáj nem képezheti a kutya éléstárát.

Sokak szerint az új ökológiai fülkében az őskutya szociális élete is átalakult, a hierarchiát, a dominanciaviszonyokat, illetve a szociális élet egyéb aspektusait szabályozó viselkedésformái is szerkezeti változáson mentek át. Az egyes fajtákat tekintve sok esetben bizonyos formák teljesen elvesztek (Goodwin et al., 1997). Elsősorban az alárendeltséget kifejező viselkedéselemek tűntek el, s míg a farkas legalább tíz különböző elemmel fejezti ki agonisztikus szándékait, addig a King Charles spanielnek erre csak két elem áll rendelkezésre. Általános véle-

mény az is, hogy a kutya agressziója sokkal kevésbé jósolható, és hiányzik a farkasokra jellemző ritualizált agresszió számos formája.

Ma még nem teljesen világos, hogy milyen mechanizmusok tették lehetővé, hogy az őskutya viselkedése „feldarabolódott”, a mi szempontunkból azonban a jelenség maga az érdekes, hiszen ez jelenti a továbblépéshez szükséges alapot. Egyrészt feltehető, hogy a kutya esetében a végső viselkedési formák megjelenésében sokkal nagyobb szerepe van a környezetnek, másrészt az állítás fordítottja is igaz, a kutya viselkedése sokkal érzékenyebb lesz a környezeti hatásokra. A korábbiakban elmondottak értelmében tehát a kutya egy olyan magatartáselem-készlettel rendelkezik, amelynek elemei között csak nagyon gyenge (sok esetben persze fajtától függő mértékben) előre meghatározott kapcsolat van. Az egyed szempontjából ez azt jelenti, hogy a helyzettől függően tág határok között képes alkalmazkodni az emberi szociális közösséghez. Ebből következően a kutya-ember kommunikációban nemcsak az ember rendelkezik variábilis jelrendszerrel, hanem a kutya is. A kutya viselkedésének variabilitása megnövelte az egyediség fontosságát kutya-gazda viszonylatban, ami azt jelenti, hogy a közös élet során a kutya és gazda (gazdák) között egyedi ritualizáció révén olyan kommunikációs kapcsolat jön létre, amely megőrzi rugalmasságát az időben, s melynek kibontakozása során egyes jelek „elveszthetők” vagy éppen újjelek alakíthatók ki. Mindehhez „mindössze” az szükséges, hogy a kutya és az ember közös szociális térben tevékenykedjen. Végezetül álljon itt egy példa arra, hogy a kutya mennyire könnyen képes a közös szociális térben való kommunikációra és együttműködésre. Kubinyi Enikő és Virányi Zsófia fiatal, szocializált farkasok és kutyák viselkedését hasonlította össze egy ún. gátolt problémamegoldási helyzetben. A feladat lényege, hogy az állatok először egy olyan felada-

tot kapnak, amelyet könnyen elsajátíthatnak (például egy madzagot kell kihúzni a ketrecből, amelynek a végén egy darabka hús van), aztán a helyzetet úgy változtatjuk, hogy a feladatot ne lehessen megoldani (a madzag végét az állat számára láthatatlanul hozzátözzük a rácshoz). E „gátolt” teszt során a farkasok mindenképpen maguk szerették volna megoldani a problémát, azaz minden ügyességüket felhasználva, kitartóan igyekeznek megszerezni a jutalmat. A kutyák viszont egy alternatív szociális stratégiát választanak: ha nem válik be a szokásos módszer, elkezdnek az emberre nézegetni. Elképzelésünk szerint ez a magatartásforma képezheti az emberrel való kommunikáció alapjait, hiszen az ember is a szemkontaktus felvételével kezdeményez kommunikatív interakciót. Ezzel a kutyák teljesítik a fajközi kommunikáció harmadik feltételét, amelyben kifejezik szándékukat a kommunikációra (lásd még Miklósi et al., 2003). Végezetül érdemes hozzátenni, hogy a kommunikáció csak az egyik fontos aspektusa a kutya-ember kapcsolatnak. A csoportban való hatékony együttműködés, amelyet bizonyos értelemben nevezhetünk szociális megértésnek is, számos más, további mechanizmuson is alapszik, mint a kötődés, figyelmiállapot-felismerés, szociális tanulás, szabálykövetés és kooperáció.

Miről lehet egy kutyával „beszélgetni“?

Talán a legegyszerűbb megoldás az lenne, ha megkérdeznénk a gazdákat. Pongrácz Péter (2001) meg is tette, és vizsgálataiból kiderül, hogy a gazdák oldaláról nézve a kutyák átlagosan harminc kifejezést értenek meg, azaz a kutyák a gazda eredeti elvárásának megfelelően viselkednek. Fontos azonban a bevezetőben elmondottakat figyelembe venni, miszerint az ilyen, fajok közötti kommunikációs rendszereknek saját egyedfejlődésük van, azaz az ember-kutya kommunikáció nem egyszerűbb vagy bonyolultabb formája

a kutya-kutya vagy ember-ember kommunikációnak, hanem egy minőségileg más kapcsolatot takar, hiszen jellegénél fogva függ a közreműködők hozzájárulásától, illetve együttműködési készségétől (Csányi, 2000b; Miklósi et al., 1998; 2000). A jövő egyik fontos kutatási feladata éppen az, hogy részleteiben is megfejtjük az ember-kutya közötti kommunikáció fontosabb szabályait, de hogy valójában miről is „beszélget” a gazda a kedvencével, az lehet, hogy a tudomány számára még sokáig nehezen hozzáférhető titok marad.

IRODALOM

- Belyaev, Dmitry K. (1978): Destabilizing Selection as a Factor in Domestication. *Journal of Heredity*, **70**, 301-308.
- Cheney, Dorothy L. – Seyfarth, Robert M. (1990): *How Monkeys See the World*. University of Chicago Press, Chicago
- Csányi Vilmos (2000a): *Bukfenc és Jeromos. Hogyan gondolkodnak a kutyák*. Vince, Budapest
- Csányi Vilmos (2000b): The 'Human Behaviour Complex' and the Compulsion of Communication: Key Factors of Human Evolution. *Semiotica*. **128**, 45-60.
- Csányi Vilmos – Kampis György (1988): Can We Communicate with Aliens. In: Marx, George (ed.): *Bioastronomy — The Next Steps*. Kulwer Academic Publ. 267-272.
- Coppinger, Raymond P. – Coppinger Lorna (2001): *Dogs*. University of Chicago Press, Chicago
- Gácsi Márta – Topál J. – Miklósi Á. – Dóka A. – Csányi V. (2001): Attachment Behaviour of Adult Dogs (*Canis Familiaris*) Living at Rescue Centres: Forming. New Bonds. *Journal of Comparative Psychology*. **115**, 423-431.
- Ginsburg, Benson E. (1975): Non-verbal Communication: The Effect of Affect on Individual and Group Behaviour. In: Pliner, Patricia – Krames, Lester – Alloway, Thomas (eds.): *Non-verbal Communication of Aggression*. Plenum Publ., New York, 161-173.
- Goodwin, Deborah – Bradshaw, John W. S. – Wickens, Stephen M. (1997): Pedomorphosis Af-

Kulcsszavak: *kommunikáció, kutya, ember, domesztikáció*

Köszönetnyilvánítás

A szerzők kutatásait az OTKA és a Magyar Tudományos Akadémia, illetve az Egészségügyi Minisztérium támogatja. Külön szeretnénk megköszönni Kubinyi Enikő, Virányi Zsófi, Ujfalussy Dorottya, Belényi Bea és Horkai Zoltán odaadó segítségét, hogy betekinthessünk a farkasok titokzatos világába.

fects Visual Signals of Domestic Dogs. *Animal Behaviour*. **53**, 297-304.

- Miklósi Ádám – Polgárdi R. – Topál J. – Csányi Vilmos (1998): Use of Experimenter-given Cues in Dogs. *Animal Cognition*. **1**, 113-121.
- Miklósi Ádám – Polgárdi R. – Topál J. – Csányi Vilmos (2000): Intentional Behaviour in Dog-human Communication: An Experimental Analysis of 'Showing' Behaviour in the Dog. *Animal Cognition*. **3**, 159-166.
- Miklósi Ádám – Kubinyi E. – Topál J. – Gácsi M. – Virányi Zs. – Csányi Vilmos (2003): A Simple Reason for a Big Difference: Wolves Do Not Look Back at Humans But Dogs Do. *Current Biology*. (in press):
- Pongrácz Péter – Miklósi Ádám – Csányi Vilmos (2001): Owners' Beliefs on the Ability of Their Pet Dogs to Understand Human Verbal Communication. A Case of Social Understanding. *Current Cognitive Psychology*. **20**, 87-107.
- Topál József – Miklósi Ádám – Csányi Vilmos (1998): Attachment Behaviour in the Dogs: A New Application of the Ainsworth's Strange Situation Test. *Journal of Comparative Psychology*. **112**, 219-229.
- Vilá, Caries – Savolainen, P. – Maldonado, J. E. – Amorim, I. R. – Rice, J. E. – Homeycutt, R. L. – Crandall, K. A. – Lundeberg, J. – Wayne, R. K. (1997): Multiple and Ancient Origins of the Domestic Dog. *Science*. **276**, 1687-1689.
- Zuberbühler, Klaus (2000): Causal Knowledge of Predators' Behaviour in Wild Diana Monkeys. *Animal Behaviour*. **59**, 209-220.

MIT UTÁNZUNK ÉS MIÉRT: A VAK MIMIKRITŐL A BELÁTÁSOS UTÁNZÁSIG

Király Ildikó

tudományos munkatárs, MTA Pszichológiai Kutatóintézet – kiralyi@mtapi.hu

Szalay Ágnes

ösztöndíjas, MTA Pszichológiai Kutatóintézet

Gergely György

tudományos tanácsadó, MTA Pszichológiai Kutatóintézet

A megfigyeléses tanulás és utánzás vizsgálatainak jelentős múltra visszatekintő fejlődés-
lélektani hagyománya a jelenség megismerésben betöltött szerepére helyezte a hangsúlyt. Az utánzásos tanulás kultúráját megalapozó jellegét valló kutatók mélyrehatóan igazolták, hogy kognitív funkciója jelentős. Míg Michael Tomasello és munkatársai (2002; Call, megjelenés alatt) az utánzás (imitáció) humánspecifikus jellegére hívták fel a figyelmet, addig Richard Byrne és Anne Russon (1998) arra kerestek bizonyítékot, hogy a magasabb rendű emlősök „kulturális” hagyományainak megőrzése is az imitációnak köszönhető. E megközelítés azt emeli ki, hogy a kultúra megjelenése és átörökítése is a kognitív erőforrások újszerű és hatékony kihasználását jelenti, ami a szociális tanulás formáira támaszkodik. A kultúra lényegi jellemzője az ismeretek felhalmozása, melyhez kreatív újításokra van szükség, hiszen a kultúra gazdagodásának kulcsa a megújulás és az invenció. Ám emellett ugyancsak elengedhetetlen az újítások pontos átadására való képesség. Mihez kezd egy közösség a zseniális találmányokkal, melyek megkönnyítik az életét, ha a feltalálón túl más nem tudja

használni azokat? Éppen az utánzás az egyike azoknak a módszereknek, melyek révén megvalósulhat a szociális átadás. Nagy előny, hogy az utánzás esetében nem szükséges, hogy a „feltaláló” egyben jó tanár is legyen, aki maga találja meg az ismeretátadás hatékony módját, hiszen ez az eszköz éppen azt teszi lehetővé, hogy másokon keresztül, közvetetten, mások viselkedésének megfigyeléséből is tanuljunk. Tomasello (2002) tulajdonképpen ebben látja az utánzás sajátos, humánspecifikus jellegét, e képesség különbözteti meg a gyermekeket a többi faj csemetéitől. A következő példa jól megvilágítja a különbség mibenlétét: ha egy csimpánzt megtanítunk arra, hogy amikor feje tetejét megérinti tenyerével, ennivalót kap, és visszaengedjük a csapatba, nem valószínű, hogy akár egyetlen társa is követi viselkedését, noha az eredményes táplálékszerzési módnak bizonyul. Ezzel szemben érdemes megfigyelni, mi történik egy óvodai csoportban, amikor a csoport egyik tagjának megmutatunk egy új játékot: a gyerekek egymással versenyezve próbálják ki azt, társuktól lesve el a mozdulatokat. Joseph Call, Malinda Carpenter és Tomasello (megjelenés

alatt) kísérlete az idézett anekdotikus példához hasonló képet tárt elénk. Csimpánzoknak, illetve két és fél éves gyerekeknek megmutatták, hogyan kell egy középen összeragasztott, műanyag csövet kettétörni, hogy hozzájussanak a jutalomhoz (ami élelem volt a csimpánzok és apró játék a gyerekek esetében). Tapasztalataik szerint a kisgyermekek követték a modell viselkedését, a csimpánzok azonban változatos megoldásokkal álltak elő, és többnyire hozzá is fértek a táplálékhoz (feltörték a csövet), de a cselekedeteik eltértek a modelltől, viselkedésükből leginkább arra lehetett következtetni, hogy a kívánt eredmény eléréséhez próbálkozás útján keresnek valamilyen megoldást.

Összehasonlító és fejlődéslelektani vizsgálatok sora nyomán rajzolódott ki az a kép, hogy a gyerekek képesek mások viselkedésének alapos megfigyelésére, azaz figyelemmel kísérik, hogy miben áll a megoldás módja, illetve azt is, mi az akciók eredménye, majd mindkettőt lemásolják. Ez tulajdonképpen az utánzás (*imitáció*), mely különösen gyors és hatékony módja az eszközhasználat és a különböző kulturális ismeretek elsajátításának, s erre az emberszabásúak nem (igazán) képesek¹ (Want – Harris, 2002; Miklósi, 1999; Tomasello, 2002).

A megfigyeléses tanulás jelentősége az összehasonlító vizsgálatok gazdagságának köszönhetően válik látványossá, és éppen ezért meglepő, hogy bár a fejlődépszichológusok kiemelik megismerési funkcióját, gyerekeknél csak egyetlen formáját, az imitációt vizsgálják. Egyrészt az a tudományos meggyőződés tükröződik a vizsgálatokban, hogy „igazi” utánzásra csak a gyerekek képesek. Az imitáció az az eszköz, melynek segítségével már az élet korai időszakában belépnek a társas világba, és – Tomasello

meggyőző érvelésére utalva – azáltal, hogy „azonosulnak a fajtárral”, felveszik perspektíváját, „átveszik” tapasztalatait, „óriások válóláról” látják a világot. Ebből következik, hogy a „magasabb rendű” képesség meglétét és esetleges gyökereit keressük, „alacsonyabb rendű” fajoknál is. A gyerekekkel végzett vizsgálatok a megismerés több területére is kiterjednek, a megfigyeléses tanulás újszerű cselekvések elsajátításán túl, kommunikációs formák, a nyelv elsajátításának és az emlékezésnek az eszköze is lehet. Ezért a megfigyeléses tanulás vizsgálatában az imitáció mint módszer jelenik meg, az érdeklődés fókuszában nem az utánzás mint „forma”, hanem az utánzás tárgya áll.

Külön érdekes még (bár szorosan összefügg az előbb említett tényezőkkel), hogy a megfigyeléses tanulási kísérletek gyerekek esetében többnyire gesztusokkal, egyszerű, testrészekkel végrehajtott cselekvések segítségével zajlanak, míg majmokkal, egyéb állatokkal sok tárgyhasználatra irányuló vizsgálat van. Fontos kérdés, hogy miért éppen ez a terület marad gyerekek esetében feltáratlanul, hiszen az eszközhasználat elsajátításának kutatása során több obszervációs tanulási forma merült fel az állatok viselkedésének magyarázatára, az imitáció alternatívájaként. Ezek eddig még nem fértek be a megfigyeléses tanulás gyermekek körében történő vizsgálati közé. A kisgyerekek valóban csak a megfigyeléses tanulás egyetlen formáját, az imitációt alkalmazzák, vagy ez a következtetés tulajdonképpen a többi lehetőség figyelmen kívül hagyásából származik? Ahhoz, hogy világosan lássuk, valójában mi jellemzi a gyermekek megfigyeléses tanulási képességét, minden bizonnyal hozzásegít a lehetséges formák meghatározása és fejlődésük követése.

Azokat a viselkedési formákat, melyek tulajdonképpen – mivel egy másik individuumból (többnyire fajtárstól) látott viselkedés megfigyelése nyomán történik változás

¹ Ezt az állítást vita övezi. Noha ez az elterjedtebb nézet, néhány kutató terepen végzett megfigyelései nyomán primátáknál is bizonyítottan véli az imitáció jelenlétét, lásd Byrne és Russon (1998) említett írását.

az egyed cselekvésében – az utánzás alternatívái, finom kategóriákként azonosították az összehasonlító tanulmányokban, hogy ezáltal kiszűrjék azt, ami nem „utánzás” (az előzőekben bemutatott, elterjedt értelmében). Ez egyáltalán nem könnyű feladat, még a jól körülhatárolt fogalmak ellenére sem.

Vegyük szemügyre alaposabban Call, Carpenter és Tomasello (megjelenés alatt) már említett kísérleti példáját. A modell kezébe fog egy csövet, melynek két végén kupa van. Megfogja középen és mindkét kezével lefelé feszítve, kettétöri azt. Így hozzájut a csőben elrejtett jutalomhoz. Lehetséges, hogy a szemlélő, legyen az gyermek vagy csimpánz, csak annyit tanul meg a helyzetből, hogy a laborban jutalmat kap, ha csinál valamit, s ez ösztönzi arra, hogy odamenjen. Ezt a tanulási formát *helygazdagodásnak/helyfokozásnak* (local enhancement) nevezik, ami viszonylag egyszerű folyamat, ennek során az az egyed, amelyik megfigyeli a fajtársát egy bizonyos helyszínen, amint az valamit tesz, ezt követően nagyobb érdeklődést mutat a cselekedet helyszíne iránt (Thorpe, 1956, idézi Want és Harris, 2002).

Nagyon hasonló folyamat az *ingergazdagodás/ingert fokozás* (stimulus enhancement), melynek köszönhetően a megfigyelés nyomán egy tárgy iránt növekszik meg az érdeklődés (Spence, 1937, idézi Want és Harris, 2002). A példánkban ez azt jelentené, hogy a szemlélők azt tanulják meg, hogy a csövekkel érdemes foglalkozni, ám hogy mit is kell velük csinálni, azt saját próbálkozásaikból derítik ki.

Lehetséges azonban, hogy ennél többet tanulunk meg a tárgyról: nemcsak azt, hogy érdemes foglalkozni vele, hanem azt is, hogy milyen tulajdonságai vannak, milyen lehetőségek rejlenek benne, esetünkben például azt, hogy feltörhető. Ezt a megfigyelésből eredő tanulási formát Tomasello (2000) *emulációnak* nevezi. Az emuláció során a szemlélő lényegében a tárgyak tulajdonságairól,

„affordanciájáról” és az ezek közötti oksági kapcsolatokról szerezhethet tapasztalatot (itt már nem csak a létezés a fontos, mint a korábbiakban). Az idézett kísérletben például a csimpánzok a csöveket többször földhöz vágják vagy nagyobb szilárd tárgyakhoz ütöték, s így jutottak el a cső feltöréséhez. Kérdés persze, hogy ez azt jelenti-e, hogy a csőről tanultak meg egy praktikus jellemzőt, tudniillik, hogy az törik és enivalót rejt, vagy pedig azt, hogy a cső feltörése olyan végállapotot eredményez, amely evéshez vezet. Ez utóbbit *cél-emulációnak* nevezhetjük, hiszen ebben az esetben nem a tárgyhoz kapcsolódó affordanciákról, hanem egy akció eredményéről, kifutásának jellemzőiről tanul a megfigyelő (Whiten – Ham, 1992, idézi Miklósi, 1999). Példánk jól illusztrálja, mennyire nehezen választható el az emuláció két formája, hiszen a végállapot sokszor (ahogyan itt is) ahhoz a tárgyhoz kötődik, amiről tanulhatunk. Ha olyan cselekvést mutatunk be, ahol van egy eszköz (például egy bot), amivel elérhető egy cél (diófán a dió, amit elérünk a bottal), a két folyamat elválik. Amennyiben az eszközzől tanulunk, elvárhatjuk a cselekvés megjelenését (akár eltérő hatás elérése érdekében is; /emuláció/), amennyiben a célról tanulunk, elvárhatjuk a cél-elérés egyéb lehetséges útjainak megjelenését, anélkül, hogy a modellált cselekvést vizsgálnánk (cél-emuláció).

Az idáig bemutatott formákban közös, hogy a cselekvés eredményéről, az involvált tárgyról vagy a helyszínéről tanulunk valamit, s nem pedig magáról az akcióról. A következőkben azokra a folyamatokra térünk rá, amelyekben az akció másolása kap szerepet. A *mimikri* vagy válasz-facilitáció azokra a cselekvésekre érvényes, melyek során a szemlélő pusztán a cselekvésre figyel, lemásolja azt, anélkül hogy bármit is tanulna arról, hogy ez a cselekvés mire jó. Ha bármit, ami kezünkbe akad, megpróbálunk a két kezünkbe fogva, lefelé feszítve

eltörni, az mimikrire utalna a példánkban. Még jobban illusztrálja a jelenséget a beszélő papagáj, aki csak bután ismétli, amit a gazdája mond.

Az *imitáció* alkalmával is lemásoljuk a megfigyelt viselkedést, ám ekkor egy cél elérése érdekében tesszük ezt. Call, Carpenter és Tomasello vizsgálatában a legtöbb gyerek – a felnőtt modellhez hasonlóan – feltörte a csövet, és megszerezte a játékot. Ebben az esetben az a kérdés merül fel, értik-e a gyerekek az eszköz-cselekvés és a cselekvés célja közti kauzális összefüggést. Tomasello (2002), illetve Andrew Meltzoff (1988) is amellett érvelnek, hogy a gyerekek képesek a célok és eszközök koordinációjára, tisztában vannak a cselekvések céljaival, és emellett lemásolják a felnőtt cselekvését. Az eszköz-cselekvés lemásolása során azonosulnak modelljükkel, felteszik, hogy azért tette azt, amit, mert egy bizonyos célt akart elérni, tehát ha ők is ezt akarják elérni, akkor ők is ugyanúgy fognak cselekedni, ez esetben pedig nem van más másolásról van szó. Stephen Want és Paul Harris (2002) szerint azonban feltehetően nem értik az oksági összefüggést, ezért is állítják, hogy a kisgyermekekre jellemző utánzási forma tulajdonképpen *vak imitáció*. Meglátásuk szerint nagyon egyszerű cselekvések esetében könnyű feltételezni, hogy érthetőek az eszköz és a cselekvés célja közötti oksági viszonyok, ám ez bonyolultabb eszközök és akciók esetében már nem érvényes. A cselekvés elsajátítása ez utóbbiaknál sokkal egyszerűbb vak imitációval, hiszen ehhez nem szükséges a megértés, csak a cselekvés másolása. Nem kizárható azonban, hogy már a gyerekek is képesek *belátó imitációra*, ami azt jelentené, hogy csak akkor utánoznak egy cselekvést, ha az eredményes és hatékony célérelést biztosít.

Want és Harris (2002) áttekintése nyomán ezek a formák jól osztályozhatóak aszerint, hogy egy látott cselekvés mely elemei-

ből (és ezek összekapcsolódásából) tanulhat a megfigyelő. Először is egy másik személy viselkedése egyszerű folyamatok révén eredményezheti azt, hogy a figyelmünk egy tárgy (ingergazdagodás) vagy egy helyszín (helygazdagodás) irányában megnövekszik; másodsorban, elsajátíthatjuk a másik viselkedésének egy-egy különálló komponensét, (1) magát a cselekvést (mimikri), (2) a tárgyak cselekvéssel kapcsolatos tulajdonságait (emuláció), vagy (3) azt, hogy mi a modell célja (cél-emuláció). Ha több komponens is megtanul a megfigyelő, imitációról beszélhetünk. A vak imitációt az különbözteti meg a belátó imitációtól, hogy az előbbinél a szemlélő nincs tisztában azzal, hogy a tárgyak mely tulajdonságai hozhatóak kapcsolatba a cselekvéssel.

A tetszetős összetevő-felosztás (azonosítás) mellett Want és Harris (2002) a kisgyermek megfigyeléses tanulásának vizsgálatán keresztül elsősorban a leginkább jellemző formát, illetve az érvényes életkori sajátosságokat (azaz a megfigyeléses tanulás vagy utánzás fejlődését) próbálják megragadni. Feltevésük szerint az utánzás vélhetően veszületett képessége arra alkalmas, hogy a látott mozgásmintákat a (testvázlatra illő) cselekvésmintákra fordítsa le. A másik cselekvései az „én” cselekedeteihez illeszthetőek, mégpedig intermodális transzfer eredményeképpen, ám ez a képesség nem mutat túl a mimikri erősen korlátozott formáján². A gyerekek megfigyeléses tanulási képessége a célok megértésén keresztül bontakozik ki: a célok megértésével párhuzamosan kezdenek el imitálni és célokat emulálni. Csak ezt követően feltételezik az emuláció megjelenését, mely során a gyerekek úgy tanulnak a másik viselkedéséből, hogy annak lemásolása nélkül is megértik a használt tárgyak és elemek közötti oksági kapcsolatokat. Szerintük a gyerekek a megfigyelések-

² A csecsemők erősen korlátozott mozgásmintái miatt ez szükségszerű következmény.

ből azt tanulják meg, hogyan kell használni az eszközöket, ám azt nem, miért hatékonyak. Ezt idővel csak a saját akciókból képek kiszűrni.

E fejlődésmenet felrajzolását olyan tanulmányok elemzésére alapozzák, melyekben szerintük ott rejlik – a feladatok természetéből adódóan – a vak imitáció³ és az emuláció összevetésének lehetősége. Úgy kezelik őket, mintha a megfigyeléses tanulás e két formája (különösképpen az eszközhasználat terén) kiegészítené egymást: vak imitációval azt tanuljuk meg, hogyan kell egy cselekvést kivitelezni egy meghatározott cél érdekében, míg az emulációval azt, hogy mire jó egy-egy eszköz, anélkül, hogy az akcióra vagy a célra figyeljünk.

Mielőtt azonban közelebről is megismerkednénk a hivatkozott kísérletekkel, melyek Want és Harris (2002) szerint fényt derítenek a gyerekek szociális tanulásának jellegére, érdemes behatóbban is megvizsgálnunk azt, hogy mire jó e két mechanizmus. Intuitíve úgy tűnhet, hogy az emuláció során nagyon rugalmas, sokrétűen alkalmazható, konceptuális ismeretre tehetünk szert: mire jó egy tárgy, milyen új helyzetekben alkalmazható, milyen más, hasonló eszközök révén jutunk ugyanarra a megoldásra. Az emuláció (és rejtetten Want és Harris is ezt képviselik azzal, hogy az emulációt helyezik a fejlődési hierarchia csúcsára), valójában két dolgot igényel, a látott cselekvés értelmezését és absztrakciót: azt kell kiolvasni, hogy az eszköz milyen szerepet tölt be az akcióban, és mennyire hatékonyan. Ez hasznos ismeret és valóban rugalmas, de kevéssé használható, ha bonyolult cselekvések megfigyelésére kerül sor, amelyekben bonyolult eszközök vezetnek el a megoldáshoz, nehezen absztrahálható kauzális kapcsolatok révén, gondoljunk csak a villanykapcsolóra, egy autóriasztó távvezérlős kulcsára, vagy egy mágneskártyás belépőre,

esetleg a számítógépre. Ezeknek az eszközöknek a használatánál még felnőtt emberek is sokszor mások megfigyelésére és vak utánzására hagyatkoznak, mert túlságosan összetett oksági viszonyok bújnak meg a cselekvés egyszerű kivitelezése és eredménye mögött. Want és Harris munkája alapján az az érzésünk támad, hogy tudományos túlzás a gyerekek utánzási képességéből, mint „magasabb rendűből” kiindulni, és lebecsülni az emberszabásúak absztraháló képességét. A két mechanizmus „adaptív” hasznossága helyzetfüggő. Az emuláció rugalmas, sokféle helyzetben alkalmazható tudást jelent, s feltétele, hogy a szemlélő eligazodjék a cselekvés mögött húzódó oksági viszonyok között. A vak imitáció esetében erre nincs szükség, viszont bonyolult cselekvések esetében éppoly gyors tanulást tesz lehetővé, mint egyszerű akcióknál. Ennek jelentőségét egy bonyolult eszközök ezreivel operáló világban felesleges hangsúlyoznunk. Az adaptív haszon különbözősége felismerésének fényében véleményünk szerint félrevezető az imitáció és az emuláció magasabb vagy alacsonyabb rendűségéről beszélnünk.

Összevethető-e a gyerekek emulációs és imitációs képessége? Tényleg nem emulálnak, ahogyan Want és Harris (2002) feltételezi? A szerzők olyan tanulmányokat idéznek, melyekben szerintük lehetőség van arra, hogy példát találjunk az emulációra, már ha a gyerekek ezt a viselkedést egyáltalán alkalmazzzák. Az idézett tanulmányokban, szerintük, a modellfeladatban a cselekvések egyes lépései nem funkcionálisak a cél elérés szempontjából. Ha a gyerekek emulálnak, csak a cél eléréséhez szükséges lépéseket utánozzák, ha pedig vakon imitálnak, utánzási teljesítményükben a nem funkcionális elemek is megjelennek. Patricia Bauer és Jean Mandler (1989) a gyerekeknek szánt demonstráció során egy-egy irreleváns lépést illesztettek be egymásra szükségszerűen épülő

³ A belátó imitáció jelenlétét nem is feltételezzük.

(kauzális) és egymástól függetlenül is kivitelezhető (nem-kauzális) cselekvésszekvenciák menetébe. Azt kívánták alátámasztani, hogy az utánzás alkalmával a gyerekek „értelmezik” az események belső szerveződését, és az oksági kapcsolatok megértésének köszönhetően (ha erre lehetőség van), csak a kauzális elemeket utánozzák. Eredményeik szerint huszonnyolc hónapos gyerekek a kauzális események esetében gyakrabban hagyják ki az irreleváns lépéseket, mint nem kauzális események esetében. Want és Harris szerint az eredményekből az emelhető ki, hogy a nem kauzális cselekvésekben megjelenik az irreleváns lépések lemásolása, s ez vak másolásra utal.

Ellenérvként könnyedén felvethető, hogy elfeledkeznek a kauzális szekvenciák utánzásáról, ahol néhány gyermeknél megjelent ugyan az irreleváns lépés másolása, de a helyesen (funkcionálisan) bemutatott akció befejezése után, azaz nem a látott „helyén”, így már nem beszélhetünk vak imitációról. Bauer ezt a viselkedést emulációnak nevezi. Kontrollhelyzetükben Bauer megmutatja a cselekvések végeredményét, majd odaadja a tárgyakat a gyerekeknek, és felméri, hogy ezek után mit kezdenek velük. Tapasztalataik szerint semmire sem jutnak, holott a végállapot és az eszközök jelenléte elvileg elégséges az emuláció megjelenéséhez.

Katherine Nagell, Raquel Olguin és Tomasello (1993) kísérletének interpretációja-
kor is hasonló problémákkal szembesülünk. Ők csimpánzoknak és kétéves gyerekeknek mutattak be egy egyszerű eszközcselekvést. A modell egy gereblyével kétféleképpen húzta magához a játékot vagy az ételmet. Az egyik esetben a modell úgy húzta magához a játékot, hogy a gereblye fogai lefelé néztek, a másokban pedig egyszer csak megfordította a gereblyét, és így oldotta meg a feladatot. Ezzel a változtatással a modell egy hatékonyabb megoldást mutatott be,

mivel a gereblye fogai között átfértek a játékok (és könnyen kicsúsztak), azt megfordítva viszont nehézség nélkül odahúzhatták ezeket. Érdekes módon a csimpánzok bemutatástól függetlenül használták a gereblyét, hogy megszerezzék az ételmet. A gyerekek viszont mindig úgy próbálkoztak, ahogyan a modelltől látták, úgyesen megfordították a gereblyét és elérték a játékot, ha a modell is ezt tette, viszont a küzdelmes próbálkozások ellenére sem fordították meg a gereblyét, ha nem ezt látták. A konklúzió ugyanaz lehetne, mint korábban: a gyerekek ahelyett, hogy emulációval saját maguk számára megkönnyítenék a feladatot, vakon imitálják a modell kevésbé hatékony cselekvését, ám más nézőpontból tekintve, amikor látták a hatékonyabb megoldást, az egyszerűbb cselekvéssel szemben a bonyolultabb, ám célravezetőbb megoldást alkalmazták.

E kísérletek (újra)elemzése során Want és Harris (2002) eredményeikhez képest eltérő következtetésekre jutunk, hiszen úgy tűnik, a gyerekek is *képesek emulációra*, mégis inkább utánoznak. Vajon miért? Mindig vak imitációnak kell tekintenünk, amit tőlük látunk? Mikor beszélhetünk belátó utánzásról? Call, Carpenter és Tomasello (megjelenés alatt) már illusztrációként idézett vizsgálata árnyaltabb kép megrajzolására ad lehetőséget. Ők csimpánzok és két és fél éves gyerekek megfigyeléses tanulását és utánzását vizsgálták különböző helyzetekben. Már leírtuk, hogy a teljes egészében modellált cselekvésnél milyen különbségek mutatkoztak: a gyerekek feltörték a csövet, ahogyan a modell bemutatta, a csimpánzok is hozzájutottak a jutalomhoz, de nem követték a modell cselekvésének módját. A szerzők azt is megvizsgálták, hogy mi történik, ha (a) csak a cselekvést látják a megfigyelők és az akció eredményét már nem, (b) csak a cselekvés végállapotát látják, az azt eredményező cselekvést nem. A két helyzet összevetésében még látványosabb különbségek

mutakoztak a két csoport között: az (a) esetben a gyerekek utánozták a viselkedést, és be is fejezték azt, a csimpánzok viszont nem másolták le a viselkedést, és nem is foglalkoztak többet a tárggyal; a (b) esetben a gyerekek semmit sem csináltak, míg a csimpánzok ugyanúgy feltörték a csövet, mint a teljes egészében bemutatott akcióknál.

A vizsgálat tanulsága szerint nem elegendő, ha eltérő megfigyeléses tanulási képességet tulajdonítunk majmoknak és embereknek, mélyebben kell keresnünk a különbség gyökereit. Carpenter és Call (2002) szépen megfogalmazzák Want-hoz és Harrishez intézett kritikájukban, hogy a tanulás formái helyett a megfigyelt viselkedés összetevőit érdemes az elemzések fókuszába emelni. Minden cselekvés három elemet rejt magában: a tulajdonképpeni *akciót*, a cselekvés *célját és eredményét*. Az emuláció úgy is leírható, mint ami a végeredményre helyezi a hangsúlyt, a vak imitáció pedig, mint ami az akcióra és a „célra”; ha ezeket nem tartjuk szem előtt, akkor nem látjuk be az utánzási mechanizmusok feltételezhető helyzetfüggőségét, s azt sem, hogy a dominánsként megjelenő formák eltérő adaptív érzékenységet takarnak.

Az idézett vizsgálatok arra utalnak, hogy e három összetevő fényében a gyerekeknek *célokra való érzékenységet* tulajdoníthatjuk, a csimpánzoknak pedig *eredményekre való érzékenységet*.⁴ Ezek az összetevők tovább is bonthatóak. Az akciók a részletesség különböző szintjein másolhatóak, az általános mozgástól a mozdulat pontos stílusáig. A cselekvések eredménye megvalósulhat a

⁴ Cecilia Heyes és munkatársai is felvetik azt a lehetőséget, hogy a két szociális tanulási forma eltérő érzékenységet takar, ám ők a szándék-érzékeny és kimenetel-érzékeny utánzásról beszélnek, melyben benne rejlik, hogy a célokról mentálisztikus formában gondolkodnak. Ezért vélik úgy, hogy a tizennyolc hónap alatti gyerekek szintén egy egyszerűbb, kimenetel-érzékeny utánzási formát (kvázi emulációt) alkalmaznak. (Heyes – Ray, 2002)

végeredmény, a tárgyak affordanciái vagy éppen a végállapot és az affordanciák közötti kapcsolat előhívása révén. Végül a célok lehetnek cselekvésben kifejeződő szándékok vagy előzetes (mentális) szándékok. Ez utóbbi kulcsfontosságú a gyerekek utánzási képességének megértésében.

Eddig nem magyaráztuk, csak felhasználtuk a célok megértésének szerepét (éppen Want és Harris munkáját követve, s azért is, hogy munkájuk e hiányosságát kiemelhesük), holott e hármas terminológia szerint a gyerekek viselkedését az közvetíti, hogy a cselekvéseknek szándékot tulajdonítanak. Want és Harris adósok maradnak azzal, hogy a célok mibenlétét definiálják, s írásukból nem derül ki, hogy előzetes (mentális) szándékot vagy a cselekvésből olvasható célt (szándékot) értenek alatta. Amikor felvetik, hogy a gyerekek viselkedése vak imitációként írható le, akkor ezt úgy határozzák meg, mint egy akció követését egy cél elérése érdekében, anélkül, hogy a gyerekek bármit is kiolvasnának a célelérés hatékonyságából. Észrevehetjük, hogy e leírás a célt alulértelmezi. A célt itt úgy fogják fel, hogy egy bizonyos cselekvés-sor egyfajta végeredményre vezet. Olybá tűnik, hogy e meghatározásban a „cél” a cselekvés eredményének felé meg igazán, azt takarja, hogy egy (egyébként intencionális) akció mire vezet. Ez azonban nem egyeztethető össze Carpenter és Call (2002) célfogalmával. A cél lehet előzetes szándék vagy cselekvésben megragadható szándék. Mindkettő esetében feltételezhetjük, hogy a „szándékoság” egyben a célelérés hatékonyságára való törekvést is fedi. Nem kell emögött bonyolult dolgot feltételeznünk, csupán annyit, hogy aki célirányosnak lát egy viselkedést, képes a cél anticipációjára azáltal, hogy a cselekvést optimálisnak feltételezi és fordítva, azon keresztül, hogy látja a célt, képes a hozzá vezető hatékony cselekvés reprezentációjára.

Az áttekintett vizsgálatok arra utalnak, hogy a célok figyelembe vételére csak a kis-

gyerekek képesek, az emberszabású majmokban ez az érzékenység nem igazolható. A célok monitorozásának feltételezésével (elegendő a cselekvésben kifejeződő szándékok szintjén maradnunk, a mentalizáció tulajdonítása nélkül) magyarázható, hogy Call, Carpenter és Tomasello vizsgálatában (megjelenés alatt) a gyerekek miért fejezik be a cselekvést és a csimpánzok miért nem. Az is érthető, hogy Bauer és Mandler (1989) vizsgálatában miért nem jelent meg az esemény-szekvencia utánzása a végeredmény látványára: emulációt végrehajthattak volna, de a gyerekek a célokat monitorozták, s nem pedig az eredményeket, cselekvések hiányában pedig erről nem jutnak információhoz. Amikor Carpenter, Call és Tomasello (2002) vizsgálatában a gyerekeknek bemutatták egy cselekvés végállapotát, majd ez követően azt is, milyen cselekvés révén juthatnak el ehhez, a teljesítmény jobb volt azokhoz a gyerekekhez képest, akik csak a modellált akciósort látták. Arra az álláspontra helyezkedhetünk, hogy gyerekek tanulnak a tárgyak tulajdonságairól (a végállapotból), azaz képesek az emulációra, ám érzékenysükből célokra van „beállítva”, melyeket magukból a cselekvésekből könnyedén kiolvashatnak.

A célok szerepe sokkal mélyebb jelentést kap, ha újraértelmezzük az emuláció és az imitáció, és ezen keresztül a majmok és a gyerekek képességei közötti alapvető eltérést. Az emulációt úgy határoztuk meg, mint amely során oksági kapcsolatok megértése révén tárgyak tulajdonságairól szerzünk (rugalmasan alkalmazható) ismereteket, az imitáció pedig (legalábbis Want és Harris kritikai élű összefoglalójában) vak másolás-ként jelent meg, mely rugalmatlan és nem feltételezi a kauzalitás megértését. A célok megértése (a cselekvésben kifejeződő szándékok ehhez látható lehorgonyzást biztosítanak) azonban lehetőséget nyújt arra, hogy a gyerekek az oksági kapcsolatok egy sajátos

formájáról tanuljanak: a mentális okozásról. Ebben az esetben tehát nem a tárgyak tulajdonságairól és az időben egymást követő – fizikai – állapotairól tanulnak egy bonyolult helyzetben, hanem a fajtársaik mentális világához tartozó, nem látható szándékaik, vélekedéseik és vágyaik, illetve a valós világ közötti oksági kapcsolatokról. Ez az ismeretrendszer, ha nem is az eszközök világában, de szintén rugalmas tudást képvisel: könnyedén boldogul társak között az, aki jól átlátja viselkedésük okait és következményeit, melyekért szándékokat és vágyakat, mentális állapotokat tartunk felelősnek. Ezek alapján azt is feltételezhetjük, hogy a gyerekek a célok „olvasásával” belátó imitációra képesek. Ezt is figyelembe kell vennünk az utánzás fejlődésének elképzelésekor, és éppen ezért nem tartjuk szerencsésnek, hogy az utánzás formáinak egymás után megjelenő soráról gondolkodjunk.

Azt a megfigyelésünket, hogy a megfigyeléses tanulás szekvenciális fejlődésének állítása leegyszerűsíti és alábecsüli a kisgyermek tanulási során mutatott kognitív képességeit, az alábbi vizsgálatunk is igazolja (Gergely, 2002). A kísérlet Meltzoff 1988-as vizsgálatának egy módosított változata. Az eredeti vizsgálatban tizennégy hónapos csecsemők azt látták, hogy egy felnőtt a homlokával érint meg egy dobozra szerelt lámpát. Egy héttel később a csecsemők kétharmada utánozta ezt a viselkedést, tehát ők is a fejükkel kapcsolták fel a lámpát, holott sokkal egyszerűbb lett volna kézzel tenniük ezt, és a kontrollcsoport egy tagjának sem jutott eszébe a homlokát használni, mindegyikük a kezével nyúlt a lámpához.

A kísérlet megismétlésekor két csoportra bontottuk a csecsemőket: az egyik csoport azt látta, hogy a modell fázva beburkolózik egy takaróba, ami lefoglalja a kezét, tehát számára ésszerűnek tekinthető, hogy a fejét használja a lámpa felkapcsolásához. A másik csoport az eredeti helyzetet látta, tehát a

modell keze szabad volt, használhatta volna, mégis inkább a fejével érintette meg a lámpát. A második csoport tagjai 69 %-ban utánzózták a modell viselkedését, ami az eredeti eredménnyel azonos, viszont abban a csoportban, ahol bemutatáskor a modell keze foglalt volt, az utánzás visszaesett 21 %-ra.

Ebben a helyzetben a tárgyak affordanciájának a felismerését (ami szükséges az emuláció megjelenéséhez) a kéz használata jelenti – ez a „kézenfekvő” megoldás. Tehát emulációs válasz jelent meg a kontrollcsoport esetében, illetve annál a csoportnál, akik a lefoglalt kezek kondíciót látták. A kérdés az, hogy a többiek miért másolták le a modell viselkedését, miért tették azt, amit Want és Harris „vak imitációnak” nevez? Ezt a furcsa ellentmondást illusztráltuk már Nagell, Olguin és Tomasello (1993), illetve Bauer és Mandler (1989) eredményeivel is, ahol a gyerekek szintén képesnek mutatkoztak a hatékony megoldásra, a cél eléréséhez szükséges kauzális kapcsolatok felismerésére, mégis a modell által mutatott, nem annyira egyszerű viselkedést produkálták.

Feltételezésünk szerint a csecsemők már a modell cselekvésének megfigyelésekor a külső környezeti korlátok és a cél anticipálásának segítségével *on-line* következtetnek a viselkedés ésszerűségére, és felteszik, hogy a modellt a leghatékonyabb módon cselekszik. Abban az esetben, amikor a modell azért használta a homlokát, mert a keze foglalt volt, külső korlátok akadályozták – a

csecsemők által pontosan felismert – hatékony megoldás kivitelezésében. Ezek a korlátok nem voltak jelen a csecsemő esetében, ezért az ő számára a racionális megoldás a kéz használata volt. Mikor a modell keze szabad volt, mégis a homlokát használta, a csecsemő számára az a következtetés adódott, hogy valami általa ismeretlen okból ez volt a hatékony megoldás, ezért utánózta azt. Meg kell jegyezni, hogy minden esetben, amikor megjelent a fej-akció, ugyanúgy volt kéz-akció is, ami azt jelenti, hogy a csecsemők rendelkeznek egy automatikus emulációszerű stratégiával, ami aktiválja a legegyszerűbb viselkedés megjelenését is. Látni kell, hogy az ilyen vaknak tűnő, de szerintünk a mentális vagy cselekvésben megragadható célok és a környezeti korlátok felismerésével megvalósuló belátó imitáció a bonyolult emberi környezetben igen adaptív tanulási stratégia, mivel az általunk használt eszközök többségénél valójában nem értjük az eredményhez vezető kauzális összefüggéseket.

Ennek a szelektív, interpretatív stratégiának a korai megjelenése szerintünk azt igazolja, hogy a csecsemő a szociális világba való beilleszkedés során, miközben az utánzás különböző formáit alkalmazza különböző helyzetekben, tapasztalatot gyűjt ezeknek a formáknak az adaptív hasznáról.

Kulcsszavak: *szociális tanulás, imitáció, perspektíva-felvétel, cél-emuláció, tárgy-affordancia*

IRODALOM

- Bauer, Patricia – Mandler, Jean M. (1989): One Thing Follows Another: Effects of Temporal Structure on 1- to 2-year-olds' Recall of Events. *Devel. Psych.* **25**, 197-206.
- Byrne, Richard W. – Russon, Anne E. (1998): Learning by Imitation: A Hierarchical Approach. *Behavioral and Brain Sciences.* **21**, 667-721.
- Call, Joseph – Carpenter, Malinda – Tomasello, Michael: *Focusing on Outcomes and Focusing on Actions in the Process of Social Learning: Chimpanzees (Pan Troglodytes) and Human Children (Homo sapiens).* (megjelenés alatt)
- Carpenter, Malinda – Call, Joseph (2002): The Chemistry of Social Learning. *Devel. Sci.* **5**, 22-25.
- Carpenter, Malinda – Call, Joseph – Tomasello, Michael (2002): Understanding „Prior Intentions” Enables 2-year-olds to Imitatively Learn a Complex Task. *Child Development.* **73**, 1431-1441.
- Gergely György – Bekkering, Harold – Király Ildikó (2002): Rational Imitation of Goal-directed Actions in Preverbal Infants. *Nature* **415**, 755.
- Heyes, Celia – Ray Elizabeth D. (2002): Distinguishing Intention-sensitive from Outcome-sensitive. *Developmental Science.* **5**, **1**, 34-36.

- Meltzoff, Andrew N. (1988): Infant Imitation after a 1-week-delay: Long Term Memory for Novel Acts and Multiple Stimuli. *Developmental Psychology*. 24, 470-476.
- Miklósi Ádám (1999): The Ethological Analysis of Imitation. *Biological Reviews*. 74, 347-374.
- Nagell, Katherine – Olguin, Raquel – Tomasello, Michael (1993): Processes of Social Learning in the Tool Use of Chimpanzees (*Pan Troglodytes*) and Human Children (*Homo Sapiens*). *Journal of Comparative Psychology*. 107, 174-186.
- Spence, Kenneth W. (1937): Experimental Studies of Learning and Higher Mental Processes in Infra-human Primates. *Psychological Bulletin*. 34. 806-850.
- Thorpe, William Homan (1956): *Learning and Instinct in Animals*. Methuen, London
- Tomasello, Michael (2002): *Gondolkodás és kultúra*. Osiris, Budapest
- Want, Stephen C. – Harris, Paul L. (2002): How Do Children Ape? Applying Concepts from the Study of Non-Human Primates to the Developmental Study of „Imitation” in Children. *Developmental Science*. 5, 1, 1-14.
- Whiten, Andrew – Ham, R. (1992): On the Nature and Evolution of Imitation in the Animal Kingdom: Reappraisal of a Century of Research. In Slater, Peter J. B. – Rosenblatt, J. S. – Beer, C.– Milinski, M. (eds.): *Advances in the Study of Behaviour*. New York Academic Press, New York. 239-283.



Tanulmány

A SÚLYOS AKUT RESPIRATORIKUS SZINDRÓMA (SARS) ÉS A KÓROKOZÓ VIROLÓGIAI TULAJDONSÁGAI

Berencsi György
PhD, címzetes egyetemi tanár
berencsi.oek@antsz.gov.hu

Saleh Younes Ali
PhD-hallgató

Gyarmati Péter
PhD-hallgató

Takács Mária
biotechnológus mérnök, PhD
takacs.oek@antsz.gov.hu

Gönczöl Éva

egyetemi tanár, az orvostudomány doktora

Johan Béla Országos Epidemiológiai Központ

Bevezetés

Az Egészségügyi Világszervezet 2002. november 27-én nemhivatalos értesítést kapott, hogy súlyos, influenzaszerű megbetegedések történtek Kína déli területein.

Február 11-én elektronikus levélben nemhivatalos információ érkezett arról, hogy az egészségügyi dolgozók között magas a betegség halálozása.

Február 14-én hivatalos értesítés is érkezett.

Február 19-én egy Hongkongba érkezett család feje elhunyt, és a virológusok a fiában H5N1 baromfiinfluenza-vírust tudtak kimutatni.

Február 26-án Vietnamba behurcolták a betegséget, és a WHO március 5-én az atípusos pneumonia kivizsgálására orvosi cso-

portot küldött a helyszínre. Ennek a csoportnak volt a tagja dr. Carlo Urbani (17), akinek számos közleményben állítottak emléket a közelmúltban (8, 9, 16, 17).

Március 15-én megtörtént a kórokozó SARS vírus elnevezésének elfogadása (Klaus Stöhr személyes közlése), és az esetdefiniációt is megfogalmazták, amelyet április elején magyarul is közzétettek.

Március 17-én a WHO létrehozott egy kilenc országban működő, tizenegy laboratóriumból álló együttműködést, amely lehetővé tette, hogy április 16-ra azonosítsák a kórokozót (9). Az első Németországba behurcolt fertőzés adatainak elemzéséből pedig megteremtették a gyorsdiagnosztika eszköztrendszerét is (4, 8).

Időközben a WHO – történetében először – március 27-én, április 2-án, majd 23-án

utazási korlátozásokat javasolt, ajánlva, hogy kizárólag elhalaszthatatlan okok miatt látogassák az emberek a fertőzött területeket.

Az új SARS koronavírus által okozott járvány járványügyi módszerekkel történő első jellemzésére Vietnamban került sor, ahol április 28-ra sikerült megállítani az új megbetegedések keletkezését, ezért az ország elsőként került le a fertőzött országok listájáról.

Időközben azt a tényt is igazolták, hogy teljesen tünetmentes egyének is üríthetik a vírust, ezért a drákói szigorúságú utazási korlátozásoknak nincs értelmük.

Járványügyi és diagnosztikai problémák a SARS járvány alatt

A fertőzés terjedését az eddigi közlemények alapján Hongkongban (3, 9, 18), Kanadában (14) és Szingapúrban (17) lehetett pontosan nyomon követni. A Fülöp-szigeteken lezajlott fertőzések feldolgozása csak később került közlésre (2003. június 8.).

A betegség klinikai tüneteinek megjelenése a fertőzést követően (4, 13) 38,5 °C feletti lázzal, influenzaszerű tünetekkel, hidegrázással, étvágytalansággal, izomfájdalmakkal, rossz közérzettel, görcsökkel, szédüléssel, torokfájással, orrváladékozással, hasmenéssel, hányingerrel és hányással jár. A megbetegedés átlagosan kettő-tíz nappal a fertőzést követően kezdődik.

A légzési nehézségek a betegek egyharmadában alakultak ki (3), és a legelső, Hongkongból származó – a koronavírusok kórokozó szerepét meggyőzően bizonyító – közlemény szerint (9) a klinikai tünetek megjelenését követően több nappal jelennek meg. Az idézett közlemény bizonyítja, hogy a korán megkezdett kezelés jelentősen képes csökkenteni a betegség halálos kimenetelét. Nem azért, mert a gyógyszerek a SARS vírust hatnak, hanem az egyidejű baktériumfertőzéseket gátolják, és a szervezet túlzott, káros védekezési válaszát korlátozzák. A társfertőzések ronthatják a klinikai

betegség kimenetelét, kimutatták a Metapneumovírus, az influenzavírus és számos baktérium (*C. pneumoniae*, *M. pneumoniae* és *S. pneumoniae*) kedvezőtlen hatását (14).

Minél hamarabb kerültek a betegek a fertőző osztályok ellátási körébe, annál kisebb esélye volt más egyének megfertőzésének (3). Áprilisban már az újonnan felismert betegek nagyobb részét különítették el kórházban, mint a járvány kezdetén. Az összes beteg közül 910-et három napon belül vettek fel a kórházak, mintegy húsz beteg azonban csak a betegség kezdete után több mint tíz nappal került kórházba.

A betegek zöme három héttel a kórházi felvételt követően gyógyultan távozott a fekvőbeteg-gyógyintézetből, előfordult azonban negyven-ötven napos gyógyulás is. Hatvan év feletti betegeknel sajnos a két hónapon túli ápolási idő is gyakori volt, a betegség igen magas, 50 % körüli halálozással járt.

A betegség terjedésének vizsgálatát az újonnan kifejlesztett molekuláris diagnosztikai reagensek tették lehetővé. A molekuláris vizsgálatok (nukleotidsorrend vizsgálattal kapott ún. gyökértelen phylogenetikai fák) bizonyítani tudták, hogy a járvány számos láncon haladt. Sikerült elkülöníteni a pekingi, guandongi és hongkongi eredetű első hullám vírusait a szingapúri, kanadai, hongkongi és hanoi „második járványhullám” vírusaitól.

Azért sikerült a SARS koronavírus-járványt az elkülönítés és a karanténba helyezés járványügyi módszereivel megállítani, mert a vírus csak nagyon közeli kapcsolat során terjed át a beteg emberről a többiekre. A SARS vírus légúti fertőzés formájában családi és betegápolási kapcsolatok során terjed. A széklet-száj szennyeződés, illetve a „piszkos-kéz” betegségekhez hasonló terjedés sem zárható ki.

A SARS vírus – modellkísérletek alapján – a környezetben fertőzőképességét + 4 C°-on

három hétig, szobahőmérsékleten egy-két napig őrzi meg. Kimutatták, hogy a betegek széklete is rengeteg vírust tartalmaz (9), ami a megbetegedés kezdete után még tíz nappal is minden betegben kimutatható. Szerencsére valamennyi szokásos vírusölő hatású fertőtlenítőszer tönkreteszi a SARS koronavírust is (17, 19).

Jelenleg megmagyarázhatatlan megfigyeléseket is tettek a hongkongi orvosok. A lakosság korcsoportjaiban nem egyenlően oszlik meg a fertőzések száma (3).

A gyermekek és tinédzserek között a megbetegedések gyakorisága (attack rate) sokkal alacsonyabb, mint az idősebb korcsoportokban. Lehetséges, hogy a gyermekkori, légúti koronavírusok által kiváltott immunitás rövid ideig keresztvédeltséget eredményez a SARS vírussal szemben, amire az idősök immunrendszere már nem emlékszik? Az is lehet, hogy a tartós együttlét különbözik az aktív, dolgozó és a még nem vagy már nem dolgozó korcsoportokban.

A kórházi ápolás munkavédelmi problémákat okoz a SARS-gyanús betegeket ápoló egészségügyi dolgozók számára (17, 19).

1.) A beteg el kell különíteni (ha lehet, negatív légnyomás biztosításával). A nagyobb számú betegeket ápoló kórházakban a legfelső emeleten különítették el a SARS-gyanús betegeket, és a nyitott ablakok irányába mozgó mesterséges légáramlat biztosításával csökkentették a fertőzés veszélyét (11).

Életkor években	Betegek száma /10 ezer lakos
0-19	0,8
20-34	2,8
35-59	2,3
55-fölött	1.5-től öt évenként emelkedik 3,2-ig

1. táblázat • A SARS megbetegedések száma a lakosság korcsoportjaiban 10 ezer lakosra számítva.

2.) A betegekre megfelelő szájmazskot kell adni, hogy a vizsgálatok idején ne legyen nagy a fertőzőképességük.

3.) Az ápoló személyzetnek kesztyűt, köpenyt, lehetőleg 95-ös vagy 100-as (szűrőképességű) szájmazskot, valamint védőszemüveget kell viselniük • az ápolószemélyzet számát minimálisra kell csökkenteni • látogatókat csak végső esetben és megfelelő övrendszabályok betartásával szabad beengedni • a védőruházat és a védőkésztyűk levétele után az egészségügyi személyzetnek alapos fertőtlenítő kézmosást kell végeznie • a gyógyult beteg hazaengedését követően záró fertőtlenítést kell végezni a kórteremben vagy a lakásban.

4.) Légúti tamponmintákat kell venni, transzport tápfolyadékba, hogy az atípusos tüdőgyulladás szokásos kórokozóit is ki lehessen mutatni a mintákból.

Megkönnyítheti a klinikai diagnózis felállítását a komputer-tomográfia elvégzése is.

Elhunyt egyének koros szöveteiből fagyasztott metszetsorozat segítségével lehet legkönnyebben értékelhető virológiai diagnózist felállítani.

A SARS betegség szövettani, és a vírus tenyésztési tulajdonságai

Kiterjedt tüdő-lég hólyag károsodást figyeltek meg az első kilenc beteg vizsgálata során. A tüdősejtek (pneumocyták) leváltak a hólyagfalról, és véresejtekkel együtt bekerültek a lég hólyagok üregébe. A lég hólyagocskáiban duzzadt sejtek is voltak, a közöttük levő kötőszövetben gyulladásos jeleket, valamint a falósejtek felszaporodását és kicsapódott fehérjéket láttak. A hajszálvékony hörgőcskék nyálkahártyáján elhalásokat és laphámsejt-felszaporodást lehetett látni. Meglepő volt az elektronmikroszkópos vizsgálatok eredménye, ugyanis vírusrészecskéket vagy a vírusok termelődésének a helyét jelző víruszárványokat nem lehetett találni. Csak a tágult nyálkahártya-mirigysejtekben sikerült vírusré-

szecsckéket kimutatni (8, 12, 17). Mindezek az eredmények arra utalnak, hogy a halális kimenetelt nem a víruszaporodás által közvetlenül okozott károsodás váltja ki, hanem az általa kiváltott túlzott védekezési reakció.

Szerencsére a SARS koronavírus könnyen tenyészthető majom és emberi sejtenyészetekken (4, 8, 9). A vírussal fertőzött sejtenyészetekken óriássejtek alakulnak ki, azonban a víruszaporodást jelző citoplazmazárványok ezekben sem alakulnak ki.

A SARS vírus molekuláris diagnosztikája és a vírus immunrendszert gátló hatása

A kórokozó azonosítását követően bizonyossá vált, hogy a molekuláris diagnosztikai módszerek és a légutakból származó mosófolyadék sejtjeinek elektronmikroszkópos vizsgálata alkalmas csak a gyorsdiagnosztikára (4, 8).

A hamburgi Bernard-Nocht Intézet, a hongkongi kormány virológiai egysége, valamint az Amerikai Fertőző Betegségek Központjainak (4) munkatársai – egy molekuláris biológiai termékeket gyártó cég segítségével – kialakítottak mind egy nukleinsav-sokszorozáson alapuló specifikus diagnosztikai tesztet, amely pedig egy mennyiségi meghatározásra alkalmas (TaqMan kémian alapuló „real time”, azaz időarányos RT-PCR) módszert (4, 8, 9, 14). A vírus jelenlétét ezekkel legkésőbb huszonnégy órán belül igazolni lehet.

A beteg szervezetében a SARS vírus fertőzésének hatására keletkező ellenanyagok kimutatására is többféle módszert dolgoztak ki (4, 8, 9). Tizenkilenc betegtől vett vérminták segítségével sikerült a legmegbízhatóbb eredményeket kapni. A vírus-specifikus ellenanyagok megjelenését a megbetegedés kezdete után két-három héten belül lehetett először kimutatni. Érthető, hogy az ellenanyag-vizsgálatokat diagnosztikai célra nem lehet alkalmazni. Az immunválasz késői megjelenése azt is bizonyítja, hogy a SARS vírusnak az immunrendszert gátló képessége van.

A SARS koronavírus helye a koronavírusok családjában

Az állatorvosok már régen küzdenek az állatvilág koronavírusai által okozott súlyos járványok ellen. Élő vakcinákat alakítottak ki a sertések és baromfiak hasmenéseit, illetve fertőző hörghurutját okozó vírusok ellen. A koronavírusoknak három rendszertani csoportját lehetett szerológiai módszerekkel elkülöníteni. Ezek közül a SARS koronavírus az I. csoport antigénjeivel mutat rokonságot (sertések átvihető hasmenés vírusa). A korábban leírt emberi és állati koronavírusok fontosabb tagjait a 2. táblázat foglalja össze (4, 7, 8, 9).

A koronavírusok különleges víruscsaládot alkotnak. A pozitív láncú egyszálú vírus-RNS (genom) mintegy 30 ezer nukleotidból áll (5, 9). Ekkora RNS-molekula csak akkor lehet termodinamikailag stabil, ha igen nagy arányban képez másodlagos szerkezeteket, és folyamatosan RNS-kötő fehérjék védik a molekulákat.

Annak ellenére, hogy az RNS genom pozitív polaritású, nem közvetlenül olvassák le a riboszomák, hanem az alsóporttól függően négy-nyolc küldönc-RNS keletkezik a komplementer láncról, amelynek feladata az új vírusnukleinsavak és az új küldönc-RNS-molekulák megtermelése.

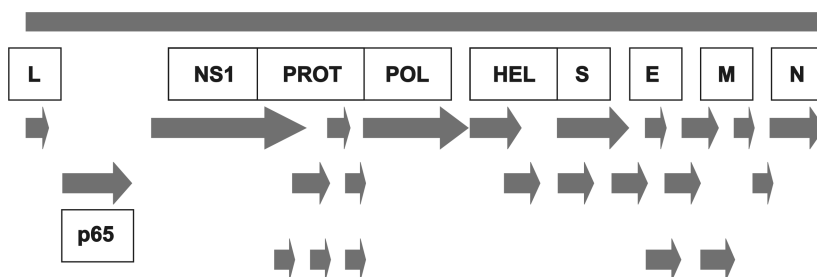
A SARS vírus genomjának szerkezetét az 1. ábra foglalja össze vázlatosan. A nukleotidsorrend-vizsgálatot a WHO által szervezett együttműködés keretében számos laboratórium elvégezte (4, 8, 10, 16, 17). A genom hossza 29 ezer és 30 ezer nukleotid közé esett mind a tizenhét máig megismert szekvencia esetében.

A vírus huszonhárom fehérjét kódol (vízszintes nyilak). Az ismert funkcióval rendelkező nem-szerkezeti fehérjéket NS jelzés mutatja. A vízszintes nyilak szerkesztéstechnikai okból vannak három sorba rendezve.

Az RNS-sokszorozást és fehérjeátalakítást biztosító fehérjék az NS1, proteáz (PROT),

Megnevezés	Alcsoport	Gazdafaj	Megbetegedés	Megelőzés
HCoV-229E	I	Ember	Nátha	—
Macska fertőző hashártyagyulladás-vírus (FIPV)	I	Macska	Fertőző hashártyagyulladás	—
Sertés átvihető hasmenés-vírus (TGEV)	I	Sertés	Hasmenés, cukorbeteg, agyvelőgyulladás	Gyengített élő vakcina
Sertés fertőző hasmenés	I	Sertés	Járványos hasmenés	—
Kutya-koronavírus (CCoV)	I	Kutya	Járványos hasmenés	Elült, védőoltás
HCoV-OC43	II	Ember	Nátha	—
Egér-hepatitisz vírus (MHV)	II	Egér	Májgyulladás és idegrendszeri betegség	—
Szarvasmarha gyomor-bélgyulladás	II	Szarvasmarha	Járványos hasmenés	—
Sertés hemagglutináló agyvelőgyulladás	II	Sertés	Agyvelőgyulladás	—
Sialo-dacroadenitisz	II	Patkány	Könnymirigy- és nyirokcsomógyulladás	—
Madár fertőző vírus (IBV)	III	Baromfi	Járványos hörghurut, vese- és bronchitis idegrendszeri károsodás	Élő oltóanyag
Pulyka-hasmenés-vírus	III	Pulyka	Járványos vérzéses hasmenés	—
Nyúl-koronavírus	?	Nyúl	Hasmenés	—

2. táblázat • Az állati koronavírusok és az okozott megbetegedések jellege.



1. ábra • A SARS koronavírus genomszerkezete. L = „leader”; NS1 = nem szerkezeti fehérje; PROT = proteáz enzim; POL = polimeráz; HEL = helikáz, fémionkötő fehérje és nukleotid trifoszfátáz; S = membrán-spike; E = burokfehérje; M = membránfehérje; N = nukleokapszid fehérje; p65 = egérhepatitisz-vírus fehérje rokona (3, 6). A nem jelölt leolvasási keretek az NS2 – NS13 nem szerkezeti fehérjék helyét jelölik, amelyek közül öt nem rokona a többi koronavírus fehérjének (4, 8, 9, 16, 17).

polimeráz (POL), helikáz (HEL), valamint a jobb szélső 3'-végi nukleokapszid fehérje (N). Utóbbi az egyetlen, amelyik beépül a vírusrészecske belsejébe is. A fehérjehasító enzim pedig hasonlít a náthavírusok fehérjehasító enzimjéhez, ami reményt jelent egy vírusszaporodást gátló gyógyszer kifejlesztéséhez.

A vírusburokba a vírusok glikozilált fehérjei épülnek be. A gazdasejt specifikitást a *spike* (S=tüske) biztosítja. Az „S” fehérje ellen termelt ellenanyagok képesek megakadályozni a klinikai megbetegedés kialakulását. Az S glikoproteid felelős azért is, hogy számos állati koronavírus képes idegsejtkárosító (demyelinizációs) betegségeket okozni. Amennyiben génebézési módszerrel a különböző állati vírusok „S” fehérjeinek szakaszait kicserélik, a vírus képes lesz egy másik faj sejtjeiben szaporodni. A számos fajban koronavírusok iránt fogékony sejtek sejtthártyáján azonos enzimhez kötődnek a vírusok (aminopeptidáz N vírus-receptor). A hasmenést okozó vírusok azonban egy másik sejtthártyafehérjéhez kötődnek (Bgp2). Génebézési úton megtermelt aminopeptidáz N gyógyszerkészítményekkel sikeresen csökkentették a vírusok fertőzőképességét.

A II. alcsoportba tartozó koronavírusok hemagglutinin-eszteráz aktivitással rendelkeznek, amely szükséges a vírusok betegségokozó képességének megtartásához. Ez az enzim a gazdasejtek 9-O-acetylneuraminsav csoportjait hasítja, hogy lehetővé váljék a vírusadszorbcio, és ami érdekes hasonlóságot mutat az influenza, és bizonyos adenovírusok genetikai szerkezetéhez. A SARS koronavírusban a p65 jelzésű gén kódolja ezt az enzimet, bizonyítva, hogy a vírus ebbe az alcsoportba tartozik.

Az „M” fehérje membránfehérje, amelynek a sejtbe történő behatolásban van szerepe. Az „E” (envelop) egy másik burokfehérje, ennek azonban nincs szerepe a vírus szaporodásában. Szerepe lehet azonban a gazdaszervezet megbetegítésében, mert kimutat-

ták, hogy a klinikai megbetegedés súlyos formáiban a vírus immunrendszert gátló fehérjei játszhatnak szerepet. Az „E” fehérjék esetleg az immunológiai védekezésben is szerepe lehet.

A koronavírus-fertőzés gyulladáskeltő anyagok keletkezését tudja kiváltani (proteín kináz IL-6). A fertőzött állatok genetikai hibái pedig (gamma interferon és chemokin receptor hiány) jelentősen súlyosbítja a klinikai megbetegedéseket.

Számos állati koronavírusal sikerült lapangó (perzisztáló) kísérleti fertőzést kialakítani. Több közlemény bizonyítja, hogy a tartós vírusfordozás hajlamossá teszi a vírust a gazdaváltásra, azaz az „S” fehérjében kialakuló mutációkra.

A SARS vírus rendszertani helye és törzsfelődése

A különböző módszerekkel vizsgált, és a különböző gének nukleotid-sorrendjeit felhasználó filogenetikai törzsfák azt mutatják, hogy a SARS genom a szarvasmarha és madár, azaz a II-es és III-as alcsoportba tartozó koronavírusok között helyezkedik el. Az 1. ábrán bemutatott genetikai szerkezet egyetlen helyen tér el a tankönyvi genomszerkezetektől (15), ez pedig az egerhepatitis-vírusban megtalálható p65 (hemagglutinin eszteráz) fehérje pozíciója.

A probléma az, hogy a SARS vírus sajátos, jellemző genetikai szakaszai a genomban elszórtan helyezkednek el. Ez egyes szakemberek számára azt jelenti, hogy egyetlen rekombináció nem hozhat létre ilyen „genetikai-mozaikot” (1, 2, 5, 6, 8).

Következtetések

1931, a koronavírusok felfedezése óta rengeteg adat gyűlt össze. A SARS olyan új emberi betegségnek bizonyult, amelynek sikerült koronavírus-eredetét igazolni.

Igazolták, hogy csak igen nagy fertőző vírismennyiség képes megbetegedést

okozni. Igazolták, hogy a gyermekek között nagyon alacsony mind a megbetegedés előfordulása, mind a halálozása. Igazolták, hogy a klinikai megbetegedés súlyosságát befolyásolja az életkor, az immunrendszer állapota, társfertőzések és számos genetikai tulajdonság (gamma interferon, chemokin receptorok génjei).

A molekuláris genetikai vizsgálatok kimutatták, hogy a SARS vírus valószínűleg a II. koronavírus alcsoportba tartozik, az antigének hasonlósága azonban az I. koronavírus alcsoport vírusaival mutatható ki.

A SARS koronavírus több olyan enzimet kódol, amelyek reményt adnak vírusgátló szerek kifejlesztésére (proteáz, hemagglutinin eszteráz és az RNS polimeráz).

A gazdasejt víruskötő fehérjéjének (aminopeptidáz N) ismerete pedig génsebészeti

úton előállított fehérjegyógyszerek vagy megelőzés céljából alkalmazható készítmények kifejlesztésének lehetőségét ígéri.

Az állatorvosi koronavírusokkal végzett eddigi immunológiai kutatások az mutatják, hogy védetségét sejtőlő fehérvérsejtekkel lehet átvinni. Ezért az immunglobulinnal végzett passzív immunizálás hatékonysága kétséges.

A legutóbbi vizsgálatok felvetették azt a lehetőséget, hogy három ragadozó vagy vegyes táplálkozású állatfaj is lehetett az új vírus kialakulásának kínai forrása. Ha ez igaz, akkor számolni kell azzal, hogy a fertőzés időről időre újra át fog kerülni az emberiségre.

Kulcsszavak: koronavírusok, SARS vírus a kórokozó, új emberi vírus, gyakorlati és virológiai szempontok

IRODALOM

- 1.) Baric, Ralph S. – Yount, B. – Hensley, L. et al. (1997): Episodic Evolution Mediates Interspecies Transfer of Murine Coronavirus. *Journal of Virology*. **71**, 1946-1955.
- 2.) Breslin, Jamie J. – Mork, I. – Smith, M. K. et al. (2003): Human Coronavirus 229E: Receptor Binding Domain and Neutralization by Soluble Receptor at 37 Degrees C. *Journal of Virology*. **77**, 4435-4438.
- 3.) Donnelly, Christl A. – Ghani, A. C – Leung, G. M. et al. (2003): Epidemiological Determinants of Spread of Causal Agent of Severe Acute Respiratory Syndrome in Hong Kong. *The Lancet*. <http://image.thelancet.com/extras/03art4453web.pdf>
- 4.) Drosten, Christian – Günther, S. – Preiser, W. et al. (2003): Identification of a Novel Coronavirus in Patients with Severe Acute Respiratory Syndrome. *The New England Journal of Medicine*. (DOI: 10.1056/NEJMoa030781).
- 5.) Enjuanes, Luis – Cavanagh Dave (2002): Coronavirus. in Tidona, Christian A. – Darai, Gholamreza (eds.) *Viruses*. Springer, Berlin–Heidelberg–New York
- 6.) Fouchier, Ron A. – Kuiken, T. – Schutten, M. et al. (2003): Aetiology: Koch's Postulates Fulfilled for SARS Virus. *Nature*. 15 May, **423**, 240.
- 7.) Holmes, Kathryn V. (2003): SARS-associated Coronavirus, *The New England Journal of Medicine*. **348**, 1948-1951
- 8.) Ksiazek, Thomas G. – Erdman, D. – Goldsmith, C. S. et al. (2003): A Novel Coronavirus Associated with Severe Acute Respiratory Syndrome. *The New England Journal of Medicine*. 10 April 2003. (DOI: 10.1056/NEJMoa030747)
- 9.) Lipsitch, Marc – Cohen, T. – Cooper, B. et al. (2003): Transmission Dynamics and Control of Severe Acute Respiratory Syndrome. *Science*. 20 June 20, 2003300, 5627, 1966-1970. <http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/300/5627/1966>
- 10.) Marra, Marco A. – Jones, S. J. – Astell, C. R. et al. (2003): The Genome Sequence of the SARS-associated Coronavirus. *Science*. **300**, 1399-1404.
- 11.) 103 Patients Infected by 5 Sources. (2003) *MMWR (Morbidity and Mortality Weekly Report)* 52, 405.
- 12.) Nicholls John M. – Poon L. L. M. – Lee K. C. et al. (2003): Lung Pathology of Severe Acute Respiratory Syndrome. *The Lancet*. <http://image.thelancet.com/extras/03art4347web.pdf>
- 13.) Peiris, J. S. Malik – Lai, S. T – Poon, L. L. M. et al. (2003): Coronavirus as a Possible Cause of Severe Acute Respiratory Syndrome. *The Lancet*, 19 April, 361, **9366**, 1319-1325.
- 14.) Poutanen, Susan M. – Low, D. E. – Henry, B. et al. (2003): Identification of Severe Acute Respiratory Syndrome in Canada. *The New England Journal of Medicine*. **348**: 1995-2005.

- 15.) Riley, Steven – Fraser, C. – Donnelly, C. A. et al. (2003): Transmission Dynamics of the Etiological Agent of SARS in Hong Kong: Impact of Public Health Intervention. *10.1126/Science. 1086478*; <http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/300/5627/1961>
- 16.) Rota, Paul A. – Oberste, M. S. – Monroe, S. S. et al. (2003): Characterization of a Novel Coronavirus Associated with Severe Acute Respiratory Syndrome. *Science. 300*, 1394-1399.
- 17.) Ruan, Yijun – Wei, CL – Ee, LA – et al. (2003): Comparative Full Length Genome Sequence Analysis of 14 SARS Coronavirus Isolates and Common Mutations Associated with Putative Origins of Infections. *The Lancet*. <http://image.thelancet.com/extras/03art4454web.pdf>
- 18.) Tsang, Kenneth W. – Ho, P. L. – Ooi, G. C. et al. (2003): A Cluster of Cases of Severe Acute Respiratory Syndrome in Hong Kong. *The New England Journal of Medicine. 348*, 1977-1985.
- 19.) Wenzel, Richard Putnam – Edmond, M. B. (2003): Managing SARS amidst Uncertainty. *The New England Journal of Medicine. 348*, 1947-1948.



KUTATÁS ÉS EGYETEM KAPCSOLATA EURÓPÁBAN ÉS MAGYARORSZÁGON*

Patkós András

az MTA levelező tagja, egyetemi tanár, ELTE Atomfizikai Tanszék – patkos@ludens.elte.hu

I. Egyetemek a tudás Európájában

Az Európai Bizottság ez év februárjában közleményt¹ adott ki *Az egyetemek szerepe a tudás Európájában* címmel. A dokumentum indítványozta, hogy folytassanak eszmecserét az európai felsőoktatásról megfogalmazott bolognai elvek megvalósításáról az EU és a csatlakozó államok oktatási minisztereinek 2003 szeptemberében, Berlinben tartandó miniszteri konferenciája előkészítésére. Vitakérdéseket tett fel Európának a tudásintenzív termelésben és szolgáltatásokban elfoglalt versenyhelyezete javításáról. Kiinduló megállapítása az, hogy az egyetemek² kiemelt fontosságú intézmények, hiszen egyidejűleg létrehozói az új ismereteknek, elterjesztői a tudásnak és fokozódó mértékben előállítói a piacépes innovációs termékeknek.

* A cikk a felsőoktatási intézmények tudományos vezetői fórumán, 2003. április 10-én tartott előadás gondolatmenetét követi. Az Felsőoktatási és Tudományos Tanács (OM-FTT) megbízásából tanulmányt készítettem az oktatás és kutatás kapcsolódásáról a felsőoktatásban és hatásáról a minősítés rendszerére. Köszönetem fejezem ki társszakértőimnek, Engloner Gyulának, valamint Csákvári Évának, Takács Jánosnének, Tuka Katalinnak, Vízvári Erzsébetnek, Balogh Tamásnak, Darányi Sándornak, Kleinheincz Ferencnek és Pánczél Máriának (OM), Bazsa Györgynek (ODHT), Szegő Károlynak (MTA), továbbá Gilyén Elemérnének (OTKA), Temesi Alfrédának (ECsSzM-ETT), Marton Istvánnak (FVM) és Pécsi Kálmánnak (MTA-TKI).

¹ Az EU Bizottság közleménye COM (2003) 58, 2003. február 5.

² Minden felsőoktatási intézményt a továbbiakban ezen összefoglaló néven nevezve.

A kutatás és az oktatás az egyetemek humboldti eszményében egységet alkot, ám mindkettő tartalma a kezdetekhez képest mára jelentősen módosult. Az új ismeretek kutatásában hangsúlyossá váltak a társadalmi hatásukban lényeges, összetett kérdésekre válaszolni képes, azaz diszciplínákon átnyúló célkitűzések. Az oktatásban főszerepet kap az élethosszig folytatott (ön)képzésre, a piaci versenyben vezető termékek és szolgáltatások előállításában alkalmazható tudás elsajátítására való felkészítés. A humboldti ideáltól eltérő irányzat erősödik meg annak következtében is, hogy a termékek és szolgáltatások fejlesztési láncából egyre hosszabb szakasz települ át a versenyszférából a közsféra kutatóhálózatába. A versenyszféra ezzel teszi elviselhető mértékűvé a fejlesztéséhez szükséges – gyorsulva növekvő – emberi és pénzügyi ráfordításokból származó kockázatát.

E tendenciák alapján a dokumentum leszögezi, hogy az Európai Kutatási Térség és az Európai Felsőoktatási Térség létrehozására irányuló uniós erőfeszítéseket össze kell hangolni – mindkettő sikerének az európai egyetemek a kulcsai. Az egyetemeknek meghatározó szerepük van abban, hogy 2010-ig a kutatási-fejlesztési ráfordítások európai átlagban elérjék a nemzeti össztermék három százalékát (a lisszaboni elv). Az egyetemek tevékenységében évszázados kihatású átalakulást hoz a globális tudáspiacon vezető erőt képviselő, európai dimenziójú felsőoktatási rendszer kialakítása (bolognai elv), amely biztosítja

a szükséges emberi erőforrást a tudás társadalma számára. A két európai politika összekapcsolása a berlini értekezlet fő feladata.

A közlemény a következő vitakérdéseket fogalmazta meg.

1. Hogyan biztosítható az egyetemek megfelelő szintű és fenntartható finanszírozása, valamint a rendelkezésre bocsátott források felhasználásának hatékonysága?

2. Hogyan valósítható meg az akadémiai autonómia keretei között egyidejűleg az egyetemi tudományos stratégia és az oktatási nagyzem működtetése?

3. Hogyan koncentrálhatók a rendelkezésre álló források a kutatási kiválóság és a legjobb minőségű emberi erőforrások létrehozására? Milyen eszközökkel ösztönözhetők az intézmények a kiválóságra való törekvése? Megfogalmazhatók-e a kiválóság ismérvei a globális versenybeli szereptől a régiók igényeinek kielégítéséig terjedő skálán?

4. Megvalósíthatók-e átfogóan a kiválósági kritériumok egyetlen egyetem vagy akár egyetlen nemzeti felsőoktatási rendszer keretei között?

II. A magyar felsőoktatás szerepe a nemzeti kutatás-fejlesztésben

Az 1. és 2. táblázat foglalja össze a KSH 2001. évi jelentésében szereplő és az OM által rendszeresen gyűjtött intézményi teljesít-

ménymutatókat, amelyek jól tükrözik az egyetemeknek a hazai kutatás-fejlesztésben elfoglalt helyét.

Az 1. táblázatból kitűnik, hogy a minőség minden szintjén az egyetemek adják az ország tudományos emberi kapacitásainak mintegy kétharmadát. Az alapkutatási teljesítménymutatók pedig nem a teljes munkaidőben foglalkoztatottra átszámított ekvivalens létszám mesterséges mutatójával, hanem a természetes létszámmal mutatkoznak arányosnak. Egy fő az egy fő! Vizsgálódásra méltó, hogy az OTKA pályázatainak elnyert felsőoktatási támogatás részaránya fokozatosan csökken (a kilencvenes évek első felében hatvan százalék körül mozgott). Az alapkutatások területén az európai egyetemek nemzeti részesedése nyolcvan százalékhoz közelít, azaz e tekintetben a hazai egyetemek jelenlegi teljesítményét a növekvő ráfordítások körülményei között is meg kell tartani. Ugyanakkor a természetes kutatói létszámot illetően választás előtt áll az ország: e mutatóban a német felsőoktatás nemzeti részesedése huszonhat százalék, a görögé hetven százalék. A különbség oka: a német gazdaság versenyszektorában foglalkoztatják a tudományos-technológiai kutatók több, mint felét. A profitérdekelt kategóriában működő hazai kutatási-fejlesztési intézmények hiánya miatt van közelebb a

Megnevezés	Érték	Százalék (a K+F szektor egésze = 100)
Természetes oktatói (=kutatói) létszám	18 271	64
Redukált, teljes munkaidőre átszámított ekvivalens létszám	5 938	41
Tudományos fokozattal rendelkezők száma	5 476	73
MTA-doktorok száma	1 085	68
MTA-tagok száma	232	66
Idegen nyelvű cikkek száma	9 084	67
Idegen nyelvű könyvek száma	654	70
OTKA pályázati bevétel (millió Ft)	3 047	54

1. táblázat • A hazai felsőoktatás emberi erőforrásai, alapkutatási teljesítménymutatói; részesedésük a hazai K+F egészéből, 2001

Megnevezés	Érték	Százalék (a K+F szektor egésze = 100)
K+F ráfordítás (millió forint)	36 193	28
K+F célú beruházás (millió forint)	3 871	16
Hazai találmányi bejelentések száma	33	21
Hazai megadott szabadalmak száma	38	36
Külföldi találmányi bejelentések száma	17	9
Külföldön megadott szabadalmak száma	22	13

2. táblázat • A hazai felsőoktatás működési és beruházási ráfordításai, országos részesedésük és a tudás alkalmazásának teljesítménymutatói, 2001

magyar felsőoktatás emberi erőforrásainak nemzeti súlya a görög arányszámhoz, mint a némethez. Ez az összehasonlítás rámutat a hazai kutatási-fejlesztési versenyszféra (és az alkalmazható kutatások) fejlesztésének sürgető kihívására.

A kutatási eredmények alkalmazhatóságának gyakran használt találmányi-szabadalmi mérőszámok a pénzügyi ráfordításokkal, s nem az erőforrások emberi oldalával mutatnak arányosságot. A felsőoktatási K+F ráfordítások országos részesedése egyébként az elmúlt évtizedben enyhén emelkedő tendenciát mutatott, amelynek számértéke immár nem sokkal alacsonyabb a fejlett országokbeli felsőoktatási hányadnál. A találmányi-szabadalmi aktivitás abszolút számai zuhanó tendenciát tükröznek, annak ellenére, hogy a procedura költségeit a Magyar Szabadalmi Hivatal jelentősen támogatja. Az egyetemek kiválóságáról alkotott kép kialakításában a tudományos címekhez képest a kreatív alkotások piacán, a kutatási eredmények gyakorlati felhasználásában elért sikerek nem jutnak szerephez. Az oktatói-kutatói személyzet szellemi alkotásait értékesítő vállalkozások (úgynevezett *spin-off* cégek) létrehozása említésre sem kerül az intézményi teljesítménymutatók között (ugyanakkor az osztrák tudományos és felsőoktatási minisztérium kétszáz ilyen vállalkozást kíván életre segíteni az elkövetkező öt évben az ottani egyetemek kutatási eredményeire alapozva, és ebből százhusz életképes

működését tüzi ki célul). A tudásintenzív új ismeretek gazdasági hasznú alkalmazásaiban a magyar egyetemek még a teljesen nyitottá váló hazai tudáspiacon is alulmaradhatnak európai versenytársaikkal szemben.

III. A kutatás-fejlesztés hozzájárulása a magyar felsőoktatás fenntartható működéséhez

Nemzetközi kitekintésben (Finnország, Németország) az egyetemek általában 50-50 százalékos megosztásban fordítják pénzforszárait oktatásra és kutatásra. Míg Finnországban vagy Olaszországban túlnyomórészt állami költségvetésből gazdálkodnak, Németországban és Ausztriában szellemi kapacitásait, eszközeiket és szolgáltatásait „bérbe lehet venni”, ez a *Drittmittelforschung* törvényben garantált joga. Ennek keretében a versenyszféra nemcsak személyi többletjövövedelmet ad a kutatóknak, hanem a legmodernebb eszközök beszerzésére az elvonási rendszert megkerülve, közvetlen támogatást nyújt a vele szerződő kutatócsoportoknak.³

A hazai egyetemek K+F tevékenységből származó forrásait az OM évente egyszer veszi számba, amelynek országos összesítésű adatait a 3. táblázat mutatja be. A hazai

³ A Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) elvégezte a németországi felsőoktatási intézmények kutatási szempontú értékelését. Ennek módszeréről, eredményéről és a kapcsolódó nemzeti tudáspolitikáról részletes információkat közöl a *Die Zeit* 2003. július 3-i *Forschung-Special* melléklete.

Forrásmegnevezés	2000	2001
Hazai pályázatból	4 514	6 928
Hazai K+F megbízásból	1 792	1 952
Külföldi K+F megbízásból	1 173	1 158
Doktori iskolai képzési előirányzat	911	1 111
OM K+F teljesítményalapú (normatív) intézményi támogatása	1 298	1 887
Összesen	9 688	13 032
Teljes felsőoktatási költségvetési előirányzat	88 828	99 340
Hányad	11 %	13 %

3. táblázat • A K+F bevételek hozzájárulása
a felsőoktatás működőképességéhez (millió forint)

egyetemek K+F alapú bevételeinek kis súlya az intézményi finanszírozásban súlyosan eltorzult finanszírozási és felsőoktatás-politikai gyakorlatot tükröz. Ez az állami szocializmus rendszerének maradványa, amelyet az elmúlt másfél évtized oktatáspolitikája tovább torzított.

Az intézményi működés szempontjából a K+F hozzájárulás másodlagos, az *intézményi* kiválóság felé hajtó tényezők között a kutatás nem kap szerepet. A növekvő oktatási terhelés, a hallgatói motivációk közül fokozatosan kikopó tudományos karrier negatív hatásait mintegy ellensúlyozó bánatpénzként a kutatási bevétel az azt megszerző kutató „szent magántulajdona”, amelynek az intézményi stratégiaalkotásra semmi befolyása nincs. E körülmények világítják meg a magyar egyetemek érdektelenségét és sikertelenségét az EU 5. Keretprogram kiválósági központokra vonatkozó pályázata vagy a Marie Curie-ösztöndíjrendszerben a fogadó intézményi státus elnyerése iránt.

Ugyanakkor tudjuk, hogy a felsőoktatási politikában a béremelés politikai céljának kizárólagossá válása több területen (elsősorban a természettudományban és a műszaki tudományokban) a működésképtelenség közelébe hozta volna az egyetemi tanszékeket, ha nem lennének önálló kutatási bevételeik. A vezető kutatók önkéntes tehervállalásával pályázatokból-szerződésekből

fedezik a tanszékek működési költségeinek legalább felét. Kizárólag a kutatási-fejlesztési bevételek „duális” felhasználásának köszönhető, hogy ezeken a területeken az oktatás még őrzi szakmai színvonalát.

A jelenlegi helyzet a legpesszimistább várakozások érvényesülését valószínűsíti az EU 6. Keretprogramra benyújtott felsőoktatási pályázatok sikeressége tekintetében. A kudarc a magyar tudományosság egészére is súlyos következményekkel járhat, hiszen az előzőekben ismertetett adatok szerint az egyetemek nélkül a magyar tudományos kapacitás még a csatlakozó államok közül is csak a kisebbekét éri el. Radikális változtatásra van szükség, amelynek tempója azonban a magyar társadalom átalakulásának ütemét lényegesen nem haladhatja meg. Tehát eredményeket legkorábban az évtized végére várhatunk, még ha az az igen kis valószínűségű, örömteli esemény következne is be, hogy a felsőoktatási K+F ügye az országos tudománypolitika fókuszába kerül.

IV. Javaslatok a felsőoktatási
kutatás-fejlesztés nemzeti feladataira
és eredményességének növelésére

A doktori iskola feladatai

A doktori iskolák az egyetemi K+F tevékenység természetes vonzásközpontjai. A tájékozott olvasó a fent közölt adatok elemzéből

séhez teljes joggal hozzáfűzheti, hogy a meglepően jó felsőoktatási teljesítmény az alapkutatási „versenyszámokban” a kutatásban részt vevő doktoranduszok számának figyelembe vételével hasonlítható össze más intézményekével. A doktori képzésben részt vevők létszáma lassan növekszik: 2001-ben 4358 volt. Ez az európai értelmezésű egyetemi tanulmányokban részt vevők számának (ide számítandók a négyéves főiskolai képzésben részt vevők is!) néhány ezreléke. A mutató fényévnyi távolságra van a finn tízszázalékos adattól. Azt is tudjuk, hogy a tudományos kutatóknak a lakossághoz viszonyított fajlagos létszáma az EU-adat harmada, nem beszélve az Egyesült Államokról és Japánról.

Az elmúlt öt évben a PhD-ösztöndijasok száma kétszázötvennel bővült (tíz százalék). Elegendő-e ez a bővülési ütem a felzárkózásra? Tegyük az előző adat mellé, hogy 1700 felsőoktatási oktató végez munka mellett doktori tanulmányokat. Figyeljünk fel továbbá arra, hogy az 1999/2000. tanévben odaítélt 622 tudományos fokozattal egyidőben a felsőoktatásba 320 PhD-vel rendelkező új munkatársat vettek fel. A másik felét (bár erre nem folyik adatgyűjtés) szinte biztosan kiadja a kutatóintézetekben és az egyetemeken már állásban levők fokozatszerzése, továbbá a doktorálás után közvetlenül külföldi posztdoktori állást elnyerők százas nagyságrendű csoportja. A jelenlegi tempó mellett a PhD-fokozatot (azaz tudományos kutatói „működési engedélyt”) szerző csoport növekedési üteme még a felsőoktatáson kívüli kutatóhálózat személyi utánpótlásának kiellégítésére sem elegendő, nemhogy maradna belőle emberierőforrás-kínálatunk a versenyszférabeli K+F, az eurokrácia és a hazai államigazgatás tudásintenzív területei kvalifikált posztjainak betöltésére.

A doktori iskolát az egyetemek önálló feladatú, funkcionális képzési-kutatási egységeként kell fejleszteni. Ehhez várhatóan

támogatást nyújt a bolognai folyamatnak a doktori képzésre való hangsúlyos kiterjesztése, és az európai doktorátus (EU-PhD) intézményének bevezetésére megkezdett intenzív vizsgálódás. Lényeges hallgatói (ösztöndijas) létszámnövekedésre a tudományos minőség eróziója nélkül csak akkor van mód, ha a teljes magyar tudományos elitet sikerül témavezetői aktivitásra bírni. Aktív (nem nyugdíjazott) egyetemi tanárnak csak az tarthatja magát, akinek állandóan van két-három doktorandusza. A legnagyobb tartalék azonban az MTA kutatóhálózata, amelynek működési keretét ebben a vonatkozásban a kutatóintézeteknek a doktori iskolákkal kötendő kétoldalú szerződésai jelenthetik. Az MTA meghatározó kutatóit is tartalmazó országos kapacitáshoz kell tervezni a hazai PhD-képzés bővítését. Ennek első, egyszerű lépése lehet, hogy az MTA intézeteiben dolgozó fiatal kutatók közül azok számára, akik munkaköri feladatként egyetemi doktori képzésben vesznek részt, megadnak minden ehhez kapcsolódó jogállásbeli előnyt, valamint hogy az MTA költségvetésében az Országgyűlés önálló ösztöndijas keretet létesít az egyetemi doktori iskolákba felvett tudományos segédmunkatársak támogatására. További kellően ki nem használt lehetőséget nyújtanak a versenyszféra és az egyetemek közös működtetésű doktori projektjei, amelyek közül mintaszerűnek tartom az OM(FB) által kezdeményezett *kooperatív kutatási központok* némelyikét. Meglepő, hogy az egyetemek kevéssé használják ilyen célra a felsőoktatásban működő, kutatási főfeladatú intézeteket, amelyek közül nem egy még soha nem kapott doktori ösztöndijas vezetésére lehetőséget, bár személyi és infrastrukturális feltételei adottak. Végül, ahol hiányzik a hazai doktori képzési szaktudás, ott a Magyar Ösztöndíj Bizottság feladata a megfelelő szakember-utánpótlás stratégiai feladatának megoldása az európai együttműködés keretében.

Összefoglalva: a magyar felsőoktatás számára a kétfokozatú (BSc-MSc), egymásra épülő képzés évtizedes időszakra szóló szerkezeti reformjával azonos fontosságú a doktori iskolák szakmai és finanszírozási önállóságának fokozása, még erőteljesebb szervezeti összekapcsolódásuk a felsőoktatásban és az azzal együttműködő kutatási-fejlesztési intézményhálózatban folyó tudományos kutatással és fejlesztéssel.

*A kétfokozatú felsőoktatás
sikeres megteremtése,
mint alkalmazott K+F feladat*

A tömeges felsőoktatást Európában politikai nyomás kényszerítette ki. Az egyetemek kapuinak megnyitása Magyarországon is inkább értékelhető a demokratikus társadalom kialakításában tett egyik legsikeresebb szimbolikus lépésként, mint az intézmények tudatosan szélesített oktatási kínálatára épülő szerves fejlődés eredményeként. A másutt húsz évvel korábban indult folyamat európai „eredményei” mára világosak: hét-nyolc évre elhúzódó tanulmányok, harminc-negyen százalékos lemorzsolódás, jelentős hallgatói elvándorlás az óceánon túlra, különösen a magasabb képzési fokozatok megszerzése céljával. Senkit se tévesszen meg a Magyarországon a statisztikai mérés helyett az egyetemfinanszírozási szabályok alapján számított ötszázalékos éves lemorzsolódás. A tanár és diák számára egyre több kudarcot hozó első egyetemi éveket egyre nagyobb számban követik a munkaerőpiacon értékelhetetlen tartalmú, már kiadásukkor teljesen elavult ismereteket rejtő diplomák.

A magyar felsőoktatás, akárcsak az európai, a legjobbat adja abból, amit két évszázados autonóm fejlődéstörténete során felhalmozott. Ez a hallgatóság széles rétegei számára egyszerre túl nehéz és használhatatlanul elvont a társadalmi mindennapok követelményeinek való megfelelés szempontjából. A bolognai elvek legfontosabb üzenete a

munkaerőpiacon közvetlenül hasznosítható, az eddiginél lényegesen rövidebb idő (három év) alatt és kisebb egy főre jutó oktatási ráfordítással megszerezhető készségek és tudás intézményesítése. És a három év még a „legcsavarosabb” intézményfinanszírozási „matematikával” sem jelenthet négy-, esetleg öt éves tanulmányokat, amelyekre aztán további hároméves MSc épülne.

Az első feladat a felsőoktatásba belépő fiatalok ismeretanyagának, felkészültségi szintjének, motivációjának megismerése (amelyre tapasztalataink szerint az érettségi bármilyen formája elégtelen). Ezt kövesse az esetek hetvenöt százalékában szükséges felzárkóztatási folyamat megtervezése, egy kiegészítő kurzusrendszerrel történő hatékony végrehajtása. A hallgató jövőjét meghatározó, felelős döntéseihez elengedhetetlen a szakmai orientációt tanácsadással támogató rendszer kialakítása és professzionális, a hallgató által mindig elérhető szakemberekkel történő működtetése. Az oktatók között és mellett olyan személyek foglalkoztatására van szükség, akik képesek az egyetemi életbe való beilleszkedés elemeiről (kreditrendszer, szakfelvétel stb.), a munkaerőpiac aktuális karrierlehetőségeiről naprakész tájékoztatást adni.

Ebbe a feladatsorba tartozik a magyar középfokú oktatás legjobb hagyományai szerint már középiskolásként határozott elképzeléseket kialakító, már ott rendszeres munkához szokott, kiemelkedő képességű tehetségek felkutatása, felismerése és alapfokú egyetemi tanulmányaik gyorsított elvégzésének támogatása.

Mindezeknek a feladatoknak az ellátása nem feltétlenül az akadémiai kiválósághoz kapcsolódó, ma egyedül elfogadottan követett pályáivú munkatársi gárdával a leghatékonyabb. A felsőoktatás bevezető szakaszának eredményességéhez az egyetemeken differenciált életpályamodellek együttműködésére építkező személyzeti politikára van

szükség. A nyelvtanár, a testnevelő tanár, a kollégiumi nevelőtanár ma a felsőoktatás páriája. A vázolt feladatokban az ő szakmai értékeik elismerésével és létszámuk szükséglet szerinti bővítésével lehet eredményt elérni. Az akadémiai kiválóságra alapozott (professzori) karriertől szigorúan elvált, a hallgatói lemorzsolódás szakmai kompromisszumok nélküli csökkentésén célfeladatként dolgozó új felsőoktatási szakembercsoport kialakítását kell támogatni.

Ennek a csoportnak (együttműködve az új, az eredeti tudás alkotásában ténykedőkkel) fontos alkalmazott kutatási-fejlesztési feladata van. A bevezető egyetemi évek oktatási programjának a differenciált hallgatói igényekhez való illesztése, a tömeges képzés körülményei között a szakmai gyakorlati készségek elsajátítására alkalmas (fajlagosan olcsóbb) eszközök fejlesztése, valamint a hallgatók előrehaladásának megbízható ellenőrzése olyan „oktatási alkotásokat” igényel, amelyek más területekkel (például banki szolgáltatásokkal, biztosítási iparral, turizmussal) összehasonlítva joggal nevezhetők *innovatívan új terméknek*.

Az innováció támogatásának a felsőoktatási innovációra is szervezett formában kell kiterjednie. Az ehhez kapcsolódó, az új innovációs törvényben is előírandó kutatási programot az Oktatási Minisztériumnak a felsőoktatás igazgatási szakterületén belül kell működtetnie (elkülönítve az új ismeretek szerzésére irányuló doktori iskolai támogatástól és még inkább az ilyen célra csak jogsértően átcsoportosítható KMŰFA-tól). Az egykori, mára elsatnyult programfinanszírozási keretet, az eddig csak főiskolák számára nyitott oktatásfejlesztési pályázat jelentős kibővítésével, a – bolognai folyamat támasztotta – tartalmi oktatásfejlesztési célok szolgálatába kell állítani.

Elfogadhatatlan minden olyan megközelítés, amely a tervezett átalakulást egyetlen, törvényi rögzítésű határidővel, pusztán az

intézményi szervezet átalakításával kívánna megvalósítani. A szaktárcának tízéves átalakulási tervet kellene készítenie a három, egymásra épülő egyetemi oktatási ciklus fejlesztésére, és az ebben meghatározandó oktatásfejlesztési K+F tevékenység konkrét céljaira részletes középtávú szerződéseket kellene kötnie az egyetemekkel. Ez lehet a felsőoktatás intézményi szintű K+F finanszírozásának a másik lába.

A felsőoktatás személyi megújulása

Az európai szellemi elit megtartása érdekében az Európai Bizottság sürgős cselekvést hirdet. Az Egyesült Államok nemcsak jelentősen eredményesebb a világ más tájairól érkező ígéretes diákok (MSc-szintű) egyetemi tanulmányokba való bevonásában, de az ott PhD fokozatot szerzők közel felét meg is tartja kutatói hálózatában. Elsődleges fontosságú európai akció a földrészt adottságait maximálisan kihasználó hallgatói-kutatói mobilitás bővítése. A korábbi Marie Curie-ösztöndíjak magyar tapasztalatai alapján azt prognosztizálhatjuk, hogy jelentős számú magyar állampolgárságú kutató egyik külföldi állásról másik külföldi állásra pályázva fogja „javítani” a magyar költségvetési részesedés visszapályázási statisztikáját. A kifelé irányuló mobilitás a vonzó itthoni foglalkoztatás bővülésének hiányában annál eredményesebb lesz, minél színvonalasabb kutatóképzési rendszert működtetünk.

A kutatás európai erőforrásai növelésének a másik fegyvere, amelyet az óceánon túlról mintát keresve, több európai ország igyekszik bevetni, az egyetemi (kutatóintézeti) hierarchia lazításával a versenyszférához hasonló dinamikájú felfutást lehetővé tevő egyetemi alkalmazási formák és feltételek kialakítása. Az ír kormány például egy nagyjából hatszázmillió eurós projekt keretében 2007-ig a kiemelt információ- és biotechnológiai területekről ötven vezető kutatót igyekszik megnyerni, hogy – állampol-

gárságra tekintet nélkül – éppen náluk alapítanak kutatócsoportokat. A leginkább hierarchizált egyetemi előléptetési rendjéről ismert Németország déli tartományai eltörölték a habilitáció intézményét, az új osztrák felsőoktatási törvény pedig az egyetemi tanári kinevezés folyamatában is lehetőséget ad a habilitáció (előadási jog) megadására.

A mai hazai körülmények között negyven-ötven éves korban érhető el a professzori státusz, amelyhez rendszeres éves kutatási keret nem társul. Az egyformán kiváló teljesítményt nyújtók közül a szerencsések ötven-hatvan évesen MTA-tagságot nyernek, amely után először nyílik reális esély az állami hierarchiát megkerülő kis kutatócsoport szervezésére. Addig pedig a – kitartóan ösztöndíjnak csúfolt jövedelemkiegészítő (de a például a nyugdíjalapba nem beszámító) – pályázatokon végzett papírmunka mutatható fel perspektivaként legjobb tanítványaink számára. Hiába van ebben a rendszerben jó néhányunknak (így a szerzőnek is) évtizedes, többet érdemlő erőfeszítése, kívülről nézve ez inkább kudarc, mint előrelépés.

A magyar kutatói-egyetemi oktatói állásrendszer európai-amerikai nyitottságúvá kell alakítani. Az „álláspályázatok” álságos előléptetési jellegét fel kell számolni. Minden egyes betöltendő állásra érkező pályázatot annak egyetemstratégiai szerepét világosan látó (tagjai többségében független) szakemberekből álló bizottság bíráljon el. A hazai tudományos és oktatási címek (MTA-doktorátus, habilitáció) lehetnek bérbesorolási ismérvek egy-egy közalkalmazotti osztályon belül, de nem lehetnek álláspályázatban (még kevésbé törvényben) deklarált *alkalmazási előfeltételek*. A munkavállalási engedély gyorsított kiadását kell lehetővé tenni, ha nem magyar állampolgárságú, tudományosan kvalifikált személy foglalkoztatását terjeszti elő valamely kutatóhely.

A világban tapasztalatot szerzett, ígéretes szakemberek foglalkoztatásának ösztönzé-

sét a nemzeti politika szintjére kell emelni. Az önálló kutatócsoportok működtetése nem lehet az MTA-tagok privilégiuma vagy a tagságot közvetlenül megelőző trófea. A doktori képzés színvonalát a nagyszámú külföldi posztdoktori állás elnyerése, a hazai posztdoktori ösztöndíjak (és talán végre igazi állások) iránti növekvő érdeklődés, a Magyar-, az OTKA-, a Bolyai-ösztöndíjakos kiváló tudományos eredményei bizonyítják. A szaktárcának az MTA-val együttműködve a támogatott kutatóhelyek jelenlegi rendszerével párhuzamos rendszerben közös finanszírozású kutatócsoportokat (tanszékeket) kellene létrehoznia kifejezetten a harminc-negyven év közötti generáció tudományos önállóságának elősegítésére.

A fenti javaslatok a karrier doktorátus utáni lépcsőjének kiépítésében érzékelhető készenlétet kívánják orvosolni. Ma a felsőoktatási rendszerben dolgozók abszolút létszámának bővítése a kérdés. Az új állások tehát nem veszélyeztetik az idősebb generációk foglalkoztatási biztonságát. Az álláspályázatok átalakítása legfeljebb a tudósi bölcsesség és az életkor összefüggéséről alkotott kelet-közép-európai felfogásunkat ingathatja meg.

V. Lesz-e európai hatósugarú kutatóegyetem Magyarországon?

Az Egyesült Államokban négyezer felsőoktatási intézmény (egyetem és főiskola) ad ki felsőfokú végzettséget tanúsító, elismert diplomát. Tudományos fokozatot (PhD-t) ötszázötven intézmény ítél oda, és a Carnegie Alapítvány folyamatosan tökéletesített kritériumrendszere alapján százhuszonöt egyetem érdemli meg a *kutatóegyetem* megnevezést. Kutatói volumene, az amerikai gazdaságban, a védelemben és a társadalomban játszott szerepe alapján ötven egyetemet tartanak számon *nemzeti jelentőségű intézményként*.

Az EU 5. Keretprogramjának csak néhány területén kaptam számszerű adatokat a magyar felsőoktatási intézmények eredményességéről. Úgy becsülöm, hogy három–öt egyetem volt képes ötnél több kutatási projektre támogatást nyerni. Az OM által bekért statisztikai adatok szerint a külföldi kutatási megbízások nyolcvanöt százalékát négy intézmény, a központi költségvetésen kívüli K+F források kilencven százalékát tíz intézmény nyeri el. Nagy szükség lenne sokoldalú mutatórendszer használatára, folyamatos működésű intézményminősítésre, ám ennek hiányában is megállapítható, hogy a magyar felsőoktatási rendszer kutatási potenciálja erősen koncentrált. A statisztikai arányokat figyelembe véve (az Egyesült Államokat az európai, nagyjából azonos méretű felsőoktatási rendszerrel állítva párhuzamba), úgy tűnik, hogy egy-két magyar egyetemnek lehet esélye arra, hogy európai jelentőségű kutatási-fejlesztési intézménnyé fejlődjenek.

Ezt a pozíciót csak erős szelekciót érvényesítő kormányzati politika támogatásával érheti el egy még oly agilis, erős szakmai támogatottságú és társadalmi háttérű intézményi menedzsment is. Véleményem szerint az ezért a státusért versenybe szálló egyetemeknek – a Carnegie Alapítvány mutatóit és a hazai kutatási stílust elegyítve – a következő minimális ismérveknek kellene már ma eleget tenniük:

- évente százötven feletti számú, európai színvonalú PhD fokozatot ítéljen oda legalább tizenöt tudományágban,
- oktatói-kutatói közalkalmazottainak legalább fele PhD fokozattal rendelkezék,
- intézményi költségvetésének legalább egyharmadát kutatási-fejlesztési bevételei és ráfordításai adják, felhasználásukat önálló tudományos tanács felügyeli.

Ez lehetne a nemzeti jelentőségű kutatóegyetem magyar definíciója. Erre a szintre alapozva esély nyílhatna az európai jelentőségű oktatási-kutatási szuperintézmények

közé emelkedésre. A tudás társadalmát nem csak szlogenként használó politika kötelessége három-öt intézmény felkészítése erre a versenyre.

Az európai és nemzeti kiválóság kritériumai mellett a felsőoktatási intézmények *regionális (helyi) szerepvállalása* ugyanilyen fontos egy arányosan fejlődő, kiegyensúlyozott társadalom számára. Meg kell ragadni a Burgenlandból érzékelhető igényt a felsőfokú oktatásra csak úgy, mint a Miskolc-Kassa-Debrecen-Nyíregyháza-Lublin együttműködésből adódó esélyeket, – hogy két világos regionális fejlesztési irányt jelöljek meg példaként, ahol K+F feladatok kínálóznak a felsőoktatásban, de a technológia fejlesztésében is.

E cikk alapjául szolgáló tanulmány hivatalos opponensei (meg az eddig a pontig türelmüket még el nem vesztett olvasók is) itt két jogos kérdést tesznek fel. 1.) Van-e minderre reális esély, vagy inkább ebbresszük fel a szerzőt álmodozásaiból? 2.) Tegyük fel, hogy mindezt engedelmesen megvalósítja a magyar társadalom, de miért jó ez neki? Megpróbálkozom a válasszal, igaz, becsléseim durvák, ám talán mások kedvet kapnak finomításukhoz.

A felsőoktatási K+F költségvetés 2010. évi állapotát a 2001. évi tényadatokra építve a következő feltevésekkel modellezem:

- a GDP kilenc éven át átlagosan évi háromszázalékos ütemben bővül;
- a K+F felhasználás 2010-ben a GDP másfél százaléka lesz (ez az európai várakozáshoz képest a legelső, még elfogadhatónak tűnő arány);
- a felsőoktatási költségvetés évi átlagos növekedése öt százalék, tehát jelentősen meghaladja a GDP-ét (különben az előző pont a jelenlegivel fordított előjelű aránytalanságra vezethet);
- a felsőoktatási bérek évi átlagos növekedése három százalék, tehát felülkerekedik a kutatási-oktatási körülmények javítását preferáló józan munkavágy a

Megnevezés	2001	2010
GDP	13 719	17 900
K+F ráfordítás (2001: 0,94%, 2010: 1,5%)	129	269
Felsőoktatási K+F (2001: 28%, 2010: 30%)	36	81
Ebből bérjellegű	23	32
Ebből nem bérjellegű	13	49
Felsőoktatási központi költségvetés	99	154

4. táblázat • A felsőoktatási K+F finanszírozási forrásaira vonatkozó modellszámítás eredménye (milliárd forint)

teljesítményektől elrugaszkodó személyi juttatásnövelés igényén.

A modell bemenő és kimeneti adatait (2001-es árakon, milliárd Ft-ban, kerekítve) a 4. táblázat foglalja össze.

Eszerint a nem K+F célú bérprojekcióként⁴ számított felsőoktatási K+F ráfordítás a felsőoktatási költségvetésnek harminckét százaléka emelkedne, azaz ebben az évtizedben több kutatóegyetem is életképesse válhat Magyarországon (feltéve a többi kritérium teljesülését). A felsőoktatás meghatározóan alap kutatási jellegéből adódóan feltelezhető, hogy az állami költségvetésből folyik be a K+F ráfordítások hetven százaléka, ötvenhatmilliárd forint. Tehát a béreket részben fedező K+F hányad levonása után kutatási infrastruktúrára és projektfinanszírozásra 24 milliárd forint marad. Ebből tizenöt százalékos teljes munkaidőjű létszám fejlesztéséhez a K+F által viselt részleges bérköltség is tervezendő: ötmilliárd forint. Az állami pályázati rendszerből származó felsőoktatási bevételt kilencmilliárd forintra elegendő emelni, és tízmilliárd forint lehetne a teljesítménymutatókkal arányos, intézményi szintű K+F támogatás, amelybe a doktori képzési normatíva is beleértendő. Utóbbi megduplázása esetén is a 2001. évi szint négyszeresét lehetne a középtávú OM-intézményi K+F

szerezésekre, ill. kisebb részben az alkalmazott felsőoktatás-fejlesztési K+F tevékenység állami részfinanszírozására fordítani.

Mi jó származik ebből az állami finanszírozású doktori képzés megduplázásán túl? Nos, a magyar központi költségvetésen kívülről (a versenyszférából és külföldről) megszerzendő felsőoktatási K+F bevételek évi huszonötmilliárd forintra emelkedésének követelménye fejezi ki a társadalom várakozásainak módosulását, ami a jelenlegi szintnek több mint nyolcszorosa. Ez az igazi kihívás, amely majd az átalakuló felsőoktatási intézményvezetés teljesítményét az oktatási eredményességgel egyenrangúan méri.

E szint eléréséhez már csak 7 év van hátra, miközben az első két év a céltudatos előrelépésben máris jelentős deficitet halmozott fel. Már el kellett volna kezdeni a kormányzati előkészítő munkát a 2004-2010 közötti időszakra jutó ráfordításnövelésről és annak célba juttatási feltételeiről. Nem kerülhet el a felsőoktatási K+F ügyének átemelése a felsőoktatáson belüli alkudozások szintjéről a nemzeti kutatás-fejlesztési stratégia középpontjába. Csak így érvényesíthető, hogy a többletforrás alapvetően azokhoz kerüljön, akik megvalósítják a külsőforrás-bevonás növelését hárommilliárdról huszonötmilliárd forintra.

Remélem, a magyar kutatóegyetemek halmaza 2010-re nem bizonyul üresnek.

⁴ A közalkalmazotti bérnek azt a részét, amely a felsőoktatásban átlagosan K+F tevékenységre fordított munkaidőhányadnak felel meg, a statisztika a K+F ráfordítások közé sorolja. Ezt hívom röviden K+F célú bérprojekciónak.

Kulcsszavak: *egyetemi kutatás; felsőoktatás-finanszírozás; doktori iskola; kutatóegyetem; európai integráció*

A jövő tudósai

Tisztelt Olvasó!

A kutatók utánpótlásával – fiatal tudósokkal foglalkozó melléklet ötödik számában *Erlich-né Bogdán Katalin* a főiskolások helyzetéről ír a tudományos diákköri mozgalomban, *Szabó Sándor* a református gimnáziumok tudományos diákköri konferenciáinak kilencéves hagyományairól számol be, *Mentler Mariann* pedig a győri Talentum Műhely munkáját ismerteti.

Kérjük, ha a tehetséggondozással, a kutatói utánpótlással, vagy az ifjú kutatókkal kapcsolatos témában bármilyen közérdeklődésre számot tartó mondandója lenne, keresse meg a melléklet szerkesztőjét, Csermely Pétert a csermely@puskin.sote.hu email címen.

Csermely Péter

az MTA doktora

(Semmelweis Egyetem Orvosi Vegytani Intézet)

A FŐISKOLÁSOK HELYZETE A TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI MOZGALOMBAN

A Magyar Tudomány 2002/7. számában Bencze Gyula, a fizikai tudományok doktora megosztotta velünk azokat a gondolatait (Bencze, 2002), amelyek a diákköri mozgalom megindulásának 50. évfordulója alkalmából megjelent kötet (Anderle, 2001) olvasása közben megfogalmazódtak benne. Ezek közül a főiskolákra vonatkozó kérdésével szeretnék foglalkozni, illetve újabb (talán költői) kérdéseket feltenni. Mindezekre az bátorít fel, hogy főiskolai oktatóként az elmúlt harminc évben a diákköri mozgalom

csaknem minden szintjén dolgoztam, dolgozom (témavezető, intézményi TDT-elnök, OTDT szakmai bizottsági tag vagyok). Végezetül szeretném néhány szóval bemutatni főiskolánk diákköri életét.

„Önképzés, tudományos utánpótlásnevelés vagy verseny?”

A diákkör történetét feldolgozó kötet olvasásakor Bencze professzor „ellentmondásra” bukkant: *„A TDK történetében a legtöbb diákköri dolgozat (csaknem 40 %) szinte mindig a főiskolákból érkezett be, messze megelőzve hazánk nagy hírű és tekintélyes egyetemét. Minthogy a főiskolákon jóval kevesebb a magasan kvalifikált (a tudományos elítélhez tartozó?) professzor, hogyan lehetnek e főiskolák képesek az egyetemeket is megszégyenítő elitképzésre?”* (Bencze, 2002).

Mint főiskolai oktató, nagyon kellemesnek találok az idézet első mondatát, a második olvastán viszont úgy érzem magam, mint egy, a Hamupipókének segédkező galambok közül. Furcsa vagy sem, sok kis Hamupipóke is eljut a bálba. Csak ritkán lesznek bálkirálynők. Ez nem baj, hiszen még máig sem dönt el, hogy a TDK célja *„önképzés, tudományos utánpótlásnevelés vagy verseny?”* (Bencze, 2002). Ezt mindenki maga dönti el, s e döntés szellemében vesz részt benne. Talán a Bencze professzor által felvillantott célok közül az első és a harmadik motiválja a főiskolai hallgatókat és oktatókat, hiszen a főiskolák tárgyi és személyi feltételei ezt teszik elsősorban lehetővé. Kis kerülővel ugyan, de a második cél is megvalósulhat: az OTDK-kon szereplő főiskolai hallgatók jelentős része előbb-utóbb elvégzi az egye-

temet is, így megnyílik előttük a kutatóvá válás lehetősége.

Sok vagy kevés a főiskolai dolgozatok 40 %-os számaránya az OTDK-kon?

Ha csak a fennmaradt hiányos irattárakra támaszkodunk, nehezen deríthető ki, hogy mi rejlik a fent idézett adat mögött. Nem tudom, hogy a kötetben közölt adatok mesélnek-e a 40 %-os részvételről. Nem tudom, hogy a 40 %-ban benne foglaltatnak-e a Tantárgypedagógiai és Oktatástechnológiai Szekció adatai. Ebbe a szekcióba ugyanis főként főiskolák küldenek dolgozatokat. Ennek a szekciónak az anyaga sajnálatos módon – nem a szerkesztő hibájából – kimaradt a kötetből. Hatalmas munkát végzett a kötet szerkesztője és szerzői gárdája, de megbízható adatok és idő hiányában statisztikai számításokat, kimutatásokat nemigen tudott végezni. Valószínűleg nem is állt szándékában. Így csak találgatni lehet, de akinek van ráérő ideje, meg is vizsgálhatja a kérdést, az alábbi gondolatokat is figyelembe véve.

- Nem biztos, hogy a fent említett 40 % ellentmondást takar. Ehhez ismernünk kellene ötven évre visszamenőleg a főiskolák és egyetemek, illetve azok hallgatóinak számát, bennük a TDK munkát végzők részarányát. Talán a felsőoktatásban végrehajtott intézményi integráció előtt több főiskola volt, mint egyetem? A hatvanas-hetvenes évekbeli nagyszámú főiskola-alapítások előtt megkevesebb? Vagy a mai egyetemek közül néhány főiskolaként működött korábban? Vagy népesebbek voltak a főiskolák? Esetleg tényleg lelkesebb, elhivatottabb volt a hallgatóság és az oktatói gárda a TDK-munka területén? Lehet, hogy a közvetlenebb, kollegiális tanár-diák viszony az oka?

- Hány százalék volt díjazott a főiskolákról beérkezett dolgozatok közül? Talán olyan kevés, hogy nem is kell szégyenkezniük emiatt az egyetemeknek? Ez ma is élő probléma a legtöbb szekcióban.

- Azt is érdemes figyelembe venni, hogy a kötet egy olyan időszakot dolgoz fel, amelyben a diákköri élet – az utolsó nyolctíz évtől eltekintve – a *hallgatók IQ-ját és felkészültségét tekintve, hasonló merítési bázisra épülő* felsőoktatási környezetben játszódott. Az akkoriban általánosnak mondható többszörös túljelentkezések miatt olyan erős felvételi szűrésre volt lehetőség és szükség, hogy *az egyetemekre és a főiskolákra bejutó hallgatók tudása, felvételi teljesítménye között alig volt különbség*. Az egyetemi, főiskolai évek alatt ez megmaradhatott, és a diákköri munkában teljesebben ki: a kevesebb tanulmányi terhet, kötelezettséget cipelő, ambiciózus főiskolai hallgató szellemi szükségleteit a kötelező tananyagot túlmutató önképzéssel, kutatással elégítette ki. Ez sajnos már jórészt a múlté.

Képesek lehetnek-e a főiskolák az egyetemeket is megszegyenítő elitképzésre?

Röviden: nem. Bővebben: a kérdés megválaszolásához először is tisztázni kellene két dolgot:

1. Az egész képzést tekintjük-e (a válasz: nem), vagy csak a tudományos diákköri munkához kapcsolódó konzulensi tevékenységet (a válasz: talán)?

2. Mit értünk eliten, elitképzésen? Én is úgy gondolom, nincs egyértelmű definíció az elitre, de tetszik Bencze professzor megközelítése. *Ki tartozik az elitbe a felsőoktatásban?* Ezt a besorolást nem a hivatalosan elért, „papírral igazolt” címek, eredmények, alapján kellene megtenni, hanem azon az alapon, hogy ki „tette fel az életét” arra, hogy a tudományt többnyire eredményesen szolgálja, s ezzel hozzáértő pályatársai elismerését kivívja. Ugyanakkor ismerje meg és ismerje el arra érdemes pályatársai eredményeit. Megfelelő szinten keltse fel és elégítse ki a laikusok érdeklődését. Ez a hallgatókra és az oktatókra egyformán vonatkozik.

- A *hallgatók* közül mindenesetre az elitbe sorolom azokat, akik a kötelező tananyagot kívül időt és néha pénzt sem kímélve, a szokásos diákszórakozások helyett könyvtárakban, laborokban ülnek, vagy sokszor mostoha körülmények között anyaggyűjtést végeznek a terepen, és vannak olyan bátrak, hogy gondolataikat, eredményeiket az ország nyilvánossága elé tárják. Ha csak az elért OTDK-eredményeket, a szubjektivitástól sem mentes I-III. helyezéseket tekintjük, nyilván ez utóbbiak a diákkörösök elitjei. Az első helyezettek elitjei pedig a Pro Scientia aranyérmesek. De ők talán már nem is a klasszikus értelemben vett diákkörösök.

- Az *oktatók* körében a tudományos fokozat a mindenkori fokmérője a tudományos elithez tartozásnak, de itt is vannak kivételek. Van, aki akár nemzetközi szinten is elismert, eredményes kutató, de egy nyelvvizsga hiánya nem teszi lehetővé számára, hogy belépjen a hivatalosan „minősített oktatók”-nak nevezett tudományos elitbe. (Ennek tagjai közül néhányan talán nem is beszélnek idegen nyelven, mert húsz éve ez még nem volt követelmény egy tudományos fokozat eléréséhez.) A *főiskolákon* *tényleg kevesebb a kvalifikált oktató*. Ez több okra vezethető vissza, megpróbálom felvázolni. Mivel (fizika) tanárképzéssel foglalkozom, ismereteim is erről a területről származnak. A műszaki, orvosi, jogi stb. felsőoktatást nem ismerem igazán, tehát példáim nem róluk szólnak. Az alábbiakban a „főiskola” valamely tanárképző főiskolát vagy főiskolai kart jelent, az „egyetem” pedig valamely tudományegyetemet.

- Az *egyetemek* egy-egy tanszékén több oktató, ugyanakkor bizonyos szakokon sokszor relatíve kevesebb hallgató van, mint a főiskolákon. Ez egyszerűen kevesebb óraszámot jelent az egyetemi oktatónak. Van ideje kutatni. Még a témavezetője is helyben van, a kutatás feltételei is százszor jobbak. Ehhez a – néhány külföldi lapnál már jól is-

mert kollégákkal közösen írott – külföldi publikációk is hozzájárulnak, így gyorsabban halad a tudományos ranglétrán. Az egyetemi doktori cím negligálása után egy-két kivételtől eltekintve gond nélkül megkapták a PhD átminősítést. Ez már tudományos fokozat. Tehát nem vitatva tehetségüket, tudásukat, eredményeiket, könnyebben váltak kvalifikált oktatóvá. Több idejük van a diákkörös hallgatókkal foglalkozni, esetleg saját kutatásaikba bevonni őket.

- A *főiskolákon* van olyan oktató, akinek három-négy tantárgyat is oktatnia kell, igen magas heti óraszámban. „Kisdoktoriját” – hiába volt summa cum laude – nem minősítették át PhD-re, mert régi témáját nem akkreditáltatta az egyetem. Ötvenéves fejjel újra munkához lát, PhD-témavezetője egy másik város egyetemén van. A kutatásokat is otthonától és munkahelyétől távol kell végeznie, ami gyakori utazást, esetleg többnapos távollétet jelent. Természetesen három éven át újra tanul és vizsgázik, mint régen, fiatal korában. És mégis, a diákköri témák vezetésében nem marad el az egyetemi oktatók mögött. Persze, ez így nem teljesen igaz. Mindkét intézménytípusban vannak olyan magasan kvalifikált oktatók, akik nem pazarolják idejüket hallgatókra, és vannak olyan egyetemi „kisdoktori”-val rendelkezők, akik fél életüket a diákköri munkának szentelik. Talán emiatt nem jut idejük megszerezni a tudományos fokozatot, és nem tartoznak a hivatalos elitbe?

- A *tárgyi feltételek* a több évtizedes, évszázados múltra visszatekintő egyetemen már csak az eredeti felhalmozás miatt is sokkal jobbak, nem beszélve az utóbbi évtizedekben pályázatok útján elnyert támogatásokról. A főiskolák pályázati esélyei sokkal kisebbek. A pénz oda megy, ahol már van: a pályázati űrlapok egyik fontos kérdése a saját erő és a már korábban elnyert pályázatok felsorolása. A főiskoláknak néha szerencsésük van egy egyetemi pályázathoz társulni,

s a pályázaton elnyert összeg néhány százalékhoz hozzájutni. Az így szerzett egy-két millió forint igen jelentős összegnek számít. A diákköri kutatások is többnyire a tanszéki, intézményi eszökbázison folynak, s ezek jelentösen befolyásolják az eredményeket.

Az OTDK mai helyzete, ellentmondásai, a szabályok változtatásának szükségessége

- Az elmúlt tíz évben jelentösen megváltozott a TDK-tevékenység célja és tartalma. Megjelentek a „profi” kutatódiákok, mivel a diákköri munka, illetve az OTDK-n szerzett helyezés mára a doktori iskolákba való bejutás egyik fontos feltételévé vált. Ez a lehetőség az egyetemi hallgatók előtt áll nyitva, a főiskolai hallgatók és oktatók mondhatni „csak szerelemből”, az önképzés kedvéért vesznek részt a diákköri munkában. Ugyanígy vannak ezzel azok az egyetemi hallgatók, akik nem készülnek kutatói pályára. A kedvelt időtöltésen kívül az csábítja öket, hogy már korán, első vagy másodéves korukban hozzákezdhetnek az irodalmazáshoz, laboratóriumi mérésekhez vagy külső adatgyűjtéshez, s idővel diákköri munkájuk szakdolgozattá is érlelődik. Az is nagy motiváló erő, hogy több főiskolán elfogadják szakdolgozaiként azokat a TDK-dolgozatokat, amelyek az OTDK-n megmértettek, és az első három helyezés valamelyikét kapták. Ez a lehetőség különös jelentőséget kapott az új képesítési követelmények életbe lépésével, hiszen a tanár szakos hallgatóknak elvileg három szakdolgozatot kellene írniuk: mindkét szaktárgyból egyet-egyét és még valamilyen pedagógiai témájút. Nagyon szerencsések azok a hallgatók, akiknek két dolgozat is elegendő lehet (például az egyik szaktárgyból egy szaktudományi téma, a másiktól pedig valamilyen szaktudományi és annak általános iskolai interpretációja).

- Mivel a tanárképző főiskolák személyi és tárgyi feltételei korántsem versenyképesek a tudományegyetemekével, az a hely-

zet állt elő, hogy a *szaktudományi témákban* (fizika, biológia stb.) a még oly lelkes főiskolások és témavezetőik is csak a „*füttak még*” kategóriában vannak nyilvántartva. Kapnak néha különdíjat vagy dicséretet, de I-III. helyezett csak elvétve akad. *A tantárgypedagógiai témákban viszont jelentős eredményeket érnek el.* Komoly alkotómunkát végeznek: feladatgyűjteményeket, oktatófilmeket, oktatóprogramokat készítenek, megvizsgálják hatékonyságukat, tankönyveket, oktatási programokat elemeznek, stb. Szóval csupa olyasmit alkotnak, ami a közoktatásban nagyon is hasznosítható lenne (illetve némelyikük hasznosul is). Ez mostanában nagyon is ráférne a közoktatásra, hiszen egyre szegényesebb előképzettséggel jönnek a diákok a felsőoktatásba. Fontos lenne egy módszertani, pedagógiai frissítés a tanulás-tanítás hatékonyságának növelése érdekében. Ehhez a diákságtól kaphatnánk ötleteket, hiszen ök korban, stílusban közelebb állnak az általános- és középiskolás gyerekekhez, mint a harminc-negyven éve pályán lévő kollégáink. Ehhez viszont arra lenne szükség, hogy a tantárgypedagógia létjogosultságát jobban elismerjük a szaktudományok művelői. A diákköri mozgalom kitüntetési szabályzatai is a szaktudományi szempontokat helyezik előtérbe. Itt a Pro Scientia érmekre és a Mestertanár kitüntetésekre utalok. A szabályzat szerint annyi Mestertanár kitüntetés adható szakmai bizottságonként, ahány aranyérmes hallgató van. Az aranyérmesek követelményrendszere olyan, amit egy szakmódszertani témával foglalkozó hallgató, ha még oly tehetséges is, nagyon ritkán tud teljesíteni. (Az aranyérem várományosai kész életművet nyújtanak be pályázatuk mellékleteként.) Így aztán a szabadidejük nagy részét több évtizede a diákköri mozgalomnak szentelő, eredményes témavezetők közül is kevesen kapnak Mestertanár kitüntetést, mert csak egy-két aranyérmes diák van ennél a szakmai bizottságnál.

Bár az OTDT igyekszik saját keretéből korrigálni a témavezetőket érintő hátrányt, a hallgatók helyzete nem változik. Úgy gondolom, és erről már több fórumon is beszélgettünk (Szendrő – Koósné, 2002), hogy *az OTDK-n külön kategóriában kellene indítania* a kutatói, doktori pályára készülöket és a „csak” érdeklődésből, tudásvágyból, önképzés céljából kutató hallgatókat. Ez utóbbi céllal a tudománygyetemeken is készítenek diákköri munkákat.

- A fent vázolt különbségek a mindenki által üdvözölt, a *TDK-munka támogatását szolgáló új pályázati rendszer 2002. évi* bevezetésével várhatóan tovább nőnek majd. A kis intézmények is nagyon örülnek a pályázati lehetőségnek, hiszen eddig csak a hallgatói normatíva néhány tízezrelékéből gazdálkodhattak. De aki számolni tud, az kitalálhatja, hogy a nagy egyetemek diákköröseivel több nagyságrenddel nagyobb összeghez jutnak majd tárgyi feltételeik javításához. Így a szaktudományi témákban még inkább nő a különbség a két versenyzői csoport között. Ez is indokolná a két versenyzői kategória létrehozását.

Egy szelet valóság: diákköri élet a Nyíregyházi Főiskolán

Néhány szóban szeretném bemutatni a Nyíregyházi Főiskolán folyó TDK-munkát. Az intézmény Tudományos Diákköri Tanácsának elnöke vagyok. Előtte az egyik jogelőd intézmény, a Bessenyei György Tanárképző Főiskola TDT-elnöke voltam. Közel harminc éve segédkezem témavezetőként diákköri dolgozatok megszületésénél. Több évig dolgoztam a Tantárgypedagógiai és Oktatástechnológiai Szakmai Bizottságban, négy éve pedig a Fizika, Földtudományok, Matematika Szakmai Bizottságnak vagyok a tagja. Így mondhatom azt, hogy a tudományos diákköri mozgalom több szintjén is dolgoztam, dolgozom. Ily módon lehetőségem volt néhány problémával szembesülni és sok

dolognak örülni. A problémákat az előbbiekben vázoltam, most az örömeimet szeretném bemutatni.

A Nyíregyházi Főiskola négykarú intézmény, az egykori Bessenyei György Tanárképző Főiskola és az egykori Mezőgazdasági Főiskola integrációjával jött létre. Az egyes karokon folyó TDK-munkát a kari elnökök fogják össze, a külső kapcsolatok ápolása, a konferenciák szervezése az intézményi TDT-elnök feladata. A jogelőd intézményekben élénk és tartalmas diákköri tevékenység folyt a főiskolák megalakulása óta. Mindkét egykori intézmény megőrizte és ápolja hagyományait, így a TDK-munkában is vannak eltérések. Az összecsiszolódás, a közös dolgok teremtése még csak most kezdődik.

A hároméves képzési idejű, kisebb hallgatói létszámú *egykori Mezőgazdasági Főiskolán* inkább a *tutorrendszerű* munkát részesítették előnyben. Többnyire egyéni kutatómunka folyt egy-egy oktató irányítása alatt, s a minden év tavaszán megrendezett házi konferenciákon adtak számot munkájukról a harmadik évfolyamos hallgatók. A legjobbak indulhattak az OTDK-n, főként az Agrártudományi és a Közgazdaságtudományi Szekcióban. Szép eredménnyel szerepeltek, mindig volt díjazott hallgatójuk. Többen különdíjban részesültek. A korábbi intézmény jelentős részét magában foglaló *Műszaki és Mezőgazdasági Főiskolai Karon* az elmúlt évben megalakultak azok a diákkörök, amelyek a jövőben önképzőkör jelleggel kívánnak működni. Így szélesebb körben épülhet ki tudományos-kollegiális kapcsolat a hallgatók és az oktatók között. Sikeresen pályáztak a 2002-es központi, a TDK-munka segítését célzó pályázaton: kétszer nyolcszázezer Ft-ot nyertek el. Kutatási témáik (mezőgazdasági gépészet, növénytermesztés, környezetgazdálkodás, kertészet) széles kapcsolatrendszer kiépítésére adnak lehetőséget a gazdasági élet különböző területein működő intézményekkel,

cégekkel, akik szponzorként támogatják diákköri rendezvényeiket.

A két jogelőd intézmény néhány tanszéket magában foglaló ún. „vegyeskaron” – a *Gazdasági és Társadalomtudományi Főiskolai Karon* – még a tutorrendszer dominál, bár a Filozófia Tanszéken tovább él egy társadalomfilozófiai kérdésekkel foglalkozó diákkör. A *Természettudományi Főiskolai Kar* és a *Bölcsészettudományi és Művészeti Főiskolai Kar* az egykori *Bessenyei György Tanárképző Főiskola* tanszékeinek 90 %-át foglalja magában a Tanítóképző Intézettel együtt. A diákköri mozgalom a főiskola megalapítása, 1962 óta igen jól szervezett. Többnyire a tanszékekhez kapcsolódó diákkörök működnek. Mindegyiknek van egy tanárelnöke és egy hallgató titkára. A tanszéki diákkörökben *főként az önképzőköri jelleg dominál*. A témavezető tanárok egyedi témákat is felkínálnak, de sokszor több hallgató dolgozik ugyanazon a témán, más-más módszerrel vizsgálva vagy más-más területét feltárva egy adott problémának. Egy-egy tanszék diákköre sokszor azonos témán dolgozik (nyelvjárásgyűjtés, népi hangszerek, humánbiológia, biokémia, bioszféra kutatása, radioaktív sugárzások mérése). A különböző témákon és különböző témavezetőknél dolgozó hallgatók rendszeresen tartanak felolvasó üléseket, amelyeken bemutatják eddigi kutatásaik eredményeit, megfogalmazzák és megvitatják a felmerült problémákat. Szakmai kirándulásokat szerveznek, és meghívják országos szaktekintélyeket egy-egy, a kutatási témájukhoz kapcsolódó előadás megtartására.

A *TDK-kutatások anyagi háttéréért* elsősorban a tanszékek biztosítják, de a hallgatói normatíva törvényben meghatározott részes is rendelkezésükre áll. Nagy segítség számunkra az új TDK-pályázaton 2002-ben elnyert, két év alatt felhasználható 4,6 millió Ft. Időnként a Szabolcs-Szatmár-Bereg megyei Tudományos Testület is nyújt támoga-

tást. Az OTDK-k díjazottjai közül pályázatot nyújthatnak be a Tudományos Testülethez a Szabolcs-Szatmár-Bereg megyei illetőségű hallgatók tudományos ösztöndíj elnyerésére.

Hallgatóink hét-nyolc százaléka diákkörös, és általában legalább ötven százalékuk indul a *házi konferenciákon*. Itt igen szigorú a szűrés, az OTDK-ra bejutó hallgatók dolgozatainak *húsz-huszonöt százaléka díjazott* szokott lenni. A legtöbb dolgozatot a Tantárgypedagógiai és Oktatástechnológiai Szekcióba küldjük, de ezen kívül több szekciónak is résztvevői vagyunk (Agrártudományi; Biológia; Fizika, Földrajz, Matematika; Humán Tudományok; Kémiai és Vegyipari; Közgazdaságtudományi; Orvostudományi; Pedagógia, Pszichológia, Közművelődés és Könyvtártudomány; Testnevelés és Sporttudományok). *Többször adtunk otthont OTDK szekciórendezvényeknek*: Informatika Szekció (1995), Kémiai és Vegyipari Szekció (1993), Pedagógia, Pszichológia, Közművelődés és Könyvtártudományi Szekció (1989, 2003), Természettudományi Szekció (1971, 1981, 1997), Tantárgypedagógiai és Oktatástechnológiai Szekció (1999), Társadalom- és Humán Tudományi Szekció (1973). Az OTDK-kon kívül részt vesznek hallgatóink más felsőoktatási, intézményközi és nemzetközi konferenciákon is. Van két *Pro Scientia aranyérmesünk* és hat *mestertanárunk*. A TDK fél évszázados születésnapján átadott négyszázötven „Tudással Magyarorszáért” Jubileumi Emlékplakettből tizenhét került oktatóink birtokába. Több diákköri munka gazdag utóélettel rendelkezik: sok publikáció jelent meg, oktatóprogramok, szakköri füzetek, oktatófilmek váltak közkincsé és szolgálják a közoktatást. Örülök, hogy segíthetek a sok kis Hamupipőkének. Büszke vagyok rájuk és galambtársaimra.

Dr. Erlichné Bogdán Katalin

főiskolai docens, a Nyíregyházi Főiskola Tudományos Diákköri Tanácsának elnöke
erlichne@zeus.nyf.hu

IRODALOM

1. Anderle Ádám (szerk.) (2001): A magyar tudományos diákköri konferenciák fél évszázada (1951-2001). Országos Tudományos Diákköri Tanács, Budapest,
2. Bence Gyula (2002): TDK: önképzés, tudományos utánpótlás-nevelés vagy verseny? Magyar Tudomány 108, 969-971,
3. Szendrő Péter – Koósné Török Erzsébet (2002): Tudományos Diákkörök – fél évszázad a tehetség-gondozás szolgálatában. In Csermely Péter (szerk.): A jövő tudósai. Magyar Tudomány 108, 1377-1383.

REFORMÁTUS KÖZÉPISKOLÁK TERMÉSZETTUDOMÁNYOS DIÁKKONFERENCIÁJA

Az ötlet

Kunszentmiklós, szeretett szülővárosom 1994 nyarának végén ünnepelte városá nyilvánításának 200 éves évfordulóját. Kunszentmiklós város története elválaszthatatlan a református hagyományoktól és ősi σχολιάjától, a Református Gimnáziumtól. Végig-ülve az ünnepséget azon gondolkodtam, hogy mit is tehetnék, mit is tehetnének azért, hogy e kisváros, a Felső-Kiskunság fővárosa újra a régió szellemi központja lehessen – és még az ünnepség alatt kipattant az RKTDK ötlete. A Református Középiszkolák Természettudományos Diákkonferenciája történetének első hét éve a kunszentmiklósi Baksay Sándor Református Gimnáziumhoz, az utóbbi két év pedig a csurgói Csokonai Vitéz Mihály Református Gimnáziumhoz kötődik.

Miért pont RKTDK?

Biológia szakos tanárként elfogadtam, de nagyon nem szerettem, szeretem a „tesztes” versenyeket. Olyan tanulmányi verseny terve bontakozott ki előttem, ahol a diákok (és a tanárok is) szellemi kalandra vállalkozhatnak. A saját érdeklődésnek megfelelő búvárkodás, a saját tapasztalatok írásbeli és – főként

(!) – szóbeli kifejezése és az elsajátított anyag „megvédése” a cél. 1994 őszén meghirdet- tük a Református Középiszkolák Természettudományos Diákkonferenciáját. Az RKTDK az egész Kárpát-medencét érintő rendezvény, hiszen a hazai református középiszkolák mellett részt vesznek rajta az erdélyi, partiumi református gimnáziumok tanulói. Az RKTDK három korosztályban (7-8., 9-10., 11-12. évfolyam) és három szekcióban (környezetvédelem, biológia, földrajz), az egyetemi-főiskolai tudományos diákköri mozgalomhoz hasonló verseny. A tanulók szabadon választott témákban egy dolgozatot írnak, melyet a konferencián előadás keretén belül mutatnak be és védenek meg. Minden tanuló pályázatának rövid kivonatát egy könyvben, illetve CD-n jelentetjük meg. Az RKTDK dolgozatait a rendező iskolák könyvtárai őrzik. Az RKTDK hangsúlya kezdetül fogva a konferencián van. Elsősorban a találkozás, a véleménycsere, a kapcsolatok kialakítása és ápolása a cél. Hiszen még – a szükséges rangsor miatt – a „legutolsó” helyen szereplő tanuló is magasan kiemelkedik az átlagból, mert a tudományok azon területével, amit választott, jóval többet foglalkozott, mint más tanulók.

Az RKTDK-n a kilenc év folyamán (1995-2003 között) harminckét iskola 883 tanulója vett részt. Őket száztizenkét felkészítő tanár segítette munkájukban. A zsűrielnökök körünk jeles tudósai, szakemberei voltak, akik szolgálatból vállalták, vállalják a zsűrizés nehé- z, gyakran hálátlan feladatát. Feladatuk a pályadolgozatok szakmai értékelése, a konferencián pedig a szekcióülések elnöklése. Munkájukért ezúton is köszönetet mondunk. A zsűritagok a szekcióüléseken a környékbeli iskolák pedagógusai, illetve környezetvédelmi szakemberek voltak. A KTM államtitkára: *Dr. Kemény Attila*, a KTM helyettes államtitkára: *Dr. Tardy János*, *Dr. Hámori József* miniszter (NKÖM), *Dr. Illés Zoltán* elnök úr (Környezetvédelmi Bizottság), Szászfalvi

László országgyűlési képviselő, polgármester vállalták világi részről a fővédnökséget. A Református Egyház részéről *Dr. Hegedűs Loránt* és *Dr. Márkus Mihály* püspök urak voltak a konferencia fővédnökei. Minden RKTDK nyitórendezvényén, a megnyitót követően – mintegy a diákoknak példamutatóként – korunk kutatói nagy sikerrel fogadott plenáris előadásokat tartottak.

Minden RKTDK kiegészítő eseménye volt a *Műzsám a természet* című képzőművészeti kiállítás. A kiállítás anyagát a Baksay Sándor Református Gimnázium, a Csokonai Vitéz Mihály Református Gimnázium, valamint a református iskolarendszer és más partneriskolák tanárainak és diákjainak munkái alkották. Külön ki kell emelni iskoláink volt és jelenlegi művésztanárainak, *Horváth Attilának*, *Madaras Lászlónak*, *Udvari Edinának* és *Hirka Mónikának* a tevékenységét. A képzőművészeti kiállítás mellett *Csegezy Árpád* és *Sipos Botond* rovarkiallítását és az Alsó-Duna-völgyi Környezetvédelmi Felügyelőség tevékenységét ismertető anyagot állítunk ki. Az RKTDK elmaradhatatlan kiállítója *Németh László* malakológus, aki káprázatosan gazdag puhatestű- és ásványkiállításával lép meg évről évre bennünket. Az RKTDK történetének első hat évében hagyománnyá vált, hogy a záróünnepségen az irodalom és az ének-zene köréből, a természet által ihletett művekből összeállított műsort mutattak be a Baksay Sándor Református Gimnázium diákjai. A konferencia résztvevői – kevéssé szabadidejükben – szakmai kirándulásokon vehettek részt a Kiskunsági Nemzeti Park, illetve a Duna-Dráva Nemzeti Park védett területein.

A II. konferencia óta a záróünnepség végén, a legjobbnak ítélt előadásokat mutatjuk be a nagyközönségnek. Igazán felemelő az a magabiztosság, szakmai elkötelezettség, az a szeretet, amellyel a „gálás” diákok szerepelnek. Manapság már videokazetták közönek az egyes iskolák között, hogy a gálaműsort azok is láthassák, akik nem lehettek itt.

Hogyan tovább?

E dolgozat írása közben döbbsentem rá, hogy milyen hatalmas munka van mögöttünk. Észre se vettük! Szívesen tettük. Sok RKTDK-s már az egyetemen, főiskolán van, közülük már több szakmai folyóiratokban, konferenciákon szerepelt. Sőt van már olyan felkészítő tanárunk is, aki egykor „RKTDK-s” volt! Bár sok-sok kritika is ért bennünket – természetesen hibáinkon javítani akarunk –, úgy érezzük, nem volt hiabavaló a célkitűzésünk. Készülünk a jubileumi 10. konferenciára. Terveinkben szerepel az, hogy pedagógiai-pszichológia és néprajz szekciókkal bővítsük a konferenciát. Szervezzük a „senior” és a „tanár” szekciókat is. A *Magyar Református Nevelés* hasábjain szeretnénk bemutatni a legeredményesebb tanulók munkáit. Amíg van igény, és Istentől van erőnk, bátran ígérhetjük, hogy évről évre lesz RKTDK. Szerezzünk várjuk mindazokat, akik eddig is megtisztelték bennünket, és azokat is, akik ezután érdeklődnek a Református Középiskolák Természettudományos Diákkonferenciájá iránt.

Szabó Sándor

igazgató, Csokonai Vitéz Mihály
Református Gimnázium, Csurgó
sandor_szabo@csokonai-csurgo.sulinet.hu

A GYŐRI TALENTUM MŰHELY

*„A jövőbe be kell fektetni,
és a legjobb befektetés, amit egy ország
csinál, az a fiatalsága nevelése.”
(Oláh György, Nobel-díjas)*

A tehetséggondozó Talentum Műhely Győrött a Nevelési Tanácsadó Gyermek- és Ifjúságpszichológiai központban működik. Győr nagy múltú oktatási intézményeiben, művészeti és kulturális életében a tehetségnevelésnek szép hagyományai vannak. Az elmúlt években, a város iskoláiban új tehet-

sépedagógiai kezdeményezések alakultak ki. A társadalmi változások, a város dinamikus fejlődése még nyilvánvalóbbá tették, hogy közérdek a tehetséges gyermekek kimagasló képességeinek időben történő felismerése és fejlesztése. Szükségessé vált egy olyan iskolai kereteken túli rendszer kialakítása, amely összefogja a tehetségevelés iránt elkötelezett pedagógusokat és más szakembereket, koordinálja a tehetséggondozást. Ezt a szándékot megerősítette 1997-ben a Magyar Tehetséggondozó Társaságnak Budapesten *Tehetség és társadalom* címmel rendezett konferenciája. Itt fogalmazódott meg az igény regionális tehetségevelési központok létrehozására, köztük egyik helyszínként Győr is szerepelt.

Ilyen előzmények után hozta létre 1998-ban hat lelkes iskolaigazgató és egy országgyűlési képviselő a Győri Talentum Műhelyt. Az iskolai oktatási rendszert kiegészítő és speciális fejlesztést nyújtó tehetségevelési igényét mutatja, hogy a megalakult Talentum Műhely programjához azonnal tizenhét győri iskola csatlakozott. A Műhely kezdetben pályázati pénzekből és támogatásokból működött. Győr regionális szerepe az ezredfordulóra a Széchenyi István Egyetem megalakulásával felértékelődött. A város, az egyetem és a régió szempontjából is meghatározó a tehetségek felkutatása és célirányos fejlesztése, hogy később fontos építőivé váljanak a helyi társadalomnak. Ezt felismerve Győr Megyei Jogú Város Önkormányzata lehetővé tette, hogy a Győri Talentum Műhely 2001-től intézményesített formában működjön a Nevelési Tanácsadó Gyermek- és Ifjúságpszichológiai Központban. Olyan állandó szolgáltatás jött létre, amely sikerrel próbálja kielégíteni azokat a tehetséggondozással kapcsolatos igényeket, amelyeket az iskola és a család nem tud megoldani. A város a Talentum Műhely folyamatos tevékenységét egy tehetséggondozó koordinátor pedagógus és egy pszichológus alkalmazásával,

egy iroda kialakításával és a működés feltételeinek megteremtésével biztosította.

A Győri Talentum Műhely programjában megfogalmazta a tehetséggondozással kapcsolatos feladatait:

- A Műhely felkutatja, regisztrálja, folyamatosan támogatja a valamely területen kiemelkedő képességű, tehetséges általános és középiskolásokat. Fejlesztésükhöz diákkörökben speciális programokat biztosít jól képzett mentorok, tekintélyes szakemberek irányításával.
- Tanácsadást szervez azoknak a gyermekeknek, fiataloknak, akiknél már megmutatkoztak az átlagon felüli képességek.
- Továbbképzésekkel segíti a tehetséggondozó mentorok munkáját. Részt vesz új tehetsépedagógiai eljárások, módszerek kidolgozásában, népszerűsítésében.
- Programjairól internetes honlapján (<http://www.talentum.gyor.hu>) rendszeresen tájékoztatja az érdeklődőket.
- Kapcsolatot tart hazai és külföldi tehetséggondozó szervezetekkel. Konferenciákat szervez a város és a régió tehetséges diákjainak és a mentoroknak.

A Talentum Műhely diákköreinek működtetéséhez évente mentori pályázatot ír ki programok készítésére, különböző műveltségterületekre és korcsoportokra. A szakmai zsűri értékelése alapján kiválasztott, a legjobb projekteket készítő mentorok kapnak megbízást a kurzusok vezetésére. A tehetségevelési diákkörökbe az iskolák szaktanárainak javaslata alapján juthatnak be a legtehetségesebbek. A diákok önállóan és szülői kérésre is jelentkezhetnek a Műhely foglalkozásaira, de tehetségevelési eredményeként is kerülhet be tanuló a rendszerbe. Évente tíz-tizenkét diákköri csoportban százharminc-százhatvan tanuló vesz részt a programokon. A Műhely rendszeresen készít pályázatokat. Ebben az évben pályázati támogatással négyvel növekedett a csoportok száma, még több diáknak teremtve meg a

részvételi lehetőséget a képességfejlesztő, tehetséggondozó foglalkozásokra. A jól működő diákköröknek a Műhely biztosítja a programok folytatását, a tehetségesek hosszú távú segítését.

Az általános iskolai csoportok tagjai, a tanítási órák kötött formájával szakítva, főként a sokoldalú gondolkodást, a kreativitást, az önálló problémamegoldó képességet fejlesztő gyakorlatokkal és játékokkal ismerkednek meg. A középiskolások a mentorok irányításával és a csoport segítségével már az önálló kutatás módszereivel foglalkoznak, pályázatokon, konferenciákon, tanulmányi versenyeken vesznek részt. A Műhely csoportjai egy-egy fejlesztő kurzus befejezésekor, a *Talentum* napkeretén belül mutatkoznak be az érdeklődőknek. A diákok legértékesebb munkái, eredményei időszakonként a *Talentum* újságban jelennek meg. A Széchenyi István Egyetem Matematika, Környezetmérnöki, Építészeti Tanszékei és a Batthyány Jogász Szakkollégium előadások tartásával, kutatási lehetőségek biztosításával segíti a Műhely munkáját.

Azok a mentorok, pedagógusok és más szakemberek, akik a tehetségeveléssel foglalkoznak, a Mentor Műhely keretén belül továbbképzéseken, szakmai konzultációkon vehetnek részt, ahol tehetségevelő munkájukhoz segítséget kapnak. A Műhely akkreditált tehetségpedagógiai továbbképzések szervezésével is segíti a város és a régió pedagógusait. Az elmúlt időszakban a Talentum Műhely kapcsolatokat épített ki más tehetséggondozó szervezetekkel, folyamatosan együttműködik a Fővárosi Pedagógiai Intézet Tehetséggondozó Központjával, a Kutató Diákok Országos Szövetségével, a Kölni Egyetemmel. Munkájához szakmai támogatást nyújt a Magyar Tehetséggondozó Társaság és a Debreceni Egyetem. Részt vállalt a Szent István Egyetem kezdeményezésére nemrég alakult Tehetségpártoló Baráti Körének munkájából, amelyhez

csatlakoztak magyar közéleti személyiségek, neves tudósok, a közoktatás és felsőoktatás kiemelkedő pedagógusai.

2000-ben a Műhely a győri közoktatási intézmények közreműködésével nemzetközi konferenciát szervezett, ahol neves hazai és külföldi előadók szerepeltek. A tanácskozáson tizennégy ország több mint kétszáz tehetséggondozással foglalkozó szakembere vett részt. 2002. április 12-13-án a Kutató Diákok Szövetségének felkérésére a régióban először, Győrött rendezte meg a Talentum Műhely és a Révai Miklós Gimnázium a Középiskolai Tudományos Diákkörök Regionális Konferenciáját Északnyugat-Dunántúl kutató diákjainak. A regionális konferencián díjat nyert előadásokat a Műhely *A legjobb pályamunkák* címmel kötetben jelentette meg. A sikeres rendezvény után került sor Győrött 2002. november 29-30-án a Tudományos Diákkörök III. országos konferenciájára. A Kutató Diákok Szövetsége, a Talentum Műhely és a Révai Miklós Gimnázium közös szervezésében megrendezett országos-nemzetközi konferencián százharcminc tehetséges hazai, határainkon túl élő magyar és külföldi diák mutatta be kutatási anyagát a rangos zsűrinek. A zsűriben képviseltették magukat a nagy hazai egyetemek és a Magyar Tudományos Akadémia is.

A Győri Talentum Műhely a jövőben is részt vállal a tehetségpedagógiai módszerek, a korszerű tanulásirányítási eljárások népszerűsítésében. Regionális szerepét diák és mentori kapcsolatok létrehozásával, új fórumok kiépítésével, tehetségfejlesztő programok cseréjével, tehetségmenedzselési rendszer működtetésével, a tanácsadás kiszélesítésével szeretné erősíteni. Legfontosabb céljának mégis azt tekinti, hogy megfelelő támogatás híján egyetlen tehetség se vesszen el, hogy függetlenül a helyi körülményektől mindenki javára kibontakozhasson a tehetség.

Mentler Mariann

Győri Talentum Műhely, mentler@different.hu

Tudós fórum

„90” KOSÁRY DOMOKOS

Ormos Mária

Alig néhány évig állt egyetemi katedrán. Mint maga mondja: nem alkotott „iskolát”. A történelem nagy barátjához kora történelme többnyire barátságtalan volt. Ha jól meggondolom, a mindenkori hazai állapotokkal szemben ő is ritkán viseltetett baráti érzelmekkel. Mégis, mire kiteljesedett az élete – milyen hallatlan közép-európai szerencsel – beérkezett saját korába, vagy talán inkább: a hazai óramutató jutott szinkronba vele.

A Kosáry család selmezbányai „menekültként” érkezett a lekcinyített Magyarországra. Az otthon elvesztése után meg kellett kapaszkodni az új körülmények között, a fiatal, ekkor még kis gimnazista Domokosnak pedig nemsokára döntenie kellett életpályája irányáról. A családi hagyományok és a hazai értelmiségi szokások szerint sokminden szóba jöhetett: a természettudományok csakúgy, mint az orvosi, a mérnöki vagy a katonai pálya. A fiatalember azonban végül úgy döntött, hogy máris mutatta, hajlama van „kilógni a sorból”. A történelem (és mintegy kiegészítésképpen a latin) szak mellett szavazott, és valószínűleg csak később jött rá, hogy nagyon nehéz feladatra vállalkozott. Ő maga utóbb úgy érezte, hogy a legnehezebbre.

E döntést követően látszólag minden a legnagyobb rendben volt. Az egyetemen ki-

váló tanárokkal találkozott, az Eötvös Kollégium tagjaként inspiráló környezetben gyarapíthatta mind ismereteit, mind vitakészségét; nyelvtudásának, nagyszerű memóriájának és éles logikájának hála, kiragyogott az egyetemisták mezőnyéből, és a diploma megszerzését követően könnyedén jutott külföldi ösztöndíjhoz. Ekkor 1936-ot írtak. És mit tesz az ígéretes ifjú diplomás egy ugyancsak ígéretes pálya kezdetén? Kortársai nagy többségétől eltérően nem a „baráti” Németországba igyekszik, hanem Franciaországba és Angliába. A választás lehetett szakmai természetű, mivel három évvel Hitler hatalomátvételét követően Németországban már az egész szellemi élet *gleichschaltolt* volt, de ez a szakmai szempont egyszersmind magába foglalta az egész rendszer elítélését.

Az ösztöndíjas útnak jelentős szakmai hozadéka volt, mert Párizsban és Londonban találkozni lehetett a történész szakma jeles képviselőivel, többek között a virágjában álló *Annales* című folyóirat vezető gárdájával. Utóbb mind világosabban megmutatkozott, hogy a fiatal történész „nincs jóban” kora hazai és európai történelmi meghatározóival, mi több, a nemzetiszocialista Németországhoz való magyar igazodást veszedelmesnek tartja. Miután nagyon fiatalon, huszonnégy éve-

sen az Eötvös Kollégium tanára lett, ennek életrajzi következményei egy ideig nem mutatkoztak, de amikor 1940-ben a miniszterelnök, Teleki Pál megkérte, hogy angliai és amerikai útja során tájékozódjék a magyar politika ottani megítéléséről, valamint arról is, hogy angol-amerikai vezető körökben miként ítélik meg Magyarország jövőjét, erre készséggel vállalkozott. Misszióját teljesítve Telekinek arról számolt be, hogy mérvadó személyiségek kizártnak tartják a német győzelmet, és a magyarokat arra intik, legyenek erre figyelemmel. Ami Telekit illette, ennek ő is tudatában volt, és amikor malomkövek közé került, életének kioltásával válaszolt az általa megoldhatatlan súlyos dilemmára.

A pályája kezdetén álló fiatal történész tehát minden látható jel szerint kívül állt a korszak meghatározó politikai irányán, de ez egyelőre nem idézett elő törést szakmai karrierjében. Sőt. Kollégiumi tanári állása mellett az újonnan, és részben éppen általa szervezett Teleki Pál Intézet keretébe tartozó Magyar Történettudományi Intézet igazgatóhelyettese lett (1941), majd főszerkesztőként a *Revue d'Histoire Comparée* élén állt (1943-1949). Csakhogy mind az időközben általa alkotott művek, mind a Teleki Intézet tevékenysége és végül a *Revue* irányvonala, – mi több, már a folyóirat számára választott francia nyelv is – arról vallott, hogy Kosáry nem a múlandó jelennek dolgozik. A Görgey Artúrral foglalkozó kötetei ugyanúgy ellentmondtak a közvélemény által alkotott Görgey-képnek, mint annak idején a fiatal Szekfű Gyula írása a bujdosó Rákócziról, és a *History of Hungary* sem volt „konformistának” mondható. Jellemző, hogy magyar nyelven évtizedekig meg sem jelent. És ha feltesszük a kérdést, hogy 1943-ban miként juthatott valakinek egyáltalán az eszébe, hogy egy magyar történész folyóiratot francia nyelven jelentessen meg, a válasz csak az lehet, hogy a főszerkesztő már nem a mának, hanem a remélt jövőnek szerkesztett.

A megvalósult jövő és Kosáry Domokos azonban megint csak nem találkozott egymással. Az eltérés korábban is markáns volt, de – hála annak, hogy akadtak magas pozícióban is olyanok, akik vele hasonló nézetet vallottak – még nem torlasztták el a szakmai érvényesülés útját, ám az 1945 után kialakuló politikai rendszerrel szemben ellenálló, renitens Kosáry karrierje végveszedelembé került. Eleinte, mint mindenki más is, remélhette, hogy egy valóban demokratizálódó Magyarországon mind ő maga, mind szakmája kiváló lehetőségekhez juthat, a kegyelmi idő azonban nagyon rövidnek bizonyult. E rövid időre esett, hogy a budapesti egyetemen tanszékvezető tanárként működhetett (1946-1949). A csapda azonban, amelybe a magyar társadalom, a tudomány, az egész magyar kultúra, és mindezekkel együtt ő maga is belekerült, egyre szűkült. Egymást követték a kemény összecsapások a „marxista-leninista” alapokon álló történetírás politikai hatalommal is rendelkező korifeusaival, élükön Andics Erzsébettel, és ebből a szellemi párbajból Kosáry nem kerülhetett ki győztesen.

Minden pozíciójától megfosztva, 1949-től kezdve Kosáry Domokos parkolópályán működött. A gödöllői Agrártudományi Egyetem könyvtárának lett a munkatársa, hogy azután a Nagy Imre által fémjelzett lágyulás idején az igazgatója legyen (1954). Logikusnak, sőt úgyszólván elkerülhetetlennek tűnik, hogy az 1956-os forradalom idején megválasztották a történész forradalmi bizottság elnökének. Meg az is, hogy ennek a forradalom leverése után megadta az árát. Két és fél év börtön után 1960-ban szabadult, hogy ezt követően ismét parkolópályán folytassa – amennyire a helyzet és főként a mindenkori „felsőbbség” megengedte – a szakmai munkát. Szerencse volt, hogy előbb a Pest Megyei Levéltárban, azután az MTA Történettudományi Intézetében bújhatott meg. Mindkét intézmény lehetővé tette

ugyanis, hogy szürkén, a háttérbe húzódva ugyan, de történészként folytathassa tevékenységét. Úgy tűnik, mintegy húsz éven át nem is tett egyebet, mint művelte tanult mesteriségét. Nem látszott ügyet vetni sem arra, ami közvetlen környezetében, sem arra, ami a politikában történt. A mindenkori versengések, kisebb-nagyobb hatalmi ütközetek hidegen hagyták. Elsősorban az érdekelte, hogy dolgozhasson – és dolgozott is. Nem egy megszállott, hanem egy magabiztos kutató fegyelmével. Részben e magatartásnak, részben a megváltozott időknek köszönhető, hogy a 80-as években a személyét körülvevő szürkeség kezdett kivilágosodni, miként egyébként az ég is kezdett kivilágosodni az egész ország fölött.

Már nem volt előírás, hogy Kosáry Domokos kizárólag a magyar történetre vonatkozó források és irodalom gyűjtögetésének áldozza idejét (*Bevezetés a magyar történelem forrásaiba és irodalmába*. I-III. és utódkötetek), hanem megjelenhetett a *Művelődés a XVIII. századi Magyarországon* (1980), a *Széchenyi Döblingben* (1981), majd a gyűjteményes kötet *A történelem veszedelmei* címmel (1987). Bármennyire szeretne volna, a politika már nem tudta megakadályozni, hogy az MTA levelező, majd rendes tagjává váljassák. Ekkor már kinyílt valamelyest a határzár is, Kosáry Domokos pedig, mielőtt kapcsolatba léphetett a nyugat-európai kollégákkal, mielőtt szóhoz jutott a bárhol rendezett történészkonferenciákon, minden erőfeszítés nélkül azonnal bizonyította, hogy ebbe a csapatba (is) beletartozik. Magyar történész, a hazai történeti problematika kutatója, de fél lábbal Európa nyugati felében tartózkodik, és ezt a kapcsolatot több mint harmincéves karantén után ott tudta folytatni, ahol egykor megszakították.

A nyolcvanas évek végén már „csak” egy hatalmas közép- és kelet-európai robbanás hiányzott ahhoz, hogy Kosáry Domokos pályáján is hasonló történhessen. Egyszeriben

utolérte az Állami Díj (1988), a Magyar Tudományos Akadémia elnökévé választották (1990), majd Széchenyi-díjas lett (1995). Ma pedig nem csak az egész szakma, de annak keretein túl is sok értelmiségi – író, költő, tudós, művész – és más történelemszerető ember üdvözli megbecsüléssel és szeretettel a 90. születésnapját ünneplő Mestert. Logikus és egyszerű.

Nem kellett hozzá más, mint a kilencven esztendő nagy részét a túlélés művészetének szentelni. Főként az a született optimizmus kellett hozzá, amely az önbizalmon túl bizalmat jelent a világ, a hazai társadalom és – ha úgy tetszik – a „jószerencse” iránt. „Nincs olyan rossz helyzet, amelyből ne lehetne tisztességesen kijutni” – mondta egy riporternak. Mindig is bízott benne, hogy nem csak egy személy, de egy nemzet is túl tud jutni a leggyászosabb korszakokon is (tatárjárás, török megszállás, önkényuralom, német bevonulás, szovjet „felszabadítás”, Rákosi-rendszer), sőt még okulhat is belőlük, és azt gondolta, hogy olykor még a vereséget is haszonnal lehet lezárni (például a Rákóczi vezette felkelés után, vagy az 1867-es kiegyezéssel). Kellő türelemmel és néha szerfelett fárasztónak tűnő kitartással le lehet győzni az ostobaságot. Bízott a nemzet és vele együtt az európai kultúra erejében. Ez az optimizmus azt is jelentette, hogy ép lélekkel és az alkotóerőt megőrizve, túl lehet élni mind a börtönt, mind a mellözést.

Kosáry Domokos egész élete és egész eddigi életműve erről a megtörhetetlen bizalomról árulkodik. Szerinte az ember története és abban a magyarok története szükségképpen tele van buktatókkal, válságokkal, de az ember azért ember, hogy ezekből kikeveredjék. Hirdeti, s egyszersmind saját életútjával mintegy igazolja, hogy a történelemben nincsenek fatális végállomások. Az egyes ember és a társadalom élete, vagyis a történelem arról szól, hogy a meg-megisméltlődő válságokat úgy oldják meg, hogy

valamivel mindig változatosabb, színesebb, jobb lesz a világ. Kosáry meggyőződése, hogy a magyaroknak semmivel sem több az okuk akár az elkeseredésre, akár az önmutogatásra vagy erőfitogtatásra, mint bármely más nációnak.

Jól tudja azt is, hogy a történelem nem egyetlen fonálból áll (legyen az vörös vagy bármi más színű), hanem számtalan szál számtalan lehetséges összefonódásának mindenkori és mindenkor változó eredménye. Úgy véli, hogy a pillanatnyi eredmény külső (nemzetközi) és belső (nemzeti) hatások összességéből tevődik össze, és hogy éppen ezért nem lehetséges hol az egyiket, hol a másikat kizárólagossággal felruházni, még ha igaz is, hogy a túlsúlyt egyszer az egyik, máskor a másik tényező jelenti. Azt sugallja, hogy a történelmet nem lehet megérteni, sem megírni kizárólag a gazdaság, a társadalmi változások, a művelődés vagy a politika vonalán, mert ezek a vonalak nem (csak) önállóan léteznek, hanem szüntelen kölcsönhatásban (is) állnak egymással. A történetben kifejeződik az emberi viszonyok összessége, és ezért a történész dolga valóban mindenki másénál nehezebb.

Nos, igen, Kosáry Domokos pályájához szükség volt azért még szorgalomra, tanulásra, szüntelen kutakodásra, és – beszéljünk világosan – tehetségre, sőt bölcsességre. Ámde azt is jól tudjuk, hogy sok szorgalmas és tehetséges ember pályája tört meg vagy szakadt meg végleg azon, hogy kétségbeesetten igyekezett igazodni a mindenkori „konstellációkhoz”. Kosáry kilencven éve éppen azt sugallja, hogy ebben az országban, a mi időnkben, a szép karrierhez – ha szükséges, kiigazításokkal – kiegyensúlyozott ember is szükségeltetik. A Kosáry-életmű fontos sugallata, hogy a jelentős tudományos eredmény lelki-szellemi stabilitást kíván meg. A történelem bonyolultsága, szövetének árnyalata számára is fokról fokra átlát-

hatóbb és értelmezhetőbb lett, de ez sosem jelentette, hogy színei tetszés szerint változtathatók lennének. „A kulisszákat tologatják, nem én változom” – mondta egy interjújában. Valóban. Kosáry Domokos körül a kulisszák többször megváltoztak, de a lényegét illetően sem ő, sem történeti látásmódja nem módosult. A kulisszákat szolgáltathatta a Horthy-korszak barokk-magyar ízlésvilága, a zöld diktatúra, a felemás fél-demokrácia, a Rákosi-féle mini-diktatúra vagy bármi más rendszer színpada, Kosáry Domokos a közéletben mindig távolságtartó maradt a jelen pillanatnyi követelményeivel szemben, mert egyedül a jobbulás és jobbítás lehetőségeit kereste. Mindig, mindenféle kulisszák között. Tudósként pedig a megtalálható, felfedhető történeti igazságot, és – lehetőleg – annak teljességét kutatta. Változott a tudás, az ismeret mennyisége, tárgult a szerző látóköre, színesedtek az általa tárgyalt történeti eseménysorok, elmélyültek az értelmezett szereplők (Széchenyi, Kossuth, Görgey) általa felfedezett személyiségi vonásai. A tárgyalás azonban mindvégig szikár és racionális maradt, amely nem engedett sem romantikus csábításoknak, sem nemzeti mélabúnak, és nem engedett divat diktálta és politikai készletéseknek sem.

Alig néhány évet töltött egyetemi katedrán, és mint maga mondja, nem hozott létre „iskolát”. Nem adatott meg neki, hogy diákokkal, tanítványokkal vegye körül magát. Legalább formálisan nem. Ma mégis azt látjuk, hogy több generáció tagjai tekintenek rá mentorként és példaképként. Sokan tanultak, tanulnak tiszta, minden előfeltevéstől és ideológiai erőltetéstől mentes szövegeiből, áttekinthető, logikus szerkesztéséből, a széles horizontból, amely munkáit körülveszi. Mi ez, ha nem „iskola”? Lehet, hogy több. Ez talán egyetem.

Isten éltesse sokáig!

MTK KIHELYEZETT ÜLÉS BURGENLANDBAN/BÉCSBEN

2003. június 19-20.

A MTK elnöki bizottság feladata a határon túli magyar tudományossággal kapcsolatos kérdésekkel kapcsolatos stratégia kialakítása az Akadémián, az e témakörrel kapcsolatos javaslatok, vélemények megfogalmazása; döntés-előkészítés az akadémiai vezetés számára.

A bizottság – melynek tagjai hazai és külhoni magyar tudósok – évente két ülést tart, tavasszal és ősszel. Az utóbbi években alakult ki az a gyakorlat, hogy nyáron sor kerül egy kihelyezett bizottsági ülés megtartására, valahol a környező országokban. A kihelyezett ülések célja az, hogy a helybeliek minél pontosabb képet kapjanak a bizottság munkájáról, az Akadémia határon túli magyar tudományossággal kapcsolatos törekvéseiről, aktuális programjairól, a bizottság tagjai pedig a helyszínen tájékozódhassanak a régió helyzetéről, problémáiról, az ott folyó kutatásokról, s közvetlen eszmecsere alakulhasson ki a hazai és külhoni tudósok között.

Első ízben, 2001-ben Nagyváradon tartotta a bizottság első kihelyezett ülését, a Festum Varadinum keretében, május 16-án. A nyílt elnökségi ülés keretében a bizottság tagjai megtekintették a váradi püspöki palotát, a Partium Keresztény Egyetemet, majd előadások megtartására került sor, mind a vendéglátók, mind a bizottság tagjai részéről.

Az ülést megtisztelte jelenlétével Tempfli József nagyváradi katolikus püspök is.

Második alkalommal Csíkszeredán ülésezett a bizottság, 2002. június 27-28-án az EMTE csíkszeredai campusán. Itt is sor került

a helyszín megtekintésére, a kar épületeinek, intézeteinek meglátogatására, majd mindkét fél részéről előadások hangzottak el a legkülönbözőbb tudományterületekről. Az esti városházi fogadás után az erdélyi tudományosság jelenéről és jövőjéről folytattak eszmecserét az egybegyűltek, másnap pedig Felsőoktatáspolitikai Fórum keretében vitatták meg a helybéli és a magyarországi résztvevők az erdélyi magyar nyelvű felsőoktatás aktuális kérdéseit. Az elnöki bizottság idén Ausztriában tartotta meg kihelyezett ülését, 2003. június 19-20-án, a burgenlandi Alsóörben, majd ezt követően Bécsben.

Az ausztriai magyarság egyike a legkisebb számú magyar kisebbségeknek a környező országokban, a burgenlandi öshonos magyarság lélekszáma 10 ezer alatti, Bécsben, Grazban s más városokban további mintegy 40 ezer főre becsülhető a magyarok létszáma. Azt reméljük, hogy az ülést követően megélnék a kapcsolatok az ausztriai magyarokkal, bővül a köztisztület létszáma e régióban, s sikerül kapcsolatba kerülni a távolabbi vidékek, elsősorban Bécs, Graz magukat magyarnak is valló, főleg a nem humán területeken dolgozó kutatóival – erre ígéretet és segítséget kaptunk/várunk a burgenlandiaktól és a bécsi kollégáktól.

Vendéglátónk Alsóörben a Magyar Média és Információs Központ volt, ahol Kelemen László igazgató szervezte meg a programot az Öreg Iskolában. Másnap délelőtt látogatást tettünk a Bécsi Egyetem Finnugrisztikai Tanszékén, ahol Johanna Laakso tanszékvezető

és Rédei Károly, az MTA külső tagja és munkatársaik fogadtak bennünket, majd délután Deák Ernő történész látta vendégül a bizottság tagjait a Bécsi Magyar Otthon épületében, a Bécsi Napló szerkesztőségében.

Alsóőrben élénk érdeklődés kísérte a kihelyezett ülést, délután két óraa több mint ötven érdeklődő foglalt helyet a teremben. Jelen volt a Duna Televízió, valamint a helyi média munkatársai. A kölcsönös üdvözlések után először is Galambos Ferenc Ireneusznak adta át Berényi Dénes, a MTK elnöki bizottság elnöke az Arany János Emlékérmét a burgenlandi magyarság identitásának megőrzése terén kifejtett kiemelkedő munkásságáért. Galambos Ferenc Ireneusz tanár úr 1920-ban született Budapesten. 1956-ban hagyta el Magyarországot, s 1969 óta tanít, illetve plébánosként szolgál Burgenlandban. Tevékenysége a tanításon kívül számos egyéb fontos területre terjedt ki: a Burgenlandi Magyar Kulturális Egyesület (1968) és az Alsóöri Magyar Intézet (1988) megalapítása, új plébánia építtetése, az alsóöri templom felújítása, magyar művelődési ház létrehozása, kórusvezetés, könyvtár kialakítása stb. Munkáját nyolcvanöt éves korában, 2002. augusztus 31-én átadta utódjának, Horváth János plébánosnak.

A díjátadás után előadások hangzottak el a vendéglátók és a vendégek részéről, felváltva, igen különböző témakörökben. Mint mindig, most is sor került az MTA határon túli programjának bemutatására, Alsóőrben Tarnóczy Mariann, az elnöki bizottság titkára tartott összefoglalót a határon túli akadémiai köztestületről és az akadémiai programról, Bécsben pedig Berényi Dénes, a bizottság elnöke tartotta meg tájékoztatóját.

A késő estebe nyúló napon öt ország magyar tudományosságának képviselői (Ausztria, Magyarország, Románia, Szerbia, Szlovénia) folytattak élénk eszmecserét; előbb az előadások után, majd a vacsora közben oldott légkörben.

Magyar részről a kihelyezett ülésen részt vettek a PAB elnöke és munkatársai, hiszen a pécsi területi bizottságnak Ausztriával és a Délvidékkel kiterjedt kapcsolataik vannak. Ez volt az első alkalom, hogy a MTK elnöki bizottság kihelyezett ülésén részt vesznek a regionálisan érintett akadémiai területi központ munkatársai. Az ausztriai jó tapasztalatok alapján ezt a gyakorlatot a jövőben is folytatni fogjuk: igen fontos, hogy a határon túli kollégákkal operatív, napi kapcsolatban lévő akadémiai területi központ munkatársai minél jobban ismerjék mind az érintett régiót, mind pedig az elnöki bizottság tevékenységét.

Másnap reggel viszonylag korán indultunk Bécsbe, tíz órakor vártak bennünket a Bécsi Egyetem Finnugrisztikai Tanszékén. A Tanszék 1974 óta létezik, s folytat hungarológiai oktatást/kutatást. Rédei Károly, az MTA külső tagja vezette a tanszéket a közelmúltig, amikor is Johanna Laakso vette át e szerepet, s vezeti ma is a Finnugrisztikai Tanszéket. Számos területen folytat oktatást és kutatást a tanszék: finnugor nyelvészet, magyar irodalomtudomány, a többnyelvűség, a nyelv- és kultúrkapcsolatok, a kisebbségi nyelvhasználat (például a magyar Ausztriában) kérdései, keleti-tengeri régió kutatás, együttműködve a skandinavisztikával, a magyar nyelv tanítása, hungarológiai stúdiók, stb. Komoly problémával szembesül a Tanszék ez év szeptemberétől: kinti pénzügyi okok miatt veszélybe került a magyarországi vendégprofesszor státusa; bízunk benne, hogy a már több oldalról jelzett probléma végül is megoldást nyer, hiszen épp az EU-csatlakozás idejére várható nyitás nagyon is szükségessé teszi a vendégprofesszor munkáját, hogy a Tanszék a bolognai folyamattal kapcsolatos átalakulás során is folytatni tudja a magyar nyelv és irodalom terén kifejtett tevékenységét.

A campuson elfogyasztott, igazi bécsi hangulatú ebéd után, délután 2-kor folytatódott – Deák Ernő a tanszéken is jelen volt –

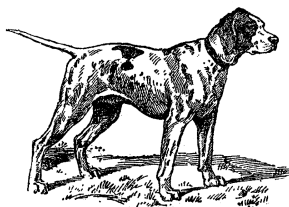
a beszélgetés Deák Ernő történésszel, a Bécsi Napló főszerkesztőjével a Bécsi Magyar Otthonban. Berényi Dénes tájékoztatást adott az MTA szerkezetéről, tevékenységéről, az Akadémiai aktuális határon túli programjairól; Egyed Albert felvázolta a magyarországi határon túli támogatáspolitiká elmulrt tíz évének alakulását, Egyed Ákos ecsetelte az EME lehetséges szerepét napjainkban. Deák Ernő bemutatta várostörténeti kutatásait, s eszmecsere kezdődött a lehetséges magyar-magyar kontaktusokról.

Mind a vendéglátók, mind az elnöki bizottság tagjai, valamint a PAB elnöke s munkatársai is hasznosnak ítélték e két napot. Az ausztriai magyarság létszáma, törekvései, lehetőségei, helyzete vonatkozásában egyaránt sajátos helyzetben van a többi, Magyarországgal szomszédos országban élő kisebbséghez képest. Magyarország viszonya is

más e régióhoz, mint a többi környező országhoz; Ausztria például nem esik a kedvezménytörvény hatálya alá, más intézményrendszer alakult itt ki, mint a többi környező országbeli magyar kisebbségek esetében, stb. Az akadémiai köztestület létszáma is igen csekély Ausztriában. Ennek ellenére az az érdeklődés, amely – főleg Burgenlandban – a bizottság kihelyezett ülését kísérte, reményt keltő: bízunk benne, hogy akadémiai munkánkkal, lehetőségeinkkel hozzájárulhatunk az ausztriai magyarság identitástudatának megőrzéséhez, a magyar-magyar kapcsolatok fejlődéséhez.

A MTK elnöki bizottság a jövőben is folytatni kívánja a kihelyezett ülések gyakorlatát: jövőre Szlovákiában, majd a tervek szerint Szlovéniában kerül sor kihelyezett ülésre.

Tarnóczy Mariann
az MTK elnöki bizottság titkára



GÁBOR DÉNES - DÍJ 2003 FELTERJESZTÉSI FELHÍVÁS

A NOVOFER Alapítvány Kuratóriuma kéri a gazdasági tevékenységet folytató társaságok, a kutatással, fejlesztéssel, oktatással foglalkozó intézmények, a kamarák, a műszaki és természettudományi egyesületek, az érdekvédelmi szervezetek vezetőit, illetve tisztségviselőit és a Gábor Dénes-díjjal korábban kitüntetett szakembereket, hogy az évente átadásra kerülő belföldi GÁBOR DÉNES-DÍJ-ra terjesszék fel azokat az általuk szakmailag ismert, kreatív, innovatív szellemű szakembereket, akik:

- kiemelkedő műszaki-szellemi tevékenységet folytatnak,
- jelentős szellemi alkotást hoztak létre,
- személyes közreműködésükkel nagyon jelentős mértékben járulnak hozzá intézményük innovációs tevékenységéhez,
- a környezeti védelme területén kimagasló eredményt értek el.

A felterjesztés megkívánt tartalma:

I. Adatlap: A jelölt neve (asszonyoknál leánykori név is); szül. hely, év, hó, nap; pontos lakcím (irányítószámmal) és telefon; munkahely neve, címe, telefonszáma, munkahelyi beosztás; a felterjesztő (jelölő) személy neve, beosztása, telefonszáma; a felterjesztő szervezet neve, címe; a felterjesztés ügyintézőjének (ha nem azonos a jelölővel) neve, címe, telefonszáma; az ajánlók neve, munkahelye, beosztása, levelezési címe, telefonja.

II. Jelölés: A felterjesztés (jelölés) indoklása, a felterjesztő aláírásával, (legfeljebb 3 A4-es gépelt oldal terjedelemben).

Mellékletek (1.) A jelölt szakmai képzettségének és munkásságának legfeljebb 2 oldal terjedelmű ismertetése; (2.) Az indoklásban hivatkozott alkotás(ok) illetve szakmai eredmények listája (a jelentős találmányokról,

szabadalmakról, egyéb jogi védettséget élvező teljesítményekről, hazai és nemzetközi kutatási-fejlesztési projektekről vagy nemzetközileg is magasan idézett tanulmányokról, cikkekről); (3.) Két, a jelölt szakmájában országosan elismert, tekintélyes szakembernek a jelölt kitüntetését támogató, legfeljebb 1-1 oldal terjedelmű ajánlólevele.

Egyéb: a felterjesztő (jelölő) személy részére megcímzett és felbélyegzett 2 darab kisméretű válaszborték.

Az adatlapot, a jelölést és a mellékleteket tartalmazó felterjesztéseket összefűzve, a NOVOFER Alapítvány címére (1112 Budapest, Hegyalja út 86.) 1 eredeti és 2 másolati példányban kell megküldeni. A hiányos (adatlapot, indoklást, szakmai életrajzot vagy ajánlóleveleket nem tartalmazó) felterjesztéseket a Kuratórium formai okból, további érdemi vizsgálat nélkül elutasítja. A CD-n vagy floppylemezen is benyújtott felterjesztéseket a Kuratórium köszönettel veszi.

Az adatlap a www.novofer.hu internet címről letölthető, vagy kérésre faxon továbbítjuk! Beküldési vagy postára adási határidő 2003. október 10. Eredményhirdetés és díjátadás: 2003. december közepe.

A postán beérkezett felterjesztések átvételéről a felterjesztők, az elbírálás eredményéről a felterjesztők; a kitüntetés elnyerők esetén a felterjesztők, az ajánlók és a díjazottak közvetlen értesítést is kapnak. A kitüntetettek személyét, a kitüntetés indoklását a díjátadást követően, a szaksajtó segítségével is nyilvánosságra hozzuk.

További felvilágosítást ad Kosztolányi Tamás titkár (fax: 1/319-8916; tel: 1/319-8913/21; e-mail: alapitvany@novofer.hu)

Kitekintés

KVARKANYAG, VAGY VALAMI MÁS?

A Brookhaven Nemzeti Laboratóriumban (BNL, USA) négy kísérleti csoport arról számolt be, hogy közel járnak az anyag régen keresett, de eddig ismeretlen formájának, a kvark-gluon-plazmának a megfigyeléséhez. Kísérleteikben új anyagot hoztak létre, az viszont egyelőre még kérdéses, hogy ez valóban maga a keresett kvarkanyag-e, vagy valami más.

Brookhavenben működik ma a világ legnagyobb nehézionokat gyorsító berendezése, a Relativisztikus Nehézion Ütköztető (Relativistic Heavy Ion Collider, angol rövidítéssel RHIC). Az óriási energiájú részecskenyalábok egymással való ütközések nagyon rövid időre olyan körülmények jönnek létre, mint amelyek a világegyetem történetének kezdetén, az ősrobbanás után néhány milliomod másodperccel léteztek. Ekkor még nem alakultak ki az atommagok stabil összetevői – a protonok és a neutronok, viszont léteztek a protonok és a neutronok alkotóelemei: a kvarkok és a kvarkok közti kölcsönhatást közvetítő gluonok.

A kísérleti fizikusok mindeddig sikertelenül próbálták meg az erősen kölcsönható részecskéket részeikre, kvarkokra és gluonokra szétszedni. A kvarkok „börtönükből” való kiszabadításához a relativisztikus energiájú nehézion-ütközések kínálják a legjobb lehetőséget. Az elméleti fizikusok eközben modellszámításokkal igyekeztek előre jelezni, mire is lehet majd számítani az újabb kísérletek során. Azt elemezték, hogy a kísérletekben milyen megfigyelhető jelei jelentő-

kezhetnek a kvarkok szabaddá válásának. Ebben az elméleti munkában rangos eredményeket ért el Zimányi József akadémikus és fiatal munkatársai, Csörgő Tamás és Lévai Péter, az MTA doktorai a KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézetben (RMKI). A számítások szerint megfelelő energiasűrűségnél egy véges térfogatban kialakulhat a szabad kvarkokból és gluonokból álló plazma, amit érthető okokból kvark-gluon-plazmának nevezünk. A RHIC gyorsítónál tavaly arany atommagnyalábokat ütköztettek arany-nyalábokkal. Szemléletesen úgy képzelhető el a jelenség, hogy az arany atommagok, sőt az atommag alkotórészei, a protonok és neutronok szétolvadnak. Idén ellenőrző kísérleteket végeztek: arany atommagokat ütköztettek deuteronnal, a deuteron a deutérium atomnak, a hidrogén nehéz izotópjának a magja. A nagy arany atommaghoz képest kicsi deuteron lövedékként szaladt át a nagy magon. Az arany atommag tehát nem hevül fel jelentősen, nem olvad meg a deuteronnal való találkozáskor.

A történésekre az átalakulások megfigyelt eredményeiből következtetnek vissza a fizikusok. Az ütközés után átalakulások sora indul meg, a kísérleti berendezés végül bizonyos irányokba sugárként kilövellő részecskesokaságot, részecskenyalábot (jet) regisztrál. Az arany-arany ütközésekben megfigyelt jetek éppen olyanok, mint amilyenekre az elméleti fizikusok a kvark-gluon-plazma keletkezése esetén számítanak. A fizikusok óvatosan fogalmaznak, egyelőre nem állítanak ennél többet. Lehet, hogy megtalálták a keresett kvarkanyagot, de további kísérleti adatgyűjtésre van szükség a biztos válaszhoz. Jelenleg az sem zárható

ki, hogy a természet valamilyen eddig el nem képzelt anyagformája tárul fel.

A RHIC gyorsítónál négy, egymástól alaposan eltérő detektorrendszerrel rögzítik a folyamatok jellemzőit. A legnagyobb, a PHENIX kísérlet szerzői között tíz magyar kutató nevét találjuk, a hivatkozások között is többször szerepelnek hazai kutatók korábbi munkái. A tíz hazai szerző a PHENIX-Magyarország együttműködés keretében vett részt a kutatásokban. A kapcsolatok tavaly váltak szervezetté és intézményessé. Az RMKI szervezésében és koordinálásával, az RMKI, az Eötvös Loránd Tudományegyetem és a Debreceni Egyetem részvételével létrejött a PHENIX-Magyarország együttműködés, a magyar témavezető Csörgő Tamás. A hazai kutatók a RHIC-nél folyó kísérleti és elméleti munkából egyaránt kiveszik részüket.

<http://www.bnl.gov/rhic/>
<http://www.kfki.hu/~csorgo/press/>

J. L.

vagy kisüthető egy kondenzátor, tehát nagyobb működési sebesség érhető el. Az átlátszó tranzisztorok első alkalmazásának az aktív mátrixú folyadék-kristályos megjelenítők ígérkeznek, ezekben tranzisztorok jelölik ki, hogy melyik képpontra kerüljön az információ. Ma opálos, fényérzékeny szilíciumtranzisztorok látják el ezt a feladatot. Az átlátszó tranzisztorokkal több fényt juttatható minden képpontra, fényesebb, hatékonyabb lesz a megjelenítés. Később ablakként átlátszó megjelenítők is készülhetnek, ehhez átlátszó fényforrásokra is szükség lesz. Az új anyagok, eszközök, áramkörök megjelenése ma még megjósolhatatlan új alkalmazási lehetőségeket teremthet.

J. F. Wagner: Transparent Electronics Science. 23 May 2003. 300, **5623**, 1245. p.
Kenji Nomura et al.: Thin-Film Transistor Fabricated in Single-Crystalline Transparent Oxide Semiconductor. Science. 23 May 2003. 300, **5623**, 1269–1272. pp.

J. L.

ÁTLÁTSZÓ TRANZISZTOR

Egyes oxidok elektromosan vezetők és átlátszóak (indium-ón-oxid, cink-oxid, réz-alumínium-dioxid, ón-dioxid). Alkalmazásaik széleskörűek: antisztatikus bevonat, érintésérzékeny képpernyő, napelem, melegítő, jég-telenítő készül belőlük. Ezekben az alkalmazásokban passzív szerepet játszanak az átlátszó, vezető oxidok. Megvalósították az átlátszó aktív elektronikát is, a *Science* május 23-i számában megjelent közlemény (Kenji Nomura et al.) idén már a negyedik szakcikk az átlátszó cink-oxid tranzisztorokról. Nomura Kendzsi és munkatársai a korábbi polikristályos megoldásoktól eltérően egykristályból alakították ki a tranzisztort, ezzel lényegesen nagyobb töltésmozgékonytságot értek el. Ha nagyobb a mozgékonytság, akkor nagyobb áram folyhat. Nagy árammal gyorsabban feltölthető

HÁNY ÉVES A FÖLD?

Legutóbb az exobolygók kapcsán ismertettük a Naprendszer keletkezésének modelljeit, ezek a modellek meglehetősen eltérő időskálán írják le a Föld kialakulását. Stein B. Jacobsen, a Harvard Egyetem munkatársa geokémiai elemzések alapján adta meg a Föld korát. A Naprendszer kialakulása 4567 millió éve kezdődött, ekkor alakult ki az első szilárd anyagszemcse gázokból és porból. A Föld-embrió már százezer évvel ezután növekedésnek indulhatott, és a következő 10 millió évben nagyjából, tömegét tekintve kétharmadában kialakult a Föld. A Föld már nagy volt, amikor a Naprendszer kialakulása után 30 millió évvel egy Mars-méretű égitesttel ütközött, és megszületett a Hold.

Az időt radioaktív órával mérték, a hafnium-182 izotóp 9 millió éves felezési idővel

volfrám-182 izotóppá alakul át. A hafnium-180 és -182, valamint a volfrám-182 és -183 izotópok mennyiségét, arányát mérték földi és meteoritmintákban. A volfrám izotópok pontos kimérése az egyik legnehezebb geo-kémiai vagy kozmokémiai feladat, ezért a szerző új, még pontosabb mérések végzésére biztatja a kutatóközösséget.

A hafnium és a volfrám eltérően viselkedett, amikor a Föld magjának kialakulása során a fémek és a szilícium szétváltak. A hafnium csaknem teljes egészében a szilícium tartalmú köpenyben, kéregben maradt, míg a volfrám az olvadt vassal együtt a belső magba került. A kutatók véleménye megoszlik arról, hogy a belső mag kialakulása hirtelen, katasztrófajellegű esemény vagy lassú folyamat eredménye volt-e.

S. B. Jacobsen: How Old Is Planet Earth? Science. 6 Jun 2003. 300, **5624**, 1513. pp. J. L.

KÉMIA: MAGÁNYOS MOLEKULÁK MANIPULÁLÁSA

A legtöbb kémiai reakció azzal kezdődik, hogy a reagáló anyagokban meg kell gyengíteni vagy fel kell bontani a meglévő kötéseket, hogy új kötések alakulhassanak ki. Az átalakuláshoz ezért energiát kell befektetni a környezetből. A kötéseket fel lehet bontani a hőmérséklet emelésével, de ez nem elég szelektív. Az átvett energia sokféle molekuláris mozgás (transzlációs, rotációs, vibrációs) között oszlik meg, a reakcióküszöb átlépéséhez viszont rendszerint csak egyetlen mozgásforma, a vibrációs megnyúlás vezet el. 1991-ben igazolták először, hogy lézerrel létre lehet hozni a kiválasztott kötés felbomlásához vezető vibrációkat. Az elvi lehetőséget nehéz a gyakorlatban kihasználni, mert a létrehozott vibrációs gerjesztés hamar eloszlik a többi mozgásforma és a szomszédos molekulák között.

A figyelem ezután az egyes molekulák egyenkénti manipulálása felé fordult, megszületett az egymolekulás spektroszkópia. Az alapeszköz az 1980-as években megalkotott pásztázó alagútmikroszkóp, létrehozói 1986-ban fizikai Nobel-díjat kaptak. Hegyes tű mozog tizednanométer távolságban a vizsgálandó felület felett, a szonda csúcsa és a felület közé kapcsolt feszültség hatására az elektronok kvantummechanikai alagút-effektus révén átjutnak a résen – a felület képét az alagútáram változása rajzolja ki. Közvetlenül és egyszerűen leképezhető a felület atomszerkezete. 1998-ban igazolták, hogy a pásztázó alagútmikroszkóp tühegyéből folyó árammal szelektíven lehet különböző vibrációs állapotokat kelteni egyetlen, a felülethez kötődő molekulában. Később hasonló módon mozgattak, forgattak és részekre bontottak egyedi molekulákat. Ezekben a megoldásokban a mikroszkóp tühegye vagy egyszerűen odébb tolta a molekulát, vagy az elektronárammal felhevítette, de ekkor a gerjesztés nem szelektív.

Jose Ignacio Pascual és kutatótársai megoldották részfelülethez kötött ammónia (NH_3) molekula különböző vibrációs módusainak szelektív gerjesztését és a molekula mozgását. A tű és a felület közé kapcsolt feszültséget addig változtatták, míg az alagutazó elektronok energiája éppen megegyezett a keresett vibrációs módus energiájával, rezonancia-gerjesztés jött létre. Kétféle gerjesztést vizsgáltak, az egyikben a molekula három hidrogénatomja egyenlő mértékben távolodik el a nitrogénatomtól. (Ezt „lélegzésnek” nevezték el, mert a molekula úgy viselkedett, mintha egy nagy levegővételtől kitágult volna, majd visszament az eredeti állapotba.) A másik rezgésállapot kifordított esernyőre emlékeztet. A molekulák többsége gyorsan átadja a felvett energiát a rézrácsnak, de egyes esetekben a vibrációs energia elmozdulásba megy át. A „lélegző” molekula odébb mozdult a felületen, a „kifor-

dított esernyő" molekula viszont inkább elszakadt a felülettől. Az úttörő kísérlettel megmutatták, hogy szelektíven létre lehet hozni egyetlen molekula különböző állapotait. Ilyen és hasonló megoldások elvezethetnek molekulaméretű nanoszerkezetek tervszerű építéséhez, összeszereléséhez.

Dennis C. Jacobs: Tips for Moving Single Molecules. *Nature*. 29 May 2003. 425, **6939**, 488. p. (2003. május 29.)

Jose Ignacio Pascual et al.: Selectivity in Vibrationally Mediated Single-Molecule Chemistry. *Nature*. 29 May 2003. 425, **6939**, 525. p.

J. L.

NIKOTINFÜGGŐ ÚJSZÜLÖTTEK

A terhesség alatti dohányzásnak a heroinhoz és a kokainhoz hasonló hatása van a magzatra – állítja Karen L. Law, az amerikai Brown Egyetem harmadéves orvostanhallgatója, a *Pediatrics* (Gyermekgyógyászat) című folyóirat júniusi számában és a Reuters hírügynökségnek június 3-án adott nyilatkozatában. A „dohányos magzatok” születésük után jóval merevebbek, izgatottabbak, kezelhetlenebbek, mint azok, akiknek nem kellett füstöt szívniuk az anyaméhben, még akkor is, ha az anya naponta csak hat-hét szál cigarettát szívott el. A kutató szerint viselkedésük hasonlít a drogfüggő anyák csecsemőinek viselkedésére, tehát egyrészt valószínű, hogy már a magzati korban kialakul a nikotinfüggés, és születés után megjelennek az elvonási tünetek, másrészt a cigaretta a kábítószerekhez hasonló negatív hatással van az idegrendszer fejlődésre.

Nicotine Changes Newborn Behavior Similar To Heroin And Crack.
<http://www.sciencedaily.com/releases/2003/06/030602023446.htm>

G. J.

A SZUPERPIRULA TIZENEGY ÉVET ADHAT

A szív- és érrendszeri katasztrófák több mint 80%-a elkerülhető lenne napi egyetlen olyan tablettával, amely egyidejűleg hat a legfontosabb rizikótényezők ellen. Nicholas Wald és Malcolm Law, a University of London professzorai szerint a kifejlesztendő „Polypill”-t minden ötvenöt éven felüli embernek szednie kellene, és azoknak a fiatalabbaknak is, akik különösen veszélyeztetettek. Elképzeléseik szerint a gyógyszer a vérlemezkék összecsapódását gátló aszpirint, az erek pusztulását segítő kóros anyagcsere-termék, a homocisztein megjelenését gátló folsavat, koleszterincsökkentőt és háromféle vérnyomás-szabályozót tartalmazna. A pirula rendszeres használata állítólag tíz-tizenegy évvel növelné a férfiak várható élettartamát. A kutatók fejében egyébként kb. félmillió embert érintő, összesen hétszázötven olyan klinikai vizsgálat elemzése után született meg a „szupertabletta” ötlete, amelyek mind-egyikében egy-, legfeljebb kétféle gyógyszer alkalmazásának eredményességét vizsgálták.

Wald és Law cikke az egyik legrangosabb orvosi folyóiratban, a *British Medical Journal*-ban jelent meg, 2003. június 28-án. Június végén az interneten szinte valamennyi nagy hírügynökség saját szakértőjének véleményét kérve foglalkozott a témával. Az ötletet általában ígéretesnek találták, azt azonban hangsúlyozták: ha esetleg elkészül egy ilyen gyógyszer, akkor sem szabad majd azt hinni, hogy napi egyetlen tablettá megold mindent, hiszen például az elhízás súlyos problémájára sem kínál semmiféle megoldást, és a rendszeres mozgást sem pótolja.

Nicholas Wald – Malcolm Law: A Strategy to Reduce Cardiovascular Disease by More Than 80%. *British Medical Journal*. 326, 28 June 2003, 1419. p.

G. J.

A MAMÁD EGY ABORTÁLT BÉBI

Abortált magzatoknak is lehetnek majd utódaik – ezt a képtelennek tűnő lehetőséget ígérték izraeli és holland kutatók június 30-án, a madridi nemzetközi meddőségi konferencián. A kísérleteket irányító izraeli Dr. Tal Biron-Shental, a Kfar Saba-i Meir Hospital munkatársa a BBC-nek elmondta, hogy a tizenkét hetesnél idősebb abortumok petefészkei alkalmasak arra, hogy belőlük tüszőket nyerjenek. Sőt ezeket képesek voltak fagyasztással tárolni, majd „feléleszteni”.

Elképzeléseik szerint a magzati petesejteket megfelelő kémiai körülmények között érett petesejtté lehetne alakítani – olyanná, mint amilyenné az asszonyi petefészkekben alakulnak, ennek technikáját azonban még ki kell dolgozni.

A kutatók úgy gondolják, hogy siker esetén sok meddő nőt lehetne így gyermekhez segíteni, mert a módszer megoldaná a petesejthiány problémáját. Petesejt-adományozásra kevesen vállalkoznak, például azért, mert ilyenkor a donornak keresztül kell mennie minden olyan orvosi beavatkozáson, például hormonkezelésen, amelyen egy lombikbébi-programot vállaló meddő asszonynak.

Az ötlet azonban máris heves etikai vitákat váltott ki, hiszen felveti mindazokat a problémákat, amelyeket a többi, embriókon végzett kutatások. Például, hogy azért végeznek majd el terhesség-megszakításokat, hogy az abortumokból petesejteket nyerjenek. Nem is beszélve arról a képtelenségről, hogy egy elvetélt magzatnak tulajdonképpen gyereke születhetne.

A fenti elképzelés azonban az etikai kérdéseken túl orvosi problémákat is felvet. A terhesség második, harmadik harmadában a vetélések többnyire a magzat valamilyen betegsége, egészségkárosodása miatt következnek be, és egyelőre senki nem tudja, hogy egy ilyen lényből származó petesejtek milyen genetikai hibákat örökítenének.

Egyesek máris a jogi és etikai szabályozás kidolgozását követelik, míg mások azt mondják: a kutatók egyelőre csak az első lépéseket tették meg ezen az úton. Valójában még nem ismert, hogy egy leánymagzat petefészke az anyaméhben milyen mechanizmusokkal fejlődik, mi történik annak érdekében, hogy később egészséges, megtermékenyíthető petesejteket produkáljon. És amíg ennek részletei nem ismertek, addig laboratóriumi körülmények között úgysem tudják a magzati sejteket érett petesejttekké alakítani. Tehát izgalomra egyelőre semmi ok – mondják.

Martin Hutchinson: Aborted Foetus Could Provide Eggs. BBC News Online. <http://news.bbc.co.uk/1/hi/health/3031800.stm>

G. J.

SOKOLDALÚ ÍZFOKOZÓ

Német élelmiszerkutatók olyan ízfokozót találtak, amely önmaga ízetlen, ugyanakkor három alapíz érzékelését is felerősíti. A program vezetője, Thomas Hofmann, a Münsteri Egyetem munkatársa a *Nature Science Update* című tudományos internetes folyóiratnak július 9-én elmondta, hogy a marhahúsból kinyert új vegyület a sósat, az édeset és az ún. umami ízt érzékelő receptorok érzékenységét fokozza. (Az umamit érzékelő kötőhelyeket csak néhány éve fedezték fel. Jellegzetes umami ízű az ún. nátrium-glutámat, amely például a leveskockák és egyéb instant ételek szokványos adalékanyaga.)

Az új vegyület az első olyan ismert anyag, amelyik egyszerre több ízt képes kiemelni, a keserű és a savanyú érzékelését azonban nem befolyásolja. Ennek okát még nem tudják, mint ahogy egyelőre az ízfokozás hatásmechanizmusát sem ismerik.

A felfedezés segítheti az egészséges táplálkozást, hiszen alkalmazásával csökken-

tett só-, cukor-, illetve nátrium-glutamát tartalmú ételeket lehet majd készíteni. Persze arról még nincsenek adatok, hogy nem okoz-e allergiát.

Az új ízfokozó felfedezéséről szóló tudományos közlemény a *Chemical Senses* című folyóiratban jelent meg.

Michael Hopkin: Flavour Enhancer Could Cut Salt, Sugar and MSG in Food. *Nature*

Science Update. <http://www.nature.com/nsu/030707/030707-3.html>

Tomislav Soldo – Imre Blank – Thomas Hofmann: (+)-(S)-Alapyridaine—A General Taste Enhancer? *Chemical Senses*. 28, 5, June 2003, 371-379.

G. J.

Jéki László – Gimes Júlia



Könyvszemle

Olvasónapló

Gergely András a 19. század, azon belül is elsősorban a század első felének jól ismert kutatója, aki a német és osztrák kapcsolatokkal is sokat foglalkozott. Az Osiris jelentette meg összegyűjtött tanulmányait ebből a témakörből, ezek három kivétellel az 1990-es években jelentek meg magyarul. A szerző saját bevallása szerint 1848 kapcsán különösen a nemzetközi összefüggésekre, az eszme- és jogtörténeti problémákra volt tekintettel. E kötetben zömmel az 1848 történetét tárgyaló tanulmányait tette közzé, a szeptemberi fordulatig. Néhány munkában az osztrák-magyar kapcsolatokat vizsgálja, a két kormány vitáit, de sokat foglalkozik a német egység létrehozásán munkálkodó frankfurti német nemzetgyűlés és a magyar kormány kapcsolataival. E témakörbe tartozik igen érdekes párhuzamos életrajza Kossuthról és Gagernről. Általában a liberálisok állnak érdeklődése előterében, akik elfogadták a forradalmat, de hajlottak kompromisszumokra is. A liberális csoportosulások közül a magyar vezető réteget tekintti a legerősebbnek. Van tanulmány az egész forradalmi időszak magyar külpolitikájáról is, sőt, az ország történetéről általában ebben a két évben, meg a nemzetiségi kérdésről. Gergely munkáinak nagy ereje az osztrák és német levéltárakban végzett széleskörű kutatás; sok olyan anyagot tárt fel, amelyet a magyar kutatók még nem vizsgáltak. Remélhető, hogy hamarosan megjelenik az 1849-es eseményeket tárgyaló tanulmánykötet is.

(Gergely András: 1848-ban hogy is volt? Tanulmányok Magyarország és Közép-Európa 1848-49-es történetéből. Osiris, Budapest, 2001, 507 p.)

Arday Lajos a 20. századi magyarországi és általában európai kisebbségi problematika és a nemzetközi kapcsolatok szorgos kutatója, akinek sok tanulmánya nem jelenhetett meg, mert munkahelye nem engedte publikálásukat. Még így is jó néhány tanulmányt tudott azonban kiadni, és az utóbbi egy-két évtizedben elsősorban a jugoszláv kérdés vonta magára figyelmét.

Ezekből most saját kiadásában két kötetet is megjelentetett. Az első, *Reformok és kudarcok* címen Jugoszlávia 1918 utáni történetét tárgyaló tanulmányait gyűjtötte össze. Az írások három témacsoporthoz kapcsolódnak. Az egyik a jugoszláv bel- és külpolitika az 1970-es években és az időszak magyar-jugoszláv államközi kapcsolatai, a másik Jugoszlávia balkáni politikája, és majdnem a kötet felét teszik ki a belső reformokat, a soknemzetiségű állam problémáinak a megoldására irányuló kormányzati kísérleteket elemző írások. A tanulmányok részben politológiai jellegűek, többségük még az 1980-as években íródott, ennek megfelelően megállapításai a jövő vonatkozásában bizonytalanok (egy 1990-es tanulmány abban reménykedik, hogy remélhetőleg nem kerül sor az egyes köztársaságok közti összecsapásra – de hát került!).

Van olyan tanulmány is, amely a középkortól tekinti át a délszláv népek fejlődését. Az utolsó, 2001-ben íródott dolgozat szembeállítja Montenegró teljes önállóságának lehetőségét azzal, hogy a Vajdaság autonómiájának helyreállítása nem jön szóba. Utal a horvátok félelmére az albánoktól. Egy 1992-es, angol nyelvű tanulmány a jugoszláv válság történeti hátterét vázolja fel az angolul olvasó közönség számára, igen hasznos módon.

Arday Lajos másik, zömmel 1989 utáni tanulmányokat összegyűjtő tanulmánykötete a délvidéki magyarok történetének egyes aspektusait vizsgálja. Van, amelyik áttekintést ad a Vajdaság korábbi történetéről is, van, amelyik az itteni magyarság demográfiai és gazdasági-társadalmi helyzetét elemzi. Külön tanulmány tárgyalja az itteni magyar történetírás kialakulását 1918-41 közt. Három tanulmány a horvátországi magyarok, tehát egy szórványkisebbség helyzetét járja körül. Négy angol nyelvű tanulmány a magyar nyelvű megállapításokat teszi hozzáférhetővé a külföld számára. Mindkét kötet kiadása igen hasznos volt, hiszen a közreadott írások roppant időszzerű kérdésekkel foglalkoznak. És mindegyikben megcsillannak Arday Lajos történetírói erényei, a széles körű forrásbázis felhasználása, a nemzeti konfliktusokon felülemelkedő empátia és a minden modernkedéstől mentes közerthető fogalmazás.

(Arday Lajos: Reformok és kudarcok. Jugoszlávia utolsó évtizedei és ami utána következett. – Magyarok a Délvidéken, Jugoszláviában. BIP, Budapest, 2002, I. 351 p., II. 387 p.)

2001-ben alakult meg az akadémiai Történettudományi Intézetben belül létrejött kutatócsoportból a Magyar Tudományos Akadémia legfiatalabb társadalomtudományi kutatóhelye: az MTA Kisebbségkutató Intézete. Az itt ismertetésre kerülő kötet az Intézet első évkönyve, egyfajta bemutatkozás. A kötetet Kovács Nóra és Szarka László, az Intézet igazgatója szerkesztette, és a saját kutatói mellett külső megbízottakkal is dolgozó intézmény sokirányú érdeklődésének megfelelően témaköre igen széles. A tematika alapvetően a külföldön élő magyarok és a mai magyarországi nemzetiségek aktuális helyzete, tehát nem a történeti szempont az elsőrendű, hanem a szociológiai és antropológiai megközelítések az uralkodók.

Bindorffer Györgyi az asszimiláció kérdésével foglalkozik, amely lehet egyéni és csoportos. Az akkulturáció kérdéseit állítja az előtérbe, de felveti elméleti téren a társadalmi mobilitásban játszott szerepét is. Mária Homišinová békéscsabai származású, most a kassai Társadalomtudományi Intézetben kutat. A magyarországi kisebbségek egyéni és csoportidentitását elemezve úgy látja, hogy a szlovák mellett a német, bolgár és horvát kisebbség körében erős a kötődés a saját nemzetiséghez, de ugyanakkor Magyarországhoz is. Kozma István a névmagyarosítás kérdését vizsgálja az 1945-48-as időszakban, ezzel kapcsolatban utal a korabeli nemzetiségi politikára is. A zsidók igen nagy számban vettek fel magyar családnevet, a németek és a szlávok kevésbé. A zsidók nagy számban szerepeltek az MKP soraiban, de egyéb pártokban is. Az állam semmiféle kényszert sem gyakorolt ebben a vonatkozásban.

Szabó Orsolya az eredetileg szlovák Pilis-szántó község mai helyzetét veszi szemügyre. A szlovákok száma egyre csökken, már csak a nyelv (az irodalmi és a helyi nyelvjárás) a fő csoportképző tényező. Az etnikai tudat gyenge, de erős a kötődés a községhez és Magyarországhoz. Bakó Boglárka a romániai Ürmös község etnikai viszonyait vizsgálja. A községben a magyarok relatív többségben vannak, de sok a roma és náluk kevesebb a román lakos. A lakosok körében általános a két- és akár a háromnyelvűség – a magyar nyelv dominanciájával. A romák a helyi iskola román tagozatát látogatják. A magyarok identitása erős, a romáké is (ezt nyelvük is erősíti), a románok esetében az ortodoxia a központi tényező. Bartha Csilla már régóta kutatja az amerikai (USA) magyarok nyelvhasználatát, a nyelvcsereét. Ezt általánosnak mondja. Felvázolja a bevándorlók időben igen különböző rétegeit. 1990-ben 1,4 millió magyar származásút regisztráltak az országban, de mindössze 146 ezer körül jár a nyelvet rend-

szeresen beszélők száma. 1994-ben New Brunswickben negyvenöt adatközlővel készített interjú alapján úgy látja, hogy a magyar nyelv használatát egyéni érdekek befolyásolják. Kovács Nóra a jelentős számú magyar kivándorlóval rendelkező Buenos Aires magyar kórusának helyzetét vizsgálta hosszabb időn át. A kórus a város Olivos nevű városrészében 1993-ban alakult, a szerző otthléte idején negyvenhét tagja volt, ebből harmincegy nő. Argentín tagjai is vannak a kórusnak, a karnagy harmadik generációs magyar nő. A csoportnak jelentős szerepe van az identitás megtartásában vagy akár megújításában, ezt a magyarországi szereplések nagyon megerősítik. Papp Richárd két, magyar többségű vajdasági falut elemez. Feketicsben 65,9% a magyar, majdnem mind református, Zentán 82%, majdnem mind katolikus. Vizsgálja, hogy – szemben a többségükben ateista szerbekkel – a magyarok számára mit jelent a felekezeti kötődés. A (korábban elképzelhetetlen) hittanóra adja meg a magyar nyelvgyakorlás lehetőségét. Válsághelyzetekben mindig előtérbe kerül a vallás. A szerbeknél már csak az egyházi eredetű *slava* (ünnepség) maradt meg különböző családi alkalmakra, de ez ma is igen fontos.

Szarka László számos statisztikai táblázattal kiegészítve tárgyalja a városi magyar népesség arányát 1910 és 2000 között, tízéves átlagokban. 1920-21-ben a legtöbb város még magyar többségű volt, azóta a magyarok aránya folyamatosan csökken. Szlovákiában még tizennégy városban él legalább ötezer vagy ennél több magyar, Erdélyben harmincnégy ilyen város akad. A magyar elem háttérbe szorulásának az első világháború után kezdődő urbanizálódás a fő oka. Az uralkodó nemzet tagjainak bevándorlását a pártállami időszakban a hatalom még erőltette is, ez a folyamat csak 1989 után lassult le. A városok helyzetét módosította az is, hogy jónéhányuk az országhatárra került, ezzel jelentőségük erősen csökkent, a korábbi központok így

funkciótlannak váltak. 1930-1990 közt mintegy 20%-os csökkenésről van szó. Négy várostípust különböztet meg, (1) az etnikai szempontból mesterségesen felduzzasztottakat, (2) a történeti régióközpontokat, (3) a határmentieket, ahol most is magyar többség található, (4) a kisvárosból lett ipari központokat, ahol a magyarság arányvesztése különösen jelentős volt. Az első világháború korszakaig ez a csökkenés sokkal csekélyebb, mint 1945 után. Vári András Esztergom és Párkány (Štúrovo) példáján mutatja be a határon átnyúló munkavállalást részben személyes interjúk (huszonöt fő), részben az esztergomi Suzuki-gyár adatai alapján. Esztergomban a Suzuki miatt munkaerőhiány, Párkányban és vidékén 40%-os munkanélküliség volt. Ezt oldotta meg a határon átnyúló munkavállalás. Ebben csaknem kizárólag magyarok vesznek részt, a többség napi ingázó, helyzetüket a Mária Valéria híd helyreállítása jelentős mértékben megkönnyíti. A Párkánytól 20 km-nél messzebbre lakók Esztergomban munkásszálláson laknak. A munkahelyi konfliktus itt ismeretlen. Valamennyien betanított munkások, bár sokuknak magasabb szakképzettségük van, státusukkal elégedettek.

A legterjedelmesebb tanulmányban Horváth Kata az északnyugati Gömbalja cigány lakosságának helyzetét vizsgálja a kulturális antropológia módszereivel. A legtöbbben barlanglakók. Nagyon fontos elem a rokonság. A megélhetést állami segély vagy alkalmi munka (például csigagyűjtés) biztosítja, úgy ahogy. Sok egyéni példával tér ki a nők alárendelt helyzetére és a gyermeknevelés problémáira. Kállai Ernő a mai Magyarországon élő cigányzenészek helyzetét elemzi, történeti kitekintéssel a 16-17. századra (korábról nem tudunk hazai cigányzenészekről). Kezdetektől a szórakoztató zene foglalkoztatta őket, erre nagy igény volt – de a társadalom le is nézte ezt a foglalkozást. A 18. század végén az akkori országban ezer-

hatszáz körül volt a számuk, 1900-ban már 17 ezer. A verbunkos zenéből kinőtt magyar nótá volt a specialitásuk. A tehetséges muzsikusok a 18. század vége óta külföldre is eljutottak. Ma a fiatalok klasszikus zenét tanulnak, az idősebbek az 1960-70-es évek nagy korszakából maradtak itt. A harmadik csoportot az oláh cigányok jelentik, akik autentikus népzenet művelnek, sokan mennek el Nyugatra. A cigányzenészek minden zenei igényt ki tudtak elégíteni. Számuk ma csökkenően van.

Prónai Csaba kiváló áttekintést ad a kulturális antropológia történetéről, elsősorban a migráció vonatkozásában. Roppant széles körű bibliográfiát is mellékel. Vizi Balázs a mai európai kisebbségvédelmi intézményeket tekinti át, a jogi és politikai keretek szempontjából is. A kisebbségek sokféle helyzete miatt nehéz az összefoglaló szabályozás, de nincs is se állami, se nemzetközi akarat a kérdés megoldására. Vannak intézmények és szabályok, de hiányzanak a szankciók. Még a balkáni események után is a politika uralja a kérdéskört, hiányzik az egyértelmű jogi megfogalmazás. Halász Iván és Majtényi Balázs a magyar státustörvényt veti össze egyébként kelet-közép-európai szabályozásokkal, ezek közül nem egy régebbi is a magyar státustörvényénél (Szlovénia, Szlovákia, Románia). A szlovákoknál már 1997-ben hoztak törvényt, és bevezették a külföldi szlovákok számára a szlovákigazolványt – határidő nélkül (a magyar öt évre szól). A magyar törvény kevésbé különbözik a többi törvény vagy alkotmány rendelkezéseitől, melyek magyar nyelvű szövegét a szerzők Függelékben közlik. Eiler Ferenc részletes kronológiát ad a hazai német kisebbség történetéről Grósz Károly bonni látogatásától (1987. október 7-10.) 2000. december 7-ig, az oktatási egyezmény megkötéséig. Végül Bartha Csilla válogatott bibliográfiát állít össze a kétnyelvűség és a nyelvcseré nyelvészeti szakirodalmáról az 1990–2001 közti időszak-

ban, természetesen nemzetközi adatokkal. A talán túl hosszú tartalmi ismertetés is mutatja, hogy a fiatal intézet jó úton indult és máris jelentős eredményeket könyvelhet el.

(Kovács Nóra – Szarka László (szerk.): *Tér és terep. Tanulmányok az etnicitás és identitás kérdésköréből. Az MTA Kisebbségkutató Intézetének Évkönyvei I. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2002, 476 p.*)

Második akadémiai elnöki ciklusának lejártaival Glatz Ferenc akadémikus megkezdte a hat év alatt összegyűlt írások, beszédek, nyilatkozatok kötetekbe rendezését. Eddig két kötet jelent meg. Az első, fókuszában a tudománypolitikai reformmal az 1996 májusától 1997. december 31-ig elkészült munkákat rakja sorba. Jelentősek a közgyűlések, ahol az akadémiai elnöki beszámoló rendre új terveket, reformokat idézett. 1996 decemberében a stratégiai kutatásokat, a hazai tudományos igények felmérésének igényét, az új tudománypolitikai alapelveket, 1997 decemberében az Akadémia helyének felmérését a magyar társadalomban. 1996. november 3-án (a Széchenyi-féle Akadémia-alapítás évfordulóján) indította meg a Magyar Tudomány Napját, amely azóta hagyománnyá és a kutatás seregszemléjévé vált. A beszámolók többször foglalkoztak a határokon túli magyar tudományosság kérdéseivel, de az egyháztörténeti kutatások ösztönzésével is. A kötetben megtalálható a magyar tudomány helyzetéről a kormánynak tett évi beszámolók sora.

A második kötet az *Új szintézis felé* címet viseli, ennek az igénynek a jegyében állnak az egyes írások, köztük mindjárt az elején az Akadémiával kapcsolatos év végi naplójegyzetek. A magyar történetírás tematikájából publikáló szerző a történelemtanítás országos konferenciáján tematikai megújulást sürget. Az 1998. májusi közgyűlésen fejti ki az elnök elképzelését az Akadémia

hármás feladatáról: legyen tudományos műhely, a tudomány érdekképviselete, a nemzet tanácsadója. Berlinben sürgeti, hogy az Európai Unió szenteljen nagyobb teret a társadalomtudományoknak, kitér az EU tudománypolitikájára. Itt is, mint az előző kötetnél, megtalálható az adott időszakban megjelent munkák teljes bibliográfiája.

(Glatz Ferenc: Tudománypolitikai reformról, Akadémiáról. Beszédék, cikkek, jegyzetek. 1996–1997. – Új szintézis felé. Beszédék, cikkek, jegyzetek. 1998–1999. Pannonica, Budapest, 2002, I. 582 p., II. 518 p.)

Mint az első kötet kapcsán már jeleztem, 1998-ban dolgozta ki Glatz Ferenc elképzelését az ezredforduló hazai tudománypolitikájáról. Az akkor megjelent kötetet, amely kézikönyvnek készült, időszerűsége miatt most újra kiadta. Az új kiadás bevezetőjében azt hangsúlyozza, hogy a tudományt nem irányítani kell, hanem menedzselni. Az eredeti munka előszavában a hazai tudományos élet nehézségei miatt tervezett hosszú távú programot, a kutatási intézmények reformját. Kitért az információs forradalomból, a globalizációból és az európai integrációból adódó teendőkre. Ez egyszerűen csak annyit jelent, hogy azokat a tudományokat kell ide-sorolni, amelyek közelebbről foglalkoznak a magyarsággal és Magyarországgal (nyilván nem valami magyar „nemzeti fizika/kémia” létrehozásáról van szó). A tudományos kutatás helyét is kijelöli a többpárti politikai rendszerben. A tudománynak, a tudósoknak össze kell fogniuk a politikai és a gazdasági elittel. Megkülönbözteti az állami, a vállalati és a kontinentális tudománypolitikát. A cél a tudomány versenyképességének fenntartá-

sa, a tudásorientált értékrend meggyökereztetése, társadalmi viszonylatban az esélyegyenlőség biztosítása és nem utolsósorban a nemzeti hagyományok őrzése.

Az állami tudománypolitikát azután részletesebben is elemzi. A döntést az Országgyűlésre és a tudománypolitikai kollégiumra kell bízni. Foglalkozik az Akadémia szerepével a döntések előkészítésében. Ebben a fejezetben számos ábra, táblázat található, többek között egy kimutatás a magyar természettudomány részesedéséről az egyes tudományágakban. Elég hosszan ír a finanszírozás problémáiról, egy táblázat a tudományra fordított állami támogatás GDP-hez viszonyított arányát mutatja, 1995-ben Magyarországon ez a GDP 0,8 %-a, mint Spanyolország esetében, ennél alacsonyabb értékkel már csak Törökország szerepel (0,4 %), ezzel szemben az OECD-országok átlaga 2,2 %, a legtöbbet Japán és Svédország költségvetése adja (3 %) e területnek.

Glatz helyesnek tartja a tudományos hierarchiában kialakult fokozatokat: PhD, habilitáció (ezt a kettőt az egyetemek adják) és az akadémiai doktori címet. Az utánpótlás kapcsán felvázolja a lehetséges ösztöndíjakat. Negatívumként említi, hogy a modern ismeretközlés lehetőségeit a magyar tudomány még nem tudja kihasználni. Végül tizenhat pontban felvázolja az 1996-ban szükségesnek látott teendőket. Az integráció kapcsán utal arra, mennyire szükséges a magyar tudományos eredmények idegen nyelveken való közzététele.

(Glatz Ferenc: Tudománypolitika az ezredforduló Magyarországn. Pannonica, Bp, 2002, 114 p.)

Niederhauser Emil

az MTA rendes tagja, egyetemi tanár (ELTE)

Maróth Miklós:
A görög filozófia története

Az ókori görög filozófiával foglalkozó irodalom az utóbbi évtizedekben örvendetesen meggyarapodott. Míg az 1951 és 1975 közti huszonöt évben mintegy hatvan könyvet és tanulmányt jegyez fel a bibliográfia, az 1976 és 1990 közti tizenöt évben több mint százat. Felnőtt egy fiatal nemzedék, magának Maróth Miklósnak filozófiatörténeti munkássága is ezekben az években bontakozott ki, s ezt összegezi, teljesíti ki most filozófiatörténete (ami természetesen remélhetőleg nem jelenti azt, hogy életművét ezzel lezárt-nak is tekintí).

Nincs értelme annak, hogy a könyv tartalmának ismertetése címén a görög filozófia történetét dióhéjban elmeséljem, inkább Maróth könyvének egy-két jellemző, más filozófiatörténetektől eltérő sajátját említem meg.

Egyik ilyen vonás, hogy míg a görög filozófia történetét tárgyaló könyvek általában a filozófiai *rendszerek* történetét tárgyalják időrendben haladva, Maróth tárgyalása *problémátörténeti*: a görög filozófia történeti forrásainak ismertetése után sorra veszi a görög filozófia nagy problémáit, a logikát, fizikát, metafizikát, lélektant, etikát, politikát, és mindegyik esetben végigtekintí a problémák felvetésének és megoldásának (megoldás-kísérleteinek) sorát. Maróth ezzel bizonyos mértékig az ókor placitum-gyűjteményeinek hagyományát eleveníti fel (a görög doxográfia tárgyalta úgy a filozófiát, hogy témakörönként csoportosítva felsorolta az egyes filozófusok odavonatkozó nézeteit, a bevett latin megnevezéssel placitumait), s annak dolgát, aki egy-egy filozófus vagy iskola rendszerét akarja megismerni, ez némileg megnehezíti (Maróth mindamellett utalásokkal segíti az olvasót), de a dolog nem ezért érdekes. Maróth így világosabban, azt

mondhatnám, izgalmasan tudja bemutatni a görög filozófiai gondolkodás folyamatát, azt, ahogyan az egymást követő filozófusok a problémákon továbbgondolkoztak, régi kérdésekre új feleleteket kerestek, vagy éppen magát a kérdést is újszerűen fogalmazták meg. Ahol pedig egy-egy filozófus esetében elegendő mennyiségű szöveg maradt ránk, arra is rámutat, hogy egy-egy gondolkodó maga is hogyan vívódik valamely problémával, például Platón öregkori dialógusaiban az ideatanból adódó kérdésekkel (talán már a fiatal Arisztotelész kritikájának hatása alatt is?) vagy az államelméletnek az *Allamban* már tárgyalt problémáival a *Törvényekben*, vagy Arisztotelész is a későbbi hagyományban egy cím alá összefoglalt, de különböző időkben keletkezett *Fizikában* és *Politikában*.

Egy további, valószínűleg egyedülálló sajátossága e filozófiatörténetnek az, amire szerzőjét kivételes nyelvismerete tette képessé, hogy a görög filozófiának az arab filozófia felé vezető szárait is felfejti. Ez nemcsak azért fontos, mert vannak művek – például az aphrodisziaszi Alexandrosz kozmológiai értekezése –, melyek csak arab fordításban maradtak ránk, nem is csak azért, mert a hipotetikus szillogizmusok peripatetikus tanát – hogy tudniillik ilyen létezett, s a hipotetikus szillogisztika nem a sztóikusok leleménye –, éppen Maróthnak sikerült Avicennának Arisztotelész első *Analítikájához* írt kommentárja alapján bebizonyítania, hanem azért is, mert ez Arisztotelész középkori továbbélése s ezen túl a középkori Mediterráneum művelődése, e művelődés egysége szempontjából fontos: a skolasztika Nyugaton, az arab filozófia Keleten egyaránt Arisztotelészre támaszkodott. (Azt már csak mellékesen említem, hogy Maróth máshol is talál alkalmat arra, hogy ókori gondolatok újkori továbbélésére – például arisztotelészi gondolatokéra az Egyesült Államok alkotmányában –, illetve az újkori gondolkodásban nagy-jelentőségű gondolatok ókori előzményére

– például a „társadalmi szerződés” gondolatára Platón államelméletében — rámutasson.)

A korábbi görög filozófiatörténetek a késő ókori Arisztotelész-kommentátorokat inkább csak Arisztotelész uszályhordozóiként, illetve a Szókratész előtti görög filozófia töredékeinek pusztá fenntartóiként tartották nyilván. A legújabb kutatás szakított ezzel a hagyománnyal, és őket is önálló gondolkodókként kezeli. Mikor Maróth is így tesz, nem áll tehát egészen egyedül, de a régebbi, kivált a magyar nyelvű összefoglalásokból nem sok munkát lehet melléállítani.

A részletekben is sok újat találunk. Meggyőzően mutatja ki például, hogy Epikurosz etikája nem vehető a hedonistákéval minden további nélkül egy kalap alá azon az alapon, hogy a gyönyörűséget Epikurosz is jónak tartotta. Igen, jó, amennyiben a lélek zavarmentes állapotát, a lélek szélszendjét biztosítja, de nem, ha megzavarja, s Epikurosz ennek a szélszendnek a biztosításához valójában nagyon keveset igényel.

A szöveget a jegyzetekben bőséges és alapos szakirodalmi utalások gazdagítják (ezek egy külön bibliográfiában is össze vannak foglalva). Ugyancsak a tájékozódást segítik az időrendi táblázatok, melyek a filozófiai iskolai hovatartozás tekintetében is eligazítanak, s a könyv használatát nagyban segíti a név- és tárgymutató is. Mindez szükséges, nemcsak azért, mert egy kézikönyvet nem mindenki olvas elejétől végig, hanem esetleg csak utánanézőeknek-másnak, főképpen azonban azért, mert a kötetet egyetemi tankönyvnek is szánják. Nem titkolhatom, hogy tankönyvnek szerintem egy kicsit nehéz (különösen a logikát tárgyaló rész). A

magyar nyelvű szakirodalmat is elég mostohán kezeli, holott ez éppen egy tankönyv esetében – a hallgatók idegennyelv-ismereete nem áll mindig szilárd lábakon! – nem mellőzhető. Filozófusok valószínűleg vitakoznak is majd a könyv némely részletén. Én magam is hiányolom, hogy Démokritosz fejlődés-, közelebbről társadalomfejlődési elképzeléseiről nem esik szó, holott valószínűleg az egész későbbi gondolkodásra hatott, Arisztotelészre, sőt talán Platónra is.

Az azonban vitathatatlan, hogy az eredeti (görög, latin és arab) szövegeket első kézből ismerő, a filozófiai gondolkodás fejlődését a tudomány mai állásának megfelelően ismerető és azt nem egy ponton gazdagító szerző művével van dolgunk, aki nemcsak anyagot közöl, hanem annak korok szerint változó formálódását, a problémákkal való tudós tusakodás folyamatát is bemutatja. Nem ok nélkül térek erre vissza, hanem éppen mert tankönyvről van szó. Maróth ezzel is tanít: a tudomány nem egyszerűen hatalmas vagy éppen nyomasztó ismerethalmaz, nem is zárt, mindent megoldó rendszer, hanem szüntelen párbeszéd, eszmecsere elődeinkkel és önmagunkkal. Mikor gondolkodom, önmagammal beszélgetek, kérdezek és felelek, állítok és tagadok – mondja Platón. Ezt a kérdés-felelet, állítás-tagadás folyamatot szemlélteti Maróth, s erre akarja megtanítani, ebbe bekapcsolni minden olvasóját. (*Maróth Miklós: A görög filozófia története. Studia Classica IV. Pázmány Péter Katolikus Egyetem Bölcsészettudományi Kar, 2002. 575 p.*)

Ritoók Zsigmond

az MTA rendes tagja,
nyugalmazott egyetemi tanár (ELTE)

*Frank Tibor: Roosevelt követe
Budapesten. John F. Montgomery
bizalmas politikai beszélgetései
1934-1941*

Az amerikai diplomáciai szolgálatban gyakran neveztek ki üzletembereket külképviseletek élére. A megtisztelő megbízatás elnyerésének legfontosabb előfeltételét az jelentette, hogy az illető tetemes összeggel járuljon hozzá az elnökválasztás győztesének kampányához. A módszert mind a demokráta, mind a republikánus párt alkalmazta, tehát nem tehetek egymásnak szemrehányást, ha netalán hasznavehetetlen személy kapott követi vagy nagyköveti posztot. Előfordult persze, nem is ritkán, hogy a laikus diplomata bevált és eredményesen működött mind az Egyesült Államok, mind a fogadó ország javára. John F. Montgomery budapesti tevékenysége éppen erre szolgáltatott példát. A magyar fővárosban 1933–1941 között képviselte a tengerentúli nagyhatalmat. Ki nevezését annak köszönhette, hogy a tejiparban szerzett vagyonából nagyvonalúan áldozott az 1930-as években a demokráta párt kongresszusi és Franklin Delano Roosevelt elnökválasztási hadjárataira.

Montgomery kritikus esztendőket töltött Magyarországon. Éppen azokat az éveket élte itt át, amelyekben a magyar külpolitika mindinkább betagozódott a fasiszta nagyhatalmak szövetségi rendszerébe. A követ 1941 márciusában fejezte be küldetését, így nem volt szemtanúja annak, hogy a következő hónapban Magyarország már fegyveresen is csatlakozott a tengelyhez. Sejtette azonban, hogy ez lesz a folyamat következménye. 1940 júniusában így tájékoztatta a washingtoni külügyminisztériumot: „... Nyilvánvaló, hogy Magyarország függetlensége mindinkább puszta formáság marad, ahogyan Dániáé... bármilyen pénzügyi, gazdasági vagy egyéb nexus Magyarország-

gal óhatatlanul a tengelyhatalmakkal való viszonyt jelenti.” Az üzletember-diplomata aggodalommal figyelte a fejleményeket, a kis ország sorsának semleges, de nem közömbös szemlélőjeként. Nem előkelő idegenként élt itt nyolc éven át, és rokonszenvét távozása után is megőrizte. Baráti érzelmei olyannyira tartósak maradtak, hogy 1947-ben *Hungary, The Unwilling Satellite, Magyarország, a vonakodó csatlós* címmel védíratnak is beillő memoárt írt Magyarország második világháborús szerepéről. (A könyvet 1993-ban a Zrínyi Kiadó jelentette meg magyar fordításban, és már előkészületben van új kiadása.)

Az emlékiraton kívül Montgomery tetemes, mindezideig ismeretlen és publikálatlan szellemi örökséget hagyott maga után diplomáciai szolgálata idejéből. Ezt Frank Tibor történész, az ELTE Bölcsészettudományi Karának professzora tárta fel verbéli kutatóra valló erudícióval, szívóssággal és csupán a bátraknak kijáró szerencsével. Így lelte meg szorgos nyomozás után az egykori követ családját és bukkant rá a kincseshányára, a meglepően gazdag iratanyagra és naplóra.

Követjelentései, a beszélgetéseiről nyomban a konverzáció után tollba mondott számos *pro memoria*, terjedelmes levelezése, naplója, mintegy hétszáz állandó ebéd-, tea-, vacsora- és hangversenyvendégének és házasársaiknak adatait tartalmazó, személyesen készített ki kicsoda-szerű protokoll- listája arról tanúskodnak, hogy Montgomery milyen lelkiismeretes hivatalnok volt. S ami talán hiányzott a diplomata-képzettségben, tapasztalatban és talentumban, azt az üzleti világban megszokott precíz ügyvezetéssel pótolta. „Nem volt eredeti elme, tisztelte a hagyományt, a szokásokat, az előírásokat, a hivatalt, s pedantériával határos aggályos műgonddal végezte munkája hivatali, szervezési, menedzselési részét. Budapesten jó diplomata vált belőle.” – jellemzi őt plasztikus és találó tömörséggel Frank Tibor.

Egy követ tevékenységének sikere első sorban a tájékozottságán múlik – mit tud meg állomáshelye politikai, gazdasági, társadalmi viszonyairól, hozzájut-e kulisszatitkokhoz, járatos-e a legfrissebb pletykákban. A jólérsültség nyitja pedig az, hogy mennyire mélyen ágyazódik be az uralkodó elitbe, milyen mértékben van otthon a „jó társaságban”. Nos, a két világháború közötti időben kevés olyan diplomata tevékenykedett a magyar fővárosban, aki Montgomeryhez hasonló kapcsolatrendszerrel bírt.

Ezt bizonyítja az a száznolcvankét bizalmas politikai beszélgetés (1934. október 29. és 1941. február 13. között), amelyek szövegét Frank Tibor éles szemű lényeglátással emelte ki a hagyaték tömkelegéből. A követ hivatásából következően számos alkalommal tárgyalt a magyar külügyi vezetés mértékadó személyiségeivel, Kánya Kálmánnal, Apor Gáborral, Bessenyei Györggyel és Vornle Jánossal. A miniszterelnökök közül legtöbbször Teleki Pállal találkozott. Nyilván nem a véletlennek tudható be, hogy mindössze egyetlen kurta Gömbös-beszélgetést jegyzett fel. Pedig missziófőnöki működéséből három esztendő egybeesett Gömbös miniszterelnökségével. Annál több ízben folytatott eszmecsere Eckhardt Tiborral, az ellenzéki kisgazdavezérrel, aki mindinkább az egyoldalú német orientációt elutasító angolszászbarát irányzat egyik hangadó politikusává vált.

A nagy élményt Horthy Miklóssal való találkozásai jelentették számára. Kifejezetten imponált neki a kormányzó, és lenyűgözte – Frank Tibor szavaival – „katonás fellépése, lefegyverző kedélye, ellenállhatatlan charmeja. Élete végéig úgy emlékezett rá, «nagyon remek valaki és nagyon csodálatos ember».

Tibor Fényes: Structure of Atomic Nuclei

A könyv az atommag kis gerjesztési energiákon megfigyelhető viselkedését, szerkezetét

Mind az államfővel, mind a politikusokkal és a diplomatatársakkal folytatott beszélgetések új és fontos forrásai a korabeli magyarországi szellemi miliőnek, a jellegzetes gondolkodás- és szemléletmódoknak. Frank Tibor önálló biográfiának is beillő bevezető tanulmányában mélyreható empátiával mesteri korrajzát adja „egy amerikai követ magyar világa”-nak és Montgomery személyiségének. Feltérképezi a diplomata környezetét és kapcsolatait a követségi beosztottjaitól a társas életén át az informátorokig és a publicistákig. Ily módon kulcsot ad a beszélgetések megértéséhez, a vélemények értelmezéséhez és esetenként dekolválásához.

Frank Tibor korántsem kritikátlan hőssel szemben. Szóvá teszi szalon-antiszemítizmusát, és rámutat arra, hogy Montgomery „mintha nem ébredt volna időben tudatára, hogy ami koronként «csupán» társasági szellemiségnek számított, abból időközben életveszélyes ideológia, hamarosan pedig vérengző politika lett”. Úgyszintén bírálja naiv rajongását Horthy iránt, vakságát, amely elédte előtte a kormányzó uralmának autoriter vonásait.

A kötetet hasznos információkat tartalmazó függelék egészíti ki a jegyzet- és szakirodalmi apparátuson kívül alapos kronológiával, a gyakrabban szereplő személyek életrajzi adataival és a budapesti diplomáciai képviselők vezetőinek listájával. (*Frank Tibor: Roosevelt követe Budapesten. John F. Montgomery bizalmas politikai beszélgetései 1934-1941. Corvina, Budapest, p., 2002, 351 p.*)

Sipos Péter

az MTA doktora, egyetemi tanár (BKAE)

tárgyalja, az egyedi nivókra felbontható, néhány MeV-ig terjedő tartományban. Kevés kutatónak adatik meg, hogy kutatási területéről monográfiát írjon. A szerző a szakma avatott művelője, negyvenéves kutatómunkájá-

nak (és kutatócsoportjának) eredményeivel a háttérben. A ma már félelmetesre duzzadt, igen szerteágazó irodalom mellett a jelenségek szisztematikus csoportosítása és értelmezése heroikus vállalkozásnak bizonyult.

A könyv óriási anyagot ölel fel, nem kevésbé kiadós terjedelemben. A több mint hétszáz oldalas könyv 835 irodalmi hivatkozást tartalmaz. A kísérleti és elméleti egyoldalúságokkal szemben sokféle érdeklődést elégít ki. Az általános módszerek mellett konkrét egyedi eredményeket is bemutat, bőven merítve az alkalmazásokból. A vállalkozás alkalmat teremtett arra, hogy eddig csak folyóiratok hátsólapjain található témák is kézikönyvbe kerüljenek. A könyv a kisenergiájú magfizika, pontosabban magszerkezet iránt érdeklődőknek tizenkét fejezetben nyújt részletes és gyakorlatilag jól használható áttekintést, anélkül, hogy elveszne a részletekben vagy receptkönyvvé válna. A valóban hasznos képletek azonban nem maradnak ki.

Az atommag szerkezetének leírására két alapvető megközelítés alakult ki, melyek egészen a kezdetekig nyúlhatnak vissza; mindkettő tapasztalati tényeken nyugszik. Az egyik, a klasszikus folyadékcseppet idéző – a hasadás magyarázatára például jól bevált – kezdeti elképzelés, melynek leszármazottai a mag kollektív mozgásformáinak fenomenológiai modelljei. A másik, az atomi elektronburok szerkezetének analógiájára felállított héjmodell, amely értelmezni tudta a különösen stabilis, ún. mágiikus nukleon-számú magok létét. Ez utóbbi típusú modellek a nukleon-nukleon kölcsönhatás explicit figyelembevételével ún. mikroszkopikus leírást is lehetővé tesznek. Az egyrészeske és kollektív szabadsági fokok kölcsönhatása, kombinációja vezetett az egyesített magmodell felállítására. Egy újabb, a héjmodell egyszerűsítéséből nyert közelítés, a kölcsönható bozon, majd bozon-fermion modellek (IBM és IBFM) megjelenésével újabb fejlődés vette kezdetét, mely napja-

inkra a magszerkezeti kutatásokban átütő eredményeket hozott. Ezek a modellek, míg a korábbiaknál jobb fenomenológikus leírást eredményeznek, a mikroszkopikus megközelítést is közvetlenebbül alapozzák meg, és ma már nem hiányozhatnak a kutatás fegyvertárából.

A szerző a motivációban a posztgraduális képzés, a doktoranduszok, kísérleti magfizikusok igényeit jelöli meg, de a könyv valójában az élvonalbeli kutatóknak is nagyon hasznos. A bevezető fejezetben a magfizika 1911-es születésétől (Rutherford atommodellje) követi nyomon a történet főbb állomásait. A második fejezetben az atommagok alapadatait és -tulajdonságait, a magerőket, a kölcsönhatásokat, a deuteron elméletét tekinti át. Ezután a statisztikus (Fermi-gáz) modellt írja le. A héjmodellek legegyszerűbb változata, a független részecske-modell (zárt héjak, elektromágneses átmeneti valószínűségek, momentumok) tárgyalása után a kétnukleon-konfigurációkkal, perturbáció-elmélettel, kevert konfigurációkkal, mátrix-elemekkel, majd a sokrészeske-konfigurációkkal, párkorrelációkkal, kvázirészecske-számításokkal, clustermodellekkel foglalkozik. Ezután a gömbszimmetrikus magtörzs vibrációinak részecske-lyuk gerjesztéseket alapul vevő, különféle közelítésekkel történő mikroszkopikus leírását mutatja be. Mindezek a leírások a nukleonok centrális gömbi átlagtérben végzett mozgásából indulnak ki. Végül a deformált magok héjmodellje (Nilsson-modell) következik.

A magot folyadékcseppnek tekintő geometriai kollektív modellek keretében a gömbszimmetrikus magok kisenergiájú felületi rezgését, továbbá deformált magok felületi vibrációját, majd a rotációját tárgyalja. Ide illeszti be az egyesített magmodellt, a kollektív mozgásokat (felületi vibrációt és deformált mag esetén rotációt is) végző magtörzs és az egyedi pályán lévő valencia-nukleon képével. A térfogati kollektív gerjesztések-

nek (óriásrezonanciáknak) klasszikus hidrodinamikai, valamint részecske-lyuk gerjesztések szuperpozícióján alapuló mikroszkopikus megközelítése is lehetséges. A rotációról szóló fejezetben többek között a rotációs állapotok mikroszkopikus leírása (cranking modell), a nehézion reakciókban gerjesztődő nagyspinű állapotok, a szuperdeformált magok témája kap helyet. Az utolsó két fejezetben a magszerkezet-vizsgálatokba nukleonpárokkal bozon változókat és modern algebrai módszereket bevezető, az utóbbi két-három évtizedben óriási fejlődést felmutató kölcsönható bozon modellek (IBM) különféle változatainak és azok kiterjesztéseinek összefoglaló tárgyalása található. E modellekkel főleg kollektív tulajdonságok írhatók le, de a végső mikroszkopikus megalapozás a héjmodellből ered. Az ezirányú vizsgálatok a magkutatás egyik legérdekesebb és legaktívabban művelt területét jelentik.

Nem lezárt témák is helyet kapnak, pl. a kvantum káosz, a nagyspinű állapotok, a kölcsönható bozon-fermion (IBFM) modellek. A betöltési szám reprezentáció, az impulzuszórási momentum algebraja, a szimmetriák modern algebrai leírása (csoportelmélet, Lie-csoportok) függeléként zárja a könyvet.

A fenti módszerekkel, melyek bemutatását itt csak rendkívül elnagyolt módon kísérelhettük meg, nagy mennyiségű kísérleti anyag osztályozható és értelmezhető. A szerző az elméleti eredményeket minden esetben összehasonlítja a kísérleti adatokkal. A szigorú matematikai levezetések többnyire kerüli, de megadja az irodalmi hivatkozást, ahol a részletek megtalálhatók. Illusztrációképpen numerikus számításokat is bemutat konkrét magokra. Az óriásrezonanciák tárgyalása szokatlanul rövid, talán mert ezek a mag egész térfogatára kiterjedő kollektív gerjesztések igazában már nagyenergiájú (>10 MeV) állapotok, nem esnek az

egyedi nivók tartományába. Azonban ehhez is kimerítő hivatkozást ad.

A könyv kiadása tényleg időszerű volt, miután az utolsó nagy összefoglaló munkák nyolc-tizenkét éve jelentek meg. A mű ezért hézagpótló a legfrissebb, aktuális témák monografikus feldolgozásában. Ilyen például a neutronok és protonok egymással szemben történő kisszögű oszcillációja (scissor mode), vagy a különféle dinamikus szimmetriák egységes algebrai leírása az IBM modellek keretében. Csak örülhetünk, hogy érdemes hazai magfizikusaink eredményei is gazdagon képviselve vannak.

A könyv kiállítása gondos, igényes; az ekkora vállalkozásnál óhatatlanul előforduló sajtóhibák száma az angol nyelvűség ellenére sem nagy, jóllehet némelyik név helyesírása megrétfálja a szerzőt (vagy a nyomdát?). Így például a Cockroft név helyesen három „c”-vel írandó (tehát nem Cockroft, mint a legtöbb magyar szerzői hivatkozásban). Vagy például szöveg közben Ragnasson és Bosterli (az irodalomjegyzékben már helyesen Ragnarsson és Bolsterli) olvasható. Majorana neve is előfordul két n-es alakban. A hivatkozott irodalom nem mindenhol a legfrissebb (például a szeparációs energiák Audi-Wapstra-féle 1993-as kiadásánál van már újabb is).

E künön könyv kiadása mindenképpen nagy nyeresége a magfizikának. Mint általános kézikönyv, a felhalmozódott irodalmi anyagot kompakt formába öntve megkönnyíti a tájékozódást, ugyanakkor a nemzetközi rangú szép hazai eredményeket is felmutatja, megmentve őket a lassú elsüllyedéstől az irodalom áradatában. (*Tibor Fényes: Structure of Atomic Nuclei. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2002*)

Lakosi László

a fizikai tudományok doktora, tudományos tanácsadó (MTA Izotóp- és Felületkémiai Intézet)

Károlyi Mihály levelezése V. 1945-1949.

Szerkesztette Hajdu Tibor

Károlyi Mihály összegyűjtött levelezése kiadásának története némi összhangot mutat Magyarország első köztársasági elnökének hányatott életével. A levelezés első kötete 1978-ban jelent meg, amit a második és a harmadik kötet csak 1990-ben és 1991-ben követhetett. A politikai okból feltornyosult akadályok eltűntek, viszont a gazdasági nehézségek újabb késlekedést okoztak. A késedelemből azonban haszon is származott.

Újabb anyagok váltak megismerhetővé, s emiatt az ötödik kötet terjedelme az eredeti elképzelést alighanem jócskán meghaladja.

A levelezés kiadása még nem teljes, hiszen az 1930-1944 és az 1949-1955 évek anyagát magukba foglaló kötetek még hátra vannak, de bízhatunk abban, hogy a szerkesztő állhatossága és az MTA Történettudományi Intézetének támogatása eredményes lesz.

Felvetődhet a kérdés, hogy mi indokolja Károlyi Mihály levelezésének kiadását. A személy, vagy inkább a levelek jelentősége? Úgy gondoljuk, hogy mindkettő, – de a személy fontossága az elsődleges! Már az is elég, hogy az ország első köztársasági elnökéről van szó. Az sem közömbös azonban, hogy milyen volt a szóban forgó személyiség, milyenek voltak tevékenységének körülményei. Nem hagyható említés nélkül az a közismert tény, hogy jóllehet Károlyi Mihály a nagybirtokos arisztokráciából származott, korának egyik legkövetkezetesebb demokratájává vált, aki a magyar tömegek felemelkedését tartotta mindennél előrébb valónak. A kiváltságos osztály tagjaként, mint a többi arisztokrata, élhetett volna kedvteléseinek. De hiszen úgy élt – vélhetjük –, hiszen az ő kedvtelése az egyszerű emberekért folytatott tevékenykedés volt! Történelmünkben ez nem példa

nélküli, bár a sor nem túl hosszú. Elég, ha a nagy száműzöttek – II. Rákóczi Ferenc vagy Kossuth Lajos – életútja ötlük az eszünkbe. Sokan gáncsolták őket, mind a kortársak, mind az utókor részéről. S bár nem állítható, hogy hibátlanok lettek volna, ám akik megkérdőjelezték hozzáértésüket, felrötták idealizmusukat, sőt naivításukat, azok általában nem a hibák miatt, hanem a pozitív tettek miatt fordultak szembe velük.

Károlyi levelezése ötödik kötetének időhatárait tekintve úgy is fogalmazhatunk, hogy az emigrációtól emigrációig terjedő korszakot öleli fel. A szerkesztő ezzel kapcsolatos döntését az is indokolja, hogy ily módon bepillantást nyerünk a nyugati magyar emigráció történetének egy fontos szeletébe, s emellett megismerhetjük Károlyi ekkori gondolatait, elképzeléseit is.

A Károlyi által és a hozzá írt levelek közel egyharmada származik ebből az időből. Kiemelkedő fontosságú az 1945 márciusában régi hívének, Hajnal Jenőnek írt hosszú levél (a 30. számú), amelyben megfogalmazza politikai állásfoglalását kora fontos kérdéseiben, a tervgazdaság szükségességétől a sztálini politikáig. Magyarázatot ad – mintegy magának is – arra, miért tartja ekkor elfogadhatónak (talán szükségesnek is) a harmincas évek szovjetunióbeli pereit, politikai tisztogatásait.

S persze kitér a magyarországi helyzetre is. Álláspontja szerint „a horthyzmus és a szálásizmus között nincs különbség”, s „Magyarországon nem lehet más politikát csinálni, mint megnyerni Teleki és Horthy volt híveit, és baloldali kontroll mellett azokat is részesévé tenni az átalakításnak, akik azt mindig ellenezték”.

Az első és döntő kérdés „a radikális föld-reform”, amely „ha megvalósul, valóban egy komoly demokráciának vetjük meg az alapját, amely a magyar életet tökéletesen átalakíthatja”. (66. p.)

Minden más csak ezután következhet. A helyzetet bonyolította a magyar baloldal

számbeli gyengesége, ami miatt Károlyi hajlandó volt olyanokkal is együttműködni, akikkel pedig fontos kérdésekben nem értett egyet. A levelekből kitér, hogy Károlyi alapvető törekvése Magyarország demokratizálása volt. Ennek elérése érdekében együttműködött olyanokkal is, akikben azután csalódnia kellett, s elvállalt olyan posztot, amelytől azt remélte, hogy abban az országban hasznára lehet.

A levelek olvastán felmerül a kérdés: szerepe volt-e Károlyi magatartásában, tetteiben naiv idealizmusának? Úgy tűnik, hogy a válasz részben igenlő kell legyen. Emiatt nem ismerte fel idejekorán a sztálini politika valódi arculatát, s ezzel is összefügg, hogy kezdetben félreismerte Rákosit. De ezzel magyarázható Benešsel kapcsolatos reménye is, ami a magyarokkal kapcsolatban oly látványosan tévesnek bizonyult. Másrészt azonban az is látható a levelekből, hogy Károlyi széleslátókörű, a helyzetet reálisan mérlegelő egyéniség volt. Ezt példázzák többek között az újabb világháborútól való félelem alaptalan voltát magyarázó fejtegetései 1947-ben írt követi jelentéseiben. A párizsi követi poszt elfogadásából következett egyébként követi jelenté-

seiben nemegy olyan megfogalmazás, ami független helyzetben talán másként hangzott volna (például Pfeiffer vagy Mindszenty kérdésében: 420. illetve 688. p.).

Illúziómentessége, a helyzet reális megítélése 1946. májusi hazajövele után több levélből is kiderül (így Gyöngyösi külügyminiszterrel kapcsolatos megjegyzéséből: még Albánia sem kockáztatná meg, hogy a külügyminisztere egy idegen nyelvet se beszéljen [288. p.], vagy a magyar kommunisták nacionalista propagandájáról írottakból [289. p.]).

A kötetet szerkesztő Hajdu Tibor, és a szerkesztésben közreműködő Litván György gondos munkájának eredményeként legújabb kori történelmünknek forráskiadványokban eddig még igencsak szűkös választéka egy értékes összeállítással gazdagodott.

A levelekhez írt jegyzetek hasznos tájékoztatással szolgálnak az olvasónak, csakúgy, mint a leveleket követő mutatók és az időrendi áttekintés. (*Hajdu Tibor (szerk.): Károlyi Mihály levelezése V. 1945–1949. Napvilág Kiadó, Budapest, 2003, 788 p.*)

Csató Tamás

a történettudomány kandidátusa

Szabó Katalin – Kocsis Éva: Digitális paradicsom vagy falanszter?

A termékeny szerzőpáros legújabb könyvének már a címe is ellentmondásra utal: ugyanazt a dolgot, jelesül a személyes tömegtermelést lehet minden világok legjobbikának tekinteni, de akár Madách Tragédiájának peszsimista jelenete is eszünkbe juthat róla. Van színe és fonákja, egyik a másiktól elválaszthatatlan, együtt alkotnak valamiféle egészet.

Ez az indítás nem meglepő. Az információs társadalom (bármilyen legyen is az) küszöbén, a fejlődő elektronikus üzlet világában az ellentmondások, a végletes értékelések meg-

szokottak. Amit az egyik nap egekig magasztalunk, arról másnap kiderül, hogy egy jól fel-fújt léggömb volt csupán. Amit ma jelentéktelen eseménynek tartunk, az holnapra domináns trenddé válhat. Van, aki fantasztikus lehetőségeket lát a számítógépek és a digitális hálózatok korszakában, és van, aki az emberi kapcsolatokat vagy éppen a saját magánéletét félti a mindenütt megjelenő ketyeréktől, rivasz kis kém-szoftverektől, intelligens kártyáktól, mindenütt felbukkanó drótoktól és láthatatlan rádióhullámoktól. Van, aki örül, hogy Nyíregyházán ugyanolyan hamburgert ehet, mint mondjuk Bostonban, és van, akinek a háta borsószik ettől. Az egyik ember szívesen nyújtja „lehúzásra” a kártyáját az üzletben, a másik viszont félve gondol arra, hogy vala-

hol, egy szép nagy adatbázisban egy újabb színnel gazdagodott a róla alkotott kép, és ki tudja, mire fogják azt felhasználni. A tudósok sem tudják egyértelműen eldönteni, hogy amit látnak, azt a „posztfordista” vagy a „neofordista” kategóriába sorolják-e.

Szabó Katalin és Kocsis Éva – mindketten az elektronikus gazdaság ismert elemzői és krónikásai – nem akar sem lelkesedni, sem fanyalogni. Az ítéletet az olvasóra bízják. Ez van, mondják, ilyen a világ, ez és ez történik benne. Könyvük pontos és igen gazdag kép egy jelenségről, a személyes tömegtermelésről, aminek már a megnevezése is ellentmondást hordoz, hiszen hogyan lehet „személyes” az, ami „tömeg”?

A széles ívű és mély kutatási háttérre támaszkodó írás bemutatja és számtalan példával illusztrálja, hogyan lehet. A számítógépes forradalomnak köszönhetően a termelési rendszerek és a vállalati folyamatok rugalmassága rendkívül megnőtt. A munkát okos robotok végzik, az átállások, módosítások némi programozással könnyen végrehajthatók. Minden eseményt, minden lábnyomot digitálisan rögzítenek. Az egyes ember eltűnik a tömegben, de ki is emelkedik belőle, hiszen a digitalizált adminisztráció képes önálló egyedként kezelni, a személyes profilját pedig egyre finomabb vonásokkal rajzolják fel a marketingesek és az adatbányászok. Lehetőséget kap arra, hogy egyéni elvárásaival mintegy szabályozza a számára valamit előállító rendszereket, és végül valami olyasmit kapjon, ami pont hozzá passzol, ami az ő személyes ízlésének megfelelő, és ami talán senki másnak nincs. De az sem biztos, hogy ő az aktív és kezdeményező fél, hiszen a szokásait és az elvárásait egyre jobban ismerik a másik oldalon, és már eleve „csak neked, csak ilyet, csak most” ajánlatokkal keresik fel. Elvegyülhet és kiválhat, ahogy neki tetszik, vagy legalább megkapja a kiválás illúzióját.

A tömeges testreszabásnak sokféle módja és technikája van. A könyvben rövid elméleti

és koncepcionális felvezetés után gyakorlati példák sorakoznak. A világot a tömeges testreszabás szemüvegén keresztül látó szerzők ugyanazokat a működési és eljárásbeli mintákat fedezik fel a legkülönbözőbb iparágakban, a szabászattól a könyvkiadáson át a számítógépekig és a gazdájuk testéhez és lelkéhez alkalmazkodó autókig. A technológiai alapok és feltételek a laikus számára is világosak lesznek, a jelenségek modellezésével pedig az elvontabb közgazdaságtan hívei is elégedettek lehetnek. Kirándulást tehetünk a rugalmas munkaerőpiacra, láthatjuk, miképpen oldódnak fel szervezeti határok és sokévtizedes vezetési szokások, hogyan válik modulárisá, célzottá, „one-to-one” jellegűvé a „mass-marketing”, az elektronikus piacokon hogyan jelenik meg ismét „dinamikus árazás” néven a keleti bazárok alkudozása.

A kép gazdag, színes és árnyalt, ahogy ezt már a szerzőktől megszokhattuk. A könyvet élvezetessé teszi az eleven és érzékletes stílus: úgy lehet olvasni, mint egy krimi.

És persze lehet vitatkozni is a szerzőkkel vagy akár egymással. Lehet állást foglalni a „jó ez nekünk?” kérdésében. Lehet arra hivatkozni, hogy mindez érdekes, de az alapját jelentő elektronikus kereskedelem egyelőre jó, ha 1-2 százalékát adja a világ áruforgalmának. Lehet példákat sorolni arra, hogy ami testreszabásnak látszik, az sokszor nem egyéb a felszín ügyes variálásánál. Hosszasan lehet sorolni azokat a cégeket, amelyeket nemrég még a digitális testreszabás bajnokainak tartottunk, nyereséget viszont sohasem értek el, és mára már a nevükre sem emlékszik senki.

Ha Darwin élne, biztosan érdeklődve figyelné a könyvben leírt tarka és nyüzsgő világot. Lássuk, mondaná, mi marad életképes mindebből? (*Szabó Katalin – Kocsis Éva: Digitális paradicsom vagy falanszter? Aula Kiadó, Budapest, 2002, 234 p.*)

Bögel György

a közgazdaságtudomány kandidátusa,
stratégiai tanácsadó (KFKI Számítástechnikai Rt.)

*Borsányi László:
Hontalanok a hazájukban.
Az első amerikaiak történelme
Észak-Amerika történetében
(XVII–XIX. század)*

A történelmet a győztesek írják – tartja az alávetettségben élő népek keserű tapasztalataiból leszűrt bölcsesség –, ám szerencsére mindig akadnak kivételek. Ilyen vigasztaló kivétel Borsányi László *Hontalanok a hazájukban* című munkája, melyben a jeles történész-antropológus Észak-Amerika Kolumbusz tévképzete nyomán félezer éve indiánokként emlegetett őslakosságának történetével ismerteti meg a magyar olvasót, a „tényeket az indiánok szemszögéből dolgozva fel”.

A beleérző történetírás e vállaltan elfogult dokumentuma azonban nem csak a magyar olvasó számára tartogat meglepetéseket. A szerző ugyanis arra tesz – összességében sikeres – kísérletet, hogy az indián létformát az etnografikus beszédmódra nem éppen jellemző *diakron* elemzésben tárgyalja, anélkül hogy feladná a szinkronitáshoz erősen kötődő antropológikus látásmód lényegéből fakadó *összehasonlító-kontextualizáló* megközelítést. Történelmet olvasunk tehát, észak-amerikai történelmet, melynek középpontjában azonban nem az unalomig ismert magányos hős – az ősvadont meghódító, saját civilizatorikus küldetésének tudatában minden útjában álló akadályt félresöpörő fehér ember – alakja, de nem is csupán a múzeumi tárlók tetszhalálából életre keltett indián figurája áll. A könyv lapjain megelevenedő történet dinamikáját a bukásában is felemelkedő protagonistá és a győzelmében is bukásra – erkölcsi bukásra – ítélt antagonistá: őslakos és bevándorló kettősének súlyosan aránytalan párharca adja.

A *Hontalanok a hazájukban* az első amerikaiak, az indiánok és fehérbőrű ellenfe-

leik történetét mondja el: Borsányi László munkája történelemkönyv, nem pedig történeti-politikai allegória. Ha a gyarmatosítás kataklizmáját túlélő indiánok elszigetelésére létrehozott rezervátumok és az európai koncentrációs táborok, vagy William Harrison kormányzónak „az indiánkérdés végleges rendezését az indiánok megsemmisítésével” megvalósítani szándékozó elképzelései és a másfél századdal utóbb, Európában alkalmazott *Endlösung* közti nyilvánvaló párhuzamokon túl az olvasó további megfeleléseket is talál az Óhaza és az Újvilág története között, az nem a szerző felelőssége. Nem, Borsányi László nem rágja szánkba, hogy a tárgyalásra invitált és hietszegő módon fogásba vetett – ha nem azon nyomban kivégzett – szeminel és kamencsi vezetők sorsáról, a kényszerkitelepített és a Könnyek Ösvényén marhacsordaként nyugatra terelt tízezernyi cseroki szenvedéseiről, vagy az ota-vák, az irokézek, no meg az őt, a telepeseke által nagyvonalúan civilizálnak nevezett törzs másokért vívott és szinte mindig a vesztes oldalon befejezett háborúiról mi minden juthat a magyar olvasó eszébe. Nem, Borsányi László nem moralizál, nem allegorizál és főleg nem politizál. Borsányi László történelmet ír – beleérző történelmet.

A hatáskeresés e tudományos alapos-sággal megírt könyv szellemétől teljességgel idegen – néha talán túlságosan is az. Kétségkívül öröndetes, hogy a délibábos rokonságkutatás leghalványabb készítése sem vezetik a szerző tollát (nem, a jegyzetekben ismertetett embertani vizsgálatok bizonyossága szerint mi, magyarok nem állunk valamiféle ural-altaji atyafiságban a feltehetőleg ázsiai eredetű, de inkább Indonézia, Közép- és Délkelet-Ázsia mongolid, semmint Belső-Ázsia mongol népeire emlékeztető amerind embertípussal), és annak is csak örülhetünk, hogy az indiánromantika csingacskugoswinnetous kellékeinek obligát felvonultatásától is megkímél minket Borsányi László.

Azt azonban nem bánnánk, ha a szigorúan kronologikus rendbe szedett eseménytörténetet meg-megszakítva, a jeles antropológus szerzőtől valamivel többet is megtudhatnánk Amerika első népeinek életmódjáról, hitvilágáról, szokásairól és tradícióiról, mondjuk azt, hogy a vadászó-gyűjtögető életmódot folytatók mellett szép számmal voltak nomadizáló vagy földművelő – kvázi civilizált – törzsek is. Világos, hogy csak a legnaivabb kívülálló hiheti, hogy egy elsődlegesen *történeti* monográfia átfogó etnográfiai képet nyújthat e rendkívül sokszínű – mint megtudjuk, kétszáznál több nyelvet beszélő, legalább hat kulturális régiót és töbttucatnyi törzsi közösséget alkotó – ős-amerikai népességről. Az olvasó mégis némi csalódottsággal veszi tudomásul a szerző szófukarságát a háborúba hívó vampum-övek és harci bunkók szétküldésének szokása, vagy a még újságnymtatásra is alkalmas cseroki ábécé története és mibenléte kapcsán – hogy csak kettőt említsünk a könyvben felbukkanó és magyarázat, értelmezés után kiáltó érdekességek közül. Ide tartozik még, hogy a zárófejezetnek az amerikai kulturális antropológia ideológiai alapú mulasztásait leleplezni hivatott tudománytörténeti fejtegetései helyett – vagy mellett – a művelt laikus olvasó (akihez a közérthető stílus és a gazdag képlusztráció tanúsága szerint a könyv éppúgy

szól, mint a témát jól ismerő szakmabelihez) vélhetőleg szívesebben venné az indián „közösségi társadalom mibenlétének és összefüggéseinek felderítésére és megértésére” vonatkozó tudományos törekvések részletesebb ismertetését, mint részletekbe menő bírálatát. Ebből a szempontból bizonyára érdemes lett volna valamivel többet elmondani a „magánjavak rituális szétosztásának [...] intézményesített rendszeréről”, s azon belül a *patleccs* szertartásáról, mint amennyi két rövid jegyzetbe beleférhetett.

Mindez azonban keveset von le Borsányi László hiánypótló művének elvitathatatlan érdemeiből. A *Hontalanok a hazájukban* legalább két diszciplína – az amerikanisztika és a kulturális antropológia – honi művelőinek sok évtizedes mulasztását pótolva megkerülhetetlen alpművel gazdagítja az amerikai indiánok – azaz, mint most már tudjuk: első amerikaiak – iránt érdeklődő és az angol nyelvű szakmunkáktól nyelvi vagy anyagi okokból elzárt olvasó eddigig igencsak gégyényes könyvtárát. Kösöznet érte, a Nagy Szellem nevében. (*Borsányi László: Hontalanok a hazájukban. Az első amerikaiak történelme Észak-Amerika történetében (XVII–XIX. század). Helikon Kiadó, Budapest, 2002. 224 p.*)

Farkas Ákos

PhD, egyetemi docens (Miskolci Egyetem)

Párhuzamos életrajz – *Hargittai István: Életeink* –

A könyveknek is van fejlődéstörténetük. Vannak visszatérő, az élet nagy fordulóit és erkölcsi döntéseit újrafogalmazó alpművek, vannak szelídebb vagy vadabb, de élvezetes történetek, amelyek az olvasót kellemes vagy borzongató élménysorokkal szórakoztatják, megszólaltatva bennük a magunk és mások közösen alakult érzelm- és érdeklődésvilágait, és vannak a Hargittai-könyv

egyik fő vonulatához közel állók, tudományról és a tudományos felfedezés alkati elemeiről szólók. Olyan könyv, ami mindegyik fejlődéstörténetet egybefogja, ritka, ehhez szükséges egy szélesre táruló saját alkotói élet, egy megélt történelmi drámasor és olyan pálya, amelyen a szerző találkozik kora gondolkodásformáló személyiségeivel, és képes velük partneri kapcsolatban beszélgetni.

Hargittai István könyve ilyen szerencsés, egyedi eredmény. Kítűnő kémikusunk, Akadémiánknak a világ vezető laboratóriu-

maiban elismert tagja a kémiai szerkezetek sikeres kutatója. Ez az alap számára ahhoz, hogy a kémia és ezen belül is a biokémia korunkat egyre inkább formáló tudományának kapcsán a rendezettség szépségeinek és gondolati vonzásának hirdetője legyen. Feleségével, Hargittai Magdolnával írt és szerkesztett műveik a szimmetriák természettudományi és esztétikai gyönyörűségeinek világszerte népszerű felmutatói. Ugyanez az alapjában természettudományos nézetvilág teszi az emberi örülettől, gonoszástól elborzasztó látványok dokumentátorává és a rokonsorsok, a sötétségből a fényre törekvés akarateréjének, tehetségének és sikerességének krónikásává.

Így a könyv a szörnyű és csodálatos huszadik század tudománytörténetének izgalmas fejezeteit szakmai hitelességgel és kiváló magyarázó könnyedséggel megírt krónikája, amelyben felvonulnak, sokszor életközéltelben a kémia, a biológia, sőt a fizika Nobel-díjasai, itt csak néhányat említve: James Watson, Frederick Sanger, Rudolf Mössbauer, Manfred Eigen, Marshall Nirenberg, Linus Pauling, Nyikolaj Szemjonov, a magyarok közül Wigner Jenő és Oláh György, de a Nobel-díj nélküliek közül is méltó helyen T. Sós Vera és a különös, nagyszerű, nem igazán méltányolt Furka Árpád. Mindannyiukhoz kapcsolva tudománytörténeti jelentőségük, felfedezéseik lényegének világos magyarázata, az anyagi szerkezetek feltárásának mindent átformáló diadalútja, ami elvezetett bennünket az élet elemi mechanizmusainak átalakító megértéséhez, a világegyetemre kitekintésünk szélesedéséhez és a gyógy-szerek, járműhajtóanyagok mindennapi életünket egészségesebbé és könnyebbé tevő gyakorlatáig.

A tudományos pálya és a találkozások története mélyen egybefonódik a szerző

saját fejlődéstörténetével. A plutarkhoszi párhuzamos életrajzokban foglalt tanulságos történetek füzére így lesz a találkozások és az önéletrész párhuzama, nem tolakodóan, hanem logikus tükrözésként. A sok életrajz ezen a szubjektív párhuzamosságon keresztül válik olyan élvezetesen tömör jellemrajzzá is.

Ezekben a párhuzamokban emelkedik ki egy olyan önvállalás, ami számunkra, a mai magyar valóság számára különösen fontos. Hargittai magyar zsidó, aki édesapját nem ismerhette, mert a náciok szolgálatába szegődött hadsereg élő aknaszedőnek használta, szerencsés túlélője volt a deportálásoknak, itt lett tudományos kutató, és megmaradt magyarnak a világ legjobb laboratóriumaiban is, majd az itthoni kutató és oktató munkában is. Magyar zsidó, akiben a máig túlélő, gyilkos indulatok ma is sebeket ejtenek, és aki életével és meggyőződésével tanúsítja, hogy ez a magyar zsidósors magyar sorstragédia, amit ez a nemzet még nem igazán dolgozott fel, pedig történelmünkben a továbbhaladásnak ez éppúgy feltétele, mint Európa számos nemzetének volt. Hargittai találkozásai természetesen főleg olyanokkal mélyültek el, akiknek így vagy úgy hasonló sorsuk volt, menekülésekkel, árvaságokkal terhes, akiknek intellektuális fejlődését a nehéz indulás, a kirekesztettség-tudat még nagyobb teljesítményre ösztönözte. Azzal, hogy Hargittai zsidó magyarságát vállalja, bátor és rendező szándékú magatartást példáz, a kémiai kötések rendjének tükrözését társadalmunk egészségesebbé váló józanságában.

Olvassa ezt a könyvet kémikus és nem-kémikus, zsidó és nemzsidó hazai értelmiségi szeretettel, az érdekességről a szerző és a történelem gondoskodott!

Vámos Tibor

CONTENTS

József Topál: The Birth of Ethology: A Review in Connection with an Aniversary.....	932
Ádám Miklósi: Introduction	936
Róbert Gerlai: A New Scientific Revolution: The Integration of Genetics, Informatics and Behavioural Sciences.....	938
György Kemenes: Elementary Neural Processes and Conserved Cellular and Molecular Mechanisms of Learning in Neural Systems of Gastropods.....	949
József Haller – József Halász – Éva Mikics: Interaction between Stress and Aggression	957
Péter Kabai: At the Bottom of the Ladder: Behaviour and the Hierachy of Control.....	964
Vilmos Altbäcker: Rabbits of the Juniper Forest: Origins and Mechanisms of an Animal Tradition	970
János Török – László Zsolt Garamszegi – Gergely Hegyi – Attila Hettyey – Gábor Michl – Balázs Rosivall: Signalisation and Sexual Selection	976
András Liker – Zoltán Barta – Tamás Székely: Games of Life: Strategies in Feeding and Mate Choice.....	984
Szabolcs Számadó: Communication Among Animals: The Problem of Honest and Dishonest Signals	991
Ádám Miklósi – József Topál – Vilmos Csányi: On The Problem of Interspecific Communication with Special Regard to the Dog-Human Relationship	998
Ildikó Király – Ágnes Szalay – György Gergely: What Are We Imitating and Why: From Blind Mimikri to Imitation with Insight	1007
<i>Study</i>	
György Berencsi – Saleh Younes Ali – Péter Gyarmati – Mária Takács – Éva Gönczöl: Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) And Virological Properties Of Etiological Agent.....	1017
András Patkós: Relationship between Research and Universities in Europe and in Hungary	1025
<i>The Scientists of the Future</i>	1035
<i>Academy Affairs</i>	1052
<i>Outlook (Jéki László – Gimes Júlia)</i>	1053
<i>Book Review</i>	1059

Ajánlás a szerzőknek

1. A Magyar Tudomány elsősorban a tudományterületek közötti kommunikációt szeretné elősegíteni, ezért elsősorban olyan kéziratokat fogad el közlésre, amelyek a tudomány egészét érintő, vagy az egyes tudományterületek sajátos problémáit érthetően bemutató témákkal foglalkoznak. Közlünk téma-összefoglaló, magas szintű ismeretterjesztő, illetve egy-egy tudományterület újabb eredményeit bemutató tanulmányokat; a társadalmi élet tudományokkal kapcsolatos eseményeiről szóló beszámolókat, tudománypolitikai elemzéseket és szakmai szempontú könyvismertetőket.

2. A kézirat terjedelme szöveges tanulmányok esetében általában nem haladhatja meg a 30 000 leütést (a szóközökkel együtt, ez kb. 8 oldalnak felel meg a MT füzeteiben), ha a tanulmány ábrákat, táblázatokat, képeket is tartalmaz, a terjedelem 20-30 százalékkal nagyobb lehet. Beszámolókat, recenziók esetében a terjedelem ne haladja meg a 7-8 000 leütést. *A teljes kéziratot .rtf formátumban, mágneslemezen és 2 ki nyomtatott példányban kell a szerkesztőségbe beküldeni.*

3. A közlemények címének angol nyelvű fordítását külön oldalon kell csatolni a közleményhez. Itt kérjük a magyar nyelvű kulcsszavakat (maximum 10) is. A tanulmány címe után a szerző(k) nevét és tudományos fokozatát, a munkahely(ek) pontos megnevezését és – ha közölni kívánja – e-mail-címét kell írni. A külön lapon kérjük azt a *levelezési és e-mail címet*, telefonszámot is, ahol a szerkesztők a szerzőt általában elérhetik.

4. Szöveg közbeni kiemelésként *dólt*, (esetleg **félkövér** – bold) betű alkalmazható; ritkítás, VERZÁL betű és aláhúzás nem. A jegyzeteket lábjegyzetként kell megadni.

5. A rajzok érkezhetnek papíron, lemezen vagy email útján. Kérjük azonban a szerzőket: tartsák szem előtt, hogy a folyóirat fekete-fehér; a vonalas, oszlopos, stb. grafikonoknál tehát ne használjanak színeket. Általában: a grafikonok, ábrák lehetőség szerint minél egyszerűbbek le

gyenek, és vegyék figyelembe a megjelenő oldalak méreteit. A lemezen vagy emailben érkező ábrákat és illusztrációkat lehetőleg .tif vagy .bmp formátumban kérjük; értelemszerűen fekete-fehérben, minimálisan 150 dpi felbontással, és a továbbítás megkönnyítése érdekében a kép nagysága ne haladja meg a végleges (vagy annak szánt) méreteket. A közlemény szövegében tüntessék fel az ábrák kívánatos helyét.

6. Az irodalmi hivatkozásokat mindig a közlemény végén, abc sorrendben adjuk meg, a lábjegyzetekben legfeljebb utalások lehetnek az irodalomjegyzékre. Irodalmi hivatkozások a szövegben: (szerző, megjelenés éve). Ha azonos szerző(k)től ugyanabban az évben több tanulmányra hivatkozik valaki, akkor a közleményeket az évszám után írt a, b, c jelekkel kérjük megkülönböztetni mind a szövegben, mind az irodalomjegyzékben. Kérjük, *fordítsanak különös figyelmet a bibliográfiai adatoknak a szövegben, illetve az irodalomjegyzékben való egyeztetésére!* Miután a Magyar Tudomány nem szakfolyóirat, a közlemények csak a legfontosabb hivatkozásokat (max. 10-15) tartalmazzák.

7. Az irodalomjegyzéket abc sorrendben kérjük. A tételek formája a következő legyen:

- Folyóiratcikkek esetében:

Alexander, E. O. and Borgia, G. (1976). Group Selection, Altruism and the Levels of Organization of Life. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **9**, 499-474

- Könyvek esetében:

Benedict, R. (1935). *Patterns of Culture*. Houghton Mifflin, Boston

- Tanulmánygyűjtemények esetén:

von Bertalanffy, L. (1952). Theoretical Models in Biology and Psychology. In: Krech, D., Klein, G. S. (eds) *Theoretical Models and Personality Theory*. 155-170. Duke University Press, Durham

8. Havi folyóirat lévén a *Magyar Tudomány* kefelevonatot nem küld, de az elfogadás előtt minden szerzőnek elküldi egyeztetésre közleménye szerkesztett példányát. A tördelés során szükséges apró változtatásokat a szerző egy adott napon a szerkesztőségben ellenőrizheti.

KIS GYÜLÉS, JUN. 7. 1841.

Gr. Teleki József úr Ó Exja' elnöksége alatt

Jelen Jankowich és Schedius tt. tt. — Bajza, Balogh, Bugát, Gebhardt, Gyóry, Kiss, Luczenbacher, Szemere, Sztrokay, Vásárhelyi, Vörösmarty rr. t. — Bloch, Erdélyi, Fogarasi, Gaal Lukács, Taubner, Tóth II. tt. — Schedel F. titoknok, Szalay L. segédjegyző.

SZEMERE PÁL rt, a' szószékben

Vörösmarty „Kis leány' baja“ czímű daláról olvasta fel négy külön időben papirosra tett elmélkedéseit, mellyek e' jelen dalművet minden oldalról megvilágítják; 's vég eredményök az, hogy e' költő ritka mértékben bir gazdag érrel; műveiben elme és szív, játék és komolyság, többnyire egyenlően olvadnak össze; kedélyre pedig, melly soha nem forróbb, mint művészetileg lennie szükséges, a' hellenekre emlékeztet, 's e' dalban népi, de nemes és ünnepi hangon szóló dal' példányát állíta fel. Mellesleg elmondá előadó a' criticának a' lángelméhez való viszonyáról nézeteit, mellyek szerint annak tevőleges hatást erre nem kíván engedni, csak nemlegest, hibáktól eltartóztatót, de nem mulasztván el a' nemleges széptani critica' veszedelmeire is figyelmeztetni.