

Magyar Tudomány

20 ÉVES A MAGYAR BIOFIZIKAI TÁRSASÁG
vendégszerkesztő: Závodszy Péter

Sport, egészség, társadalom
Richard Wagner és az állam- és jogtudomány
Filozófia a tudományok előtt, mellett, után

2012•9

Főszerkesztő:

CSÁNYI VILMOS

Szerkesztőbizottság:

ÁDÁM GYÖRGY, BENCZE GYULA, BOZÓ LÁSZLÓ, CSÁSZÁR ÁKOS,
ÉNYEDI GYÖRGY, HAMZA GÁBOR, KOVÁCS FERENC, LUDASSY MÁRIA,
SOLYMOSSI FRIGYES, SPÄT ANDRÁS, SZEGEDY-MASZÁK MIHÁLY, VÁMOS TIBOR

A lapot készítették:

ELEK LÁSZLÓ, GAZDAG KÁLMÁNNÉ, HALMOS TAMÁS, HOLLÓ VIRÁG,
MAJOROS KLÁRA, MAKOVECZ BENJAMIN, MATSKÁSI ISTVÁN, PERECZ LÁSZLÓ,
SIPOS JÚLIA, SPERLÁGH SÁNDOR, SZABADOS LÁSZLÓ, F. TÓTH TIBOR

Szerkesztőség:

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

Előfizetési díj egy évre: 10 440 Ft

Terjeszti a Magyar Posta és alternatív terjesztők
Kapható az ország igényes könyvesboltjaiban

Nyomdai munkák: Akaprint Kft. 26567

Felelős vezető: Freier László

Megjelent: 11,4 (A/5) ív terjedelemben

HU ISSN 0025 0325

TARTALOM

50 éves a Magyar Biofizikai Társaság

Vendégszerkesztő: Závodszy Péter

Závodszy Péter: Történeti visszatekintés	1026
Ormos Pál: Fotopolimerizációval készített mikrostruktúrák alkalmazása a biofizikában ...	1039
Mátyus László – Panyi György – Damjanovich Sándor – Szöllösi János: Membránfehérjék, receptormintázatok szerepe a fiziológiás és patológias sejtműködésben.....	1046
Kellermayer Miklós: Egymolekula biofizika	1055
Vonderviszt Ferenc: A baktériumok flagelláris filamentumainak szerkezete és önszerveződése	1064
Bugyi Beáta – Hild Gábor – Lukács András – Nyitrai Miklós: Mérőszalaggal a fehérjék világában	1072

Tanulmány

Jákó Péter: Sport, egészség, társadalom	1081
Szmodis Jenő: Richard Wagner és az állam- és jogtudomány	1090

Interjú

Gondolkodással sok minden helyettesíthető (Chikán Ágnes beszélgetése Keszthelyi Lajos akadémikussal).....	1097
--	------

Vélemény, vita

Molnár Gábor: Intuíciók, tapasztalatok és gyakorlati érdekek a filozófiában.....	1103
Fehér M. István: A kerekded kör, avagy a filozófia nagyságáról és nyomorúságáról	1110
Nánay Bence: Filozófia a tudományok előtt, mellett, után – vitázó	1121

Tudós fórum

Havas László: Az elmúlás és a halál kultúrája az életigenlés nézőpontjából	1128
Pityu bácsi... (Csanda Endre)	1132

Megemlékezés

Lipták András 1935 – 2012 (Joó Ferenc)	1136
--	------

Kitekintés (Gimes Júlia)

1139

Könyvszemle (Sipos Júlia)

Ahol germanisztika és judaisztika összeér (Nádasdy Ádám)	1143
Magyar sorsfordulók 1920–1989 (Ungváry Krisztián)	1145
Gondolattár a városfejlődésről (Rechnitzer János).....	1148

50 éves a Magyar Biofizikai Társaság

TÖRTÉNETI VISSZATEKINTÉS

Závodszy Péter

az MTA rendes tagja,
a Magyar Biofizikai Társaság elnöke
zxp@enzim.hu

Amikor a hazai biofizika történetére visszatekintünk, meg kell különböztetnünk két korszakot. A korai időben nem is annyira biofizikáról, mint inkább fizikai orientációjú biológiáról és orvostudományról beszélhetünk, s ennek nagy hagyományai vannak Magyarországon. Az izom-biofizika jeles iskolája volt például Szegeden Szent-Györgyi Albert tanszéke, ahol Ernst Jenő kifejezetten fizikai jellegű kutatásokat folytatott. A második világháború után, viszonylag hamar, 1947-ben megalakult Pécsen az első – valóban annak nevezett – Biofizikai Intézet. Biofizikai tevékenység legtöbb magyar egyetemen már ekkor is fellelhető volt, de szervezeti háttér nélkül, elszigetelten és más néven nevezett tanszékek keretében folyt. A pécsiek kezdeményezésére – a világon az elsők között – szerveződött meg a Magyar Biofizikai Társaság (MFBT) 1961. március 3-án, 111 taggal. Elnöke Ernst Jenő, a titkár Tigyi József lett. Köszönet jár elődeinknek, hogy felismerve az idők szavát és a tudomány fejlődését, az elsők között – a Brit Biofizikai Társasággal egy idő-

ben – alapították meg Társaságunkat; s most alapul szolgál a büszkélkedésre, hogy a világ egyik legelső biofizikai társasága lehetünk. Ekkor kezdődött a már valóban biofizikának nevezhető második korszaka ennek a tudományágnak.

A társaság megalakítása nagyon nagy szolgálatot tett e tudományág művelőinek, akik tudomást szereztek egymás létezéséről és munkájáról, a rendszeres vándorgyűlések keretében mód volt szakmai találkozásokra, és a közös érdekek megjelenítésére és képviselésére. Sorra szerveződtek a biofizikai intézetek: 1968-ban Tarján Imre Budapesten az Orvostudományi Egyetemen alapított Biofizikai Tanszéket, ezt követte Szegeden a József Attila Tudományegyetemen Szalai László intézete 1969-ben, majd Debrecenben az Orvoskaron Tóth Lajos volt intézete 1970-ben. Az Eötvös Loránd Tudományegyetemen 1965-ben e sorok írója indította el a biofizika oktatását Láng Ferenc kezdeményezésére a Növényélettani Tanszék keretében, a Budapesti Műszaki Egyetemen Greguss Pál szer-

vezett biofizikai laboratóriumot 1966-ban. Az MTA keretében az első Biofizikai Intézet a szegedi SZBK-ban szerveződött Garay András, majd Keszthelyi Lajos vezetésével 1971-ben. 1998-ban Vicsek Tamás önálló Biológiai Fizika Tanszékké szervezte a biofizikai oktatást és kutatást az ELTE-n.

A kezdetektől, a Magyar Biofizikai Társaság megalapításától napjainkig, a biofizika virult és terebélyesedett Magyarországon. Számos biofizikai műhely működött és működik az egyetemeken és a kutatóintézetekben. Egy ilyen ünnepélyes alkalommal, mint az 50. évforduló, érdemes, ha csak rövid felsorolással is végigfutni a biofizikai iskolák történetén és legfontosabb eredményein.

Erre tesztek most kísérletet elsősorban az ötven év jeles személyiségeire, eredményeire és eseményeire koncentrálna. Ebben támaszkodom személyes emlékeimre, mivel ennek a periódusnak tanúja lehettem, de átnéztem régi évkönyveinket, és kaptam visszaemlékezést és fényképeket a legtöbb műhelytől is. Egy ilyen visszatekintés soha nem lehet teljes, sok minden feledésbe merült, vagy elkerülhettem a figyelmet, de remélem, azért kaphatunk egyfajta képet tudományterületünk ötven éves fejlődéséről és azokról, akiknek ez köszönhető. A megemlékezés sorát mindenképpen Péccsel kell kezdenem. A pécsi egyetemen alakult meg az első, valóban *Biofizikai Intézetnek* nevezett biofizikai tanszék 1947-ben.

Az intézet jogelődje a Pozsonyban, 1912-ben megalapított, majd 1921-ben Pécsre költöztetett Erzsébet Tudományegyetem Orvosi Fizikai Intézete. Az intézet 1923 októberében kezdte meg működését a Rákóczi út 80. alatti központi épület földszintjének nyugati szárnyában, *Rhorer László* (1874–1937) igazgató vezetésével. Rhorer László jelentős, európai szintű szakmai tapasztalatokkal rendelkezett.

Kiemelkedőek a vese működésére, a radiológia kifejlesztésére és a röntgensugárzás alkalmazására vonatkozó munkái. 1914-ben megjelent, *Physika* című tankönyvéből, amely több kiadást élt meg, orvosgenerációk tanulták az orvosi fizikát. Halála után, 1938-tól *Császár Elemér* (1891–1955) vezette az intézetet, aki 1928-tól az Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja volt. Az intézetben kialakította az Orvostudományi Kar röntgen sugárterápiás részlegét. 1945 januárjában *Ernst Jenő* (1895–1981) kapott intézetvezetői megbízást, és 1971-ig vezette az intézetet. Kinevezése után az Orvosi Fizikai Intézetet átalakította Biofizikai Intézeté, és a kutatást három irányban szervezte meg: 1. Az izomműködés biofizikája, 2. A biológiai folyadékmozgás kutatása, termoozmózis, termodiffúzió, 3. Sugárbiophysika és izotópkutatás. Ernst professzor 1966-ban Straub F. Brunóval közösen elindította az első magyar kiadású, angol nyelvű, biofizikai tárgyú folyóiratot (*Acta Biochimica et Biophysica Hungarica*), amelynek 1990-ig huszonöt évfolyama jelent meg.

1971-től 1991-ig *Tigyi József* vezette az intézetet, aki az IUPAB vezetésében mindvégig jelentős tevékenységet fejtett ki, eleinte a tanács tagjaként, majd 1984 és 1993 között a Nemzetközi Biofizikai Unió főtítkáráként. Az utóbbi funkcióban három nemzetközi biofizikai kongresszust szervezett: Jeruzsálemben (1987), Vancouverben (1990), és Budapestnek köszönhetően lehetett a házigazda 1993-ban. Igazgatósa alatt a Biofizikai Intézet új épülettel bővült.

1992-ben az intézet igazgatójává *Somogyi Bélát* nevezték ki. Kinevezésével az intézet kutatási koncepciója jelentősen modernizálódott, számottevően kibővült az intézet metodikai repertoárja, mindenekelőtt fluoreszcencia spektroszkópiái és képpalkotó, valamint

a korszerű sejtanalitikai módszerek bevezetésével fehérjedinamikai vizsgálatok kezdődtek. Somogyi professzor 2006-ban bekövetkezett halálát követően az intézet irányítását *Nyitrai Miklós* vette át. Vezetése alatt a Biofizikai Intézet kutatásspektruma tovább bővült, az intézet fő profiljává a citoszkelétális fehérjék vizsgálata vált, fontos új fejlesztés a fehérjeexpresszió eszköztárának kialakítása. A kutatás mellett folyamatos az oktatás megújítása. A Biofizikai Intézet munkatársai a megalakulás óta aktívan vettek részt az MFBT munkájában. Ernst Jenő professzor 1961 és 69 között elnöke, majd haláláig (1981) tiszteletbeli elnöke volt a társaságnak. Ernst Jenőt Tigyi József professzor követte az elnöki székben 1969-től 1990-ig, jelenleg tiszteletbeli elnök. Az elnökség munkájában Niedetzky Antal, Lakatos Tibor, Belágyi József, Kutas László, Nyitrai Miklós vettek részt az alapítás óta eltelt évtizedekben. Somogyi Béla több éven át a társaság alelnöke volt egészen haláláig, Lustyik György 1998 és 2007 között a gazdasági bizottság elnöke volt, Nyitrai Miklós 2011-től a társaság főtítkárhelyettese.

Ha nem a Magyar Biofizikai Társaság, hanem az egyetem magyar biofizika történetére tekintünk vissza, akkor Budapesten találjuk meg a gyökereket. A Pázmány Péter Tudományegyetem Orvosi Kara már 1870-ben kezdeményezte egy *Orvos Physica* tanszék felállítását. Első lépésben Eötvös József kultuszminiszter a tárgy oktatását engedélyezte, és Jendrassik Jenőt bízta meg vele. 1878-tól a tárgy oktatását Eötvös Loránd vette át, majd halála után – 1919-től – Rybár István, Tángl Károly, majd ismét Rybár István adta elő a tárgyat. Az önálló Orvosi Fizikai Intézet 1948-ban alakult meg, első igazgatója Koczkás Gyula lett. 1950-től 1982-ig Tarján Imre volt az intézet igazgatója, akinek személyisége

meghatározó volt az intézet kutatási és oktatási arculatának alakításában. A nukleáris medicinában ma is elterjedten használt gammakamera elődjét is a budapesti Orvosi Fizikai Intézetben dolgozták ki Nagy János vezetésével. Az 1950-es évek végén az intézetben alakították ki az első hazai radioaktív izotópos nyomjelzésre épülő orvosi diagnosztikai laboratóriumot. Érdekességként említem meg, hogy e sorok írója is a Tarján és Voszka professzorok által növesztett, kitűnő minőségű litium-niobát kristályokra alapozott, szabadalommal védett, akusztóoptikai deflektorok fejlesztésében vett részt a hetvenes években. 1967-ben az intézet neve megváltozott, Orvosi Fizikai Intézet helyett Biofizikai Intézet lett. A hatvanas évek közepétől Rontó Györgyi kutatómunkája kapott egyre nagyobb hangsúlyt. Ez az új irány már határozottan biofizikai jellegű volt, bár megőrizte a kristályfizika szerkezeti szemléletét is. A bakteriális ultraibolya sugársérülésének értelmezése az évek során új, biológiai UV dozimetriai eljárások kidolgozásához vezetett, amiben további új munkatársak is szerepet játszottak. Ha a Magyar Biofizikai Társaság történetéről van szó, nem maradhat említetlenül egykori főtítkáruk, Györgyi Sándor neve sem, aki a membránok iontranszport mechanizmusainak terén ért el jelentős eredményeket. 1982-től 1999-ig Rontó Györgyi, majd 2008-ig Fidy Judit volt az intézet igazgatója. 1998-tól az intézet neve *Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet*. 2006-ban az intézetben működő kis létszámú MTA Kutatócsoport Fidy Judit vezetésével csatlakozott a Sarkadi Balázs akadémikus vezette Membránbiológiai Kutatócsoporthoz. 2008-tól az igazgató ifj. Kellermayer Miklós lett, aki a Semmelweis Egyetem új, modern Elméleti Orvostudományi Központjában kezdhetné el az intézet vezetését. Új technikák-

kal, molekuláris és sejtbiológiai laborokkal bővült az intézet módszertani és eszközpalletája, és itt működik a legfontosabb hazai egymolekula biofizika kutatóműhely. 2009-ben az intézetben belül jött létre a Semmelweis Nanobiotechnológiai és In Vivo Képzőközpont, amely helyt ad számos korszerű biofizikai technikának: lézercsipesz, atomerőmikroszkópia, TIRF, konfokális és multifoton mikroszkópiák, *in vitro* motilitási és izomrostmechanikai munkaállomások, továbbá kisállat laboratóriumi háttérrel működő nano-SPECT/CT.

2009-től ifj. Kellermayer Miklós a Semmelweis Egyetem egyik rektorhelyettese.

A Semmelweis Egyetem Biofizikai és Sugárbiológiai Intézete munkatársai az MBFT megalakulása óta fontos szerepet töltek be a társaság életében. A társaság megalakulásától kezdve Tarján Imre tagja volt az elnökségnek, majd haláláig a társaság tiszteletbeli elnöke volt. Rontó Györgyi az MBFT titkára, illetve főtítkára volt, jelenleg a társaság tiszteletbeli elnöke. A főtítkári poszton őt Györgyi Sándor követte. A szekciók közül a Fotobiológiai Szekció megalakításában és a CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*) együttműködésében Rontó Györgyi fontos szerepet játszott. A szekció vezetésében Csík Gabriella titkári és elnöki feladatokat látott el. Voszka István 1998-tól 2007-ig a Mémbrán Szekció titkára volt, 2007–2011 között az Ellenőrző Bizottság tagja, jelenleg elnöke. A társaság legnagyobb létszámú, példásan működő Molekuláris Biofizikai szekcióját csaknem húsz éve Fidy Judit alapította, és jelenleg is ő az elnöke. A magyar biofizika térképén mindig fontos pont volt ez az intézet, és a jövő szempontjából is ígéretes fejlődése.

Budapesten az orvoskaron indult a biofizikai tevékenység, de a Természettudományi

Kart is megérintette a biofizika szelleme. A 1960–1970-es években a Genetikai Tanszéken folyó fotoszintézis-kutatások sorolhatók ebbe körbe. Itt Faludi-Dániel Ágnes, Láng Ferenc, Gyurján István és H. Nagy Anna körül csoportosultak ilyen kutatások. 1965-ben Láng Ferenc hívására e sorok írója kezdte meg a biofizika mint a biológusok számára kötelező tárgy oktatását, a Növényélettani Tanszék keretében.

1973-tól Láng Ferenc a Növényélettani Tanszéken alakított ki olyan csoportot, amelynek témája szintén – főleg a fotoszintézis-kutatások révén – jól beleillett a biofizika profiljába. Ebben a csoportban Láng Ferenc irányításával dolgozott Szigeti Zoltán, Sárvári Éva, Böddi Béla és Nyitrai Péter.

A tanszék Láng Ferenc nyugállományba vonulása óta Szigeti Zoltán vezeti.

2000-től az ELTE Növény szerkezet-tani Tanszékén Böddi Béla vezetésével folytatódott a klorofill-bioszintézis és a kloroplasztisz differenciáció igen jelentős mértékben biofizikai irányultságú kutatásai.

A Növényélettani Tanszék sok tagot és vezetőt adott a Magyar Biofizikai Társaságnak, akik elsősorban a Fotobiológiai Szekcióhoz kapcsolódtak. Böddi Béla több éven keresztül volt a Fotobiológiai Szekció titkára, majd elnöke, később a Biofizikai Társaság elnökségének tagja. A Növény szerkezet-tani Tanszéken a Böddi Béla irányította csoport valamennyi tagja az MBFT, a Fotobiológiai Szekció tagja. Jelenleg a szekció titkára Solymosi Katalin. A biofizika oktatása az ELTE TTK-n, mint említettem, a Genetikai, majd a Növényélettani Tanszéken kezdődött. A hetvenes évek közepén Marx György hívására e sorok írója az akkori Atomfizikai Tanszék keretében került, és ott folytatódott a biológusok biofizika oktatása, majd megindult a fizikusok biofi-

zikai szakirányú képzése is. Papp Elemér vezetésével a tanszék keretében létrejött a biofizikai csoport, amely az oktatás mellett elsősorban a fotoszintézis és az energiaátalakító rendszerek biofizikájával foglalkozott. 1977 és 1981 között Keszthelyi Lajos is részt vett a biofizika oktatásában. Vicsek Tamás kezdeményezésére 1998-ban megalakult az ELTE önálló Biológiai Fizika Tanszéke. A kutatási profil biooptikai és biomechanikai irányokkal bővült, valamint elméleti ökológiai és evolúciós kutatásokkal, elsősorban Horváth Gábornak és Meszéna Gézának köszönhetően. Vicsek Tamás, a tanszék vezetője, az emberi és állati rendszerek kollektív viselkedésének modellezésével ért el jelentős nemzetközi sikert, s tette az intézetet a statisztikus biofizika fontos helyszínévé. 2006-óta Kürti Jenő a tanszék vezetője, aki szén nanoszerkezetekkel foglalkozik. A tanszéken továbbra is sokrétű fizikai alapú biofizikai kutatások folynak. Derényi Imre, társaságunk elnökségi tagja figyelemre méltó eredményeket ért el a fehérje- és membráindinamika területén.

A budapesti biofizikai palettán fontos és különleges szerepet tölt be az Országos „Frédéric Joliot-Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet. Az OSSKI-t 1957. január 1-jén az Egészségügyi Minisztérium alapította a Honvédelmi Minisztérium támogatásával Központi Sugárbiológiai Intézet néven. Az intézet első igazgatója Várterész Vilmos volt, aki tizenöt éven át vezette az intézetet. Az intézetalapító halála után, 1972–1974 között, az OSSKI Predmerszky Tibor megbízott igazgató főorvos irányítása alatt állt. 1974-től a harmadik igazgató, Sztanyik B. László főigazgató főorvos az intézetet átszervezte, és három szakmai főosztályra tagolta: Sugárbiológiai, Sugáregészségügyi, valamint Sugárzás- és Izotópalkalmazási Főosz-

tályokra. A nyolcvanas évek közepétől negyedik egységként létesült a Nem-ionizáló Sugárzások Önálló Osztálya, amely 1999-től Nem-ionizáló Sugáregészségügyi Főosztályként működik. Az intézet 1998 után több átszervezést élt meg Köteles György, majd Pellet Sándor főigazgató főorvos vezetésével. 2007-től 2011-ig Turai István, 2011. június 15-től Sáfrány Géza látja el az OSSKI főigazgató főorvosi teendőit.

Az OSSKI szervezeti felépítése jelenleg három főosztályból, úgymint a *Sugárbiológiai Főosztály*, *Sugáregészségügyi Főosztály I. Ionizáló Sugárzások* és a *Sugáregészségügyi Főosztály II. Nem-ionizáló Sugárzások Főosztály*ból áll. Kutatási tevékenysége mellett az OSSKI tevékeny szerepet vállal a sugárvédelem oktatásában, és részt vesz a sugáregészségügyi, valamint a sugárterápiás szakorvosok képzésében is. Az OSSKI működteti az Országos Sugáregészségügyi Készenléti Szolgálatot, amely a nap 24 órájában riasztható sugárforrásokkal kapcsolatos rendkívüli helyzetben. Az MBFT III hajdani alapító tagjából tizenötön voltak az OSSKI kutatói. Az MBFT alapító elnökségében Sztanyik B. László képviselte az intézetet.

Az 1973-ban hetvennégy taggal alakult Sugárbiológiai Szekció az MBFT második legidősebb szekciója. A szekció első elnöke Predmerszky Tibor, titkára Gidáli Júlia volt. Az elmúlt tíz évben, időrendben Köteles György, Gázso Lajos, Pellet Sándor és Sáfrány Géza váltották egymást a szekció elnöki tisztességében. Jelenleg a szekció tagjainak többségét az OSSKI munkatársai adják.

A hatvanas évek elejétől fokozatosan épült ki egy jelentős biofizikai iskola az MTA akkor Biokémiai, ma Enzimológiai Intézetében. A biofizikai megközelítés nem volt előzmények nélküli a Karolina úton. Elődi Pál, végzettsé-

gére nézve biológianár, igen nagy fogékony-ságot mutatott a molekuláris kölcsönhatások, a fizikai módszerek és a kvantitatív megközelítés iránt. 1962-ben e sorok írója az első fizikus volt a Karolina úton, hét évre rá másodikként Lakatos Zsuzsa, majd Simon István csatlakozott a csoporthoz, aki kezdetben kísérleti munkát végzett, és fehérjék kisszögű röntgenszórásával foglalkozva metodikai fejlesztéseket is végrehajtott. Simon István egyre inkább az elméleti tevékenység és a bioinformatika irányába fordult. Később létrehozva saját kutatócsoportját, jelentős sikereket ért el elsősorban a membránfehérjék topológiájának jóslásával kapcsolatban. Simon István ma az intézet egyik legsikeresebb kutatócsoportját működteti, és tagja az MBFT elnökségének. Kutatócsoportunkban a későbbiek során elsősorban az allosztérikus jel-továbbítás mechanizmusának leírására törekedtünk. Módszertani tárházunkat, optikai (optikai rotációs diszperzió, cirkuláris dichroizmus, UV, fluoreszcencia és NMR-spektroszkópia), hidrodinamikai (analitikai ultracentrifuga, fluoreszcencia-depolarizáció, kisszögű röntgenszórás), energetikai (adiabatikus pásztázó mikrokalorimetria, izotermális kalorimetria) immunológiai és enzimkinetikai módszerekkel bővítettük. A hetvenes évek elejére az MTA akkori Biokémiai, a mai Enzimológiai Intézetében létrejött az ország első és legjelentősebbé váló, széles körű fizikai eszköz- és módszertárral rendelkező szerkezeti biofizikai műhelye. Kilar Ferenc volt az első vegyész a biofizikus csoportban. 1977-től tevékenykedett a Karolina úton, majd megvédve kandidátusi disszertációját. Pécselt folytatta tevékenységét, ahol ma tanszékvezető egyetemi tanár. Vonderviszt Ferenc csatlakozása a kutatócsoporthoz 1982-ben jelentősen járult hozzá ahhoz, hogy az intézetben a

molekuláris szemléletű szerkezeti biológiai kutatások további teret nyertek. Megszerezte a tudományok doktora fokozatot, majd hosszabb japán tanulmányút után létrehozta saját biofizikai (bio-nanotechnológiai) iskoláját Veszprémben, de a mai napig részt vesz kutatócsoportunk munkájában is. Rendezetlen fehérjeszakaszok flagelláris exportrendszerbeli jelfelismerő szerepével kapcsolatos eredményei úttörő jelentőségűek. 1991-ben újabb két fizikus csatlakozott a „fizikus csoporthoz” – Kardos József és Szilágyi András –, akik friss szellemet is hoztak a fehérjék stabilitásának, konformációs flexibilitásának és működésének összefüggését célzó kutatásainkba. Gál Péter molekuláris biológiai ismeretei és eszköztára új lehetőségeket nyitott meg előttünk. Első lépésben a komplement aktiválás klasszikus, immunkomplexek segítségével történő aktiválásának mechanizmusára vonatkozóan tettünk új felismeréseket. Érdeklődésünk kiterjedt a komplement aktiválás nemrégiben felfedezett lektin útjára is.

A biofizikai tevékenység intézetünkben és kutatócsoportunkban úgynevezett alap- vagy felfedező kutatás. Ennek mintegy melléktermékeként jött létre hat szabadalom és számos, gyakorlatban hasznosított eredmény: a már említett MOM analitikai ultracentrifuga, az akusztóoptikai deflektor (az MTA SZTAKI munkatársaival együttműködésben) és specifikus, gyógyszerfejlesztésre alkalmas inhibitorok. Ugyancsak fontosnak tartom megemlíteni azt a több mint harminc PhD-dolgozatot, amelyek részben vagy egészben biofizikai témában készültek. Az intézetben az ötven éve elindult molekuláris és biofizikai szemléletmód és a fizikai módszerek használata átszővi minden kutatócsoport működését, nem csak a két biofizikus csoport tevékenységét, s ez jórészt a fizikusok

ötven éve tartó folyamatos jelenlétének köszönhető. Ilyen módon az MTA Enzimológiai Intézetében a biofizika egyidős a Magyar Biofizikai Társasággal, így méltán ünnepeljük együtt ezt a kerek évfordulót.

Biológiai vonatkozású kutatómunka, nevezetesen az L- és D-aminosavak optikai aszimmetriáját pozitron annihilációs spektrometriával vizsgáló mérések már korábban is folytak a Keszthelyi Lajos vezette, kísérleti magfizikusokból álló csoportban az MTA KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézetében, de formálisan csak 1973-ban alakult meg a közvetlenül az intézet igazgatóhelyetteséhez rendelt Biofizikai Csoport. Határozott célkitűzésük volt, hogy atomfizikai és nukleáris technikákat használva járuljanak hozzá bizonyos biológiai, biokémiai problémák megoldásához. Ilyen irányú kutatómunkájukat a géll elektroforézissel szétválasztott fémtartalmú fehérjék, enzimek fémtartalmának meghatározására egy világviszonylatban is új eljárás, a PIXE-PAGE-módszer kifejlesztése és alkalmazása tetőzte be az 1990-es évek végén. Ezt a munkát az SZBK Biofizikai Intézetének munkatársaival együtt végezték, csakúgy, mint a szolubilizációhoz és a sötét adaptációhoz társult spektrális változások kinetikájának eredményes vizsgálatát natív és szolubilizált bakteriorodopszinban. A 2000-es évek közepétől a kutatócsoport fő témája a multielektródás mérések elemzése, forrásrekonstrukció extracelluláris adatokból, szenzoros rendszerek vizsgálata, probabilitás-számítások az aktív dendritágakon, kódolás és dinamika a hippokampuszban és az asszociatív tanulás dinamikus modellezése skizofrén betegeknél. A magfizikai módszerek alkalmazása a biofizikától távol álló területre, a kulturális örökség megőrzését elősegítő roncsolásmentes összetételvizsgálatok felé toló-

dott el. Keszthelyi Lajost követően Szőkefalvi-Nagy Zoltán, majd Érdi Péter vezette az időközben önálló Biofizikai Osztállyá alakult közösség munkáját. Az utóbbi években az osztályvezetői feladatot egy fiatalabb munkatárs, Somogyvári Zoltán látja el.

Debrecenben is jeles hagyományokra épül a mai biofizikai kutatás és oktatás. A Debreceni Tudományegyetem 1912-es alapítását követően, 1918-ban orvosfizikai és orvosekémiai előadásokat engedélyeztek az alakuló egyetemi orvostudományi keretében. 1923-ban alapították meg az Orvostudományi Fizikai Intézetet, amely egyben az egyetem első fizikai intézete volt. Első vezetője Wodetzky József lett, aki elsősorban csillagász volt. 1935-től Gyulai Zoltán (később az MTA tagja) vette át az intézet vezetését, aki 1940-ben Kolozsvárra távozott. Utóda az akkor már több éve az intézetben dolgozó Szalay Sándor, későbbi mesterem lett. A Vallás és Közoktatási Miniszter 1950. április 7-én kelt levelével az Orvostudományi Fizikai Intézet teljes személyi állományát és felszerelését a Természettudományi Karra helyezte át, neve a továbbiakban Kísérleti Fizikai Intézet és Tanszék lett, amelynek vezetését a később nemzetközi hírnévre szertett akadémikusra, Szalay Sándorra bízta. A magfizika mellett Szalay Sándor orvosi kutatásokat is végzett, az ő nevéhez fűződik a nukleáris medicina eljárásainak, elsősorban a radioaktív nyomjelzéses technika orvostudományi alkalmazásainak hazai bevezetése. 1951-ben az Orvostudományi Kar önálló egyetemé vált Debreceni Orvostudományi Egyetem néven. Az orvostanhallgatók fizikaoktatását az 1950/51-es tanévtől az újonnan alakult Orvosi Fizikai Intézet látta el. Első vezetője Tóth Lajos volt. 1968-ban Damjanovich Sándor vette át az intézet igazgatását, átszervezte az intézetet, amelynek új neve 1969-től Bio-

fizikai Intézet lett. 1979-ben nemcsak hazánkban, de Kelet-Európában is elsőként vezették be az áramlási citofluorimetriát, amelynek módszertani továbbfejlesztéséhez az intézet munkatársai jelentősen hozzájárultak (Damjanovich Sándor, Szöllősi János, Trón Lajos). Ez a lépéselőny elősegítette azt, hogy a következő két évtizedben a citometriai kutatások területén az intézet kutatói a világ élvonalába kerüljenek. Az általuk kidolgozott áramlási citometriás fluoreszcencia rezonancia energia transzfer (FRET) módszerrel a sejtfelszíni fehérjék távolságviszonyai egyedi sejtek szintjén tanulmányozhatók. Új kutatási területként a nyolcvanas évek végén/kilencvenes évek elején indultak az intézetben az elektrofiziológiai vizsgálatok.

A Sejtbiológiai Tanszék megalakulásakor a Biofizikai Intézet jogutódjaként, 1997-ben létrejött a Biofizikai és Sejtbiológiai Intézet, a korábbi feladatokhoz újként a sejtbiológia oktatása társult. Ezt követően 1999-ben a Biofizika Tanszék is megalakult az intézetben belül, s így a két fő tantárgy oktatására specializálódott, nem önálló tanszékeken alapuló intézeti struktúra keletkezett. A Biofizikai vezetője 1999 és 2009 között Szöllősi János, majd 2009-től Panyi György lett. 2009 decemberétől az intézetben belül egy új, nem önálló tanszék, a Biomatematikai Tanszék kezdte meg működését, melynek vezetésére Mátyus László kapott megbízást.

Damjanovich Sándor iskolateremtő professzor 2001-ben leköszönt az intézetvezetői posztról. Az intézet irányítását Gáspár Rezső egyetemi tanár vette át, aki megszervezte a jelenleg is működő munkacsoport-struktúrát. Gáspár Rezső professzort 2009-ben Szöllősi János egyetemi tanár követte a Biofizikai és Sejtbiológiai Intézet élén. Az intézet korábban is kiemelkedő kutatási és oktatási hátte-

rét 2005-ben, az Élettudományi Központba való költözéssel modern, a mai kor legmagasabb követelményeinek is megfelelő bázisra cserélte. A kiváló műszerállomány magas szintű kihasználását az intézet átlag feletti szellemi kapacitása segítette elő.

Az intézetben jelenleg egy akadémikus (Damjanovich Sándor) és hat akadémiai doktor (Gáspár Rezső, Szöllősi János, Szabó Gábor, Mátyus László, Panyi György és Vereb György) dolgozik. Damjanovich az MBFT tiszteletbeli elnöke, 1995 óta a European Molecular Biology Organization (EMBO) választott tagja. Szöllősi az MTA Biofizikai Bizottságának, valamint a Magyar Biofizikai Társaság (MBFT) Sejtanalitikai Szekciójának elnöke, és tagja az International Society of Advancement of Cytometry (ISAC) vezetőségének. Gáspár Rezső az MBFT Ioncsatorna Szekciójának volt elnöke, jelenleg Panyi György tölti be ezt a tisztséget. Mátyus László az European Biophysical Societies Association (EBSA) elnöke és az MBFT alelnöke. Szabó Gábor az MTA Sejt- és Fejlesztéstudományi Bizottság elnöke. Jenei Attila, Krasznai Zoltán és Vereb György az MBFT vezetőségi tagjai. A debreceni biofizika mind volumenében, mind színvonalában meghatározó szerepet tölt be a magyar biofizikában.

Szegeden is nagy hagyományai vannak a biofizika művelésének. Az önálló tanszék megalakulásának személyi, kutatási és oktatási feltételei a 60-as évek közepén alakultak ki a Kísérleti Fizikai Tanszéken. Szalay László (1920–1997) vezetésével a tanszék 1969-ben jött létre a biológus tanszékcsoporthoz. A tanszék fejlődését segítette az MTA Szegedi Biológiai Központ létrejötte, ahol Szalay professzor a Biofizikai Intézet megalapítására és tudományos profiljának kialakítására kapott megbízást (1971–73). Az MTA támoga-

tásával kutatócsoportot szervezhetett maga köré, amely a tanszéki kutatómunka motorjává vált, és Szalay professzor nyugdíjazásáig (1990) maradt egyben. A tanszék vezetését Szalay professzor nyugdíjazása után Maróti Péter egyetemi tanár vette át 1991-ben. 1993-ban a tanszék a Fizikus Tanszékcsoporthoz csatlakozott. 2005-ben a tanszék két karon (ÁOK és TTIK) átívelő szervezeti egységgé alakult, nevét megváltoztatta (Orvosi Fizikai és Biofizikai Intézet), és vezetője Ringler András egyetemi docens lett. 2010-ben újabb átalakítás történt, amelynek során egy újonnan alakult, Bari Ferenc egyetemi tanár által irányított Orvosi Fizikai és Orvosi Informatikai Intézet részévé vált.

A hatvanas-hetvenes évekbeli kutatások arra irányultak, hogy a festékek klasszikus spektroszkópiai jellemzésével szerzett tapasztalatokat és eredményeket egyrészt a fehérjék, másrészt a növények fotoszintézisének kutatásában hasznosítsák. A nyolcvanas évek közepétől új kutatási irány kezdett kibontakozni, amely szervesen épült a korábbi eredményekre és tapasztalatokra: baktériumok fotoszintézise és ezen belül a fotoszintetikus reakciócentrum-fehérje (RC) vizsgálata, újabban az RC-fehérjét különböző környezetbe (liposzómába, szén nanocsövekbe) ültetik, amellyel az alapjelenségek kutatása mellett a mesterséges fotoszintézis, fényenergia-hasznosítás lehetőségeit is kutatják.

A biofizika igazi kiterjedése Szege-den az SzBK létrehozásával kapott új lendületet. Ennek az időszaknak személyesen is tanúja lehettem, ezért talán érdekes a személyes hangú visszaemlékezés, amikor a Magyar Biofizikai Társaság elmúlt ötven évét idézzük vissza. Bár általában az SZBK-t nevezték a budapesti Enzimológiai Intézet anyaintézményének, a tényállás fordított. Az SzBK a

Karolina úton és a SOTE Orvosi Vegytani Intézetében és a Szege-di Egyetemen született. Straub F. Brunó már a hatvanas évek közepétől törekedett arra, hogy létrejöjjön Magyarország egy korszerű, molekuláris orientációjú biológiai kutatóközpont. Miután a vidékfejlesztés érdekében elvetették a zugligeti változatot, és döntés született a szege-di intézet létrehozásáról, megkezdődött az előkészítő munka. Engem mint fizikust Straub F. Bruno elsősorban a biofizikai intézet tervezésébe, és szervezésének előkészítésébe vont be. A hatvanas években járunk, amikor a fehérjék térszerkezetének röntgenkristallográfiás meghatározása új fejezetet nyitott a szerkezeti biokémiában. Érthető és természetes, hogy az intézet egyik fő profiljának Straub ezt a területet szánta. Az volt a szándéka, hogy engem Londonba küld tanulmányútra, a Birkbeck College Biomolekuláris Kutató Laboratóriumába, John Bernal környezetébe, hogy ott sajátítsam el a fehérje-röntgenkristallográfia tudományát. Itt dolgozott ekkor többek között Max Perutz, a friss Nobel-díjas is. Az akkori politikai viszonyok között ez nem sikerült. A Külügyminisztérium nem adott kiutazási engedélyt – a kommunista Bernal meghívólevele ellenére sem. Így kerültem azután Leningrádba 1964-ben, a Nagymolekulájú Vegyületek Intézetébe, Szemjon Jefimovics Bresler és Mihail Vlagyimirovics Volkenstein laboratóriumába, ami intellektuális szempontból jó hely volt, sokat tanultam, s megtanultam oroszul is, de a röntgenkristallográfiás tanulmányok ekkor elmaradtak. Hazatértem után ismerttettem össze Straub professzor Keszthelyi Lajossal, aki akkor a KFKI-ban dolgozott, és akit a szege-di Biofizikai Intézet leendő igazgatójának szemelt ki. Rendszeresen és sokat beszélgettünk, és tervezettük a majdani intézet tudományos és

műszaki kialakítását. Ezek a beszélgetések nagyon tanulságosak voltak a számomra. Akkor néhány éve már egy biokémikus közösségben éltem mindennapjaimat, így beszéltem mind a fizikusok, mind a biokémikusok nyelvét, és igyekeztem őt is bevezetni ebbe a kultúrába; ugyanakkor rám frissítően hatott Keszthelyi Lajos egyszerűen világos és logikus „fizikus” gondolkodásmódja. 1972-ben azután lehetőség nyílt, hogy ha némi késéssel is, megkezdjem röntgenkristallográfiás tanulmányaimat. Straub közbenjárására elnyertem egy MTA/NSF-ösztöndíjat, és elindulhattam Pasadenába, hogy a California Institute of Technology, Gates and Crellin Laboratóriumában, Richard A. Dickerson mellett dolgozhassak. A citokróm c szerkezetén dolgoztak akkor, ebbe a munkába kapcsolódtam be. Igyekeztem mindent megismerni, és főként a műszeres infrastruktúrára figyeltem. Elkészítettük Richard Dickerson és Joseph Kraut (La Jolla) segítségével egy korszerű fehérje-röntgenkristallográfiás laboratórium berendezési és beruházási tervét. Lelkesen tértem haza 1973-ban, azzal, hogy megyek Szegedre, és munkához látok. Straub azzal fogadott, hogy időközben változott a helyzet, nem Keszthelyi Lajos, hanem Garay András lesz a Biofizikai Intézet igazgatója, s nem lesz röntgendiffrakciós laboratórium sem, mivel az erre félretett keretet egy spin polarizátor építésére fordítják. Maradtam Budapesten. Keszthelyi Lajos igazgatóhelyettes, majd igazgató és főigazgató lett az SzBK-ban, ami jelzi személyének és a biofizikának elismertségét abban az igényes környezetben. Talán az sem véletlen, hogy az SzBK jelenlegi főigazgatója, Ormos Pál társaságunk korábbi elnöke.

Volt az SZBK Biofizikai Intézet alapításának egy szege-di vonulata is. A Biológus Tan-

székcsoporthon belül működő Biofizikai Tanszék vezetője, Szalai László professzor, az SZBK Biofizikai Intézet megalapítására és tudományos profiljának kialakítására kapott megbízást (1971–73). Az MTA támogatásával kutatócsoportot szervezhetett maga köré, amely biolumineszcenciával és fotoszintézissel foglalkozott. A fotoszintézis-kutatás és a fényátalakítás biofizikája ma is fontos elem az SZBK kutatási palettáján, s társaságunk főtitkára, Garab Győző neve fémjelzi ezt a területet. A fotoszintézis-kutatások – jóllehet a fizikusok és a biofizika dominanciája itt is egyértelmű, történeti okok miatt – az SZBK Növényélettani (ma Növénybiológiai) Intézetében folytak és folynak elsősorban, de sok szállal kapcsolódnak a Biofizikai Intézet (Zimányi László, Dér András, Ormos Pál, Páli Tibor, Szalontai Balázs), valamint a Biokémiai Intézet (Farkas Tibor, Vigh László) munkájához is. A biofizika „térhódítása” a hazai fotoszintézis-kutatásokban elsősorban a genetikus/biológus Faludi-Dániel Ágnesnek köszönhető, aki ezen az úton indította el (a szintén biológus, de erősen biofizikus beállítottságú) Láng Ferencet, és így közvetve az ELTE-n folyó ez irányú kutatásokat, de az SZBK-ban is a fotoszintézis biofizikájának fontosságát felismerve indította munkacsoportját, úgy, hogy abban – tehetséges biológusok mellett (például Horváth Gábor, később tanszékvezető a Kertészeti Egyetemen), két fiatal fizikus, Demeter Sándor (debreceni atomfizikai háttérrel) és Garab Győző (szege-di és budapesti szilárdtestfizikai háttérrel) kapott helyet. Ők később mindketten saját munkacsoportot alakítottak, és további tehetséges fizikusokat/biofizikusokat vonzottak a tématerületre. Ezek közül csak a legnevesebeket említve is szép névsor áll össze: Zimányi László, Kiss József Géza – az objektív audio-

metria területén is nevet szerzett magának; Vass Imre, a Molekuláris Stressz- és Fotobiológiai Csoport vezetője, a Növénybiológia Intézet igazgatója.

Többen bábáskodtak Szegeden az SZBK Biofizikai Intézetének megszületésénél. Csillik Bertalan és Fehér Ottó a molekuláris neurobiológiát honosították meg. A csoport vezetőjeként Joó Ferencet Párdutz Árpád követte, ma Siklós László fémjelzi ezt a sikeres kutatási irányt. A bakteriorodopszin-kutatás ideális biofizikai téma, Dancsházy Zsolt indította, kiegészítve fehérjedinamikai aspektusokkal, s ezt vitték jelentős nemzetközi sikerre az SZBK Biofizikai Intézetében Keszthelyi Lajos vezetésével. E témában szerzett tudományos hírnevet Ormos Pál, Zimányi László, Dér András, Váró György és Groma Géza, akik ma más-más területeken önálló kutatócsoportokat vezetnek az intézetben. A töltéstranszport biofizikája és az oszcilláló enzimreakciók kutatásában Bérczi Alajos, Bagyinka Csaba és Zimányi László értek el sikereket. Ők hárman Zimányi László vezetésével a Metalloproteinek Biofizikája Laboratórium megalapításával egyúttal új kutatási irányt nyitottak. Különösen nagy gyakorlati jelentőségű és biotechnológiai vonatkozású a mikrobiális gázanyagcsere-kutatása Kovács Kornél csoportjában. Újabb kutatási irányt jelent a biológiai alapú optoelektronika és az optikai mikromanipuláció Ormos Pál és Dér András irányításával, amely területeken több, szabadalmakkal is védett, nagy nemzetközi visszhangot kiváltó új bio-nanotechnológiai alkalmazás bontakozik ki. Groma Géza irányításával egyre erőteljesebben jelennek meg az SZBK-ban és a hazai biofizikában az ultragyors lézerspektroszkópiái, illetve az ultragyors lézerek használatával kapcsolatos eredmények. Több úttörő munkát, például

a világrekorder gyorsaságú elektromos jelek detektálását és a terahertzes spektroszkópia több alkalmazását is Groma Géza jegyzi. Váró György az SZBK-ban meghonosította az atomerő-mikroszkópiás vizsgálatokat. A Membrán Biofizikai Csoportot Horváth László hozta létre, és ma Páli Tibor vezeti sikerrel. Jelentős biofizikai vonatkozásai vannak a Biokémiai Intézetben Vigh Lászlónak, aki különösen a membrán stressz-válaszreakcióinak kutatása területén, és a munkacsoportjában több évtizede folyó membrán- és lipid-kutatások ért el kiemelkedő eredményeket.

Az MBFT történetének része a Radiokémiai és Radioökológiai Intézet Veszprémben. Jogelődje, a Radiokémia Tanszék 1963-ban létesült az Analitikai Kémia Tanszékből kivált radiokémiai és fizikai csoport munkatársaiból. Radioökológia és sugárvédelem területen Somlai János egyetemi docens végez fontos tevékenységet. A 2001–2011 időszakban többen kaptak, vállaltak vezető tisztségviselői beosztást a szakcsoport életében: Kanyár Béla, Somlai János, Kovács Tibor.

Veszprémben az utóbbi évek a biofizika további megerősödését hozták, a Pannon Egyetemen (korábban Veszprémi Egyetem) a molekuláris biofizikai kutatások elindításában az 1992 óta ott dolgozó Vonderviszt Ferenc játszott meghatározó szerepet.

Az 1990-es évek közepén Japánból hazatérve, nemzetközi kapcsolataira alapozva hozta létre a Molekuláris Biofizikai Kutatólaboratóriumot, megteremtve ezzel a fehérje-fizikai kutatások helyi feltételeit. Ennek eredményeként 1998-ban a Veszprémi Egyetemen is megkezdődhetett a molekuláris biofizika és nanotechnológia oktatása és kutatása. A laboratórium tevékenységére alapozva 2004-ben a Veszprémi Egyetem Műszaki Informatikai Karán megalakult az ország első

Nanotechnológia Tanszéke, amely kutatás-fejlesztési tevékenységében hazánkban egyedülálló módon integrálja a molekuláris biológia, anyagtudomány és nanotechnológia megközelítési módjait és metodikai arzenálját. A tanszék hatékony együttműködési hálózatot alakított ki az MTA Enzimológiai Intézetével és az MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézetével, amelynek egyik kiemelt oktatási és kutatási területe a biológiai makromolekulákon alapuló funkcionális nanorendszerek létrehozása. Szervezeti átalakítások miatt 2009 óta a Nanotechnológia Tanszék az egyetem Műszaki Kémiai Kutatóintézetébe olvadva Bio-Nanorendszerek Laboratórium néven működik.

Vonderviszt Ferenc 2003 óta elnökségi tagként segíti a Magyar Biofizikai Társaság működését.

Salánki János vezetésével 1962-től kezdődően Tihanyban, az MTA Biológiai Kutatóintézetének (később Balatoni Limnológiai Kutatóintézet) Kísérletes Állattani Osztályán is biofizikai kísérleti vizsgálómódszerek kerültek bevezetésre (pásztaó EM, intracelluláris egy-, illetve többsejt-elvezetés, *patch-clamp*, HPLC, izotópok). A kutatási eredmények és publikációk a membrán biofizika körébe sorolhatók, gyakran az élettan és a biofizika határmezsgyéjén jártak. Tihanyban került megrendezésre a MBFT 7. (1973) és 10. (1979) Vándorgyűlése is, s innen indultak a későbbi „sümege” Membrán Konferenciák.

Ötvenéves a Magyar Biofizikai Társaság – ebből az alkalomból jelenik meg társaságunk ünnepi értesítője. Némi elfogódottsággal és személyes élmények felidézésével írom ezt az összefoglalót. Szemegetek emlékeimben, a régi évkönyvekben és az iskolák vezetői által beküldött beszámolókból. A jeles teljesítmények gazdagsága nem tette lehetővé a teljes

ségre való törekvést. A magyar biofizika természetesen létezett hosszú idővel a társaság megalakulása előtt, de szervezett formában csak 1961-óta jelenik meg a magyar tudományos palettán. Ez tette lehetővé a nemzetközi szervezetekbe való becsatlakozásunkat már a kezdetek kezdetén. Köszönet ezért elődeinknek és az alapítóknak. A társaság alapítás-kori alapszabályát átnézve, megnyugvással látom, hogy a mai napig annak szellemében működünk, s a társaság pozitív mérleggel tud elszámolni az eltelt ötven évvel. A biofizika Magyarországon virágzó és nemzetközileg elismert tudományág, amely súlyának megfelelően van képviselve az egyetemi oktatásban, a tudományos eredményekben, az MTA tagjai sorában, nemzetközi szervezetekben, s mindenhol, ahol ezt a tudomány jellege megkívánja. A társaság létszámában gyarapszik, s koreloszlása a jövőt illetően optimizmusra ad okot. Gazdálkodásunk kiegyensúlyozott, programjaink végrehajtását nem bénítja pénzügyi szűkösség. Rendezvényeink sokszínűek, nemzetközi beágyazottságunk jó – gondoljunk csak a regionális konferenciák sorára, ahol tagjaink meghatározó szereplők, vagy a nagy nemzetközi kongresszusokra. Rendeztünk már Világkonferenciát (IUPAB) 1993-ban, születésünk 50. évfordulóját pedig az Európai Biofizikai Kongresszus (EBSA) rendezőiként ünnepelhettük ez év augusztusában, amely nemcsak a társaság hírnevét öregbítette, de jó országpropagandának is bizonyult, amint erről meggyőződhettem vendégeink és az EBSA-tisztségviselők személyes megnyilvánulásaiából és köszönő leveleiből. A rendezők áldozatos munkájáért és a hazai előadók elismerést kiváltó hozzájárulásáért ezen a helyen is köszönetet mondok.

Fél évszázad elteltével feljogosít a mérlegelésre és alkalom a visszatekintésre. Ezzel a

történeti visszapillantással, az események részeseként és a tanú esetleges elfogultságával, igyekeztem felidézni az elmúlt ötven év fontosabb történéseit és azokat, akik a társaság életének tudományos és szervező munkájukkal részesei voltak. Bátran állapíthatjuk meg, hogy a Magyar Biofizikai Társaság esetében az idő igazolta az alapítókát, s az utódok is jól sáfárgoktak a rájuk bízott értékkel. Ennek bizonyítására álljon itt, a *Magyar Tudomány* hasábjain egy válogatás, amely bemutatja a tradicionális biofizikai iskolák mai munkáinak egy-egy reprezentatív darabját. Ormos Pál írása bevezeti a laikus olvasót a Szegeden az SzBK Biofizikai Intézetében, fotopolimerizáció útján létrehozott mikrostruktúrákba és azok alkalmazásának titkaiba. Mátyus László, Szöllősi János, Damjanovits Sándor és Panyi György professzorok a híres debreceni membrán biofizikai iskola képviselőjében a sejtfelszíni fehérjeszigetek immunológiai, tumorbiológiai és jelátviteli szerepének néhány új vonását villanják fel. Új lehetőség a biofizikában az egyes makromolekulák mechanikai tulajdonságainak mérése; a SOTE

Biofizikai Intézetéből Kellermayer Miklós mutatja be a mechanikailag aktív biomolekulák egyedi tulajdonságait felfedő mérési technikáikat és eredményeiket. A biológiai rendszerek egyik különleges tulajdonsága az önszerveződés képessége, Vonderviszt Ferenc írása a bakteriális flagellumok példáján szemlélteti az önszerveződés mechanizmusát és az önszerveződő rendszerek bio-nanotechnológiai alkalmazásának lehetőségeit. A pécsi biofizikai iskola képviselőjében Bugyi Beáta és Nyitrai Miklós a fluoreszcencia rezonancia energia transzfer (FRET) jelenségével mint molekuláris távolságmérő és szerkezetvizsgáló lehetőséggel ismerteti meg az olvasót. Az öt írás öt városból, öt különböző témában mutatja meg a mai magyar biofizika sokoldalúságát és nemzetközileg is elismert magas színvonalát. Ajánlom a nem biofizikus olvasó figyelmébe ezt a kis – közérthetőnek szánt – ünnepi válogatást.

Kulcsszavak: *biofizika, történet, műhelyek, Magyar Biofizikai Társaság, alapítók, jeles események, rendezvények*



FOTOPOLIMERIZÁCIÓVAL KÉSZÍTETT MIKROSTRUKTÚRÁK ALKALMAZÁSA A BIOFIZIKÁBAN

Ormos Pál

az MTA rendes tagja, főigazgató,
MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpont Biofizikai Intézet
ormos.pal@brc.mta.hu

Az MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpont Biofizikai Intézetében körülbelül tíz éve meghonosítottuk a fotopolimerizációs mikrostruktúra-építés technikáját. E módszerrel természetesen bonyolult, néhány száz nm-es térbeli feloldású alakzatokat tudunk építeni – ehhez mérten tetszőleges méretekben. Ilyen testeket először optikai mikromanipulációs kísérletekben használtunk, később többféle technikában is sikeresen alkalmaztuk őket, mondhatni, ma intézetünk kísérleti tevékenységének jelentős része ilyen alakzatok alkalmazására épül. A jelen írás szerepe az intézet jellegzetes kutatási irányának bemutatása, ezért magától értetődő, hogy e területre vonatkozó aktivitásunkat írjuk le. Ismertetem tehát először a struktúraépítési technikát, majd pedig bemutatok néhány kutatási témát, amelyek ilyen struktúrák alkalmazására épülnek.

Mikrostruktúra-építés fotopolimerizációval

A fotopolimerizációs struktúraépítés fényre keményedő műanyagok alkalmazásán alapul. Egy folyadék halmazállapotú műanyagból indulunk ki, amely fénygerjesztés hatására polimerizálódik, megkeményedik. A struktúra építésének tehát az a folyamata, hogy meg-

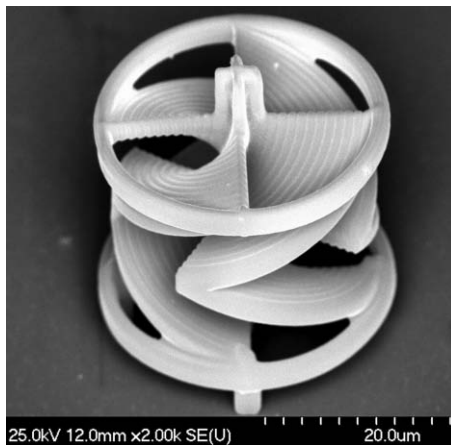
felelő helyeken megvilágítjuk az anyagot, ott az megkeményedik, kialakul a kívánt alakzat, ezt követően a maradék folyadékot eltávolítjuk (előhívjuk a testet). Ilyen eljárással egyébként nagy testek is készíthetők, ipari termékek modelljeit, akár sebészeti protéziseket is gyárthatunk így. A mi esetünkben a kis méretek a jellemzők. A legkisebb méretek lézer gerjesztéssel érhetőek el, a fény hullámhossza a meghatározó mérettartomány. Ha lézerfényt mikroszkóppobjektívvel fókuszálunk, és két-fotonos gerjesztést alkalmazunk, néhány száz nanométeres jellemző méretű legkisebb térfogat alakítható ki, vagyis ez a létrehozható szerkezetek térbeli feloldása. A legegyszerűbb eljárásban a fókuszált lézerfényt számítógépes vezérléssel megfelelő pályán mozgatva mintegy kirajzoljuk az elkészítendő testet (Galajda – Ormos, 2001). Nyilvánvaló az eljárás óriási előnye: a fókusz tetszőleges pályán mozoghat, vagyis a kialakított test alakja akármilyen bonyolult lehet. A testek mérete jellemzően a mikrométeres tartomány, a felső határt a kialakítás időtartama korlátozza. Kifejlesztettünk alapvetően a gyorsítást elősegítő megvilágítási eljárásokat is: például egyetlen fókuszált nyaláb helyett többszörözött nyalábbal

egyszerre több testet is rajzolhatunk, holografikus úton a mintát egyetlen megvilágítással is létrehozhatjuk stb. (Kelemen et al., 2007) Az 1. ábrán egy érdekes, meglehetősen bonyolult, pár mikrométeres testet mutatunk be.

Speciális alakú testek optikai mikromanipulációja

Az optikai mikromanipuláció ma már a biofizika széles körben alkalmazott nagy teljesítményű kísérleti eljárása. Azon alapul, hogy a mikrométeres mérettartományban a fény nyomásából eredő erő elegendően nagy ahhoz, hogy ilyen mikroszkopikus testeket mozgasson, megragadjon. Fókuszált lézertény a környezeténél nagyobb optikai törésmutatójú mikrométeres testeket a fókuszban rögzíti, mintegy csapdázza, a jelenséget, illetve az eszközt optikai csapdának, optikai csipesznek hívják. Az eszköz által pN nagyságú erők fejthetők ki, ez éppen a baktériumok mozgásával, a biológiai makromolekulák működésével kapcsolatos erők nagyságrendje – ez a szerencsés egybeesés az alkalmazhatóság alapja.

A lézertény és a megragadott test kölcsönhatását természetesen befolyásolja a test alakja. A forma megfelelő alakításával a kölcsönhatás mintegy irányítható, azaz a megfelelő alakú testtel speciális manipulációs lehetőségeket lehet létrehozni. Íme néhány példa: propeller alakú testek lézercsipeszben megragadva forogni kezdenek. A forgás alapja a fénynyomás, teljesen analóg módon a szélmalom esetével: a propellerre jutó fény a ferde lapátokról szóródva ugyanúgy forgást kelt, mint a malom vitorláján eltérített szél. Az ilyen fény hajtotta propellerekkel összetett, ugyancsak fotopolimerizációs eljárással előállított mikromechanikus gépeket lehet hajtani, egészen bonyolult mikrométeres rend-



1. ábra • Kétfotonos gerjesztésű fotopolimerizációval előállított mikrométeres alakzat

szerek készíthetők és működtethetők tehát így (Galajda – Ormos, 2001). Készítettünk például mikrofluidikai eszközökben alkalmazható integrált optikai motort, folyadék-pumpát stb. (Kelemen et al., 2006)

E propellerek, azon túl, hogy fény hajtotta motorokként működnek, nagyon jól szolgálhatnak biológiai rendszerek mozgásának modellezéséhez is. Jelenleg is folyó kísérletsorozatunkban például a hidrodinamikai szinkronizáció jelenségét tanulmányozzuk velük (Di Leonardo et al., 2012). A biológiai mikrovilágban a mozgás keltése gyakran csillók csapkodásával, flagellák forgásával történik. Általában több ilyen szervecske mozog egyszerre, és a csapkodás, forgás szinkronizáltan zajlik. Régi kérdés, mi e szinkronizáció oka. Két alapvető lehetőség van: a szinkronizáció eredhet a mozgató egységek összehangolt működéséből, de lehet egyszerű hidrodinamikai oka is, mégpedig az, hogy az egymáshoz közel mozgó testek a köztük levő folyadék által kölcsönhatásba kerülnek, és e kölcsönhatás eredményezi az egyszerre zajló mozgást. E második lehetőséget már koráb-

ban felvetették, meggyőző kísérleti bizonyítékot azonban eddig nem sikerült adni. Fény hajtotta propellerjeinket alkalmaztuk a kérdés vizsgálatára, hiszen a mozgás közben ható erők hasonlóak a valóságban is fellépőkhöz. Nagyon lényeges további jellemző a testek mérete. A kialakított modelljeink nagysága megfelel a valóságban szinkronizálódó testeknek. A méret rendkívül fontos a mozgás jellegének meghatározásában. A hidrodinamikai jelenségek modellezésénél az áramlást jellemző Reynolds-szám azonossága kulcskérdés – esetünkben a Reynolds-szám nagyon kicsi. Ugyancsak a méret a döntő a Brown-mozgás nagyságában: a mikrovilágban zajló mozgásokban a Brown-fluktuáció nagyon nagy összetevő. (Egyébként e két jellemző – a kis Reynolds-szám, illetve a nagy Brown-fluktuáció – miatt a mikroszkopikus testek mozgása folyadékokban nagyon más, mint amit makroszkopikus világunkban tapasztalunk).

A kísérlet a következő: holografikus úton létrehoztunk két optikai csapdát. A bonyolult optikai rendszerben lehetőség van a csapdák valamennyi paraméterének tetszőlegesen beállítására: a csapdák távolsága, a csapda erőssége szabadon változtatható. E csapdákban megragadtunk egy-egy propellert. E propellerek az előzők szerint a csapdákban forogni kezdenek. A rendszerünkben tehát a forgó testek helyzetét és forgási sebességüket (hiszen ez arányos a csapdázó fény intenzitásával) tetszőlegesen változtathattuk. Ha a forgó propellereket közel vittük egymáshoz és a forgási sebességüket közel egyenlővé tettük, forgásuk szinkronizálódott: együtt kezdtek forogni, mintha fogaskerékkel össze lettek volna kapcsolva. Kimutattuk tehát a tiszta fizikai kölcsönhatáson alapuló hidrodinamikai szinkronizációt. Rendszerünkben ráadásul a meghatározó fizikai paraméterek, mint a forgó testek

alakja, mérete, távolsága, a rájuk ható forgatónyomatékok nagysága stb., szabadon változtatható, a kölcsönhatás részletes fizikai jellemzését meg lehet tenni. A jelenség teljes megértését az jelenti, hogy létrehozunk egy fizikai modellt, amely pontosan leírja a megfigyelt folyamatokat. A modell ellenőrzéséhez szükség van a paraméterek változtatására, így a modell alapján meghatározhatók a fizikai jellemzők, mint a kölcsönhatás potenciálja stb. Kísérleti rendszerünkkel kimerítően jellemezni tudtuk a folyamatokat. Ezáltal a modell részleteiben tesztelhető, a jelenségkör szinte tetszőleges részletességgel tanulmányozható. Azon túl, hogy az alapjelenséget igazoltuk, azaz, hogy a biológiai rendszertől független hidrodinamikai kölcsönhatások képesek a megfigyelt szinkronizáció létrehozására, lehetőségünk nyílik a nagyon érdekes hatás további tanulmányozására. A mikrovilágban zajló áramlási folyamatok sokféle nem várt, meglepő viselkedést produkálnak, és ezek megértése természetesen nagyon fontos a biológiai mikrovilág megismeréséhez is.

Bemutatjuk a sajátos alakú testek optikai manipulációjának egy másik, általunk kidolgozott változatát is. Ha az optikai csipeszben lineárisan polarizált fényt alkalmazunk, és a csapdázott test lapos, a csapdázás során a test orientálódik. Az orientáció iránya olyan, hogy a test lapos felülete a polarizáció síkjába kerül (Galajda – Ormos, 2003). E hatás nyilvánvalóan növeli az optikai manipuláció lehetőségeit, hiszen a céltest helyzetének teljes meghatározására nyílik így mód. Tekintve, hogy a mikroszkopikus biológiai objektumok (baktériumok, sejtorganellumok, kromoszómák stb.) általában nem gömb alakúak, ezért ezzel az eljárással pontosan orientálni tudjuk őket, ez számos vizsgálat során előnyös lehet (Garab et al., 2005). További fontos új lehető-

ség, hogy e hatás alapján a megragadott testen forgatónyomatékokat tudunk mérni, illetve forgatónyomatékokat tudunk kifejteni. Ha ugyanis az orientált testet egy rá ható forgatónyomaték az egyensúlyi helyzetéből kitéríti, a csapda visszatérítő forgatónyomatékokat fog kifejteni – kis kitérésenként e visszatérítő nyomaték arányos a kitéréssel. Így tehát forgatónyomatékokat tudunk kifejteni egyszerűen úgy, hogy az orientáló fény polarizációs síkját elfordítjuk. Hasonlóképpen, meg is tudjuk mérni a testre ható forgatónyomatékokat, hiszen ha ismerjük a fény polarizációjának irányát (ezt mi állítjuk be), valamint megmérjük a csapdázott lapos test orientációjának az irányát, a kettő különbségéből azonnal adódik a testre ható forgatónyomaték. Mondhatni, létrehoztunk egy mikroszkopikus nyomatékulcsot, hiszen a működés teljesen analóg például az autószerelésben használt eszközzel. Természetesen az alkalmazáshoz szükség van a nyomatékulcs kalibrálására, azaz ismernünk kell, hogy adott szögelfordulás mekkora nyomatékknak felel meg. Ráadásul ezt a kalibrációt minden mérés esetén el kell végezni, hiszen értéke nagyon függ a test pontos alakjától, valamint a csapda paramétereitől. Szerencsére ezt meg lehet tenni, a Brown-fluktuáció ad rá aránylag egyszerű lehetőséget: a fluktuáció nagysága egyértelműen függ a csapda orientációs rugóállandójától, és a meghatározásához szükséges fizikai paraméterek megmérhetők minden egyes kísérletben.

A jelenség jellemző alkalmazásaként meghatároztuk egyetlen kettős szálú DNS-molekula torziós rugalmasságát. A hélix alakú DNS-molekula esetében a csavarodás nyilvánvalóan nagyon fontos deformáció: a DNS szinte minden kölcsönhatása (a benne tárolt információ kiolvasása, a kromoszómák összeállítása, a hibák kijavítása stb.) a mole-

kula csavarodásával jár együtt. Ezért azután a molekuláris események megértéséhez a torziós tulajdonságok ismerete elengedhetetlen. Próbálták is régóta meghatározni a jellemző értékeket, korábban azonban csak közvetett kísérletekre volt lehetőség, és a fizikai paramétereket meglehetősen bonyolult, részleteiben nem alátámasztott modellek segítségével lehetett meghatározni.

Kísérleteinkben hosszú l DNS-molekulákat használtunk. Egyik végüket mikroszkóp tárgylemezéhez rögzítettük, a másikra pedig néhány mikrométer átmérőjű lapos korongokat ragasztottunk. E korongokat ragadtuk meg a lineárisan poláros fényvel képzett optikai csipeszben. A csipesszel kifeszítettük a DNS-molekulát, és a csapda polarizációs síkjának változtatásával tetszőlegesen „csavargathattuk” is. A kísérletben tehát mind a feszítési erő, mind pedig a csavarodás szabadon változtatható. Egyúttal (hiszen a fény polarizációjának iránya és a lapos korong helyzete is pontosan meghatározható) a DNS-molekulára ható csavaró forgatónyomaték is mérhető. Így tehát meg tudtuk mérni, hogy ismert forgatónyomaték mekkora elcsavarodást okoz a DNS-molekulán – ráadásul különböző kifeszítések esetén. Végeredményben tehát egyetlen molekulán közvetlen méréssel határoztuk meg e fontos fizikai paramétert. A módszer új lehetőségeket nyújt a biológiai makromolekulák egyenkénti tanulmányozására – forgatást igénylő vizsgálati eljárásban, illetve forgással járó jelenségek jellemzésében eddig nem elérhető megközelítés válik lehetségessé.

Integrált optikai eszközök

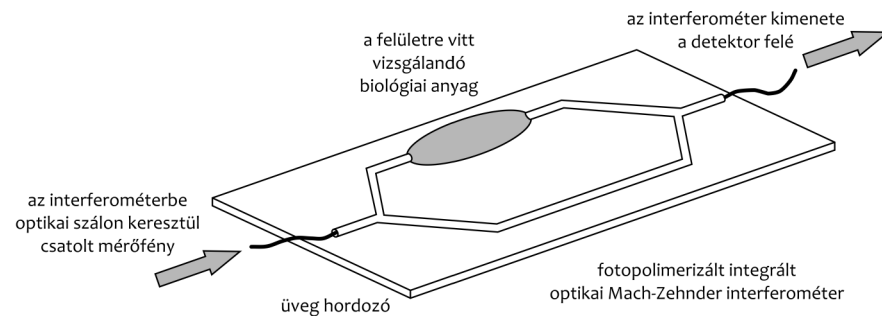
A fotopolimerizációs struktúraépítési eljárás sokoldalúságát illusztrálja egy további, meg lehetőséget elterő kutatási területünk. A mód-

szerral integrált optikai eszközök is építhetők, sokféle biofizikai alkalmazással. A fényvezetők a modern integrált optika kulcskomponensei. Az eszköz központi eleme egy, a környezeténél nagyobb optikai törésmutatójú vezető közeg. Ismeretes, hogy ha a fény belülről nagyobb törésmutatójú közeg határára érkezik, teljes visszaverődés történik, amennyiben megfelelő irányban (a teljes visszaverődés határszögénél nagyobb szögben) érkezik oda. Így azután a megfelelő irányú fény a nagyobb törésmutatójú közegben marad. Ez az alapja annak, hogy a fényvezetőkben úgy vezethető a fény, mint elektronok a huzalokban. A fényvezetők szerkezete tehát a következő: nagy törésmutatójú vezető mag kisebb törésmutatójú köpennyel körülvéve. Lehetnek szál alakúak (ez a közismert optikai szál), de bonyolult struktúrák részeit is képezhetik. A fotopolimerizációs fényvezető készítés alapja, hogy vannak olyan fényre keményedő műanyagok, amelyek átlátszóak, és törésmutatójuk is megfelelő a célra. Mi üvegfelületen építünk fényvezetőket olyan polimerekből, amelyeknek az optikai törésmutatója tehát nagyobb az üvegénél. A készítés folyamata a következő: az üvegfelületre felviszünk egy folyadék halmazállapotú gyantaréteget, majd fókuszált lézergérsztéssel „belerajzoljuk” a kialakítandó alakzatot. A nem megkeményedett folyadék leoldásával kialakul a végleges eszköz. Tetszőleges kétdimenziós fényvezető hálózat, „optikai integrált áramkör” építhető az eljárással. Illusztrálój felhasználásként a Mach-Zehnder-interferométer készítését és alkalmazását mutatjuk most be. A Mach-Zehnder-interferométer sokoldalú optikai eszköz: működésének alapja, hogy az interferométerbe jutó fényt kettéosztjuk, majd bizonyos távolság után újra egyesítjük. Az újraegyesítéskor a két fény interferenciát

szenned. Attól függően, hogy a szétválasztott szakaszon az optikai úthosszak mennyire különbözőek, a két fény különböző fázisban fog találkozni, ez pedig az interferenciát befolyásolja – gyengíteni, vagy erősíteni fogják egymást. Ezzel az eszközzel nagyon érzékenyen lehet mérni az optikai úthossz megváltozását.

Az általunk használt megoldás részletezése előtt a fényvezetőben vezetett fény jellegzetességét kell áttekintnünk. A teljes visszaverődésnek sajátos tulajdonsága, hogy visszaverődéskor a fény kissé kijut a kisebb törésmutatójú közegbe is, ennek mértéke összemérhető a fény hullámhosszával. Ezt a kis törésmutatójú közegbe átnyúló fényt evaneszcens fénynek hívják. A fényvezető magját körülvéve anyag ezek szerint hatással lesz a vezetett fény terjedésére is. Ezt az evaneszcens jellegét használjuk ki az integrált optikai Mach-Zehnder-interferométer használatakor. Az alkalmazásokban anyagok törésmutató változásait mérjük nagy érzékenységgel. Az eszköz kulcsa a kettéosztott fény, amint a fényvezetőben halad. A vizsgálandó anyagot az egyik ág felületére viszük. Ha az anyag törésmutatója megváltozik, megváltozik az ágban az optikai úthossz is, módosul az interferencia, és ez a kimeneten a fény intenzitásának a változásában nyilvánul meg. Az eszköz kivételét a 2. ábrán mutatjuk be.

A törésmutató megváltozásán alapuló alkalmazások között magától értetődik a szenzorika. Az eszköz aktív felülete az interferométer oldalágának fényvezetője. Ha például ennek a felületét beborítjuk egy szelektív anyaggal, annak kölcsönhatása akár egyetlen molekulával is detekálható lesz a felület törésmutatójának megváltozásán keresztül. Ily módon többek között antigén-antitest kölcsönhatások vizsgálhatók kvantitatív módon,



2. ábra • A fotopolimerizációval kialakított integrált optikai Mach-Zehnder-interferométer sémája

amint azt kísérleteinkben megvalósítottuk (Dér et al., 2010). Kiemelendő, hogy ebben az eljárásban mindenféle jelölőanyag nélkül érhető el a nagyérzékenységű detektálás, eltekintve például a jelenleg standard eljárásnak számító ELISA-módszerrel. Az eljárás igen egyszerűen használható, nagyon nagy érzékenységű szenzorokat eredményez. Ráadásul a technika könnyen kombinálható a mikrofluidikával, vagyis a modern diagnosztika számos területén ígér hatásos alkalmazást.

Ugyanezzel az elrendezéssel optoelektronikai logikai elemek is készíthetők. Láttuk, az eszköz úgy működik, hogy a kimenet szabályozható a szabályozó felület törésmutatójának a változásával. Ha tehát megfelelően irányítható törésmutatójú anyaggal rendelkezünk, az interferométer aktív optikai elemként, optikai kapcsolóként tud működni. Nagy tapasztalattal rendelkezünk megfelelő tulajdonságokkal rendelkező biológiai anyaggal: a bakteriorodopszin kromoprotein kiváló anyag ilyen alkalmazásra. A bakteriorodopszin membránfehérje, fény hajtottá transzmembrán protonpumpa. Biológiai funkciója a fényenergia átalakítása a membrán két oldala közti protonkoncentráció-különbség elektrokémiai energiájává – ezt később a bak-

térium hasznosítja különféle energiaigényes életfolyamataiban. A biológiai szereptől teljesen függetlenül érdekes tulajdonsága a bakteriorodopszinnak, hogy fénygerjesztést követően nagyon megváltozik a színe. E színváltozás természetesen az optikai törésmutató változásával jár együtt. Ezért ha a Mach-Zehnder-interferométer aktív felületét bakteriorodopszinnal vonjuk be, az eszköz fényáteresztő képességét a bakteriorodopszin felület megvilágításával a törésmutató-változáson keresztül modulálni tudjuk. Kialakítottunk egy fényvel vezérelt fénykapcsolót; ez a jövő optikai adatfeldolgozó eszközeinek fontos komponensévé válhat (Dér et al., 2007). Ráadásul a kapcsolat sebessége nagyon nagy lehet. A bakteriorodopszin fotoreakciói nagyon gyorsak: a gerjesztést követő leggyorsabb színváltozási reakció pikoszekundumnál is rövidebb idő alatt lezajlik, vagyis akár ilyen sebességű optikai kapcsolat is lehetséges az eszközzel, ezt a közelmúltban megvalósítottuk (Fábián et al., 2011). Ez jelentősen meghaladja az elektronikus adattovábbításban jelenleg használatos kapcsolók sebességét.

Remélem, a példák meggyőzően illusztrálták a fotopolimerizált mikrostruktúrák alkalmazásának érdekes lehetőségeit.

Kulcsszavak: fotopolimerizáció, biológiai mozgás, optikai manipuláció, biofotonika

IRODALOM

- Dér András – Valkai S. – Mathesz A. – Ando I. – Wolff, E. K. – Ormos P. (2010): Protein-Based All-Optical Sensor Device. *Sensors And Actuators B-Chemical*. 151, 1, 26–9. • <http://dx.doi.org/10.1016/j.snb.2010.09.064>
- Dér András – Valkai S. – Fábián L. – Ormos P. – Ramsden, J. J. – Wolff, E. K. (2007): Integrated Optical Switching Based on the Protein Bacteriorhodopsin. *Photochemistry and Photobiology*. 83, 2, 393–396. DOI: 10.1562/2006-06-21-RA-944
- Fábián L. – Heiner, Z. – Mero, M. – Kiss M. – Wolff, E. K. – Ormos P. – Osvay K. – Dér A. (2011): Protein-Based Ultrafast Photonic Switching. *Optics Express*. 19, 18861–18870. • <http://dx.doi.org/10.1364/OE.19.018861> • http://www.opticsinfobase.org/view_article.cfm?gotourl=http%3A%2F%2Fwww%2Eopticsinfobase%2Eorg%2FdirectPDFAccess%2FDBBoDCE1-DF5A-B621-5898097ABC2F3C4E_222476%2Epdf%3Fda%3Dr1%26id%3D222476%26seq%3Do%26mobile%3Dno&org=
- Galajda Péter – Ormos Pál (2001): Complex Micromachines Produced and Driven by Light. *Applied Physics Letters*. 78, 249–251. • <http://dx.doi.org/10.1063/1.1339258>
- Galajda Péter – Ormos Pál (2003): Orientation of Flat Particles in Optical Tweezers by Linearly Polarized Light. *Optics Express*. 11, 446–451. • http://www.opticsinfobase.org/view_article.cfm?gotourl=http%3A%2F%2Fwww%2Eopticsinfobase%2Eorg%2F

- irectPDFAccess%2FD7448CFE-F783-5C6E-77C6B2A67FC5684A_71438%2Epdf%3Fda%3Dr1%26id%3D71438%26seq%3Do%26mobile%3Dno&org=
- Garab Győző – Galajda P. – Pomozi I. – Finzi L. – Praznovsky T. – Ormos P. – Van Amerongen, H. (2005): Alignment of Biological Microparticles by Polarized Laser Beam. *European Biophysics Journal*. 34, 335–343. DOI: 10.1007/s00249-004-0454-8
- Kelemen Lóránd – Valkai S. – Ormos P. (2006): Integrated Optical Motor. *Applied Optics*. 45, 2277–2280. • <http://dx.doi.org/10.1364/AO.45.002777>
- Kelemen Lóránd – Valkai S. – Ormos P. (2007): Parallel Photopolymerisation with Complex Light Patterns Generated by Diffractive Optical Elements. *Optics Express*. 14488–14497. • http://www.opticsinfobase.org/view_article.cfm?gotourl=http%3A%2F%2Fwww%2Eopticsinfobase%2Eorg%2FdirectPDFAccess%2FD6FA9634-98E1-E320-046E25578D5F2D67_144396%2Epdf%3Fda%3Dr1%26id%3D144396%26seq%3Do%26mobile%3Dno&org=
- Di Leonardo, Roberto – Búzás A. – Kelemen L. – Víznyiczai G. – Oroszi L. – Ormos P. (2012): Hydrodynamic Synchronization of Light Driven Microrotors. *Physical Review Letters*. 109, 034104
- Oroszi László – Galajda P. – Kirei H. – Bottka S. – Ormos P. (2006): Direct Measurement of Torque in the Optical Trap and Its Application to Double-Strand DNA. *Physical Review Letters*. 97, 058301. DOI: 10.1103/PhysRevLett.97.058301



MEMBRÁNFEHÉRJÉK, RECEPTORMINTÁZATOK SZEREPE A FIZIOLÓGIÁS ÉS PATOLÓGIÁS SEJTMŰKÖDÉSBEN

Mátyus László Panyi György

az MTA doktora, tanszékvezető egyetemi tanár,
Biofizikai és Sejtbiológiai Intézet Orvos- és Egészségtudományi Centrum Debreceni Egyetem
lmatyus@med.unideb.hu

az MTA doktora, tanszékvezető egyetemi tanár,
az MTA doktora, intézetvezető egyetemi tanár,
panyi@med.unideb.hu

Damjanovich Sándor Szöllösi János

az MTA rendes tagja, professor emeritus,
Biofizikai és Sejtbiológiai Intézet Orvos- és Egészségtudományi Centrum Debreceni Egyetem
dami@med.unideb.hu

szollo@med.unideb.hu

Bevezetés

A különböző membránok alapszerkezetét a lipidek határozzák meg, a biológiai membránok változatos funkcióját azonban a fehérjekomponensek biztosítják. Számos fehérje vesz részt a membránon keresztül lejátszódó jelátvitelben és transzportfolyamatokban. A biológiai membránok fehérjéit csoportosítani lehet az alapján, hogy milyen kölcsönhatás tartja fenn a membrán és a fehérje közötti kapcsolatot. Az integrális vagy transzmembrán fehérjék átívelik a lipid kettősréteget, és kölcsönhatásban vannak a membrán hidrofób magjával is. A perifériális fehérjék nem lépnek kapcsolatba a lipid kettősréteg hidrofób magjával, hanem fehérjén keresztül vagy elektrostatikus kölcsönhatás révén kapcsolódnak a membránhoz. A fehérjék harmadik csoportjában lipidek kapcsolódnak kovalen-

sen közvetlenül fehérjékhez, és ezen fehérjék kihorgonyozása a membránhoz a lipidmolekulán keresztül valósul meg.

A Singer–Nicolson-membránmodell (Singer–Nicolson, 1972) kimondta a membránfehérjék véletlenszerű, folytonos eloszlását egy rendezetlen lipid környezetben, de nem vizsgálta, hogy a fent említett fehérjék vagy fehérjecsoportok (klaszterek) milyen dinamikai sajátosságokkal rendelkeznek. A Singer–Nicolson-féle folyékony mozaikmembránmodell azt hangsúlyozta, hogy a szabad diffúzió a meghatározó tényező a fehérjék laterális mobilitásában. Bár az eredeti közlemény nem hangsúlyozza, de a membránfehérjék szabad diffúziója egyértelműen része az elméletnek, hiszen a fehérjék nem véletlenszerű eloszlása korlátozott szabadságú diffúziót feltételezne. Az elmúlt három évtizedben számos kísérleti tény halmozódott fel arra

nézve, hogy gátak léteznek a membránban, és számos esetben a fehérjék szabad mozgása korlátozott. Ezek az eredmények azt sugallták, hogy a fehérjék eloszlása a sejtmembránban nem egyenletes, és a fehérjék szigetekbe, klaszterekbe szerveződnek. A membránalkotók meghatározott struktúrákba (doménekbe) történő rendeződése mai ismereteink szerint általános jelenség, amely alapvető fontosságú lehet mind az adott molekulák, mind a sejt egészének működése szempontjából.

A membránfehérjék nem véletlenszerű sejtfelszíni eloszlásának kialakításában számos tényező vehet részt. Ezek egyikét jelentik az ún. *lipidutajok*, a sejtmembrán speciális összetételű (koleszterinben és [gliko]szfingolipidekben gazdag) régiói (membrán mikrodomének) (Simons–Ikonen, 1997). A lipidutajok a fehérjék membránba illeszkedő részétől függően azok adott membránterületen történő feldúsulását, illetve külön doménekbe történő szegregációját egyaránt lehetővé teszik, elősegítve ezzel a megfelelő kölcsönhatások kialakulását. A lipidutajok összetett és dinamikus struktúrák, amelyek méretüket és összetételüket tekintve is igen változatosak lehetnek. A bennük feldúsuló fehérjék jelentős része a transzmembrán jelátvitel kulcsszereplője (receptorok, ioncsatornák, kapcsolódó jelátvivő molekulák). Komponenseik dinamikus cserélődése, valamint a kisebb méretű lipidutajok nagyobb méretű doménékké történő „összeolvadása” kitüntetett szerepet tölt be számos, a plazmamembránban lejátszódó jelátviteli folyamat tér- és időbeli szervezésében.

Damjanovich Sándor és munkatársai már 1981-ben megjósolták ezeket a nem véletlenszerű fehérjemintázatokat a transzmembrán fehérjék genetikailag meghatározott, membrán átívelő részeinek a lipid kettősréteggel való kölcsönhatása alapján (Damjanovich et

al., 1981). Hipotézisük egybecseng a lipidutaj hipotézissel, amely kimondja, hogy speciális tartalmú lipidszigetek (lipidraftok), jól meghatározott transzmembrán fehérjéket fogadhatnak be. A Debreceni Egyetem Biofizikai és Sejtbiológiai Intézet munkatársai kiterjedt vizsgálatokat végeztek a sejtfelszíni fehérjék eloszlásának felderítésére. Ennek érdekében az immunológiai technikák és modern biofizikai módszerek széles tárházát alkalmazták kísérleteik során. A különböző fehérjék együttállásának meghatározására a klasszikus immunoprecipitáció mellett alkalmazták a fluoreszcencia rezonancia energia transzfer (FRET) módszert, amelynek segítségével a fehérjék dimerizációját, molekuláris asszociációját lehetett kimutatni nanométeres skálán, az 1–10 nanométeres tartományban. Konfokális lézerpasztázó mikroszkópiával (CLSM) a fehérjék együttállása (kolokalizációja), a mikroszkóp optikai feloldóképessége által meghatározott fél–egy mikrométeres szinten határozható meg. A két mérettartomány között új mikroszkópos technikákkal, mint pásztázó atomerő mikroszkópia (AFM), pásztázó közeli mező mikroszkópia (SNOM) vizsgálhatjuk a fehérjeaggregátumok, klaszterek valódi méretét. Fluoreszcencia korrelációs spektroszkópiával (FCS) egyedülálló, monomer fehérjék, illetve asszociált fehérjekomplexek dinamikai tulajdonságait lehet vizsgálni, amelyekből ismét lehet következtetni az együtt mozgó komplexek méretére. Mindezeket a kísérleti megközelítéseket az intézet munkatársai sikerrel alkalmazták sejtfelszíni fehérjék szerveződésének vizsgálatára, többek között az fő hisztokompatibilitási komplex (MHC) klaszterképző tulajdonságainak meghatározására, az emlőtumorban fontos szerepet játszó receptor tirozinkináz család (ErbB) hierarchikus szerveződésének kiderítésére és

az ioncsatornák membránban történő eloszlásának, az immunológiai szinapszisban betöltött szerepének tanulmányozására. A továbbiakban ezeket a biológiai problémákat szeretnénk tárgyalni, anélkül, hogy az információt szolgáló biofizikai módszerek részleteire kitérnénk.

Fő hisztokompatibilitási komplex (MHC) sejt felszíni eloszlása

Larry D. Frye és Michael Edidin klasszikus kísérlete bizonyította, hogy a fő hisztokompatibilitási komplex (MHC – az immunológiai védekezés egyik kulcsmolekulája) fehérjék mozognak az egér- és humán sejtek egyesítése során keletkező hibrid sejtek membránjában (Frye – Edidin, 1970). Ez a következtetés szolgált a Seymour J. Singer és Garth L. Nicolson által leírt folyékony mozaikmembrán-modell alapjául, amely hangsúlyozta a fehérjék véletlenszerű eloszlását és szabad diffúzióját. Az újabb kísérletes bizonyítékok azt sugallták, hogy a fehérjék bizonyos membránterületeken korlátozott mozgékonyssággal rendelkezhetnek. Számos fontos sejt felszíni fehérje, például a fent említett MHC két speciális fajtája, az MHC-I és MHC-II, valamint szin-

tén az immunológiai védekezésben szerepet játszó interleukin-2-receptor alegységei (IL-2R) különböző összetételű asszociációkban vesznek részt. FRET-kísérletek tanulsága szerint ezek a fehérjék 1–10 nm távolságra vannak egymástól. A fehérjék ilyen kisméretű, néhány tagból álló csoportosulásait nanoklasztereknek nevezzük. Ezen asszociációk mellett a fehérjék szerveződésének egy magasabb, második szerveződési szintje is kimutatható a konvencionális optikai mikroszkópok feloldóképességét meghaladó optikai és nem optikai mikroszkópiák, például elektronmikroszkópia, pásztázó atomerő mikroszkópia, illetve pásztázó közeli mező optikai mikroszkópia alkalmazásával. Ezek az ún. mikroklaszterek néhány száz nanométer átmérőjűek, és 10–1000 fehérje molekulát tartalmazhatnak (1. ábra).

A Singer–Nicolson-membránmodell kimondta a membránfehérjék véletlenszerű, folytonos eloszlását egy rendezetlen lipid környezetben, de nem vizsgálta, hogy a fent említett fehérjeklaszterek milyen dinamikai sajátosságokkal rendelkeznek. A Frye–Edidin-kísérlet bizonyította a plazmamembrán fehérjék újraeloszlását a mikrométeres

skálán, de nem tudott különbséget tenni az alábbi két lehetőség között: (i) a fehérjeklaszterek összetétele állandó, és a fehérjék összekeveredése az intakt mikroklaszterek mozgásának a következménye, vagy (ii) a fehérjék dinamikus disszociációs jelenségek révén a klaszterek között kicserélődnek. A második lehetőséget dinamikus összetételnek nevezzük.

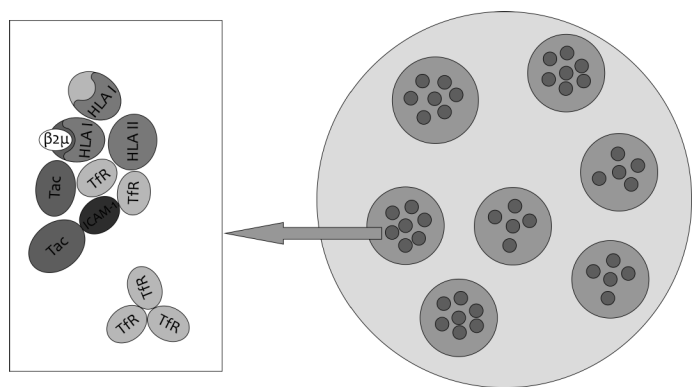
Az intézet munkatársai által végzett szisztematikus FRET-mérések azt bizonyították, hogy a rövid távú rendezettség (kisméretű fehérjeklaszterek létezése), nem szokatlan jelenség a membránfehérjék esetében. Újabb fejlettebb mikroszkópos technikákkal megerősítették ezeket a megfigyeléseket, és megállapították, hogy a rendezettség nagyobb távolságskálán is általános jelenségnek tekinthető (Vereb et al., 2003). A hagyományos fluoreszcencia mikroszkópia, melyet a Frye–Edidin-kísérletben használtak, nem képes feloldani a nano- és mikroasszociációk dinamikus változásait, azaz nem lehetséges eldönteni, hogy a nanoasszociációkban részt vevő fehérjék képesek-e kölcsönhatásaikat megszüntetni, és más összetételben újra összerendeződni a plazmamembránban. Hasonlóképpen, a membránterületek összekeveredése létrejöhét a mikroklaszterek összekeveredésének folyamánként (a klaszterek összekeverednek, de a bennük levő fehérjék nem cserélődnek ki egymással), vagy másik lehetőségként a mikroklasztereken belül a jelölt fehérjék is kicserélődhetnek. A fenti kérdések megválaszolására SNOM-, konfokális és elektronmikroszkópiás kísérleteket végeztünk. Ezen technikák közül a SNOM volt megközelítésünk elsődleges eszköze. A SNOM feloldóképessége jobb, mint a konfokális mikroszkópé, és egyértelműen a felszínt vizsgáló technika, amely a sejt felszín vizsgálatát relatíve egyszerűvé teszi. Ezekkel a modern bio-

fizikai módszerekkel gyakorlatilag részletesen elemeztük a klasszikus Frye–Edidin-kísérletet.

Az MHC-I klaszterizációja igen jól karakterizált, és nagyon valószínű, hogy ennek a jelenségnek fontos szerepe van az idegen anyagok bemutatásában az immunológiai védekezés során. Eredményeink alapján az MHC-I nano- és mikro-homoasszociációi dinamikusak, azaz a klaszterek összetétele változik az után is, hogy a fehérjeszintézist követően a sejt membránjába kerülnek (Nagy et al., 2001). Az MHC-I-oligomerizáció két hierarchikus szintjének létezését Damjanovich és munkatársai már korábban kimutatták. Újabb kísérleteink azt bizonyítják, hogy ez a hierarchia a klaszterek dinamikus átrendezésében is megfigyelhető.

Az MHC-II mikrohomoklaszterei szintén dinamikusnak bizonyultak, ám a nanohomoklaszterek az MHC-II esetén statikusnak; az MHC-II-molekulák nem cserélődtek ki. Nem tudjuk az okát annak, hogy az MHC-II-molekulák miért nem cserélődnek ki a nanoklaszterekben. Vannak olyan jelek, hogy az MHC-II-molekulák párosával állnak össze, míg az MHC-I-molekulák inkább nagyobb komplexekben, amelyek öt-tíz fehérjéből állnak. Hozzá lehet még tenni, hogy a MHC-II két membránt átívelő résszel rendelkezik, míg az MHC-I-nek csak egy transzmembrán doménje van, amiből az következik, hogy az MHC-II-molekula forgásában korlátozottabb, ezáltal kisebb valószínűséggel jön létre a szomszédos molekulákkal való kapcsolódáshoz szükséges megfelelő orientáció.

A mi kísérleteink ezt a modellt a fehérjék dinamikus kicserélődésével a kis skálájú (nanométer nagyságú) és a nagy skálájú (mikrométer nagyságú) fehérjeklaszterek között



1. ábra • Az MHC-I- és MHC-II-molekulák szerveződésének két hierarchikus szintje

terjesztették ki. Hangsúlyozni kell azonban, hogy a dinamizmus nem általános jelenség a kis skálájú fehérjeasszociációk esetén. Mind a mai napig nem ismeretesek pontosan azok a tényezők, amelyek meghatározzák, hogy egy adott fehérje nanoklaszterei dinamikusak vagy statikusak-e. Modellünk két nagyon fontos tényezőre hívja fel a figyelmet: a fehérjék koncentrációjára a mikroklaszterekben és a diffúzió jelentőségére az azonos lipidkörnyezetben levő fehérjeklaszterek esetén. Nagyon valószínűtlen, hogy a fehérjék membránban történő diffúziója klaszterizáció nélkül olyan magas lokális receptorstűrűségeket hozzon létre, ami elégséges a sejt aktiválásához. Másrésztől a statikus klaszterek létezése nehezen egyeztethető össze azokkal a gyors fehérjeátrendeződésekkel, amelyeket fiziológias folyamatok során megfigyelhetünk.

Az ErbB-tirozinkinázok sejtfelszíni szerveződése és szerepük a tumoros transzformációban

A receptor tirozinkinázok ErbB családja fontos szerepet játszik a sejt differenciációs folyamatokban, az apoptózisban, valamint a fiziológias és patológias sejtosztódásban. A család négy tagból áll, ezek az epidermális növekedési faktor receptoraként (EGFR-ként) is ismert ErbB1, az ErbB2, ErbB3 és ErbB4. A specifikus ligandum bekötődésének hatására a receptorokból homo- és heterodimerek képződnek, vagy a már létező receptor-aggregációk átrendeződnek, ami a tirozin-oldallán-cok foszforilációjához, majd ezt követően a másodlagos jelpályák beindulásához vezet. A daganatok széles skálájánál megfigyelhető az ErbB-receptorok túlzott mértékű kifejeződése. A tumorok elleni első humanizált monoklonális antitest Herceptin[®], vagy más néven a trastuzumab volt, az ErbB2-receptort célzó egyfajta „okos” gyógyszer. A választék azóta

húsznál is több ErbB-ellenes antitesttel bővült, amelyek közül sok már a klinikai tesztelés stádiumában tart. A palettán ezen kívül több kismolekulájú ErbB-kináz inhibitor is szerepel. Sajnos azonban az ezen anyagok elleni rezisztencia széles körben előfordul (beleértve a trastuzumab elleni rezisztenciát is).

Munkánk során kimutattuk, hogy hasonlóan az előző alfejezetben tárgyalt MHC-molekulákhoz, az ErbB2-receptorok asszociációja szintén két szinten szerveződik. A jól ismert direkt asszociáció (azaz dimerek) mellett nagyobb méretű, csoportonként körülbelül ezer ErbB2-molekulából álló klaszterek is képződnek (Nagy et al, 2002). Ezek a klaszterek kolokalizálódnak a lipidtutajokkal, a méretük pedig a receptorstimulálás során tovább nő. Megmutattuk, hogy az ErbB2-lipidutajon belüli elhelyezkedése fontos funkciója megfelelő betöltéséhez, valamint az ErbB2 elleni antitestek hatásához is. Továbbá, egy áramlási citometriás, fluoreszcencia-polarizáción alapuló modell segítségével megállapítottuk, hogy az ErbB1- és az ErbB2-receptorok viselkedése között alapvető eltérés van: míg a hatalmas ErbB2-klaszterek az inaktív receptorok tárházaként szolgálnak, és stimuláció hatására disszociálnak, addig a jóval kisebb méretű ErbB1-homoklaszterek a ligandum bekötődését követően csatlakoznak egymáshoz, és magasabb rendű oligomereket képeznek (Szabó et al, 2010).

Az ErbB2 elleni antitestes terápia iránti rezisztenciában érintett egyéb járulékos molekulák is hangsúlyozott figyelmet kaptak kutatásainkban. A β 1-integrinek az ErbB2-receptorokkal asszociálódnak, és versengenek az ErbB-molekulákért más ErbB-molekulákkal, áthelyezve a hangsúlyt az ErbB-homoasszociációkról az integrin-ErbB-heteroasszociációkra, ezzel együtt pedig áthangolják a

sejt jelátviteli mechanizmusát a sejttúlélés irányába (Fazekas et al., 2008).

A JIMT-1 nevű, trastuzumab-rezisztens emlőrák sejtvonalban a MUC4-mucin túltermelődik, és expressziós szintje fordítottan arányos az egyes sejtek trastuzumab-kötő kapacitásával. A MUC4-termelés siRNS általi leszorítása fokozta a trastuzumab kötődését, igazolva ezzel, hogy a MUC4 valószínűleg sztérikus gátlással akadályozza a trastuzumab bekötődését. Ezen a trastuzumab-rezisztens sejtvonalon a CD44-transzmembrán fehérje is túltermelődik, sejtfelszíni kifejeződése a többi sejthez képest meglepően magas. A CD44 az extracelluláris mátrix egyik fontos komponensének, a polimer tulajdonságú hialuronsavnak a receptora. Ha a CD44-ligandum hialuronsav szintézisét 4-metilumbelliferon (4-MU) segítségével gátoljuk, a trastuzumab a sejtfelszíni ErbB2 molekulák nagyobb hányadához tud kötődni, ugyanakkor a 4-MU-kezelés hosszabb távon csökkentette a ErbB2-molekulák sejtfelszíni kifejeződését. A jelenség első része sztérikus gátlás csökkenésével magyarázható, hiszen kevesebb hialuronsav polimer hálózza be a sejtek felszínét. A jelenség második része a CD44 az ErbB2-molekulával összekapcsoló belső szabályozási rendszer jelenlétére utal (Pályi-Krek et al., 2008).

Váratlan felfedezésnek minősül, hogy az *in vitro* trastuzumab-rezisztens JIMT-1-sejtek a SCID- (súlyos kombinált immunhiányos) egerekbe való juttatáskor eliminálódtak a trastuzumab-mediált ADCC (antitestfüggő sejt-közvetített citotoxicitás) során, azonban kizárólag kisméretű tumorok, illetve vérben keringő vagy mikroáttétet képző tumorsejtek esetében. A trastuzumabnak ezt az ADCC-alapú gátló hatását szignifikánsan fokozta a 4-MU, alátámasztva azt az elképzelést, misze-

rint a masszív extracelluláris mátrixok nagyban hozzájárulhatnak a terápiás antitestek elleni rezisztencia kialakulásához. A kísérleti adatok arra utalnak, hogy a CD44-hialuronsav jelátviteli útvonal igen fontos lehet a tumorsejtek receptororientált terápiás kezeléseknél kibúvásában; valamint hasonlóan nagy jelentőséggel bírhat az ErbB-receptorokat célzó antitestek – mindezzel szemben figyelmen kívül hagyott, ám potenciálisan jelentős – ADCC-közvetített hatása, ami az extracelluláris mátrix mennyiségének, zsúfoltságának csökkentésével fokozható (Barok et al., 2007).

Az ioncsatornák sejtfelszíni szerveződése és szerepe az immunológia-szinapszis kialakításában

Az adaptív (szerzett) immunválasz a szervezetre potenciálisan veszélyt jelentő struktúrák (továbbiakban antigének) elleni specifikus védekezést, valamint a hosszú távú védelmet biztosító immunológiai memória kialakulását foglalja magában. Lebonyolításában központi szerepet játszanak a T-sejtek, amelyek – típustól függően – szabályozó, illetve végrehajtó funkciót egyaránt betölthetnek. Az antigén felismeréséhez az adott antigénre specifikus receptorral (T-sejt receptor komplex – TCR) rendelkező T-sejt és az antigénprezentáló sejt közvetlen kölcsönhatása szükséges. A folyamat során a TCR az antigénnek az MHC-fehérjékhez kapcsolódó kis részletét (peptid fragmentum) ismeri fel. A felismerési folyamat a két sejt között kialakuló kontaktrégióban (immunológiai szinapszis – IS) játszódik le, amelyben a TCR és az MHC/peptid komplex mellett számos egyéb, a hatékony antigén-felismeréshez, illetve az azt követő jelátviteli folyamatok kiváltásához szükséges fehérje feldúsulása tapasztalható. Más molekulák ugyanakkor kizáródnak az

immunológiai szinapsziszból. Az IS elemeinek jól szervezett, ugyanakkor dinamikus szerveződése alapvető szerepet játszik ezen molekulák együttműködésében.

Bár az IS végső szerkezetének kialakulása a két sejt kapcsolódását követően történik meg, az IS több elemének nem véletlenszerű sejt felszíni elrendeződése egyedülálló sejteken is kimutatható. Az MHC-I és -II korábban említett homo- és heteroklasztereit, valamint a sejtek kapcsolódását elősegítő ICAM-1-molekulákkal való kölcsönhatásukat számos sejttípus felszínén kimutatták. Logikusnak tűnik a feltételezés, hogy a fenti molekulák által kialakított asszociációs mintázatok fontos szerepet játszhatnak az antigén-prezentáció hatékonyságának szabályozásában: a klaszterek jelenléte megkönnyítheti a T-sejttel kialakított kapcsolatok létrejöttét, elősegítve ezzel a kontaktrégió kialakítását, azaz végső soron befolyásolhatja az immunválasz hatékonyságát. Ezt a hipotézist erősítik meg azok az adatok, amelyek szerint a T-sejtben kiváltott válasz függ az MHC-I-oligomerizációtól (Bodnár et al., 2003).

Az antigén-felismerés által kiváltott T-sejt-aktivációhoz nélkülözhetetlenek a membránpotenciál- (a sejtmembrán két oldala között mérhető feszültségkülönbség) és kalciumfüggő jelátviteli útvonalak. A T-sejtek ioncsatornái, így a K_v1.3 elvezetésű, feszültségkapuzott káliumcsatorna, kulcsfontosságú szerepet játszanak mind a membránpotenciál, mind pedig a kalciumfüggő jelátviteli folyamatok szabályozásában. A K_v1.3 csatornák gátlása gyengítheti a T-sejtek antigénre adott válaszát, vagy akár annak teljes elmaradását is eredményezheti, azaz immunszuppresszió (csökkentett immunválasz) érhető el. Ennek megfelelően a K_v1.3-csatorna fontos célpontot jelent-

het a T-sejtekhez köthető autoimmun betegségek terápiájában.

Kolloidális aranygömbbel megjelölt csatornákat tartalmazó sejtekről készült elektronmikroszkópiás felvételek analízisa során megmutattuk, hogy – hasonlóan a korábban említett fehérjékhez – a K_v1.3-csatorna eloszlása sem véletlenszerű a sejtek plazmamembránjában. CLSM és FRET méréseink feltárták, hogy a K_v1.3-csatornák a TCR integráns részét képező CD3-fehérje fizikai közelségében található T-sejteken (Panyi et al., 2003). Emellett immunológiai szinapszist kialakító T-sejteken – a T-sejt-receptorhoz hasonlóan – megfigyelhető a K_v1.3-csatorna feldúsulása a T-sejt és a célsejt közötti kontaktrégióban (Panyi et al., 2004).

A K_v1.3-csatornák aktivitásának szabályozásában fontos szerepet játszik a membrán összetétele: a membrán koleszterintartalmának csökkentése megváltoztatja a csatornák biofizikai paramétereit. Emellett számos adat utal arra, hogy a K_v1.3-csatornák lipidtutajokban helyezkednek el, ezeket saját eredményeink is megerősítették (Panyi et al., 2003). A csatornákat tartalmazó kisméretű tutajok nagyobb méretű, ceramidokban gazdag membrándoménokba történő dinamikus átrendeződése figyelhető meg T-sejtek apoptózisa során. Mindezek alapján feltételezhető, hogy a K_v1.3-csatornák immunológiai szinapsziszba történő átrendeződése szintén a lipidtutajok közreműködésével történik.

A K_v1.3-csatornák immunológiai szinapsziszba történő átrendeződése felveti az IS funkciójának és a csatornák aktivitásának kölcsönös szabályozási lehetőségét (Panyi et al., 2004). A csatornák IS-ba történő akkumulációja során jelentősen megváltoznak a K_v1.3 működését jellemző kinetikai paraméterek, amelyet az átrendeződés következmé-

nyeként a K_v1.3-csatornák közelségébe kerülő szabályozó fehérjék okozhatnak. A K_v1.3-csatornák aktivitásának változása a membránpotenciál és a káliumfluxus szabályozásán keresztül módosíthatja az IS fehérjéinek térbeli elrendeződését, így működését. Kimutatták, hogy bizonyos autoimmun betegségekben megváltozik a K_v1.3 immunológiai szinapsziszba való átrendeződésének dinamikája.

Zárszó

A fenti három rendszer bemutatásával illusztrálni szerettük volna a sejt felszínén található

mintázatok fiziológiai és patológiai jelentőségét. Számos részlet még feltárára vár, de meggyőződésünk, hogy a molekuláris kölcsönhatások részleteinek megismerése hamarosan segítséget nyújt hatékony biológiai terápiák tervezésében, és a kissé távolabbi jövőben pedig akár a személyre szabott orvoslásban is.

Kulcsszavak: *receptormintázat, nanoklaszter, mikroklaszter, fő hisztokompatibilitási komplex, receptor tirozinkinázok, ioncsatorna, immunológiai szinapszisz*

IRODALOM

- Barok Márk – Isola, J. – Pályi-Krek Z. et al. (2007): Trastuzumab Causes Antibody-Dependent Cellular Cytotoxicity-Mediated Growth Inhibition of Submacroscopic JIMT-1 Breast Cancer Xenografts Despite Intrinsic Drug Resistance. *Molecular Cancer Therapy*. 6, 7, 2065–2072. DOI:10.1158/1535-7163.MCT-06-0766 • <http://mct.aacrjournals.org/content/6/7/2065.full.pdf>
- Bodnár Andrea – Bacsó Z. – Jenei A. et al. (2003): Class I HLA Oligomerization at the Surface of B Cells Is Controlled by Exogenous Beta(2)-Microglobulin: Implications in Activation of Cytotoxic T Lymphocytes. *International Immunology*. 15, 3, 331–339. DOI: 10.1093/intimm/dxgo42 • <http://intimm.oxfordjournals.org/content/15/3/331.full>
- Damjanovich Sándor – Somogyi B. – Trón L. (1981): Macromolecular Dynamics and Information Transfer. *Advances in Physiological Sciences*. 30, 7.
- Fazekas Zsolt – Petrás M. – Fábrián Á. et al. (2008): Two-Sided Fluorescence Resonance Energy Transfer for Assessing Molecular Interactions of up to Three Distinct Species in Confocal Microscopy. *Cytometry A*. 73, 3, 209–219. DOI:10.1002/cyto.a.20489 • <http://onlinelibrary.wiley.com/DOI/10.1002/cyto.a.20489/pdf>
- Frye, Larry D. – Edidin, Michael (1970): The Rapid Intermixing of Cell Surface Antigens after Formation of Mouse-Human Heterokaryons. *Journal of Cell Science*. 7, 2, 319–335. • <http://jcs.biologists.org/content/7/2/319.full.pdf>

- Nagy Péter – Mátyus L. – Jenei A. et al. (2001): Cell Fusion Experiments Reveal Distinctly Different Association Characteristics of Cell-Surface Receptors. *Journal of Cell Science*. 114, Pt 22, 4063–4071. • <http://jcs.biologists.org/content/114/22/4063.long>
- Nagy Péter – Vereb G. – Sebestyén Z. et al. (2002): Lipid Rafts and The Local Density of ErbB Proteins Influence The Biological Role of Homo- and Heteroassociations of ErbB2. *Journal of Cell Science*. 115, 22, 4251–4262. DOI: 10.1242/jcs.00118 • <http://jcs.biologists.org/content/115/22/4251.long>
- Pályi-Krek Zsuzsanna – Barok M. – Kovács T. et al. (2008): EGFR and ErbB2 Are Functionally Coupled to CD44 and Regulate Shedding, Internalization and Motogenic Effect of CD44. *Cancer Letters*. 263, 2, 231–242. DOI:10.1016/j.canlet.2008.01.014
- Panyi György – Bagdány M. – Bodnár A. et al. (2003): Colocalization and Nonrandom Distribution of K_v1.3 Potassium Channels and CD3 Molecules in The Plasma Membrane of Human T Lymphocytes. *Proceedings of The National Academy of Sciences USA*. 100, 5, 2592–2597. DOI:10.1073/pnas.0438057100 • <http://www.pnas.org/content/100/5/2592.long>
- Panyi György – Vámosi G. – Bacsó Z. et al. (2004): K_v1.3 Potassium Channels Are Localized in the Immunological Synapse Formed between Cytotoxic and Target Cells. *Proceedings of The National Academy of Sciences USA*. 101, 5, 1285–1290. DOI:10.1073/pnas.0307421100 • <http://www.pnas.org/content/101/5/1285.full>

Simons, Kai – Ikonen, Elina (1997): Functional Rafts in Cell Membranes. *Nature*. 387, 6633, 569–572. DOI:10.1038/42408

Singer, Seymour J. – Nicolson, Garth L. (1972): The Fluid Mosaic Model of The Structure of Cell Membranes. *Science*. 175, 4023, 720–731. DOI:10.1126/science.175.4023.720 • <http://web.as.uky.edu/Biology/faculty/cooper/bio350/Bio350%20Labs/WK1-Circuit%20board%20Lab/lipids.pdf>

Szabó Ágnes – Szöllősi J. – Nagy P. (2010): Coclustering of ErbB1 and ErbB2 Revealed by FRET-Sensi-

tized Acceptor Bleaching. *Biophysical Journal*. 99, 1, 105–114. DOI: 10.1016/j.bpj.2010.03.061 • http://ac.els-cdn.com/S0006349510004285/1-s2.0-S0006349510004285-main.pdf?_tid=e9bf0114e30bbf81754885f250d61aa7&acdnat=1344086406_7397d75aa1351558831938fdffb28887

Vereb György – Szöllősi J. – Matkó J. et al. (2003): Dynamic, Yet Structured: The Cell Membrane Three Decades after the Singer-Nicolson Model. *Proceedings of The National Academy of Sciences USA*. 100, 14, 8053–8058. DOI:10.1073/pnas.1332550100 • <http://www.pnas.org/content/100/14/8053.long>



EGYMOLEKULA BIOFIZIKA

Kellermayer Miklós

az MTA doktora, egyetemi tanár,
Semmelweis Egyetem Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet
kellermayer.miklos@med.semmelweis-univ.hu

„Hiszem, ha látom”, tartja a hétköznapi logika. Valóban, a látható érvek mintha mindenél meggyőzőbbek volnának. Nincs ez máshogy a természettudományokban sem. Egyedi molekulák közvetlen megfigyelése, továbbá manipulálása és mozgása tudományos elméletek egyértelmű bizonyítékául szolgál, de egyúttal olyan jelenségek és folyamatok felfedezését is lehetővé teszi, amelyek a molekulásokaságban rejtve maradnak. A hagyományosan alkalmazott biokémiai és szerkezeti eljárásokban ugyanis molekulásokaságot vizsgálunk, melyek a vizsgált tulajdonság vagy kísérleti paraméter átlagértékéről adnak információt. Ezzel szemben egyedi molekulák vizsgálata lehetőséget ad a vizsgált paraméter molekulák szerinti eloszlásának megismerésére. A módszerrel eddig soha nem tapasztalt bepillantást nyerhetünk a biomolekuláris szerkezet és működés különböző aspektusaiba, és bizonyos tulajdonságok, például a mechanikai jellemzők, csupán ilyen módszerekkel vizsgálhatók. Az utóbbi két évtizedben egyrészt a technikai fejlődésnek, másrészt izgalmas, újonnan felmerülő és különösen biológiai jellegű problémáknak köszönhetően az egyedi molekulakutatás fejlődése nagy sebességgel történt. Egy új diszciplína jött létre, amely *egymolekula biofizikaként* vált ismertté. Az alábbi összefoglalóban első-

sorban saját eredményeken keresztül mutatjuk be az egymolekula biofizikát, ezen belül is koncentrálván az egymolekula mechanikára.

Az egymolekula biofizika rövid története

A molekulák megragadása és egyenként történő manipulálása alig egy emberöltővel ezelőtt még szinte a tudományos fantasztikum világába tartozó, hihetetlennek tűnő álom volt. Bár egyedi DNS- és fehérjemolekulákról már az 1960-as években is készültek képek elektronmikroszkóp segítségével, ezekben az esetekben a molekulák vizualizálása kémiai fixálás, dehidráció, és festés vagy más kontrasztnövelő eljárás után történt. Ezzel szemben az egymolekula biofizikai módszerekben a molekulákat vizes közegben, lehetőség szerint a fiziológias viszonyoknak leginkább megfelelő körülmények között vizsgáljuk. Néhány mérföldkő az egymolekula biofizika történetéből (Kellermayer, 2005): 1976-ban egyetlen antitest-molekuláról készítettek fluoreszcencia mikroszkópos felvételt; 1986-ban egyedi, fluoreszcensen jelölt aktin filamentumok motilitását követték miozinnal borított felületen; 1991-ben sikerült megmérni egyetlen miozinmolekula mechanikai lépését, majd 1994-ben egyetlen kinezinmolekuláét; 1996-ban a DNS rugalmasságát írták le egyedi molekulák manipulációja alapján; 1997-

ben leírták a zöld fluoresszcens fehérje (GFP) pislogási folyamatát; 1997-ben került sor az első fehérjemolekula-manipulációs kísérletekre; 1998-ban kimutatták az F1Fo ATP-áz rotációs viselkedését; 2001-ben egyedi RNS-molekulákat sikerült kitekerni mechanikai erő segítségével; végül 2008-ban egyedi riboszómák mechanikai manipulációjával kimutatták, hogy maga a riboszóma is egy bonyolult mechanoenzim komplex (Wen et al., 2008). Az egymolekula biofizika látványosan fejlődő, élénk érdeklődéssel kísért tudományterület. Bár bonyolult és nehéz kísérleteket igényel, fejlődését és elterjedését mégis jól mutatja, hogy amíg az 1990-es évek elején az évente publikált néhány cikk mindegyike szenciációs számba ment, addig 2011-ben az ezret is meghaladta az egymolekula tudománnyal foglalkozó megjelent cikkek száma.

Miért vizsgáljunk molekulákat egyenként?

Fizikai, kémiai és biológiai tudásunk nagy része molekulasokaságon végzett kísérletekből származik azzal a feltételezéssel, hogy azonos körülmények között az azonos összetételű molekulák többé-kevésbé ugyanúgy viselkednek. Az utóbbi évek egymolekula kísérletei azonban rámutattak, hogy ugyanazon kémiai összetételű molekulák különböző utakat járhatnak be egy adott folyamat során. Véletlenszerű, úgynevezett sztochasztikus jelenségek léphetnek fel, melyek rejtve maradnak a molekulasokaságban. Bonyolult kaskád-folyamatokban, mint például a biológiában oly jelentős jelátviteli utak, gyakran kistökű a térbeli és időbeli szinkronizáció, ami elfedi a lépések részleteit. Ezért, jóllehet, különböző állapotok lehetnek jelen egyidejűleg, a vizsgálat csupán ezek átlagát érzékeli. Ezzel szemben az egymolekula módszerek lehetőséget adnak az adott molekuláris folyamatban

fellelhető különböző térbeli és időbeli állapotok azonosítására és jellemzésére. Ezek az állapotok lehetnek molekulaszervezeti állapotok (konformáció, konfiguráció), elektronenergia állapotok (szingulett, triplétt, alap-, illetve gerjesztett), és kölcsönhatási, interakciós állapotok (kötött, disszociált). Bizonyos területeken az egyedi molekulaeljárásoknak nincsenek alternatívái: biomolekulák mechanikai tulajdonságait (rugalmasság, erőgeneráló átmenetek) csak molekulák egyenkénti manipulálásával mérhetjük meg pontosan. Négy terület azonosítható, melyek esetében az egymolekula módszerek olyan információval szolgálnak, amely nem elérhető molekulasokaságon végzett kísérletekben: 1) időbeli állapotok azonosítása véletlenszerű vagy egyéni mintázatú folyamatokban, 2) térbeli állapotok azonosítása párhuzamos útvonalakon futó folyamatokban, 3) biomolekulák mechanikai tulajdonságai, és 4) egyedek követése heterogén molekulasokaságban.

1. Molekuláris állapotok időbeli eloszlása • Könnyen belátható, hogy egy maratoni futóverseny sokaságának megfigyelésével nem tudjuk felfedni az emberi futómozgás mechanizmusainak finom részleteit. Bár a startpisztoly eldördülésének pillanatában a futók szinkronban indulnak el, néhány lépés után deszinkronizáció lép fel, és a távoli szemlélő csak a futómozgás átlagát észleli. A finom mechanizmusok felfedezése érdekében tehát az egyént kell vizsgálni. Ugyanez a helyzet molekulák esetében is. A molekulában idő függvényében fellépő változások pontos megismeréséhez egyetlen molekula viselkedését kell követnünk. Ilyen időbeli változások a véletlenszerű vagy sztochasztikus állapotváltozások, a memóriaeffektussal járó folyamatok, és a többlépcsős kaskád-folyamatok. A sztochasztikus állapotváltozás érdekes példá-

ja a fluoresszcens molekulák milliszekundumos időskálán zajló pislogása (blinking), amely ismeretlen volt mindaddig, amíg nem sikerült egyedi molekulákat idő függvényében közvetlenül követni (Dickson et al., 1997).

2. Molekuláris állapotok térbeli eloszlása • Reggelente többezer autó kel át a Dunán Pest és Buda között, hogy munkába juttassa utasait. Természetesen jól tudjuk, hogy a közlekedés a budapesti hidakon keresztül történik, a pusztá átlagszám erről mit sem árul el. Ahhoz, hogy a térbeli útvonalakat, idegen szóval trajektóriákat megállapítsuk, lehetőleg egyedek mozgását kell követni. Ehhez hasonló, párhuzamos útvonalakon haladó molekuláris folyamatoknál még tökéletes időbeli szinkronizáció esetén is egyszerre több állapot van jelen a sokaságban. A párhuzamos útvonalakon haladó folyamatok legfontosabb példája a fehérjetekeredés vagy gombolyodás, amely során a polipeptidlánc felveszi háromdimenziós térszerkezetét. Bár a fehérje elsődleges szerkezete (aminosavsorrendje) tartalmazza a térszerkezethez szükséges információt, az a folyamat, amely során a lineáris polipeptid lánc eljut a háromdimenziós szerkezetéig, még nem ismert pontosan. Egy fehérjemolekula lehetséges konformációinak száma elképesztően nagy, ezért a gyors feltekeredés során nem teljesen véletlenszerűen, hanem bizonyos vezérlés szerint választódnak ki a konformációs állapotok, amelyekeken keresztül a fehérje eljut végső térszerkezetéhez. Ugyanazon fehérje különböző egyedei más és más utat járhatnak be a folyamat során. A molekula különböző intermedier állapotokba, sőt, akár kinetikai csapdába is kerülhet. A fehérjetekeredés vizsgálatának fő céljai közé tartozik a különböző intermedierek azonosítása és végső soron a tekeredési útvonal lehető legpontosabb feltérképezése. Egymolekula

tekeredési kísérletekben valamilyen szerkezeti paramétert (például intramolekuláris távolságot) követünk idő függvényében, mialatt a fehérje kémiai, termikusan vagy mechanikailag vezérelt módon a denaturált állapotból a natívba, vagy megfordítva, a natívból a denaturált állapot felé halad. Erővezérelt egymolekula kitekerési kísérletekben a molekulát külső mechanikai erővel denaturáljuk. A rendszer ilyenkor nincs termodinamikai egyensúlyban, a molekula nem tudja kipróbálni az összes lehetséges szerkezeti állapotot, és a mechanikai erő mintegy átrángatja a molekulát a konfigurációs tér egy részén. Az erővezérelt fehérjekitekerési kísérletek rendkívül fontossá váltak a gombolyodás folyamatának és a mechanikai stabilitás tényezőinek megismerésében.

3. Mechanikailag aktív fehérjék • Mára rengeteg olyan fehérjét ismerünk, melyek biológiai szerepe valamilyen mechanikai hatás gyakorlása. Az ilyen fehérjék képesek mechanikai erőt kifejteni és irányított elmozdulást létrehozni azáltal, hogy a kémiai energiát nagy határfokkal mechanikai munkává alakítják. Bizonyos fehérjék, úgynevezett motorfehérjék vagy mechanoenzimek, nagy távolságokat tesznek meg biopolimer molekulák (például citoskeletális filamentumok vagy DNS) mentén, vagy éppen rotációs mozgást hoznak létre (például az F1Fo ATP-áz vagy a bakteriális flagellum rotorja). Más fehérjék (például kondenzinek) a DNS-molekula aktív összecsomagolásában, tömörítésében játszanak fontos szerepet. A mechanikailag aktív biomolekulák ideálisan tanulmányozhatók egyedi molekula módszerekkel, és az általuk kifejtett mechanikai hatás megmérése csak így lehetséges.

4. Egyének követése molekuláris sokaságban • Az élő sejt belseje rendkívül koncentrált,

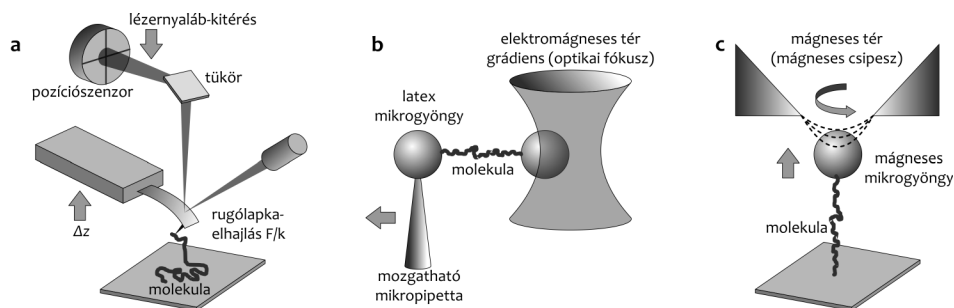
molekulák által sűrűn benépesített heterogén környezet. Olyan fehérjék esetében, melyek önmagukban is nagy lokális koncentrációban vannak jelen (például aktin, 2–8 mg/ml), a sokaság elfedi a molekuláris mozgásokat, fluxusokat, kölcsönhatásokat. Más esetben csupán néhány partikulum van jelen (például vírusok), ám ezek térbeli és időbeli követéséhez ugyancsak egymolekula módszerek szükségesek.

Hogyan ragadjunk meg egyetlen molekulát?

Az egymolekula manipulációs módszerek két fő csoportba sorolhatók: mechanikai transzducerek és külső mező manipulátorok (Bustamante et al., 2000). A mechanikai transzducerek közvetlen kontaktusban vannak a vizsgált molekulával, legismertebb fajtájuk az atomerő-mikroszkóp. A külső mező manipulátorok távolról és közvetett módon, többnyire egy fogantyún keresztül hatnak a vizsgált molekulára. Ezek közé tartozik a lézer-

csipesz és a mágneses csipesz. A megfelelő módszer kiválasztása több tényezőtől függ, mint például a geometriai elrendezés, a releváns erőtartomány, a konjugációs kémia és az oldatcsere igénye. A különböző egyedi molekula manipulációs módszerek sémája az 1. ábrán látható.

1. Atomerő-mikroszkóp • Az atomerő-mikroszkóp (atomic force microscope – AFM) egy nagy felbontású pásztázó tűszondás mikroszkóp, melyben egy rugalmas lap végén levő tűvel pásztázzuk végig a minta felszínét. A felszín és a tű atomjai között fellépő vonzó és taszító kölcsönhatások a rugólapkát vertikális irányban kitérítik alaphelyzetéből. A rugólapka parányi elmozdulásait a rugólapka hátlapjára vetített és onnan egy helyzetérzékkelő fotodiódára vetülő lézernyaláb segítségével mérjük meg (1.a ábra). Az AFM segítségével nagyfelbontású képek készíthetők egyedi molekulákról. Egyúttal a molekulák mechanikai manipulációját, megnyújtását is meg-



1. ábra • Egyedi molekula manipulációs technikák. A nyilak az elmozdulás irányát jelzik. **a.** Egyedi molekula manipuláció atomerő-mikroszkóppal (AFM). A rugólapkát elmozdítjuk a mintahordozó felülettől; a megragadott molekula megfeszül. • **b.** Molekulanyújtás lézercsipeszsel. A vizsgált molekula két mikrogöngy között feszül ki. Az egyik mikrogöngyöt a lézercsipeszsel, a másikat egy mozgatható mikropipettával ragadjuk meg. • **c.** Molekulamanipuláció mágneses csipeszsel. A molekula egyik vége superparamágneses mikrogöngyhez kapcsolódik, amely a külső mágneses tér irányába igyekszik fordulni és mozogni. A mágneses csipeszben lehetőség adódik a mikrogöngy forgatására, így a molekula megcsavarására is.

valósíthatjuk, ha a rugólapkával nem pásztázzunk, hanem a hordozó felületre merőlegesen mozgatjuk. A felület és az AFM-tű közé fogott molekula ilyenkor megfeszül, benne erővezérelt szerkezeti változások léphetnek fel, amelyeket a módszerrel pontosan azonosíthatunk és követhetünk.

2. Lézercsipesz • A lézercsipesz (1.b ábra) működésének alapja impulzusokcserelődés egy fókuszált lézernyalábban haladó fotonok és egy fénytörő mikrogöngy között. A mikrogöngyre ható különböző optikai erők egyen-súlyra esetén a göngy térben rögzített helyzetbe, csapdába, potenciálgödörbe kerül. A lézercsipesz egyfajta virtuális rugóként viselkedik és felhasználható erőmérő transzducerként a pikonewton ($pN = 10^{-12} N$) erőtartományban. A vizsgálni kívánt molekulát különböző konjugációs eljárásokkal kapcsoljuk a mikrogöngy felületére. Különböző lézercsipesz geometriák léteznek a kísérlet által megkívánt feltételeknek megfelelően.

3. Mágneses csipesz • A mágneses csipeszben superparamágneses mikrogöngy lép kölcsönhatásba külső mágneses térrel (1.c ábra). A mikrogöngy fogantyúként működik, melyen keresztül az adott molekula végét meg lehet ragadni, és a molekulára erővel lehet hatni. A kifejlesztett erők igen alacsonyok, akár femtonewton nagyságrendűek lehetnek ($fN = 10^{-15} N$). A mágneses csipesz használatakor különösen nagy jelentőségű, hogy a külső mágnes elforgatásával a manipulált mikrogöngy is elfordul. Ha a megragadott molekula vége szilárdan rögzül a mikrogöngy, illetve a szubsztrát felszínéhez, akkor a molekulára torziós erőt fejthetünk ki.

4. Molekulák rögzítése • Annak érdekében, hogy egyedi biomolekulákat mechanikailag manipuláljunk, a végeit megfelelő módszerrel meg kell fognunk. A lézercsipeszben a

molekula végeit különböző felszíni reaktív csoportokat hordozó mikrogöngyökhöz kapcsoljuk. Ezután az aktivált mikrogöngy fogantyúként viselkedik, mellyel a vizsgált molekulát manipulálni tudjuk. Az AFM-ben a molekula a tű és a felszín között feszül ki, melyek mindegyike kémiaiilag aktiválható. Az egyedi DNS-molekulák manipulálására alkalmas technikák széles skálája megteremtette annak lehetőségét is, hogy magát a DNS-molekulát mint fogantyút alkalmazzuk. Az utóbbi években különösen nagy érdeklődés irányul a kémiaiilag funkcionizált szén nanocsövekre, melyek az AFM-ben alkalmazhatók fogantyúként.

Mire lehet következtetni egy molekula manipulálásából?

Egyedi molekulák manipulációjából számos tulajdonságra, állapotra és folyamatra lehet következtetni: rugalmasság, szerkezeti állapotok, intramolekuláris kölcsönhatások, erőgeneráló folyamatok.

1. Mért paraméterek • Az egymolekula manipulációs kísérletekben nyert adatok a mechanikai erő, illetve a molekula felfüggesztési pontjai közötti távolság. Mindkét paraméter időbeli változásait is követhetjük nagy felbontással. Az erő a molekulában fejlődik ki a mechanikai perturbáció hatására. A felfüggesztési pontok közötti távolság láncszerű molekula esetében többnyire a molekula két végpontja közötti távolság.

2. Mechanikai kalibráció • Az egyedi molekula manipulációs eszközök parányi erők (fN – nN tartomány) mérésére alkalmas erőátalakító berendezések. Hogy a vizsgált molekulában kifejlődő erőt pontosan megmérhessük, ismernünk kell az erőtranszducer (például lézercsipesz vagy AFM-rugólapka) rugóállandóját. A rugóállandót kalibrációs

protokollok segítségével mérjük meg, melyek alapja ismert nagyságú (például viszkozus, termikus) erőhatásra fellépő elmozdulás vagy elhajlás megmérése.

3. *Molekularugalmasság* • Annak érdekében, hogy egy fehérjelánc rugalmasságát megmérjük, a molekulát végeinél fogva meg kell nyújtatunk. Lézercsipesz esetében például a molekula mindkét végére egy-egy mikrogyöngy kapcsolódik. Az egyik mikrogyöngyöt a lézercsipeszsel, a másikat egy mozgatható mikropipettával fogjuk meg (1. b ábra). A molekulát a mikropipetta lézercsipesztől történő eltávolításával nyújtjuk meg, majd a mikropipetta lézercsipesz felé történő visszamozgatásával relaxáljuk a molekulát. A nyújtás-visszaengedés ciklus során mérjük vagy kiszámoljuk a molekula két vége közötti távolságot és az ehhez tartozó rugalmas erőt. Más módszerek, például az AFM esetében (1. a ábra) a molekula végeit a rugólapka tujjével, illetve a szubsztrát felszín segítségével ragadjuk meg. Hosszú biopolimér-láncok esetében a rugalmas erő-molekulahossz függvény többnyire nemlineáris összefüggést mutat, utalva arra, hogy a rugalmassági mechanizmus elsősorban entropikus, és nem a merev testek rugalmassági törvényeit követi. Egy entropikus polimer összehúzódik, mert benne termikusan gerjesztett hajlító mozgások lépnek fel, melyek növelik a lánc konfigurációs entrópiáját. A konfigurációs entrópia csökkenthető a lánc megnyújtásával, azaz a lánc végeinek egymástól való távolításával. Ehhez külső mechanikai erőre van szükség. Ahogy a lánc vég–vég távolsága közelíti a kontúr hosszát, az erő aszimptotikusan nő. A molekula rugalmassági mechanizmusainak pontos megértése érdekében a kísérleti erő-megnyúlás görbére elméleti függvényeket illesztünk, így kaphatjuk meg az entropikus

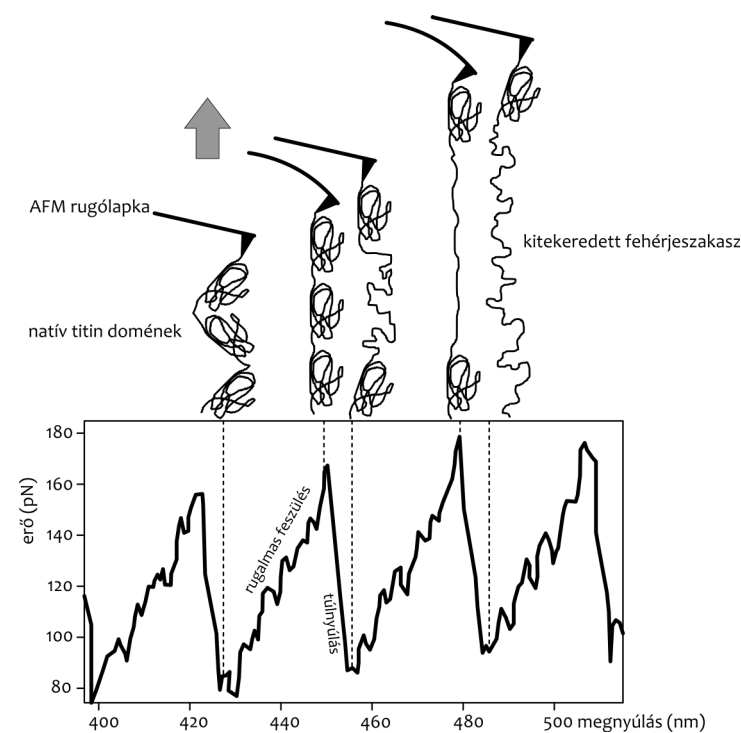
polimérlánc hajlítási rugalmasságát leíró úgynevezett perzisztenciahosszt.

4. *Erő hatására fellépő szerkezetváltozások* • Mechanikai erő hatására nem csupán reverzibilis, rugalmas alakváltozás lép fel a molekulában, hanem szerkezetváltozások is. Éppen a szerkezetváltozások detektálása és jellemzése vezet el az adott molekula tulajdonságainak és működésének pontos megismeréshez. Az alábbiakban konkrét példán, a titin óriás izomfehérjén mutatjuk be az erővezérelt intramolekuláris szerkezetváltozásokat.

A titin volt a legelső fehérje, amely egyedi molekulamanipulációs technikákkal manipulálásra, megnyújtásra került (Rief et al., 1997; Tskhovrebova et al. 1997; Kellermayer et al. 1997). A harántcsíkolt izom összehúzódásán kívül rugalmas tulajdonságokkal is rendelkezik, melyekért elsősorban épp ez a különleges, hatalmas méretű filamentális fehérje a felelős. Az izomrostban megnyújtásra fejlődő erőt *passzív izomerőnek* nevezzük, és fontos szerepe van az izomszarkomer szerkezeti integritásának fenntartásában, illetve a nyújtási erő megszűnte után az izom nyugalmi hosszának helyreállításában. A titinről ma már tudjuk, hogy mérete, a szarkomeren belüli elhelyezkedése és egyéb fehérjékkel való kölcsönhatásai miatt egyfajta organizáló, rendező szerepet játszik az izomban. A titin közel 4 MDa tömegű, láncszerű fehérje, amelyet mintegy 300, sorbakapcsolt globuláris fehérjedomén és a közöttük itt-ott elhelyezkedő egyedi szekvencia épít fel. A globuláris domének hét, antiparallel irányban futó béta-láncból épülnek fel, amelyek, mint a hordó dongái, egy hordó alakú szerkezetet építenek fel. Érdekes, hogy a fehérjeszerkezet alapján a titin globuláris doménjei hasonlítanak bizonyos extracelluláris fehérjék, az immunglobulinok és a fibronektin doménjeihez.

Ha egy titinmolekulát végeinél fogva megnyújtunk, benne rugalmas erő ébred (2. ábra). A titin rugalmassága jól jellemezhető entropikus polimérmODELLEK segítségével. Ha azonban az erő meghalad egy bizonyos értéket, az erőgörbe hirtelen eltér a rugalmas modell szerint várható lefutástól, és a molekula túlnyúlik, mintegy megfolyik. A titin túlnyúlásának oka a molekulát felépítő globuláris domének erő hatására fellépő kitekeredése. Az egymást követő egyedi doménkitekeredési események fűrészfog alakú erőgörbét eredményeznek.

5. *Erőspektrum* • A bonyolult szerkezeti átmenetek sorozatát tartalmazó erőgörbét erőspektrumnak nevezzük. Az erőspektrumban észlelt pillanatnyi erőváltozások intravagy – a kísérleti geometriától függően – intermolekuláris kölcsönhatások mechanikailag vezérelt felszakadására vezethetők vissza. A kölcsönhatások ennek megfelelően lehetnek például fehérje térszerkezetet összetartó kötések, antigén/antitest kötések, vagy ligandum/kötőhely kölcsönhatások (például biotin/sztreptavidin). Ha egy láncszerű molekulában erő hatására felszakadó kölcsönhatá-



2. ábra • Rugalmasság és kitekeredés a titinben. AFM segítségével regisztrált erő-megnyúlás görbe. Fűrészfog alakú átmenetek sorozata figyelhető meg. Az erő-fűrészfogak háttérében húzódo molekuláris események sémás magyarázatában három globuláris domént nyújtunk, melyek mindegyike natív, feltekeredett állapotban van a nyújtás kezdetén. Az erő-fűrészfog csúcsán a molekulaszakasz megfeszült állapotban van. Az ezt követő hirtelen erőesés egy-egy domén kitekeredése által okozott hirtelen kontúrhossz-növekedés miatt lép fel.

sok diszkrét, lépésszerű megnyúlást okoznak, az erőspektrumban fűrészfogak jelennek meg (2. ábra). Egymolekula vagy molekulakomplex szerkezetét a benne fellépő kölcsönhatások egyensúlya és így az asszociációs és disszociációs reakciók relatív sebességei határozzák meg. Könnyű belátni ezért, hogy az erő hatására fellépő szerkezetváltozás attól is függ, hogy milyen sebességgel terheljük a molekulát. Az erőspektrum terhelési sebesség függvényében történő analizisét dinamikus erőspektroszkópiának nevezzük. A dinamikus erőspektroszkópia segítségével gyakran nehezen hozzáférhető termodinamikai és kinetikai paraméterek válnak megmérhetővé.

Perspektívák

Az utóbbi években az egyedi molekulák vizualizálásában és mechanikai manipulálásában látványos fejlődésnek lehettünk tanúi. Fontos felfedezések történtek, és a módszerek egy része széles körben alkalmazásra került. A tudományterület fejlődési irányát nehéz megjósolni. Valószínű azonban, hogy további technikai fejlődés (például érzékenyebb szenzorok, egyre gyorsabb adatvételezés) és különböző egymolekula módszerek kombinációi meghatározó tényezők lesznek. Bizonyos módszerkombinációk már jelenleg is léteznek. A képkötő AFM ötvözése molekuláris erőspektroszkópiával egyedi információval szolgál a lokális szerkezetről, dinamikáról, mechanikáról. Egymolekula manipulációs módszerek kombinációja fluoreszcencia mikroszkópos és spektroszkópos technikákkal széles térbeli és időskálán történő méréseket tesz lehetővé. Egy különösen látványos kísérleti elrendezésben a lézercsipesz és egyedi

molekula fluoreszcencia kombinálásával sikerült a miozin mechanikai működését és enzimátikus funkcióját egyszerre vizsgálni (Funatsu et al., 1995). Számos törekvés történt az AFM és fluoreszcencia mikroszkópia kombinálására (Kellermayer et al., 2006). Ezek a kombinációk gyakran szekvenciálisak (vagyis időben egymást követik a mérések) a bonyolult geometria, az igen eltérő adatvételezési sebességek és az egyedi fluorofor detektálására elégtelen érzékenység miatt. Egyedi, mechanikailag manipulált fehérjemolekulák fluoreszcenciájának követésével lehetőség nyílik nagyfelbontású intramolekuláris szerkezeti és dinamikai vizsgálatokra. Figyelembe véve, hogy keveset tudunk a mechanikailag perturbált molekulák nagyfelbontású pillanatnyi szerkezetéről, ezek a fejlesztések és törekvések igen nagy jelentőségűek. A nemrégiben kifejlesztett szuperrezolúciós mikroszkópos technikák újabb kapukat nyitnak egyedi molekulák viselkedésének pontosabb megismerésére (Huang et al., 2008; Lippincott-Schwartz – Manley 2009). Végző soron az sem reménytelen, hogy megfelelő kémiai, genetikai és mechanikai manipulációk segítségével olyan erőérzékelő fluoreszcens molekulák fejleszthetők, amelyek mintegy láthatóvá teszik az élő sejtben állandóan működő, eddig alig ismert molekuláris erőhatásokat, útnak indítva ezáltal egy újabb, már a laboratóriumaink bejáratánál kopogtató tudományterületet, a mechanobiológiát (Lim et al., 2010).

Kulcsszavak: lézercsipesz, atomerő-mikroszkóp, nanomechanika, fluoreszcencia, titin, molekuláris rugalmasság, fehérjégombolyodás

IRODALOM

- Bustamante, C. – Macosko, J. C. – Wuite, G. J. (2000): Grabbing the Cat by the Tail: Manipulating Molecules One by One. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*. 1, 2, 1 November, 130–136. DOI:10.1038/35040072.
- Dickson, R. M. – Cubitt, A. B. – Tsien, R. Y. – Moerner, W. E. (1997): On/Off Blinking and Switching Behaviour of Single Molecules of Green Fluorescent Protein. *Nature*. 388, 6640, 24 July, 355–358. DOI:10.1038/41048.
- Funatsu, T. – Harada, Y. – Tokunaga, M. – Saito, K. – Yanagida, T. (1995): Imaging of Single Fluorescent Molecules and Individual ATP Turnovers by Single Myosin Molecules in Aqueous Solution. *Nature*. 374, 555–559.
- Huang, Bo – Jones, S. A. – Brandenburg, B. – Zhuang, X. (2008): Whole-Cell 3D STORM Reveals Interactions between Cellular Structures with Nanometer-Scale Resolution. *Nature Methods*. 5, 12, 1 December, 1047–1052. DOI:10.1038/nmeth.1274.
- Kellermayer Miklós S. Z. – Smith, S. B. – Granzier, H. L. – Bustamante, C. (1997): Folding-Unfolding Transitions in Single Titin Molecules Characterized with Laser Tweezers. *Science*. (New York, NY) 276, 5315, 16 May, 1112–1116.
- Kellermayer Miklós S. Z. (2005): Visualizing and Manipulating Individual Protein Molecules. *Physiological Measurement*. 26, 4, 1 August, R119–R153. DOI:10.1088/0967-3334/26/4/R02.
- Kellermayer Miklós S. Z. – Karsai Á. – Kengyel A. – Nagy A. – Bianco, P. – Huber T. – Kulcsár Á. – Niedetzky Cs. – Proksch, R. – Grama L. (2006): Spatially and Temporally Synchronized Atomic Force and Total Internal Reflection Fluorescence Microscopy for Imaging and Manipulating Cells and Biomolecules. *Biophysical Journal*. 91, 7, 1 October, 2665–2677. DOI:10.1529/biophysj.106.085456.
- Lim, Chwee Teck – Bershadsky, A. – Sheetz, M. P. (2010): Mechanobiology. *Journal of the Royal Society, Interface / the Royal Society*. 7 Suppl 3, 6 June, S291–S293. DOI:10.1098/rsif.2010.0150.focus
- Lippincott-Schwartz, Jennifer – Manley, Suliana (2009): Putting Super-Resolution Fluorescence Microscopy to Work. *Nature Methods*. 6, 1, 21–23. DOI:10.1038/nmeth.f.233.
- Rief, M. – Gautel, M. – Oesterhelt, F. – Fernandez, J. M. – Gaub, H. E. (1997): Reversible Unfolding of Individual Titin Immunoglobulin Domains by AFM. *Science*. (New York, NY) 276, 5315, 1109–1112.
- Tskhovrebova, L. – Trinick, J. – Sleep, J. A. – Simmons, R. M. (1997): Elasticity and Unfolding of Single Molecules of the Giant Muscle Protein Titin. *Nature*. 387, 6630, 15 May, 308–312. DOI:10.1038/387308a0.
- Wen, J. – Lancaster, L. – Hodges, C. – Zeri, A. – Yoshimura, S. – Noller, H. – Bustamante, C. – Tinoco, I. (2008): Following Translation by Single Ribosomes One Codon at a Time. *Nature*. 452, 7187, 9 March, 598–603. DOI:10.1038/nature06716.



A BAKTÉRIUMOK FLAGELLÁRIS FILAMENTUMAINAK SZERKEZETE ÉS ÖNSZERVEZŐDÉSE

Vonderviszt Ferenc

az MTA doktora, egyetemi tanár,
Pannon Egyetem Műszaki Kémiai Kutatóintézet
Bio-Nanorendszerek Laboratórium, Veszprém,
MTA Természettudományi Kutatóközpont, Budapest
vonoo7@almos.uni-pannon.hu

Összefoglalás

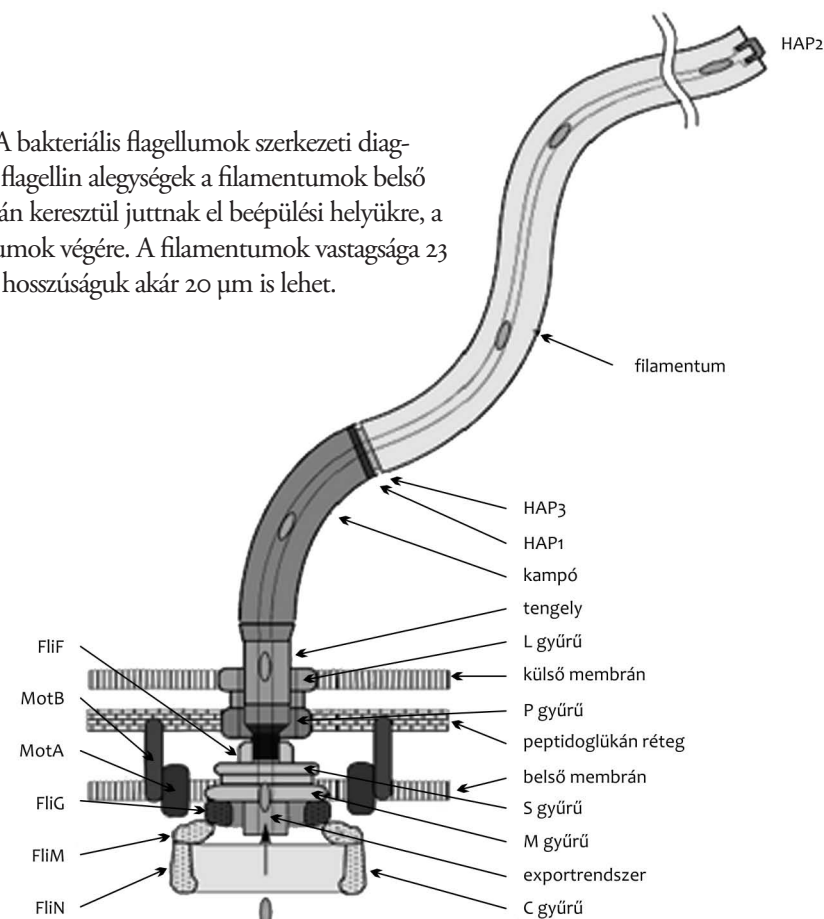
Az élő szervezetekben elsősorban fehérjékből felépülő molekuláris gépezetek működnek, amelyek rendelkeznek az önszerveződés képességével. Ilyenek például a baktériumok mozgásszervei, a flagellumok is, amelyek sejtmembránba ágyazott része magában foglal egy 50 nm átmérőjű nanomotort, ami a hozzá kapcsolódó helikális filamentumot propellerként forgatva hajtja előre a baktériumot. Az önszerveződő szupramolekuláris rendszerek tulajdonságainak megértése technológiai szempontból is fontos feladat, hiszen segítségünkre lehet saját molekuláris gépezeteink kifejlesztésében.

Bevezetés

A baktériumok flagellumok segítségével úsznak. A sejtek felszínéről kiinduló hosszú helikális filamentumok a sejtmembránban elhelyezkedő, fehérjekomponensekből felépülő molekuláris motorokhoz kapcsolódnak (1. ábra), amelyek akár százazres percenkénti fordulatszám elérésére is képesek. A

flagelláris motorok morfológiájukat tekintve nagyon hasonlítanak az ember által készített elektromotorokhoz, hengerszimmetrikus szerkezetűek, álló- és forgórészből állnak, de nem elektronok, hanem protonok hajtják őket. A propellerként funkcionáló helikális filamentumok a flagellin fehérje több tízezer kópiájából épülnek fel, s hosszúságuk akár a 20 mikrométert is elérheti. A motor tengelyét a külső filamentumokkal az erősen görbült szerkezetű kampó köti össze. A kampót mintegy 130 azonos fehérjealegység alkotja. A kampó nemcsak passzív összekötő elem a motor és a filamentumok között, hanem egyfajta kardáncsuklóként működve olyan erőátviteli szerkezetként funkcionál, amely képes a forgástengely irányának megváltoztatására. A helikális köteggé összeállt filamentumok ugyanis nem a motor tengelye körül, hanem arra közel merőleges irányban elhelyezkedve saját hossz tengelyük körül forognak. Bár a flagellin és a kampó fehérje a flagellumok filamentáris részének fő alkotórészei, a filamentum szerkezetének kialakításában fontos szerepet játszanak még a HAP-

1. ábra • A bakteriális flagellumok szerkezeti diagramja. A flagellin alegységek a filamentumok belső csatornáján keresztül jutnak el beépülési helyükre, a filamentumok végére. A filamentumok vastagsága 23 nm, míg hosszúságuk akár 20 µm is lehet.



fehérjék. A HAP1- és HAP3-fehérjék néhány példányuk egy vékony kapcsolózónát alakít ki a kampó és a helikális filamentumok között, míg a HAP2-fehérje a filamentumok végét lezáró molekuláris sapka felépítésében játszik szerepet. Morfológiai szempontból a bakteriális flagellumok – elsősorban a motor felépítésében részt vevő – gyűrű alakú képződményekből és egy, a motor tengelyét, a kampót és a helikális filamentumokat magában foglaló axiális struktúrából állnak. A motor tengelyét felépítő négyféle rod fehérjét, a kampó fehérjét, a flagellint, és a HAP-fehérjéket együttesen axiális fehérjéknek nevezik.

A flagelláris motorok kétségtelenül a bakteriális flagellumok legérdekesebb részei, de membránba ágyazott struktúrákról lévén szó, tanulmányozásuk rendkívül nehéz feladat. A flagelláris motorok mellett azonban a helikális filamentumok szerkezete is számos érdekességgel szolgál. A flagelláris filamentumok talán legizgalmasabb tulajdonsága önszerveződő képességük, ami azt jelenti, hogy megfelelő körülmények között a flagellin monomerek spontán módon képesek összeállni a natívval megegyező szerkezetű filamentumokká. Ez korántsem magától értendő jelenség, mert a flagelláris filamentumok

olyan szuperhelikális képződmények, amelyekben az egyes alegységek egymástól eltérő lokális környezetben találhatóak. A kristálynövekedéstől eltérően itt olyan spontán önszerveződés történik tehát, amelynek során azonos alegységek egymástól eltérő konformációban vesznek részt a létrejövő szerkezet kialakításában. A képződött filamentumok másik figyelemre méltó sajátossága az, hogy a környezeti körülményektől függően, reverzibilis módon, különféle helikális formákba képesek átrendeződni. Ezt a jelenséget polimorfizmusnak nevezik. Ilyen helikális szerkezeti átrendeződések előidézhettek a hőmérséklet, az ionerősség vagy a pH változtatásával, de mechanikai erőhatás is kiválthatja őket.

Önszerveződő képesség és szerkezeti rendezetlenség

A bakteriális flagelláris filamentumok önszerveződő szupramolekuláris rendszerek. Az önszerveződő, a környezeti változásokra aktívan reagálni képes makromolekuláris rendszerek tulajdonságainak megértése technológiai szempontból is alapvető fontosságúnak tűnik. Kutatásaink során igyekeztünk kideríteni, hogy melyek azok a szerkezeti sajátosságok, amelyek a flagelláris fehérjék önszerveződő képességének hátterében állnak.

A flagellin alegységek a flagelláris filamentumok fő alkotóelemei. A flagellin polimerizációs tulajdonságait vizsgálva többen felfigyeltek arra, hogy a filamentáris szerkezet kialakulása során a molekula nagymértékű konformációs átrendeződésen megy keresztül, de ennek szerkezeti háttere hosszú időn át homályban maradt. Limitált proteolízis, kalorimetriás és NMR spektroszkópiás vizsgálatok segítségével kimutattuk, hogy a flagellin esetében a nagyjából első 70, illetve utolsó 40 aminosavnyi részt magukban foglaló termi-

nális régiók monomer állapotban rendezetlenné (Vonderviszt et al., 1989), míg a polipeptidlánc középső része három jól definiált térszerkezetű globuláris egységet (domént) alkot. Későbbi vizsgálataink azt mutatták, hogy nemcsak a flagellin, de valamennyi axiális fehérje terminális régiói rendezetlenné, azaz a rendezetlen terminális régiók léte az axiális fehérjék általános szerkezeti sajátossága (Vonderviszt et al., 1992). Ugyanakkor a rendezetlen terminális régiók ezen fehérjék legkonzervatívabb részét képezik. Bioinformatikai predikciós módszerek azt jelezték, hogy az axiális fehérjék rendezetlen terminális régiói erős α -hélix-képző potenciállal rendelkeznek. Megmutattuk, hogy a polimerizációs folyamat során a terminális régiók egymással kölcsönhatásba lépve helikális kötegeket alkotva rendeződnek. Röntgen-száldiffrakciós és alacsony hőmérsékletű elektronmikroszkópiás szerkezetanalízis kombinált alkalmazásával felderítettük (Samatey et al., 2001), hogy ezek a helikális kötegek meghatározó szerepet játszanak a filamentumok belső magjának kialakításában.

Mi indokolja a rendezetlen terminális régiók nagyfokú konzerválódottságát? A rendezetlen terminális régiók kiemelkedő fontossága az axiális fehérjék önszerveződő képességének szabályozásában rejlik. Az axiális fehérjék a citoplazmában szintetizálódnak, majd egy speciális exportmechanizmus segítségével a flagelláris filamentumok belsejében található csatornán át jutnak el beépülési helyükre, a filamentumok végére. Létfontosságú a baktérium számára, hogy a nagy mennyiségben szintetizálódott axiális fehérjék ne polimerizálódjanak a sejten belül, hanem csak a megfelelő helyen, a filamentumok végén. A rendezetlen terminális régiók akadályozzák meg, hogy a viszonylag nagy meny-

nyiségben szintetizálódó axiális fehérjék már a citoplazmában polimerizálódni kezdenek. Az alegységek rendezetlen régiói oldatban nem képesek hatékonyan egymáshoz kapcsolódni, nem képesek egymást stabilizálni, ezért a citoplazmában nem indul meg a filamentumképződés. Csak egy jól definiált kötőfelület képes a rendezetlen régiók stabilizálására. Ez a mechanizmus biztosítja, hogy a polimerizáció csak a megfelelő helyen, a filamentumok végén történhet meg, hiszen ott már beépült és szerkezeti rendeződött alegységek találhatóak, amelyek egy stabil kötőfelszínre képeznek, ami templátként funkcionálva képes stabilizálni az újonnan érkező alegységek rendezetlen régióit. Ezért a filamentumok végén a polimerizáció könnyedén végbemegy. A polimerizáció hatékonyságát tovább fokozza a filamentumok végét lezáró HAP2 molekuláris sapka hatása is, ami nem engedi kidiffundálni a flagellin alegységeket, s az alatta található üregben rendkívül magas lokális monomerkoncentrációt eredményez.

A terminális régiók rendezetlensége a polimerizációs képesség szabályozásán túlmenően egyéb előnyökkel is jár. Lehetővé teszi, hogy ezen szegmensek révén az axiális fehérjék több különböző partnerrel is legyenek képesek összekapcsolódni. Például a flagellin nemcsak másik flagellin alegységekhez kapcsolódik a filamentáris szerkezete kialakulása során, de a filamentum tövével a HAP3-fehérjékhez is képes kötődni, míg a sejtől távoli végén a HAP2-alegységekkel alakít ki kapcsolatot. A rendelkezésre álló szerkezeti információk szerint ezekben a kölcsönhatásokban ugyanazon terminális szegmensek játszanak fontos szerepet. A rendezetlen régiók más-más kötőfelszíneken eltérő módon rendeződve sokoldalú kötődésre képesek.

In vivo filamentumképződés: a HAP2 molekuláris sapka és a flagelláris exportrendszer

A flagelláris filamentumok *in vivo* szerkezetkialakulása csak a HAP2-fehérjekomplexum jelenlétében megy végbe. A flagelláris filamentumok végét a HAP2-fehérje néhány példányából álló sapkaszzerű képződmény zárja le (1. ábra). Ez a sapka teszi lehetővé, hogy a citoplazmából a filamentumok belsejében lévő csatornán át transzportálódó flagellin alegységek beépülhessenek a filamentumok végére, s ne diffundáljanak a közegben szerteszét. A HAP2-sapka „intelligens” kötődésre képes, és látszólag ellentmondásos tulajdonságokkal rendelkezik. Egyfelől, nagyon erősen kötődik a filamentumok végéhez, gyakorlatilag sohasem válik le onnan. Másfelől azonban képesnek kell lennie arra is, hogy alkalmas pillanatban lokálisan elengedve a filamentumok végét, lehetővé tegye az újonnan érkező flagellin alegységek beépülését. Másodpercenként kb. tíz alegység képes a sapka alá beépülni, s a képződő filamentumok hossza akár a 20 μm -t is elérheti.

A HAP2-fehérje – a többi axiális fehérjéhez hasonlóan – monomer állapotban kiterjedt rendezetlen terminális régiókkal rendelkezik, amelyek erős hélixképző potenciállal jellemezhetők. Noha a HAP2-fehérje *in vitro* önszerveződése során szobahőmérsékleten két azonos pentamer egységből álló, dekamer szerkezeteket alkot, vizsgálataink megmutatták, hogy a flagelláris filamentumok végét lezáró HAP2-sapka valójában pentamer szerkezetű, amelyet az alegységek kompakt, centrális részei közötti hidrofób kölcsönhatások tartanak össze (Vonderviszt et al., 1998). A HAP2-pentamer mintegy dugóként illeszkedik bele a filamentumok végén található

üregbe, és az alegységeik helikáliskötegképzésre hajlamos, rendezetlen terminális régióin keresztül lép kölcsönhatásba a filamentumok végével.

In vitro rekonstruált filamentumsapka komplexumok alacsony hőmérsékletű elektronmikroszkópiás egyrészecskés analízisével meghatároztuk a filamentumok végét lezáró HAP2-komplexum szerkezetét (Yonekura et al., 2000). A kapott elektronsűrűség-diagramok egyértelműen mutatják, hogy a funkcionális HAP2-pentamert alkotó egyes alegységek aszimmetrikus módon, egymástól eltérő konformációban, a terminális régiókat tartalmazó flexibilis láb-doménjeiken keresztül kötődnek a filamentumok végéhez. Mindez a sapka és a filamentum vége között egyetlen helyen egy nagyobb üreg megjelenését eredményezi, ahol megtörténhet a filamentumok belső csatornáján keresztül exportálódó flagellin alegységek feltekereedése és a filamentumok végére való beépülése.

A rendelkezésre álló kísérleti eredményekre alapozva modellt dolgoztunk ki a HAP2-sapka működésének molekuláris mechanizmusára nézve, amely magyarázatot nyújt arra, hogy a HAP2-komplexum miként képes a filamentumok végéhez erősen kötődőve mégiscsak lehetővé tenni, hogy a centrális csatornán át a citoplazmából érkező flagellin alegységek alája beépülhessenek (Vonderviszt et al., 1998). Elképzeléseink szerint a HAP2-sapka működésében a sapka és a filamentum nemkompatibilis szimmetriája és az alegységek rendezetlen terminális régióiban a kötődés során bekövetkező, rendezetlen–rendezett állapotok közötti szerkezeti átmenetek játszanak meghatározó szerepet.

A bakteriális flagellumok axiális fehérjei egy speciális exportapparátus segítségével, a filamentumok centrális csatornáján keresztül

jutnak el beépülési helyükre, a filamentumok végére (Minamino et al., 2008). A flagellumok tövénél a citoplazma felőli oldalon található exportrendszer képes felismerni az exportálandó flagelláris fehérjét, és energiaforrásként a belső membrán két oldala közötti protonkoncentráció-különbséget kihasználva kitekeredett formában bejuttatni őket a filamentumok belső csatornájába. Mindeztidáig nem ismert, hogy mi az a jel, szerkezeti vagy szekvenciális sajátosság, amelynek alapján a flagellumspecifikus exportapparátus felismeri az exportálandó fehérjét. Szekvenciális szinten semmiféle olyan, az axiális fehérjék mindegyikében fellelhető közös sajátosságot sem sikerült kimutatni, amely az exportapparátus számára azonosító jelként szolgálhatna. Nincs lehasításra kerülő szignálpeptid, sem közös szignálszekvencia. Mindez arra utal, hogy az exportapparátus által felismert közös sajátosság valamilyen magasabb szerkezeti szinten keresendő.

Különböző génszintézeti előállított, N-terminális régiójukban csonkított variánsok exportképességének vizsgálata révén sikerült lokalizálnunk a flagellin exportszignálját (Végh et al., 2006; Gál et al., 2006). Megállapítottuk, hogy a flagellin aminosavszekvenciájának 26-47 szegmense hordozza a felismerési jelet az exportapparátus számára. Ez az erősen konzerválódott részlet a flagellin rendezetlen N-terminális régiójában található, amely a predikciós eljárások szerint jelentős α -hélix-képző potenciállal rendelkezik. Vajon miként képes egy rendezetlen szegmens felismerési jelként funkcionálni? Hipotézisünk szerint az exportrendszer felismerő helye az exportszubsztárak azonosítását végző fehérje alegységen egy szűk vájatban található, amely csak egy kitekeredett flexibilis polipeptid szegmens befogadására képes. Az

exportszignál a felismerés során alfa-helikális szerkezetbe rendeződve indítja el a transzlokáció folyamatát. Hasonló mechanizmus figyelhető meg a mitokondriális exportrendszer működése során.

A terminális régiók rendezetlensége és azok helikális stabilizálódási képessége az axiális fehérjék egyedüli közös szerkezeti sajátossága. Eddig csak néhány flagelláris fehérjénél történt meg az exportszignál lokalizálása, de azt minden esetben az N-terminális rendezetlen régió tartalmazza. Mindez a felismerési folyamat során alátámasztja a helikális rendeződés általános mechanizmusát.

Megfigyeltük, hogy ha flagellintermelésre képtelen, ezért csak a kámpó részig kiépült exportcsatornát tartalmazó mutáns szalmonella-gazdasejteket használunk, akkor a flagellin exportszignálját idegen fehérjéhez kapcsolva azok hatékonyan kijuttathatók a sejtől a flagelláris exportrendszer segítségével (Dobó et al., 2010). Ez a felismerés megnyitotta az utat a flagelláris export célzott felhasználása előtt. Az idegen fehérjék génmódosított baktériumokkal történő termeltetése napjaink biotechnológiai gyakorlatának egyik fontos eljárása. Ma már számos enzimet, hatóanyagot, gyógyszeralapanyagot állítanak elő ilyen módon, azonban gyakori problémaként jelentkezik, hogy a nagy mennyiségben termeltetett fehérjetermék rendszerint oldhatatlan formában – ún. inklúziós testeket képezve – kicsapódik a baktérium belsejében. A flagelláris exportrendszer kiváló lehetőséget kínál a baktériumokban nagy mennyiségben termeltetett idegen fehérjék sejtől való hatékony kijuttatására. Az MTA Enzimológiai Intézetével közösen végzett fejlesztőmunkánk eredményeként egy olyan bakteriális expressziós rendszert hoztunk létre (Vonderviszt et al., 2012), amely a széleskörű biotech-

nológiai hasznosíthatóság érdekében megkönnyíti a szekretált fehérje tisztítását és működőképes formában történő előállítását. Az exportszignál és a termeltetni kívánt fehérje közé beépítettük az enterokináz enzim specifikus hasítóhelyét, továbbá a fúziós konstrukció N-terminális végére a tisztítást megkönnyítő polihisztidin toldalékot tettünk, ami gyakorlatilag egy lépésben lehetővé teszi a felülészóból való hatékony izolálást és tisztítást. Ezt követően a fehérje megfelelő működését esetlegesen zavaró felesleges részek proteolitikus emésztéssel való szelektív eltávolítása könnyen megvalósítható. Eljárásunkra szabadalmi védettséget szereztünk.

A szekrécióval összekapcsolt fehérjeexpresszió számos előnnyel kecsegtet: nincs szükség a sejtek feltartására, ezért a tisztítandó minta egyéb fehérjékkel, nukleinsavakkal vagy lipidekkel kevésbé szennyezett. Az eljárás különösen előnyösnek tűnik olyan fehérjék esetében, amelyek a sejten belül könnyen degradálódnak, vagy oldhatatlan csapadékot képeznek. Az exportrendszer a flagelláris fehérjét részlegesen kitekeredett formában juttatja ki a filamentumok szűk belső csatornáján keresztül. Feltehetőleg az exportszignálhoz kapcsolt fehérjék is hasonlóan exportálódnak, azonban a külső médiumban az aggregációt elkerülve jó eséllyel képesek felvenni natív működőképes térszerkezetüket.

Flagellinalapú építőelemek filamentáris nanoszerkezetek létrehozására

A flagellin fehérje képes az önszerveződésre. Vajon miként ruházhatnánk fel más fehérjéket is az önszerveződés képességével, hogy belőlük előnyös tulajdonságokkal rendelkező filamentáris nanoszerkezeteket építhessünk. Munkánk során olyan fúziós fehérjéket kívánunk létrehozni, amelyekben különféle fe-

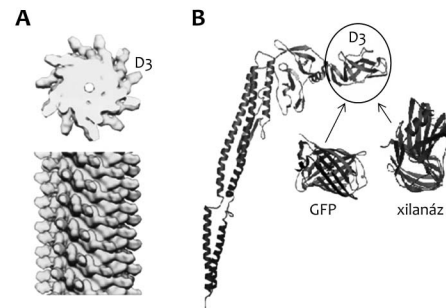
hárjéket kapcsolunk össze a polimerizációra képes flagellin fehérjével, oly módon, hogy mindkét partner funkcionális tulajdonságai megmaradjanak.

Röntgendiffrakciós és elektronmikroszkópiás vizsgálatok révén meghatároztuk a flagelláris filamentumok atomi felbontású szerkezetét (2/A ábra). A flagellin alegységek erősen konzerválódott terminális régiói szorosán egymáshoz kapcsolódva vesznek részt a filamentumépítésben, a filamentumok belső magjának kialakításában, míg a polipeptidlánc variábilis középső része alkotja a filamentumok felületén elhelyezkedő D₃-domént, ami a szomszédos alegységekkel nincs kontaktusban. Vizsgálataink megmutatták, hogy a D₃-domén a filamentáris szerkezet megzavarása eltávolítható, átalakítható, vagy helyére idegen fehérjék beépíthetők (Muskotál et al., 2010).

A xilanáz enzimet a D₃-domén helyére megfelelő összekötő szegmensek alkalmazásával beültetve a közelmúltban elkészítettük a polimerizációra képes enzimek prototípusát (2/B ábra) (Szabó et al., 2011). A flagellin-xilanáz fúziós fehérje megfelelő körülmények között képes volt filamentumokat formálni, amelyek xilánbontó katalitikus aktivitást mutattak. Hasonló módon más enzimek flagellinnel való fúziós konstrukciói is elkészíthetők. A polimerizációra képes enzimekből akár több ezer katalitikus egységet hordozó, csatolt reakciók irányítására képes multienzim nanoszerkezetek építhetők számos alkalmazási lehetőséget kínálva a bio-konverziós technológiákban.

Nemrégiben sikeresen beépítettük a flagellin belsejébe a zöld fluoreszcens GFP-fehérjét is (Klein et al., 2012). A GFP-t hordozó flagellin variánsból intenzíven fluoresz-

káló filamentumok építhetők. Jelenleg flagellinalapú kötőfehérjék előállításán dolgozunk, amelyek képesek célmolekulák specifikus felismerésére és megkötésére. A flagellinalapú kötőfehérjékből olyan kontrollált méretű filamentáris nanoszerkezeteket kívánunk építeni, amelyek felületükön specifikus köthelyek ezreit tartalmazzák, rendkívül nagy köthelysűrűséget és az adott célmolekula hatékony megkötését eredményezve. Filamentáris receptorainkat bioszenzorok felületére rögzítve specifikus molekulafelismerési tulajdonságokkal rendelkező fehérjéteget hozhatunk létre. Az MTA TTK MFA Nanoszenzorikai Laboratóriumával együttműködésben ilyen érzékelő réteget alkalmazó, nagy érzékenységgű hullámvezető optikai módszerek kifejlesztésén dolgozunk, amelyek reményeink szerint széles körűen alkalmazhatóak lesznek a környezeti monitorozásban, az élelmiszerbiztonsági vizsgálatokban, valamint az orvosi diagnosztikában.

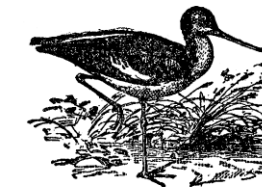


2. ábra • (A) A flagellin alegységek elrendeződése a filamentáris szerkezetben. A D₃-domén a filamentumok felületén helyezkedik el. (B) Flagellinalapú fúziós konstrukciók. A flagellin D₃ doménjének helyére ültetünk be idegen fehérjéket. Az ábrán a fehérjék polipeptidláncának feltekeredési mintázata látható.

Kulcsszavak: *bakteriális flagellum, flagellin, önszerveződés, flagelláris export, bakteriális fehérjetermelés, filamentáris nanoszerkezet*

IRODALOM

- Dobó József – Varga J. – Sajó R. et al. (2010): Application of a Short, Disordered N-Terminal Flagellin Segment, a Fully Functional Flagellar Type III Export Signal, to Expression of Secreted Proteins. *Applied Environmental Microbiology*. 76, 891–899. DOI: 10.1128/AEM.00858-09 • <http://aem.asm.org/content/76/3/891.full>
- Gál Péter – Végh B. M. – Závodszy P. – Vonderviszt F. (2006): Export Signals. *Nature Biotechnol.* 24, 900–1. • <http://www.enzim.hu/data/pdf/16900123.pdf>
- Klein Ágnes – Tóth B. – Jankovics H. et al. (2012): A Polymerizable GFP Variant. *Protein Engineering Design and Selection*. DOI: 10.1093/Protein/Gzso03.
- Minamino, Tohru – Imada, K. – Namba, K. (2008): Mechanisms of Type III Protein Export for Bacterial Flagellar Assembly. *Molecular Biosystems*. 4, 1105–1115. DOI: 10.1039/B808065H
- Muskotál Adél – Seregélyes Cs. – Sebestyén A. – Vonderviszt F. (2010): Structural Basis for Stabilization of the Hypervariable D₃ Domain of Salmonella Flagellin upon Filament Formation. *Journal of Molecular Biology*. 403, 607–615. • <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmb.2010.09.024>
- Samatey, Fadel A. – Imada, K. – Nagashima, S. et al. (2001): Structure of the Bacterial Flagellar Protofilament and Implications for a Switch for Supercoiling. *Nature*. 410, 331–337. DOI:10.1038/35066677
- Szabó Veronika – Muskotál A. – Tóth B. et al. (2011): Construction of a Xylanase a Variant Capable of Polymerization. *PLOS ONE*. 6, E25388.
- Végh Barbara M. – Gál P. – Dobó J. et al. (2006): Localization of the Flagellum-Specific Secretion Signal in Salmonella Flagellin. *Biochemical Biophysical Research Communications*. 345, 93–98. • <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0025388>
- Vonderviszt Ferenc – Kanto, S. – Aizawa, S. I. et al. (1989): Terminal Regions of Flagellin Are Disordered in Solution. *Journal of Molecular Biology*. 209, 127–133. • [http://dx.doi.org/10.1016/0022-2836\(89\)90176-9](http://dx.doi.org/10.1016/0022-2836(89)90176-9)
- Vonderviszt Ferenc – Ishima, R. – Akasaka, K. et al. (1992): Terminal Disorder: a Common Structural Feature of the Axial Proteins of Bacterial Flagellum. *Journal of Molecular Biology*. 226, 575–579. • [http://dx.doi.org/10.1016/0022-2836\(92\)90616-R](http://dx.doi.org/10.1016/0022-2836(92)90616-R)
- Vonderviszt Ferenc – Imada, K. – Furukawa, Y. et al. (1998): Mechanism of Self-Association and Filament Capping by Flagellar HAP2. *Journal of Molecular Biology*. 284, 1399–1416. • <http://dx.doi.org/10.1006/jmbi.1998.2274>
- Vonderviszt Ferenc – Sajó R. – Dobó J. – Závodszy P. (2012): The Use of a Flagellar Export Signal for the Secretion of Recombinant Proteins in Salmonella. *Methods in Molecular Biology*. 824, 134–143. DOI: 10.1007/978-1-61779-433-9_6
- Yonekura, Koji – Maki, S. – Morgan, D. G. et al. (2000): The Bacterial Flagellar Cap as the Rotary Promoter of Flagellin Self-Assembly. *Science*. 290, 2148–2152. DOI: 10.1126/science.290.5499.2148



MÉRŐSZALAGGAL A FEHÉRJÉK VILÁGÁBAN

Bugyi Beáta

PhD, egyetemi adjunktus

Hild Gábor

PhD, egyetemi docens

Lukács András

PhD, egyetemi adjunktus

Nyitrai Miklós

az MTA doktora, egyetemi tanár
miklos.nyitrai@aok.pte.hu

Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar Biofizikai Intézet

Bevezetés

A fehérjék az élő rendszerek alapvető építőkövei, melyek megtalálhatóak a sejt minden szerkezeti egységében, és részt vesznek az összes, a sejtekben lejátszódó folyamatban. Ennek felismerése természetes módon vezetett el a fehérjevizsgálati módszerek változatos repertoárjának kialakulásához. A napjainkban rutinszerűen alkalmazott eljárások kidolgozása hosszú évtizedek intenzív kémiai és fizikai kutatásain alapul. A ma rendelkezésünkre álló módszerek a szerveződési szintek hatalmas léptékeit ölelik át: egyetlen fehérjemolekula egyedi tulajdonságaitól kezdve a sejteken keresztül szövetek és szervek szerkezeti és funkcionális sajátosságait írhatjuk le nagy részletességgel. Így az elsőre kifejezetten távolinak tetsző tudományágak és gondolatkörök néha meglepően közel kerülnek egymáshoz a megfelelő logikai társításokon, szakmai kapcsolódási pontokon keresztül. Nem véletlen, hogy Szent-Györgyi Albert is a következőket mondta egy beszélgetésben: „*a nehezen érthető kvantummechanikai számítások és a*

betegégyak között talán nem is olyan nagy a távolság, mint ahogy azt eddig hittük”.

A biofizika tárgykörébe számos olyan modernkori technikai fejlesztés, felfedezés tartozik, amelynek a hasznát ma már a gyakorlati életben is tapasztalhatjuk. Elég például csak a modern orvostudomány képpalkotó eljárásaira gondolnunk. A ma már rutinszerűen alkalmazott – például radioaktív izotópok alkalmazására épülő – képpalkotó módszerek (PET, gamma-kamera) alapjai, működési elvei és kiértékelési módszerei túlnyomó részben a 20. század elejétől végbement technikai és tudományos fejlődésnek köszönhetően valósulhattak meg. Ugyancsak a fizika 20. századi vívmányai, az alap kutatások eredményei kellettek az orvoslásban oly sokszor és eredményesen alkalmazott MRI-módszer kialakulásához. Bár ebben az esetben a korábbi elektromágneses kutatások fontosságát sem lehet elvitatni.

A jelen kor biológiai kutatásaiban meghatározó szerepet töltenek be a fehérjék szerkezetének, funkciójának és szabályozásának megértésére irányuló vizsgálatok. Ezek a

vizsgálatok sok esetben még az alap kutatás fázisában járnak. A múltban végbement folyamatok és az előttünk álló példák ugyanakkor megmutatták, hogy esetenként az alap kutatások nagyon gyorsan és eredményesen fordulhatnak át alkalmazott kutatásokba. A következő néhány bekezdésben a jelenlegi alap kutatásoknak egy speciális és biztató vonulatát, a fehérjék megismerésére irányuló fluoreszcencia alkalmazások egy jellegzetes irányát és módszertanát mutatjuk be röviden.

Molekuláris vonalzó a fehérjék szerkezetének és funkciójának vizsgálatában

Az alapelvek • Távolságot olyan paraméter vagy jelenség nyomon követésével lehet mérni, ami arányos a távolság nagyságával, és érzékeny a megváltozására. A fehérjék mérete tipikusan a néhány nanométer tartományba esik, ez a méter milliárdod része. Érthető tehát, hogy hosszú ideig komoly problémát jelentett az ilyen léptékű távolságok mérésére alkalmas paraméter megtalálása. Míg nem a 20. század közepén megjelent egy gondolat, amely megalapozta ezeknek a méréseknek a megvalósulását. A gondolat lényege a következő.

Bizonyos tulajdonságokkal rendelkező molekulák között, ilyenek például a fluoreszcens molekulák – a későbbiekben fluorofórok – is, energiaátadás, energiatranszfer jöhet létre. Ennek egyik speciális módja, amikor a két molekula elektromos kölcsönhatásokon keresztül van egymással kapcsolatban. Az energiát szolgáltató molekula a donor, az energiát átvevő molekula az akceptor. Megfelelő egyszerűsítések után a két molekula leírható úgy, mint egy egymástól adott távolságban lévő pozitív és negatív töltés egysége, egy ún. dipólus. A donor és az akceptor a dipólus rezgéseiben, illetve a rezgések megváltozásán keresztül érzékelik a környezetüket. Ha a két

molekula elég közel kerül egymáshoz, a két dipólus rezgéseinek összekapcsolódnak, ekkor energiatranszfer jön létre. A folyamatot Theodor Förster munkásságának tiszteletére (lásd a továbbiakban: *FRET-történelem*) Förster-típusú rezonancia energiatranszfernek, röviden FRET-nek nevezik.

A biológiai kutatások szerencséje, hogy az energiaátadáshoz a két molekulának 1–10 nm távolságban kell lennie egymástól. Ez a fizikai korlát egyfelől ugyan behatárolja az energiatranszfer alkalmazási lehetőségeit, másfelől viszont élesíti, optimalizálja a vonatkozó módszereket erre a viszonylag szűk, de a fehérjék méreteit tekintve közel ideálisnak mondható távolságtartományra.

A fenti gondolatra épülve kikristályosodtak egy olyan eljárásnak az alapjai, amely lehetővé teszi a fehérjemolekulák közötti vagy akár fehérjemolekulákon belüli távolságok mérését. A módszer alkalmazása feltételezi, hogy meg tudjuk mérni a fluoreszcens donor-molekula fényének erősségét, azaz a fluoreszcenciaintenzitást akkor, amikor nincs a közelében akceptor, illetve abban az esetben is, amikor az akceptor egy adott távolságban helyezkedik el tőle. A két intenzitásérték eltérése, aránya az energia átadásának hatékonyságát tükrözi, ami pedig erősen függ a két molekula távolságától. Így viszonylag egyszerűen megmérhető adatokból kiszámolhatjuk a két molekula közötti távolságot. Mindezt a néhány nanométer tartományon!

Fontos ugyanakkor megjegyeznünk, hogy a fenti leírásban nem ismertettük azokat a további megfontolásokat, amelyeket az alkalmazó kutatóknak végig kell gondolnia ahhoz, hogy hiteles méréseket tudjon megvalósítani. Ezekkel kapcsolatban a szakirodalom számos támpontot nyújt (Valeur 2002; Lakowicz 2006).

FRET-történelem

Bár a fluoreszcencia rezonancia energiatranszfer jelenségének pontos leírása Theodor Förster nevéhez kapcsolódik, az első kutató, aki felfigyelt a jelenségre, Jean Perrin volt. Ezt maga Förster is megemlítette korszakalkotó munkájában. Jean Perrin, aki 1926-ban kapott fizikai Nobel-díjat, 1925-ben értekezett először arról, hogy az elsődlegesen gerjesztett molekulák és környezetük között közvetlen elektrodinamikai kölcsönhatás lép fel. Ezt a megfigyelését a klasszikus fizika keretein belül tárgyalta, és néhány évvel később, a harmincas évek elején éppen fia, Francis Perrin látott neki a jelenség kvantummechanikai leírásának.

Az energiatranszfer – atomok között – mellesleg már korábbról ismert fogalom volt, James Franck és Gustav Ludwig Hertz a róluk elnevezett, méltán híres kísérletükben bemutatták, hogy gyors elektronok és lassan mozgó atomok ütközése során az atomok gerjesztett állapotba kerülnek. Ezt a jelenséget nevezték el *elsőrendű ütközésnek*. Az inverz folyamatot, amelynek során lassú elektronok ütköznek gerjesztett atomokkal, *másodrendű ütközésnek* nevezték el, amelynek során sugárzás nélküli energiaátadásra kerül sor. James Franck tovább vizsgálta az említett folyamatot, és arra az eredményre jutott, hogy előfordulhat olyan eset, hogy egy gerjesztett atom egy gerjesztetlen atommal ütközve ez utóbbinak adja át energiáját, amely által az gerjesztett állapotba kerül. Egy elegáns kísérletben, James Franck és Günther Cario 1922-ben higany- és talliumgőz keverékében gerjesztette a higanyatomokat – a higany abszorpciója 254 nm-en figyelhető meg –, és sikerült megfigyelnie a tallium emisszióját 535 nm-en, ez már egyértelműen arra utalt, hogy a gerjesz-

tett higany átadta az energiáját a talliumnak. Butler és Josephy állapította meg nem sokkal később, hogy a transzfer akkor valósul meg nagy valószínűséggel, amikor a két elem energiaátmenete nagyon közel esik egymáshoz. Innen a *rezonancia energiatranszfer elnevezés*.

Hartmut Kallmann és Fritz London 1928-ban már kvantummechanikai megfontolások alapján tárgyalta a rezonancia energiatranszfer atomok között. A dipól–dipól kölcsönhatás és az R_0 paraméter – az a távolság, ahol az energiatranszfer hatásfoka 50% – fogalma az ő munkájukban jelent meg először. Mindezen eredmények ismeretében Jean Perrin a húszas évek végén arra következtetett, hogy az atomoknál gázfázisban megfigyelt jelenség molekulák esetében is érvényes. Számos alapkísérlet elvégzett, azt is megfigyelte például, hogy a fluorofórok kvantumhatásfoka a koncentráció növelésével csökken. Vagyis már igen korán felfigyelt arra, hogy a környező fluorofórok nem tartják fenn a fluoreszcenciát, hanem éppen ellenkezőleg, kioltják. Alig néhány évvel később Francis Perrin figyelte meg, hogy a koncentráció növelése a fluoreszcencia depolarizációjával párosul, amelyet ő már az energiatranszfernek tulajdonított. 1932-ben megírta híres cikkét az azonos típusú molekulák között fellépő energiatranszfer kvantummechanikai elméletéről, amelyben kis oszcillátorokként modellezte a fluoreszkáló molekulákat.

A molekulák közötti energiatranszfer elméletét végül Theodor Förster tisztázta két híres – 1946-ban és 1948-ban megjelent – cikkében (Förster 1946; Förster 1948). Förster ekkor már a göttingeni Max Planck Kutatóintézet fizikai-kémia tanszékét vezette, és pár év publikálási szünet után összegezni szeretne volna a szerves molekulák abszorpciójáról és

fluoreszcencia emissziójáról szóló megfigyeléseit. Az energiatranszfer jelensége a fotoszintézisben betöltött szerepe miatt keltette fel érdeklődését; tisztában volt Jean és Francis Perrin munkáival, és tudta, hogy az energia a molekula átmérőjénél nagyobb távolságokon is átadódhat. Förster végül korrigálta a Francis Perrin elméletében található hibákat; Perrin munkája ugyanis a kísérletileg megfigyelttel szemben 150–200 Å-re (1 Å 0,1 nm-nek felel meg) becsülte azt a távolságot, amelyen belül az energiatranszfer bekövetkezik. Förster azt is felismerte, hogy Perrinék feltételezésével szemben a donor abszorpció, illetve az akceptor emissziós spektruma nem kell, hogy tökéletesen átfedjen az energiatranszfer bekövetkezéséhez, és bevezette az átfedési integrál fogalmát. Förster végül megfejtette az energiatranszfer távolságfüggését, és leírta, hogy az energiatranszfer hatásfoka a donor és az akceptor molekula közötti távolság hatodik hatványával csökken.

A FRET biológiai alkalmazásának lehetőségei

A FRET-módszer szépsége igazán a biológiai alkalmazások kapcsán rajzolódik ki. A következőkben néhány, a saját kutatásainkból kiragadott példán keresztül mutatjuk be a FRET módszerében rejlő lehetőségeket.

Fehérjén belüli pozíció meghatározása: miozin és ANN

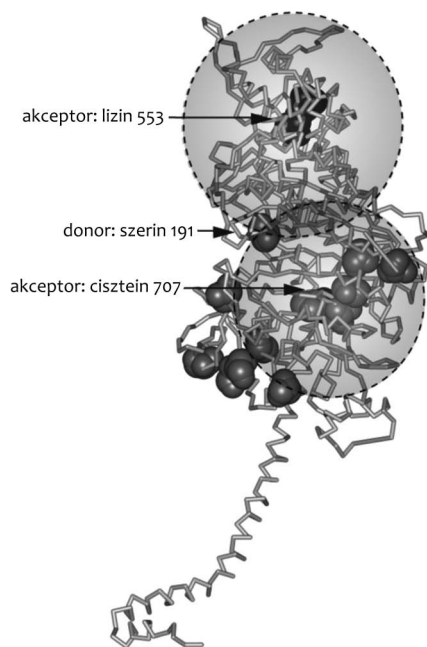
A miozin fehérjecsald egyes tagjai felelősek többek között azért, hogy az izmainkat képesek vagyunk szükség esetén kontrakcióra készíteni. A miozinok vizsgálatában kitüntetett szerepet kaptak a fluoreszcencia spektroszkópiai eljárások. Ezek alkalmazásának feltetele, hogy a fehérjében vagy a fehérjéhez kapcsolódva rendelkezésre álljon egy fluorofór molekula. A fluorofór tulajdonságainak vizs-

gálatán keresztül jobban megismerhetjük a fehérje működését is. A fluorofórok kémiai úton is kapcsolhatók a fehérjékhez, ezt fluoreszcens jelölésnek nevezzük. A jelölési eljárások kidolgozása gyakran hosszú folyamat. Elsőként meg kell találni a módját annak, hogy a fluorofór kémiaileg kötődjön a fehérje egy – lehetőleg egyedi és specifikus – pontjához. Majd meg kell határozni a fehérjéhez való kapcsolódás helyét, végül ellenőrizni kell, hogy a fluorofór befolyásolja-e a fehérje funkcionális tulajdonságait.

Egy korábbi munkánkban a FRET módszerét használtuk egy fluorofór pozíciójának meghatározására egy fehérjemolekulán belül. Egy japán kutatócsoport ugyanis egy speciális fluorofórt (ANN) kapcsolt a miozinhoz, annak is a gömbszerű szerkezetet kialakító, ún. feji részéhez (Hiratsuka 1989). A fluorofór kémiai tulajdonságaiból tudták, hogy a miozin fejen belül az csak szerin aminosavakhoz kapcsolódhatott. Vizsgálataik azt is megmutatták, hogy az ANN a miozinmolekulán belül csak egyetlen szerinhez kapcsolódott, azaz a jelölés specifikus volt. Azt azonban nem tudták megállapítani, hogy a miozin fej tizenkét szerinjé közül melyik kötötte meg a fluorofórt. Márpedig – mint fentebb tárgyaltuk – ahhoz, hogy a molekula belső szerkezetét leíró vizsgálatokban ki tudjuk használni a jelölés előnyeit, tudnunk kell, hogy a fluorofór pontosan hova kapcsolódik a fehérjén belül.

Ekkoriban a kutatócsoportunk is hasonló jellegű biológiai kérdések megválaszolásán dolgozott, így célul tűztük ki az ANN miozinban elfoglalt helyének meghatározását. Ehhez a FRET módszerét és a mindennapi életben is ismert és használatos háromszögelesi helyzetmeghatározás logikáját használtuk. Ennek lényege az, hogy a Föld felszínén –

azaz a hétköznapi léptékek mellett síkban – egy ismeretlen pont helyét úgy határozzuk meg, hogy ismerjük három másik, ismert ponttól való távolságát. Ekkor a három ismert pontból a távolságokkal mint sugarakkal köröket rajzolva az ismeretlen pont helye a három kör metszéspontjában lesz. Amennyiben az ismeretlen pontnak csak két másik ponttól való távolsága ismert, úgy a két kör metszeteként általánosságban kapható két



1. ábra • Az ANN-miozin feji részéhez (S1-hez) való kötési helyének meghatározása a FRET-technika segítségével (miozin S1 PDB azonosító: 2MYS). A mérések során fluoreszcens donorként az ANN; fluoreszcens akceptorként a 707-es ciszteinhez kötött IAF vagy az 553-as lizinhez kapcsolt FHS szerepelt. A mért donor–akceptor távolság ANN-IAF esetében 3,25 nm-nek, míg ANN-FHS esetében 3,38 nm-nek adódott (Szarka et al., 2001).

pont egyikében lesz az ismeretlen pont. A fehérjék azonban háromdimenziós objektumok, így térben kell gondolkodnunk, és körök helyett gömböket kell szerkesztenünk.

Az ANN tulajdonságait ismerve kiválasztottunk két olyan további fluorofórt, amelyekkel az ANN energiatranszfer kapcsolatot hozhat létre. Ezeket korábban már kidolgozott módszerekkel külön-külön hozzákapsoltuk a miozinhoz. Mind a két fluorofór esetében tudtuk tehát azt, hogy hova kötődnek a miozinféjen belül; az egyik egy cisztein, a másik egy lizin aminosavhoz kapcsolódott. Ezt követően a FRET módszerének segítségével meghatároztuk, hogy az ismeretlen helyen lévő ANN milyen távolságban van ezektől a fluorofóroktól, és az ismert cisztein és lizin pozíciókat középpontnak tekintve, a mért távolságokkal – mint sugarakkal – megszerkesztettük a két gömböt. A fentiek szerint, mivel csak két referenciapontot tudtunk alkalmazni, az ANN helyének pontos kijelölése még egy alulhatározott problémát jelentett. Ahhoz, hogy ténylegesen és hitelesen megállapítsuk, hova köt a miozinban az ANN, további ismereteket kellett felhasználnunk.

Ekkor már rendelkezésünkre állt a miozin szerkezetének atomi pontosságú leírása. A megszerkesztett két gömböt erre az atomi szerkezetre illesztettük. Szerencsés helyzetben voltunk, ugyanis kiderült, hogy a két gömb metszeteként előálló kör a szerkezetben egyetlen szerinmolekulán megy keresztül. A méréseink alapján tehát ez volt az az aminosav (szerin-181), amelyhez az ANN kapcsolódott (Szarka et al., 2001). A FRET-módszer alkalmazhatóságát támasztotta alá, hogy teljesen más eljárást és stratégiát választva nem sokkal később egy másik kutatócsoport is a miénkel megegyező következtetésre jutott az ANN

miozinon belüli pozícióját illetően (Hirat-suka – Katoh, 2003).

Fehérjeszerkezet belső átrendeződésének vizsgálata: aktin

Az aktin talán „magyar fehérjének” is tekintethető, amennyiben 1942-es felfedezése és elnevezése a Szent-Györgyi Albert laboratóriumában dolgozó Straub F. Brunó nevéhez fűződik (Feuer et al., 1948). Az elmúlt hetven év kutatásai alapján az aktin esszenciálisnak bizonyult mind az izom-, mind pedig a nem izomsejtek működésében. Biológiai funkcióját elláthatja monomerként vagy a monomerek specifikus összekapcsolódását követően filamentális formában is. Szerepe szerteágazó, bonyolult szabályozási folyamatok által kontrollált. Ahhoz, hogy ennek a rendkívüli fehérjének a funkcionális sokszínűségét megérthessük, ismernünk kell, hogy hogyan alkalmazkodik a megváltozott környezethez, és hogyan befolyásolják a hozzá kötődő kis-molekulák vagy egyéb fehérjék a szerkezetét és a működését.

Az aktinhoz számos más ligandum mellett pozitív töltésű ionok (kalcium és magnézium) és energiatárolásra képes molekulák, nukleotidok (ATP) is képesek kötődni. Már a 80-as évek közepétől külön tudományterület foglalkozott annak leírásával, hogy ezek a molekulák milyen hatással vannak az aktinra. Vizsgálataink során mi is tanulmányoztuk a kérdéskört.

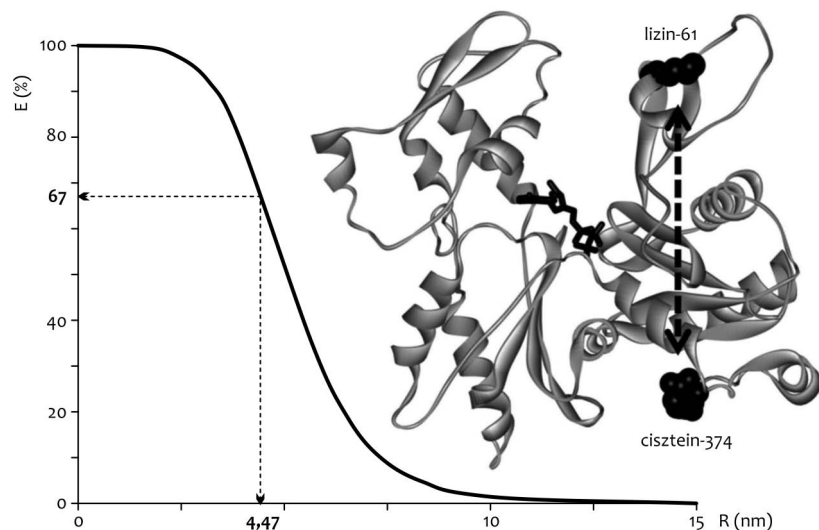
A méréseinket egy speciális, a FRET alkalmazására épülő módszerre alapoztuk, amelynek alapjait a magyar biofizika egyik fellegvárában, Debrecenben tették le. Damjanovich Sándor kutatócsoportjában Somogyi Béla volt az, aki először felvetette annak a lehetőségét, hogy a FRET alkalmazásával jellemezzük a fehérjék szerkezeti dinamikájának

megváltozását. A módszer használata során a FRET hatékonyságát több hőmérsékleten is meg kell mérni. A kapott hőmérsékletfüggő adatok megfelelő kiértékelésével képet kaphatunk arról, hogy a vizsgált fehérje szerkezeti dinamikai tulajdonságaiban milyen módosulások álltak be különböző külső körülmények hatására (Somogyi et al., 1984).

Korábbi tanulmányokból ismert volt, hogy az aktin funkcionalitása megváltozik különböző kationok vagy nukleotidok megkötése vagy az oldat savasságának (pH) megváltozása esetén. Mi arra kerestük a választ, hogy ezek a funkcióbeli különbségek milyen kapcsolatban vannak az aktin szerkezeti dinamikájának változásával. Kutatásaink során a fent ismertetett hőmérsékletfüggő FRET-méréseket alkalmaztuk. A vizsgálatok érdekében az aktint fluoreszcens donorral (cisztein-374) és akceptorral (lizin-61) jelöltük. A mérési eredmények ismeretében megállapítottuk, hogy mind az aktin monomer, mind pedig az aktin filamentum szerkezete merevebb abban az esetben, ha kalcium helyett magnéziumot köt (Nyitrai et al., 1998; Nyitrai et al., 1999). Azt is megfigyeltük, hogy az ATP hidrolízisét követően az ADP-t kötő aktin szerkezete fellazul (Nyitrai et al., 2000), és savasabb környezetben, azaz alacsonyabb pH-értékek mellett, ez a fehérjeszerkezet merevebbé válik (Hild et al., 2002).

A FRET-módszer egy speciális alkalmazásával tehát olyan, eddig nem ismert finom szerkezeti módosulásokat tudtunk leírni, amelyek az aktin biológiai funkciójának betöltése során fontos szerepet játszanak.

Ezeknek a kísérleteknek a sikerein felbuzdulva azt kezdtük el vizsgálni, hogy az aktin szabályozásában részt vevő fehérjék vajon befolyásolják-e az aktin szerkezetét. A 2000-es évek elején az aktinkötő fehérjéknek egy



2. ábra • Az aktin két kitüntetett pontja (lizin-61–cisztein-374) közötti távolság meghatározása a FRET technika segítségével. A számolt távolság 4,47 nm 67%-os energiátranzfer esetén. Az R_0 érték meghatározásának eredménye 5,04 nm volt (Nyitrai et al., 1998).

speciális csoportja került a kutatások homlokterébe. Ezek a fehérjék meghatározó szerepet töltenek be a sejten belüli aktinhálózatok gyors kialakításában. A filamentumképző fehérjék közül mi a kutatásainkat a forminokra összpontosítottuk. A hőmérsékletfüggő FRET alkalmazásával kimutattuk, hogy a forminok által létrehozott aktin filamentumok szerkezete lazább, mint azoké, amelyek spontán, forminok nélkül alakultak ki (Bugyi et al., 2006; Papp et al., 2006). A továbbiakban azonosítottunk két olyan aktinkötő fehérjét, a tropomiozint és a miozint, amelyek a forminok által fellazított aktin filamentumokat képesek stabilizálni (Újfalusi et al., 2009).

A vizsgálataink eredményei felvetettek egy izgalmas kérdést: mi a biológiai szerepe annak a változásnak, amit a forminok az aktin filamentumok szerkezetében okoznak?

A kérdés megválaszolása érdekében figyelembe vettük, hogy a sejteken belüli aktinhálózatok vizsgálata során feltárt apró mozaikon keresztül kirajzolódott egy érdekes összefüggés. Az aktinkötő fehérjék egy csoportja azokhoz az aktin filamentumokhoz kötődik inkább, amelyeket forminok segítségével alakított ki a sejt, ugyanakkor egy másik csoport nem szívesen kapcsolódik a forminok által létrehozott filamentumokhoz, sokkal inkább megfigyelhető más filamentumképző fehérjék környezetében. Ez arra enged következtetni, hogy az aktinkötő fehérjék felismerik, hogy milyen filamentumképző fehérje hozta létre az aktin filamentumot. Hogy miként? Ez ma sem teljesen világos.

Eredményeink ismeretében erre az érdekes kérdésre adódik egy érdekes válasz. Azt a méréseink igazolták, hogy a forminok megváltoztatják az aktin szerkezetét. Bár még

ellenőrzésre vár, feltételezhető talán az is, hogy más filamentumképző fehérjék is módosulásokat okoznak az aktin szerkezetében, de ezek más értelmű és jellegű módosulások, mint a forminok esetében. Ha így van, akkor az is könnyen elképzelhető, hogy ezek a szerkezeti módosulások befolyásolják azt, hogy egyes aktinkötő fehérjék milyen erősen tudnak kapcsolódni a filamentumokhoz. Ez a molekuláris mechanizmus megmagyarázná azokat a sejtekben tett megfigyeléseket, amelyek az egyes aktinkötő fehérjék differenciált kötésére vonatkoztak.

A modell jelenleg még igazolásra vár, a folyamatban lévő kísérletek eredményeinek ismeretében lehet majd hitelesen alátámasztani az érvényességét. Akár így, akár úgy, ez a példa is megmutatta, hogy a FRET megfelelő alkalmazásával a biológiai folyamatok értelmezésének és megértésének új kapui nyílhatnak meg.

Zárszó

A Förster-féle energiátranzfer tanulmányozása és alkalmazása hatalmas utat tett meg a

felfedezése óta eltelt hatvanöt év alatt, a közel-múltban is számos új, a módszerrel kapcsolatos felfedezés és elmélet született. Huib Bakker és munkatársai például nehésvízben karakterizálták az O=D csoportok között végbemenő Förster-féle energiátranzfert (Piatkowski et al., 2009). Igor Pugliesi és munkatársai pedig energiátranzfert figyeltek meg egymásra merőleges tranzíciós dipólmomentummal rendelkező donor–akceptor rendszerekben. A megfigyelés értelmezéséhez az eredeti Förster-féle képlet módosítására volt szükség: a szerzők szerint az általuk ismert rendszerben az energiátranzfer határfoka a donor–akceptor pár távolságának harmadik hatványával skálázódik (Pugliesi et al., 2012).

Mindezek fényében optimisták lehetünk a FRET tekintetében: valószínűleg további innovatív kísérletekre és látványos eredményekre számíthatunk még hosszú ideig.

Kulcsszavak: fehérjeszerkezet és -funkció, fluoreszcencia spektroszkópia, Theodor Förster, FRET, aktin, miozin, formin

IRODALOM

- Bugyi Beáta – Papp G. et al. (2006): Formins Regulate Actin Filament Flexibility through Long Range Allosteric Interactions. *The Journal of Biological Chemistry*. 281, 16, 10727–10736. • <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2865996/>
- Feuer György – Molnár F. et al. (1948): Studies on the Composition and Polymerization of Actin. *Acta Physiologica Hungarica*. 1, 4–5, 150–163. • <http://actin.aok.pte.hu/archives/>
- Förster, Theodor (1946): Energiewanderung und Fluoreszenz. *Naturwissenschaften*. 6, 166–175. DOI: 10.1007/BF00585226
- Förster, Theodor (1948): Zwischenmolekulare Energiewanderung und Fluoreszenz. *Annalen der Physik*. 437, 1–2, 55–75. DOI:10.1002/andp.19484370105
- Hild Gábor – Nyitrai M. et al. (2002): Intermonomer Flexibility of Ca- and Mg-Actin Filaments at Dif-

- ferent Ph Values. *European Journal of Biochemistry*. 269, 3, 842–849. DOI: 10.1046/j.0014-2956.2001.02716.x • <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.0014-2956.2001.02716.x/full>
- Hiratsuka, T. (1989): Nucleotide-Induced Specific Fluorescent Labeling of the 23-Kda N_{h2}-Terminal Tryptic Peptide of Myosin Atpase By the Serine-Reactive Reagent 9-Anthroylnitrite. *The Journal of Biological Chemistry*. 264(30), 18188–18194.
- Hiratsuka, Toshiaki – Katoh, Tsuyoshi (2003): Chemical Identification of Serine 181 at the ATP-Binding Site of Myosin as a Residue Esterified Selectively by the Fluorescent Reagent 9-Anthroylnitrite. *The Journal of Biological Chemistry*. 278, 34, 31891–31894. doi:10.1074/jbc.M303212200 • <http://www.jbc.org/content/278/34/31891.long>
- Lakowicz, Joseph R. (2006): *Principles of Fluorescence Spectroscopy*. Springer, New York • [1078](http://books.</p>
</div>
<div data-bbox=)

- google.hu/books?id=-PSybuLNxcAC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false
- Nyitrai Miklós – Hild G. et al. (1998): Effect of Ca²⁺-Mg²⁺ Exchange on the Flexibility and/or Conformation of the Small Domain in Monomeric Actin. *Biophysical Journal*. 74, 5, 2474–2481. • <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1299589/pdf/9591673.pdf>
- Nyitrai Miklós – Hild G. et al. (1999): The Flexibility of Actin Filaments as Revealed by Fluorescence Resonance Energy Transfer. The Influence of Divalent Cations. *The Journal of Biological Chemistry*. 274, 19, 12996–13001. doi:10.1074/jbc.274.19.12996 • <http://www.jbc.org/content/274/19/12996.full>
- Nyitrai Miklós – Hild G. et al. (2000): Conformational and Dynamic Differences between Actin Filaments Polymerized from ATP- or ADP-Actin Monomers. *The Journal of Biological Chemistry*. 275, 52, 41143–41149. doi:10.1074/jbc.M004146200 • <http://www.jbc.org/content/275/52/41143.long>
- Papp Gábor – Bugyi B. et al. (2006): Conformational Changes in Actin Filaments Induced by Formin Binding to the Barbed End. *Biophysical Journal*. 91, 7, 2564–2572. doi: 10.1529/biophysj.106.087775 • <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1562385/>
- Piatkowski, Lukasz – Eissenthal, K. B. et al. (2009): Ultrafast Intermolecular Energy Transfer in Heavy Water. *Physical Chemistry Chemical Physics – PCCP*. 11, 40, 9033–9038. DOI: 10.1039/B908975F
- Pugliesi, Igor – Langhals, Heinz et al. (2012): New Perspectives on Ultrafast Förster Resonant Energy Transfer. XVIIIth International Conference on Ultrafast Phenomena, Lausanne
- Somogyi Béla – Matkó J. et al. (1984): Förster-type Energy Transfer as a Probe for Changes in Local Fluctuations of the Protein Matrix. *Biochemistry*. 23, 15, 3403–3411.
- Szarka Krisztina – Bodis E. et al. (2001): 9-Anthroyl-nitrile Binding to Serine-181 in Myosin Subfragment 1 as Revealed by FRET Spectroscopy and Molecular Modeling. *Biochemistry*. 40, 49, 14806–14811. DOI: 10.1021/bio11097k
- Ujfalusi Zoltán – Vig A. et al. (2009): Effect of Tropomyosin on Formin-Bound Actin Filaments. *Biophysical Journal*. 96, 1, 162–168. • http://ac.els-cdn.com/S0006349508000258/1-s2.0-S0006349508000258-main.pdf?_tid=2f64f0957af9cc054tdbebad30e2f586&acdnat=1343680030_72faeb64d57c74d53e816e338861ade6
- Valeur, Bernard (2002): *Molecular Fluorescence: Principles and Applications*. Wiley-Vch, Weinheim-New York • [http://physweb.bgu.ac.il/~bogomole/Books/Valeur%20B%20-%20Molecular%20Fluorescence%20Principles%20And%20Applications%20-%20\(Wiley-Vch%202001_%20399%20P\).pdf](http://physweb.bgu.ac.il/~bogomole/Books/Valeur%20B%20-%20Molecular%20Fluorescence%20Principles%20And%20Applications%20-%20(Wiley-Vch%202001_%20399%20P).pdf)



Tanulmány

SPORT, EGÉSZSÉG, TÁRSADALOM

Jákó Péter

Országos Sportegészségügyi Intézet
jako.peter@upcmail.hu

A rendszeres fizikai aktivitás kezdetektől fogva az emberi lét természetes részét képezte. A mindennapi élet fenntartásához szükséges mozgásmennyiség, ha változó formában és mennyiségben is, de fellelhető a társadalmi formációk mindegyikében lényegében a 20. század derekáig, amikor a technika és tudomány eredményei az élet minden területén – ipar, mezőgazdaság, háztartás, közlekedés – az iparilag fejlett országokban drasztikusan csökkentették az addig habituális mozgásmennyiséget. Ezt pótlandó, mintegy szublimációként jött létre korunkban a sport, a testedzés, a fitneszipar, és lett a rendszeres fizikai aktivitás a különböző népegészségügyi programok része.

A következőkben áttekintjük a történelmi hátteret, a sport/testedzés különböző formáit, egészségre gyakorolt hatásukat, társadalmi elfogadottságukat, a népegészségügyi programok eredményeit és a jövő lehetőségeit.

Történelmi háttér

A történelem előtti időkben a fizikai aktivitás nem csupán az élelemszerzés, szálláshely keresése miatt volt szükséges, de kialakult a

„paleolitikus ritmus” (Eaton et al., 1988): zsákmanyszerzésért való néhány napos intenzív mozgást pár napos lakoma, kultikus táncokkal való ünneplés követett.

A földművelés elterjedésével a letelepedettek között létrejött munkamegosztási folyamatok különböző mozgást igényeltek, ezért a klasszikus görög filozófia és orvoslás már korán azt hirdette, hogy a hosszú élet titka a betegségek megelőzése, ami megfelelő étrenddel és a fizikai aktivitás egyénre szabott formáival érhető el. De még korábban találhatók írásos emlékek Kínából és Indiából is, amelyek a mozgás egészségre kifejtett hatásával foglalkoznak. A modern, „nyugati” orvoslás prevenció szemléletének életmódra vonatkozó alapját leginkább Hippokratész és Galénosz tanításai jelentik.

Az ókorban is meghatározta a társadalmi helyzet, mennyire érvényesülhetnek az egészséges életvitelről szóló tanítások, hiszen ezek a szabadokra vonatkoztak, a rabszolgák esetében ennek fontossága elhanyagolható volt. A középkorban a nemesség, a lovagok élete a harcra való készülődés jegyében zajlott, erre „treníroztak” gyermekkoruktól, lovagi torná-

kon próbálták ki magukat, majd végső esetben a harcmezőn, ahol a küzdelem életre-halálra ment, mint például a mohácsi csatátéren, ahol a törökök levágták a magyar nemesség színe javát. A rendszeres fizikai aktivitás tehát életük részét képezte. Másként, de nem kevesebb erőfeszítést igényelt a jobbágyok mindennapos robotolása.

A 19. században egyre inkább a sport váltja fel – főként a társadalom felsőbb rétegeiben – a harcra való gyakorlatozást. A lovaglás, vadászat, vívás, később a tenisz, a golf az arisztokrácia életformájához tartozott, amelyet a polgárság és a középosztály felső rétege is többé-kevésbé átvett. A munkásság egy része („munkásarisztokrácia”) és az iparosok ebben az időszakban már orientálódtak a sport felé, a 19. század végén és a 20. század elején már létrejöttek sportklubok és munkás testedző egyesületek. Ugyanakkor az életvitelhez szükséges napi mozgás mennyisége lényegében még mindig változatlan: az ipari műveletek nagy része, a földművelés, háztartási munkák kézi erővel történnek, a tömegközlekedés fejletlen, lovaskocsi használata csak bizonyos jövedelmi szint fölött volt elérhető.

A robbanásszerű változás a 20. század derekán, a II. világháború után következett be. Az ipar automatizálása, a földművelés, a háztartások gépesítése, a tömegközlekedés és a gépkocsihasználat elterjedése következtében az addig több ezer éven át habituális mozgás-mennyiség nagyon rövid idő alatt drámaian csökkent. Mindez természetesen az iparilag fejlett országokra vonatkozik – a fejletlenek egyéb gondokkal küszködnek.

Egészen más folyamat zajlott le ezen időszakban a sport, nevezetesen az élsport világában. A világháborút követően kialakult két társadalmi rendszer – kapitalista és szocialista –, illetve két világhatalom – az Amerikai

Egyesült Államok és a Szovjetunió – vetélkedése nemcsak a fegyverkezésben, de a sportban is megnyilvánult. Ez az eredmények hajszolásához vezetett, ami a fokozódó edzéssterhelés, zsúfolódó versenyprogram okozta fizikai és pszichikai túlterhelés mellett a teljesítményt mesterségesen fokozó doppingszerekkel kockáztatta a sportolók egészségét. Elég talán az NDK sportjának példájára utalni.

Ebben az időszakban tehát két, egymással ellentétes jellegű folyamat zajlik: a lakosság jelentős részére a mozgásszegény életmód a jellemző, egy szűk élsportolói réteg viszont az optimális élettani folyamatokat kiváltó fizikai aktivitás helyett, ezt messze meghaladó, az egészségkárosítást sem kizáró sporttevékenységet folytat.

A 20. század végére egyre inkább bizonyító erejű, epidemiológiai, klinikai és kísérletes vizsgálatok igazolták, hogy számos kórkép hátterében a fizikai inaktivitás, a mozgásszegény életmód mint kockázati tényező mutatható ki. Logikailag a következő lépés az volt, hogy a rendszeres fizikai aktivitás a prevenció népegészségügyi programok részét képezze.

A fizikai aktivitásnak preventív, egészségfejlesztő szerepét mindmáig legáttekintőbb módon a CDC (Centers for Disease Control and Prevention) által Atlantában, 1996-ban publikált kiadvány tartalmazza (*Physical Activity and Health. A Report of the Surgeon General*, 1996). Ez összefoglalja a fizikai aktivitás által kiváltott élettani adaptációs folyamatokat, hatását az egészségre és betegségekre, felhasználását a prevencióban, szerepét népegészségügyi programokban, az intervenció programok lehetőségeit és korlátait.

Fizikai aktivitás és egészség

A fizikai aktivitás egészségre kifejtett hatásának az 1996-os atlantai dokumentum rend-

kívül komprehenzív összefoglalását adja, ami mégis néhány bekezdésben összefoglalható:

- A rendszeres fizikai aktivitás
- csökkenti a koszorúér-betegség okozta mortalitás kockázatát;
 - csökkenti a 2. típusú cukorbetegség, hipertónia, vastagbélrák kialakulásának kockázatát;
 - javítja a mentális egészséget, depressziót, anxiétást;
 - növeli az izomerőt, a csontok, ízületek stabilitását;
 - csökkenti az oszteoartritisz okozta panaszokat;
 - idősebb életkorban segít megőrizni a funkcionális képességeket, az önálló életvitel lehetőségét;
 - megfelelő étrenddel párosulva hatékony eszköz az elhízás megelőzésében, illetve a már kialakult túlsúly csökkentésében;
 - mindezek a kedvező változások már mérsékelt intenzitású fizikai aktivitás révén elérhetők (például 30 perc gyaloglás, vagy 15 perc futás heti legalább öt alkalommal);
 - amennyiben nincs ellenjavallata, intenzívebb vagy hosszabb időtartamú fizikai aktivitás fokozza a kedvező élettani adaptációs folyamatokat.

Hazánkban a KSH adatai alapján a mortalitás több mint 50%-áért a szív- és érrendszeri betegségek tehetőek felelőssé, a 2. típusú cukorbetegség prevalenciája hazánkban 3% fölött van, és bár némileg eltérőek az adatok, de csaknem egyetértés van abban, hogy az elhízás prevalenciája 20%, a túlsúly pedig 40% körül van. Mindezt figyelembe véve, és ismerve a rendszeres fizikai aktivitás fentebb vázolt kedvező hatásait, vitathatatlan, hogy a különféle népegészségügyi programokban, amelyek célja az életmód változtatásával a lakosság nagy részét érintő kóros állapotok,

betegségek megelőzése, a fizikai aktivitásnak lényegi szerepet kellene biztosítani.

Tömegsport, szabadidősport, egészség sport, versenysport, élsport, iskolai sport/testnevelés

A fejezet címében jelzett különböző formájú és célú fizikai aktivitások fogalmi tisztázása szükségesnek látszik, mert sokszor tapasztalható, hogy a fogalmak keverednek még olyanok esetében is, akik hivatásszerűen foglalkoznak velük valamilyen aspektusból – akár az egészségügy, akár a sport területén. A tömegsport–szabadidősport, illetve a versenysport–élsport fogalma mosódik többnyire össze. A *sport* kifejezés meghatározott szabályok között különböző céllal végzett aktivitás, amely fejleszti a fizikai képességeket, javítja és szinten tartja az edzettségi állapotot. Célja lehet mások vagy a sportot végző saját teljesítményének felülmúlása, illetve az egészségi állapot javítása, a betegségek prevenciója.

A magyarországi *tömegsport* eredeti formája a valóban nagy tömegeket megmozgató Munkára Harcra Kész (MHK) mozgalom volt, amelyet szovjet példára hozott létre a politikai és sportvezetés 1949-ben. A legkisebb iskoláktól, falvaktól a nagyüzemekig rendezték meg évente a versenyeket, amelyek futásból, kislabdaból, távol- és magasugrásból, súlylökésből, esetleg úszásból, kerékpározásból álltak. A résztvevők a próbákon elért eredmény alapján bronz, ezüst, arany MHK-jelvényt kaptak. A mozgalom javára írható, hogy valóban serkentette a fizikai aktivitást, azonban ez kampányjellegű volt, a résztvevők nem végeztek a próbák/versenyek között rendszeres testedzést, s egy-egy falusi szpartakiád nem ritkán a söröskorsó mellett végződött. A tömegsportnak az a formája, ami napjainkban világszerte nagy mértékben elterjedt, elsősorban a közép- és hosszú, akár

maraton távú futóversenyek (például Futa-pest, New York City Marathon). Ezek alapvetően különböznek az MHK-versenyektől, mert a résztvevők csak akkor képesek az előírt távot lefutni egészségük veszélyeztetése nélkül, ha rendszeres edzésben vannak, és az orvosi vizsgálat alkalmasnak találta őket, másrészt, bár a versenyek tömegeket mozgatnak meg, a résztvevők ebben egyénileg vetélkednek. Céljuk voltaképpen önmaguk próbára tétele. Ezeknek a futóversenyeknek a résztvevői és a szabadidős sportolók igen közel állnak egymáshoz. Megegyeznek abban is, hogy teljesítményükért anyagi juttatásban nem részesülnek, költségeiket önmaguk fedezik. A felkészülés és az ilyen futásokon való részvétel a rendszeresen végzett fizikai aktivitás révén az egészségre kifejtett hatásában pozitív.

A *szabadidősportot* űzők valamilyen sportágot vagy sportágakat választanak, azt meghatározott szabályrendszer szerint gyakorolják, s bár egymás között versenyeznek – a verseny minden sport lényege – nem tekinthetők versenysportolóknak. Céljuk szintiszta szórakozás, hobbi. Maga a sportág igen sokféle lehet, ez kedv és anyagi helyzet függvénye. Megjegyzendő, hogy a felső középosztályhoz tartozók esetében egyre inkább követelmény a „sportos” alkat, fitness. Hazánkban a szabadidős sportolók aránya 9%. Legelterjedtebb ugyan a labdarúgás, de magasabb jövedelmi kategóriában már inkább a tenisz, golf, vitorlázás divik. Amennyiben rendszeresen végzik – ez heti három-öt alkalmat jelent – az egészségre kifejtett pozitív hatás itt is elvárható. Sajnálatos, hogy ez a nagyobb tömegeket megmozgató labdarúgás különböző formáit (kispályás, terem- stb.) űzők esetében kevésbé tapasztalható, az ún. sörmecsek általában hétvégeken zajlanak le, minden előzetes edzés nélkül. Ezért a sportolás közbeni hirtelen

szívhalál lehetősége sem zárható ki, mint azt szomorú példák is bizonyítják. A Magyar Labdarúgó Szövetség (MLSZ) fejlesztési programja biztató jeleket mutat arra vonatkozóan, hogy a legnépszerűbb sportág biztonságosan nyújtson sokaknak sportolási lehetőséget.

Egészen más kategória a jobb híján *egészségsportnak* vagy *egészségtesztelésnek* nevezett fizikai aktivitás. Ennek célja egyértelműen az egészségi állapot stabilizálása vagy javítása. Résztvevői általában igen tudatosan építik fel edzésprogramjukat, önmaguk ellenőrzik különböző élettani paramétereiket (pulzusszám, légzésszám, testsúly stb.). Versenyben voltaképpen önmagukkal vannak: saját teljesítményük megjavítása formájában (például: adott távolság rövidebb idő alatt történő megtétele vagy hosszabb táv lefutása, amennyiben a futást választották), de ez nem szükségszerű. Természetesen ők sem részesülnek anyagi kompenzációban, költségeiket önmaguk finanszírozzák. Időnkénti orvosi ellenőrzés, különösen bizonyos életkoron túl ajánlatos esetükben is, de mozgásprogramjuk általánoságban egészségi szempontból ideális, akkor, ha harmonikusan fejlesztik fizikai képességeiket, és nem csupán egyoldalúan az izomzat növelése a cél. Mind a szabadidősport, mind az egészségsport esetében megjegyzendő, hogy erre a tevékenységre egész iparág települt (pályák, klubok, sportfelszerelés, sportöltözet, edzők stb.), ennek fogyasztói bázisa azonban hazánkban szűkebb, mint a magasabb átlagjövedelemmel rendelkező országokban.

A *versenysport* már adminisztratív módon meghatározott kategória. Szervezett, egyesületi, szövetség által ellenőrzött és kidolgozott szabály- és versenyrendszer szerint űzik. A versenysportolók rendszeres sportorvosi ellenőrzés alatt állnak. Számuk átlagosan 250–300 ezer fő. Mielőtt adott sportágban

megkezdik a sportolást, a sportorvosnál alkalmasági vizsgálaton esnek át. Sportágtól függetlenül akár gyermek- vagy serdülőkorban kezdik a versenyzést (például torna, úszás). Ennek egészségi hozadéka megkérdőjelezhető, de ebben a csoportban már egyértelműen a minél jobb teljesítmény elérése a cél, átléni az élversenyző, *elit sportoló* csoportba. A versenysport ugyan nagyrészt az állam által finanszírozott, a tapasztalat azonban azt mutatja, hogy a kevésbé tehetséges fiatalok esetében az egyesületben történő sportolás lehetőségének biztosítása a szülőkre hárul, amennyiben ezt anyagilag bírják. Amennyiben nem, a gyermek vagy serdülő részére egyetlen lehetőségként az *iskolai testnevelés*, illetve az *iskolai sport* marad, ez azonban a kérdéssel foglalkozó szakemberek véleménye szerint létesítményi és személyi feltételek hiányossága miatt jelenleg nem tölti be szerepét, a fiatalok kb. 16%-a végez csak rendszeres fizikai aktivitást. Istvánfi Csaba az ifjúság egészségét kedvezőtlenül befolyásoló tényezők közé sorolja az alacsony heti óraszámot (2, illetve 2,5), a fedettpályás és szabadtéri mozgási lehetőségek hiányát, a hiányos higiénés körülményeket, az alsó négy évfolyamon oktatók alacsony képzettségét, az órák csökkenő élettani terhelését, az ütköző órák magas számát.

A sport társadalmi és gazdasági szerepe

A sport fentebb vázolt különböző formáinak társadalmi vetülete többféle, egyes komponensei kisebb vagy nagyobb mértékben érvényesülnek. *Politikai* szerepe akkor érvényesül, ha kellő reprezentációs lehetőséget tud biztosítani a politikai vezetésnek. Eredményes szereplést követően, aranyérmek fényében nem ritkán lehet látni állami vagy kormányzati vezetőket, akik így demonstrálják, hogy közreműködésük jelentős volt az eredmény el-

érésében, másrészt sportszeretetüket mutatják remélve, hogy ez is növeli népszerűségüket. Hasonló céllal lehet látni kiváló sportolókat politikai demonstrációkon. Mindez lényegében csak az élsportra vonatkoztatva igaz.

A *gazdasági* funkció ma már uralja a sport világát. Elegendő talán két különböző, mégis összefüggő tényre utalni: a Nemzetközi Olimpiai Bizottság az olimpiák televíziós közvetítési jogának áruba bocsátása révén dollárszázmilliók bevételere tesz szert, hasonlóképpen óriási összegek felett diszponál egy-egy labdarúgó klub a jegybevételek, a játékosok adás-vétele, a reklámbevételek stb. révén. Ez akkor igaz, ha olyan versenyek kerülnek megrendezésre, amelyek tömegszórakoztatást nyújtanak, igazi *show*-elemekkel. Érvényes ez az olimpiai játékokra, de a profi ökölvívó mérkőzésekre, a baseballmeccsre egyaránt. Mint már utaltunk rá, a sportot kiszolgáló iparág jelentős gazdasági tényezővé nőtte ki magát. Sportlétesítmények üzemeltetése, sportszerek gyártása, sportruházat árusítása révén kis üzemek váltak világcégekkel, milliárdos profittal. A gazdasági funkció a versenysport/élsport mellett érvényesül a tömegsport, szabadidősport, egészségsport területén is – az amatőr sportoló is hordja a bajnok által viselt márkákat, használja az általa is használt, s a tévé által mutatott sporteszközöket.

A gazdasági háttér tárgyalásánál nem kerülhető meg a vita, ami sportszakemberek és sporttal foglalkozó közgazdászok között zajlik. Lényege: mi az állam és mi a piac szerepe, milyen forrásból történjék a sport finanszírozása, s természetesen ki kapja a legtöbbet? A helyzet jelenleg még nem tekinthető tisztázottnak, a későbbiekben erre visszatérünk.

A „sportos” életmód *egészségügyi* vonatkozásai már említésre kerültek. A rendszeres fizikai aktivitás kedvező hatásai az egyénre

vonatkoztatva jelennek meg a krónikus betegségek megelőzésében, a munkában töltött aktív évek meghosszabbodásában, a jó közérzetben. A társadalom szempontjából fontos annak vizsgálata, mibe kerül a fizikai inaktivitás. Korábban az USA-ban végeztek ezirányú vizsgálatokat. T. F. Jones és Ch. B. Eaton 1994-ben publikált adatai szerint ez 6 milliárd dollár/év, G. A. Colditz 1999-es számítása szerint 24 milliárd dollár/év, de M. Pratt, C. A. Macera és Guijing Wang 2000-ben megjelent közleménye már 76, 6 milliárd dollár/év összegre becsüli az inaktivitás okozta egészségügyi kiadások összegét.

Itthon Ács Pongrác és munkatársai 2011-es közleménye tekinthető mérvadónak, melyben a fizikai inaktivitás nemzetgazdasági terheit vizsgálták hazánkban. A magyar társadalom inaktivitási szintjét az Eurobarometer 2010 vizsgálat alapján 77%-ban határozták meg. Számításaikban a fizikai inaktivitással összefüggő betegségeket vették figyelembe (szív- és érrendszeri betegségek, *stroke*, vastagbélrák, kettes típusú cukorbetegség, oszteoporózis, depresszió, emésztőrendszeri szövődmények, obezitás, magas triglicerid-szint, szándékos önártalom). Úgy találták, hogy 2009-ben az inaktivitással összefüggő betegségek az államnak 283,5 milliárd forint kiadást jelentettek. Kalkulációjuk szerint, ha a fizikai aktivitást 10%-kal lehetne fokozni, ez évente 9,1 milliárd forint megtakarítást, 573 175 táppénzes nap csökkenést eredményezne.

Népegészségügyi programok és fizikai aktivitás

Az Egyesült Államokban 1990-ben indították az *Egészséges nép 2000 (Healthy People 2000)* nemzeti programot, amely csaknem minden lényeges célkitűzésében csődöt mondott (Jaret, 2000): a dohányosok számának csökkenése alig volt értékelhető, az elhízás prevalen-

ciája nem csökkent, sőt drámai mértékben nőtt, a rendszeres fizikai aktivitást végzők aránya értékelhetően nem változott. A család oly nagy volt, hogy sokan megkérdőjelezték a nemzeti egészségfejlesztő programok hasznosságát. Mégis elkészült a következő program: *Egészséges nép 2010*, amely tanulván az előző kudarcából, világos, közérthető célokat tűzött ki, s az eredmények folyamatos monitorozása lehetővé tette a menetközbeni módosításokat. Merőben új volt az egészség tíz fő indikátorának kijelölése: adekvát fizikai aktivitás; normál testsúly; nikotinabstíncencia; drogmentesség; felelős szexuális magatartás; mentális egészség; baleset- és erőszakmentesség; a környezet minősége; védőoltás; az egészségügyi ellátás hozzáférhetősége.

Az, hogy a fizikai aktivitás első számú prioritássá vált, köszönhető a korábban publikált meggyőző adatoknak, elsősorban a CDC 1996-os kiadványának. A program eredményeinek értékelése még le sem záródott, amikor indult a harmadik tízéves program, a *Egészséges nép 2020 (Healthy People 2020)*. Ebben a nemzeti célok kitézése mellett súlyt fektetnek az adatok hozzáférhetőségére, és biztosítandó a kellő eszközöket, hangsúlyozzák, hogy a program eredményességét csak a legszélesebb körű részvétel – államok, városok, közösségek, egyének – biztosíthatja.

Az Egyesült Államok nemzeti egészség programjai sem mindig sikertörténetek, a hazai programok története azonban még kevésbé lelkesítő. Már a rendszerváltozást megelőzően készült népegészségügyi program, majd 1990-t követően csaknem valamennyi kormány indított, vagy szándékozott indítani programokat, amelyek sorra-rendre kevés érdeklődést váltva ki felejtődtek el. Ennek a forráshiány nem lehetett az oka, mert változó mértékben ugyan, de milliárdok költődtek

el a programok finanszírozására. Hogy nem mindig hatékonyan, azt látszik alátámasztani az Állami Számvevőszék 2008-as jelentése, amely a népegészségügyi szűrővizsgálatok eredményességét vizsgálta. E szerint a szűrővizsgálatok eredményességét bemutató adatok megbízhatatlanok, hiányzik az ellenőrzött, integrált kontrollrendszer, a szűrésekre fordított költségvetési források nem hasznosultak megfelelően. Talán megkockáztatható az a vélemény, hogy a hazai népegészségügyi programok azért nem töltötték be eddig azon szerepüket, hogy a magyar népesség egészségügyi mutatóinak folyamatos romlását megállítsák, és pozitív tendenciát eredményezzenek, mert céljuk nem alapvetően a betegségek valódi megelőzése, hanem korai felderítése és korai gyógyítása volt. Ez orvosi szempontból helyes törekvés, azonban nem igazi megelőzés, ami alapvető életmód-változtatás – helyes táplálkozás, rendszeres fizikai aktivitás, dohányzásmentesség, kulturált alkoholfogyasztás – révén várható bizonyos betegcsoportokban – a betegség maga ne is alakuljon ki.

A jövő lehetőségei

A sport/testedzés különböző formáit figyelembe véve vizsgálhatjuk, mi lehet a jövő útja. A hazai népesség egészségi állapotával kapcsolatos adatokat, a rendszeres fizikai aktivitás kedvező élettani hatásait, továbbá az *Eurobarometer 2010* adatait elemezve nyilvánvaló, hogy a lakosság 77%-os inaktivitási szintjéről, a magyar népesség számára életbevágó fontosságú lenne az aktivitási szint növelése.

Régi tapasztalat, és vizsgálati adatok is alátámasztják, hogy azokból lesz fizikailag aktív életmódot folytató felnőtt, akivel gyermekkorban megszerették a testmozgást, sportolást. Ebből következően valódi változás a hazai népesség aktivitási szokásaiban csak

hosszú távon érhető el, amennyiben az *iskolai testnevelés és sport* területén a már régóta javasolt változások bekövetkeznek. Ennek lényege Istvánfi összeállítása szerint: heti öt testnevelési óra bevezetése, szakképzett testnevelők biztosítása, létesítményi feltételek (tornaterem, öltöző, fürdő stb.) javítása, testnevelő tanárok és iskolaorvosok szorosabb együttműködése. Ehhez kapcsolódóan égetően szükség lenne pezsgő iskolai sportéletre, amely révén a fiatalok megszeretnék a sportot, s aminek a feltételei jelenleg szintén hiányoznak. Mindezekhez alapvetően állami forrásra lenne szükség a finansziális feltételek megteremtéséhez.

A felnőtt lakosság esetében a differenciált megközelítés tűnik célravezetőnek. Azok számára, akik az inaktív populáció zömét alkotják, leginkább a CDC és az American College of Sports Medicine 1995-ös ajánlása (*Physical Activity and Public Health*) tűnik leginkább használhatónak. Az abban leírtak megfelelnek az *egészség fejlesztéséért folytatott testedzés* fogalmának. Ennek lényege, hogy mindazok, akik nem sportolnak rendszeresen, vagy nem végeznek egyéb rendszeres fizikai aktivitást, napi 30 perc mérsékelt intenzitású fizikai aktivitás révén megőrizhetik egészségüket. Ez a 30 perc akár rövidebb ideig tartó mozgással (például 3×10 perc) is akkumulálható (például lépcsőjárás a lift használata helyett, néhány perc gimnasztika naponta többször stb.). Mérsékelt intenzitást jelent például a gyaloglás (5 km/ó), kerékpározás (<16 km/ó), fűnyírás, takarítás, festés stb. Ehhez létesítményi feltételek nem szükségesek, a kedvező hatás rövid időn belül várható, és hosszú távon is érvényesül. Döntő tényező az emberek meggyőzése arról, amit az ókori görög orvosok is hirdettek: egészségük érdekében önmaguk tehetik a legjobbat. Tanulmányok bizonyítják, hogy leghatékonyabb

promóciónak az bizonyul, ha a kezelőorvos, elsősorban a családorvos az egyéb okból hozzá forduló paciens számára rutinszerűen és szakszerűen tanácsolja a rendszeres testmozgást. Ha a családorvosok esetében a preventív tevékenység megfelelő módon lenne honorálva, valószínűleg áttörést lehetne elérni a fizikailag aktívabb életmód elterjedésében, s ez jóval kevesebbe kerülne, mint a látványosnak szánt propagandaakciók szervezése.

A szabadidősportot űzők sem kezelhetők egységes tömegként. A magasabb jövedelmű rétegek életmódjának részét képezi a rendszeres sportolás (tenisz, golf, sí, rendszeres úszás vagy lovaglás stb.). Ennek a csoportnak nincs szüksége állami hozzájárulásra, finanszírozza önmagát, pályabérletét, jó minőségű sportfelszerelését. Az alacsonyabb jövedelműek számára, akik valamilyen sporttevékenységet kívánnak folytatni, a lehetőség megteremtése lenne lényeges (ingyenes pályahasználati lehetőség labdarúgóknak, alacsony tagdíjú lakossági sportegyesületek stb.). A szabadidősport egyesületek egy része profitorientált, költségeit részben pályázatok útján fedezi, így bár magánvállalkozás, mégis az állam finanszírozza. Fejlett országokban lakóhelyi közösségek, egyházak tartanak fent sportcélú létesítményeket nem versenysport, hanem a lakosság számára. De nem zárható ki egyes sportszövetségek vagy sportegyesületek közreműködése sem ezen a téren, megnyitva bizonyos keretek között a sportlétesítményeket a sportolni/testedzést folytatni kívánók számára. Szomorú tény, hogy a létminimum körül élők számára ez sem jelent megoldást, helyzetükben a sportolás, testedzés nem a realitások világába tartozik.

A versenysport kellene adja azt a keretet, amelyek között az iskolai sport résztvevői adott sportágban folytatni tudják a sportolást,

akár mert tehetségesnek bizonyultak, akár mert kiöregedtek az iskolából, de akkor is, ha csak megszerették a sportot. A tehetségesek esetében megfelelő felkészítés (edzők szerepe!) lehetőséget ad az *elitsport*, a válogatott sportolók világába való belépésre, ahol a határ a csillagos ég, vagyis az olimpiai aranyérem. Ebben a kategóriában az állam, egyesületek, szponzorok finanszírozzák a költségeket. Sajnálatos oldala a versenysport világnak, hogy azok a sportolók, akiktől nem várható, hogy eredményes versenyzésükkel gyarapítsák az egyesület pontszámát, két lehetőség között választhatnak: vagy abbahagyják a versenysportolást (jó esetben átnyergelnek a szabadidősport vagy az egészséget fejlesztő sport világába), vagy egy ideig – vonatkozik ez főleg a fiatalokra – a szülők súlyos anyagi terheket vállalnak, hogy fedezzék gyermekük sportolását: a felszerelést, edzőt, pályát stb.

Összefoglalva

A magyar népesség egészségi állapotának javulása, a leggyakoribb krónikus betegségek megelőzése jelentős mértékben életmódbeli tényezők függvénye (táplálkozás, fizikai aktivitás, dohányzás). A fizikai aktivitás szintjének emelése döntő mértékben az *iskolai testnevelés/sport* hatékonyabbá tételéhez szükséges mielőbbi kormányzati intézkedéseken múlik.

Az *egészségsport* nem igényel jelentősebb beruházást, elsősorban az embereket kell meggyőzni arról, milyen előnyökkel jár egészsége – de akár a karrierje – szempontjából, hogy megfelelő életmóddal esélye van a leggyakoribb krónikus betegségek valódi megelőzésére. Ebben a média mellett az orvosok szerepe meghatározó.

A *szabadidősport* résztvevői szelektáltan kezelendők, a magasabb jövedelműek esetében semmi teendő nincs, az alacsonyabb

jövedelmű sportolni kívánók számára pedig a helyi viszonyoktól függően kell megkeresni annak lehetőségét, milyen – elsősorban létesítményi – feltételek biztosítására van lehetőség. Erre néhány – közel sem elegendő – biztató törekvés látható, elsősorban önkormányzatok, kerületek részéről. Kérdés, hogy a közvetlen jövő pénzügyi nehézségei mennyire teszik lehetővé ezek elterjedését.

A *versenysport* finanszírozása jelenleg többszöröse, ezen belül az *elitsport* szervezése, finanszírozása jórészt állami feladat, melyben részt vesz a Magyar Olimpiai Bizottság is. Az ebbe a csoportba tartozó néhány száz fő népegészségügyi jelentőséggel nem bír, azonban nem szabad elfelejteni, hogy a magyar sportsikerek (világbajnokságok, olimpiák) ma is megdobogtatják sok ember szívét, látván a nemzeti színű zászlót, és hallgatván a Himnuszt. Az is tény, hogy eredményes olimpiai szereplés valamelyik sportágban tömegesen vonzza a fiatalokat ehhez a sport-

ághoz. A kormányzat stratégiai ágazatnak tekinti a sportot, ennek egyik jele a sportfinanszírozás új rendszere, amely az egyesületek támogatását jelenti bizonyos sportágokban. Ennek célja elsősorban az utánpótlásra fordított összegek növelése lenne, ám kérdés, valóban „lecsorog-e” ez a pénz az utánpótláshoz.

A versenyszerű sportolásból kiesők esetében, az egészségsport vagy a szabadidősport felé való orientálás lenne az igazi megoldás, mert kellő tehetség hiányában, alkati vagy életkorbeli korlátozó tényezők esetében a versenyszerű sportolás erőltetése csak frusztrációhoz vezet, egy kedvelt sportág szabadidős űzése viszont akár évtizedekig része lehet életének, megőrizve ezáltal egészségét. Az ezt korlátozó tényezőket az előzőekben vázoltuk.

Jó lenne, ha a MOB jelmondata – *a sport mindenkié* – valósággá válna.

Kulcsszavak: *fizikai aktivitás, sport, egészség, prevenció, finanszírozás*

IRODALOM

- Ács Pongrác – Hécz R. – Paár D. – Stocker M. (2011): A fittség (m)értéke. A fizikai inaktivitás nemzetgazdasági terhei Magyarországon. *Közgazdasági Szemle*. LVIII, 689–708. • http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/440/1/Kszemle_CIKK_1259.pdf
- Colditz, Graham A. (1999): Economic Cost of Obesity and Inactivity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 31, 11 Suppl, 663–667.
- Eaton, S. Boyd – Shostak, M. – Konner, M. (1988): *The Paleolithic Prescription: A Program of Diet and Exercise and Design for Living*. Harper and Row, New York
- H. É. (2008): *Számvevőszéki kritika* • http://www.medicalonline.hu/cikk/szamvevoszeki_kritika
- Healthy People 2010, 2020* • www.healthypeople.gov
- Istvánfi Csaba (2008): *A nemzet fogy és beteg. Javaslatok az ifjúság egészségi állapotának megjavítására*. • <http://tf.hu/tf/partnerek/mttoe/publikaciok/a-nemzet-fogy-es-beteg/>
- Jaret, Peter (2000): *Healthy People 2000: Helping Patients Change*. *Hippocrates*. 14, 1, 25–30.

- Jones, Timothy F. – Eaton, Charles B. (1994): Cost-benefit Analysis of Walking to Prevent Coronary Heart Disease. *Archives of Family Medicine*. 3, 8, 703–710.
- Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General*. Atlanta, GA. U.S. Department of Health and Human Services. Centers for Disease Control and Prevention. National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 1996. • <http://www.cdc.gov/nccdphp/sgr/pdf/execsumm.pdf>
- Physical Activity and Public Health. A Recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine* (1995): *JAMA – The Journal of the American Medical Association*. 273, 402–407. • <http://wonder.cdc.gov/wonder/prevguid/p0000391/p0000391.asp>
- Pratt, Michael – Macera, C. A. – Wang, G. (2000): Higher Direct Medical Costs Associated with Physical Inactivity. *The Physician and Sportsmedicine*. 28, 10, 63–70. • http://astphnd.org/resource_files/97/97_resource_file3.pdf

RICHARD WAGNER ÉS AZ ÁLLAM- ÉS JOGTUDOMÁNY

Szmodis Jenő

PhD, egyetemi adjunktus,
Eötvös Loránd Tudományegyetem Állam- és Jogtudományi Kar
szmodisj@t-online.hu

Bevezetés

Talán szokatlan kísérlet társadalomtudományi vizsgálódás témájául választani egy operakomponistát. Ahhoz azonban, hogy e két-ségkívül rendhagyó vállalkozás létjogosultságát belássuk, mindenekelőtt azzal érdemes tisztában lennünk, hogy Richard Wagner jelentősége messze túlmutat a zene és az irodalom világán. Életműve közvetlenül vagy közvetve rányomta bélyegét a XIX. század második és a XX. század első felének számos szellemi jelenségére. Már személyes élete is több ponton kapcsolódik a modern német állam kialakulásához, kezdve 1848-as forradalmi szereplésétől művének az éppen létrejövő, egységes német állam által való felkarolásáig, a nemzeti kultusz részévé tételéig. Thomas Mann úgy vélte: „Wagner volt olyan jó politikus, hogy ügyét hozzákötötte a bismarcki birodaloméhoz: példátlan sikert látott maga előtt, hozzácsatolta hát a magáét, és művészete európai hegemoniája Bismarck politikai hegemoniájának kulturális tartozéka lett.” (Mann, 1983, 86.) Persze ez távolról sem jelentette Wagner részéről a bismarcki politika kritikátlan támogatását. Amint 1879. augusztus 25-én II. Lajos bajor királynak írja a tömeges munkáselbocsátások kapcsán: „Nap-

hosszat az volt az érzésem, nem tehetek másként: hangversenykörútra kell mennem, hogy segítséget szerezzek ezeknek a munkásoknak. Már a tervet is felvázoltam, s csak akkor csillapodtam le, amikor alaposan megtudtak nyugtatni azoknak az embereknek a sorsát illetően.” (Idézi Vámosi Nagy, 1985, 147.)

Wagnernek a német állam formálódásában való szerepe mellett figyelmet érdemel összművészeti koncepciója, a totális művészet megvalósítására vonatkozó kísérlete, amely jó néhány ponton mutat eszmei rokonságot az állam abszolutizálásának igyekezetével, a totális, az élet minden területén funkciókkal rendelkező állam kialakítására irányuló törekvésekkel. Ám ezen túlmenően, Wagnernek a saját kora és az őt követő korszakok gondolkodására gyakorolt hatása ugyancsak indokoltá teszi, hogy személyével és eszméivel a társadalomtudományok legszélesebb térré-
numán – így az állam- és jogtudományok területén is – számoljunk.

Az állam mint Gesamtkunstwerk és a népszellem

Noha Wagner életműve a legkülönbözőbb szellemi területekre gyakorolt mély hatást, munkássága számos jelenség vonatkozásában nem tekinthető ihletőnek. Fontos azonban,

hogy a komponista és gondolkodó életműve még ezek tekintetében is oly tökéletesen fejezi ki korát, ahogyan csupán kevés pályatársáé. *A nürnbergi mesterdalnokok*-nak a külső társadalmi keretet és az individuum pszichológiai rezdüléseit egyaránt magában foglaló analitikus precizitása mintha zenei előképe volna Georg Jellinek *Allgemeine Staatslehre*-jének. Igen jellemző, hogy Jellinek Wagner *Gesamtkunstwerk*-jéhez hasonló jelenségnek fogta fel az államot, és tekintette azt minden emberi törekvés legmagasabb rendű összhangjának. Mint írja: „Egységes akarattal összetartott és irányított társadalmi rendet képez az a nagyszámú szövetség, amelyet a gazdasági, szellemi, etikai vallási közösségi élet hív életre [...] Az emberi akarszerveződésen nyugvó legfontosabb társadalmi jelenség azonban az állam. . .” (Jellinek, 1994, 25.) Az állam tehát Jellinek-nél mint egyfajta *Gesamtkunstwerk* jelenik meg, amely összegzi, szervezi és kontroll alatt tartja a társadalmi alrendszerek sokaságát. Persze már Friedrich Schillernél is felbukkan az állam összegző szerepe, amely sokban hasonlít a hegeli államkonceptióra, az államnak „etikai univerzum”-ként való felfogására. Schillernél azonban az állam az „ideális emberi” tükörképeként jelenik meg. Mint írja: „Azt lehet mondani, hogy minden ember mint egyén diszpozíciója és rendeltetése szerint egy tiszta eszményi embert hord magában, s létezésének nagy feladata, hogy minden változása közepette összhangban maradjon annak változatlan egységével. [...] Ezt a tiszta embert, aki többé vagy kevésbé világosan felismerhető minden alanyban, az állam képviseli, az az objektív és mintegy kánoni forma, amelyben az alanyok sokfélesége egységre törekszik.” (Schiller, 1960, 177.)

Nietzsche szintén univerzális intézménynek tekinti az államot, az ő értelmezésében

azonban – legalábbis a harmadik korszerűtlen elmélkedésben – az állam „kulturális univerzumként” való létezésén van a hangsúly, noha ezt az univerzumot önzőnek és öncélúnak látja. Amint az „állam önzésé”-ről írja, az „... ugyancsak a kultúra lehető legszélesebb körű elterjesztését és általánossá tételét óhajtja, és a leghatékonyabb eszközöknek van a birtokában vágyai megvalósításához. Ha elég erősnek érzi magát, hogy ne csak megoldja a láncokat, hanem a kellő időben feszesre húzza az ígát, ha fundamentuma elég erős és széles ahhoz, hogy a műveltségépítmény egész boltozatát hordozza, akkor a műveltségnek az állam polgárai körében való terjedése mindig kizárólag neki válik javára – a más államokkal való versengésben. Valahányszor manapság »kulturállam«-ról beszélnek, azt tekintik feladatának, hogy egy adott nemzetnek szellemi erőit felszabadítsa, abban, de csakis abban a mértékben, hogy azok hasznára és javára legyenek. . .” (Nietzsche, 2004, 230.)

Látható tehát, hogy a korszellemnek részét képezi egy szintetizáló törekvés, amely valamely nagyobb egységben kívánja értelmezni a részjelenségek sokaságát. Ez a XVIII. századtól, annak enciklopédikus buzgalmától egyre elevebb, és alighanem a XIX. században éri tetőfokát, míg a XX. századra e törekvés mellett az Ady-féle „minden egész eltörött” érzése is határozottan rányomja a bélyegét. Persze az állam tekintetében az abszolutizálás igyekezete éppenséggel a XX. században jutott a csúcspontra, míg a művészet mindenhatóságának hite a XIX. században tetőzik.

Ugyancsak a Mesterdalnokok egyik alap-gondolata, a nép szellemének felmagasztalása, Friedrich Carl von Savigny *Völkgeist* eszméjét visszhangozza. Wagner e művében megdicsőül tehát a népszellem, amely a tör-

téneti jogi iskola elgondolása szerint megteremt a közösséget és az államot, formálja annak szokásait és jogát, és amely népszellemnek Wagnernél éppúgy hordozója a költői individuuum, mint bármely iparos. E szellemi közösség teszi lehetővé, hogy a kiválasztott tehetség és a közember szót értsen egymással. Az előbbiben, a poétában nem más hang szóval meg, mint ami ott van az utóbbiban, a polgárban, akiben azonban ez inkább csupán mint vágy vagy alakatlan elképzelés van jelen.

Ebben a felfogásban persze ott van Arthur Schopenhauer hatása is. Nála az akarat személytelen életerő, míg az, amit mi „egyéni-ségként” sokra becslünk, az ő világképében merő illúzió. Az ember – nála – valójában faj, és nem sokkal több. Pusztán annak élni akarása állít elénk csábító képeket, a személyiség és az egyéni vágy délibábjait, hogy önző módon annak tévútjait követve még eltökéltebben szolgáljuk a felettünk uralkodó erőt, a faj életét. Ez az eszme a romantikus nacionalizmusok interpretációjában kissé módosul. Itt az egyén nem a fajban, hanem a népben oldódik fel, annak életakarát hirdeti.

A kor gondolkodását alapvetően határozta meg Hegel filozófiája is, amely többek között hangsúlyozta, hogy a szabadság eszméje a germán népek körében született meg. Másfelől a hegeli „objektív szellem” messze túlmutat egyes hordozóin, akik csupán közreműködnek az eszme önmagára ismerésében. Mindez visszaköszön Wagnernél is, aki jelentősen hozzájárult a nemzeti mitológia újjáélesztéséhez, saját működésére és Gesamtkunstwerkjére pedig úgy tekintett, mint történelemfilozófiai szükségszerűségre (Deathridge – Dahlhaus, 1988, 69.). Persze ez a vélekedés egyaránt idézi fel Hegel gondolatait, „objektív szellemét” és Schopenhauer egyén feletti személytelen akaratkoncepcióját.

Wagner és a pszichológia

Wagnerre mindenesetre Hegelnél jelentősebben hatott Schopenhauer, akinek filozófiai eszméit a művészet területén vitte tovább, elsősorban pedig nagy szerelmi drámájában, a *Trisztán és Izolda*-ban. Ám *A világ mint akarat és képzet* főbb gondolatait az életmű teljes második felére rányomják bélyegüket a Mesterdalnokok romantikus nacionalizmusától kezdve a *Ring*-et átható fátumszerű alapérzésen, a hősök végzetük felé igyekvő küzdelmein át egészen a *Parsifal* sajátos megváltáskonceptiójáig, amelyben a keresztény tanok mellett – ugyancsak Schopenhauer hatására – előkerülnek az ind, különösen a buddhista filozófia oly jellegzetes vonásai.

Azáltal azonban, hogy Wagner a schopenhaueri eszméket művészetének részévé tette, ezeknek a gondolatoknak a hatókörét jelentősen ki is terjesztette. Mintegy kiszabadította a bölcséleti tartalmakat a filozófia szűk terepéből, hogy a művészet és az opera iránt fogékony emberek lényegesen nagyobb közönsége elé tárja. Lélektant és filozófiát vitt a színpadra, s így – zenéjének mágikus energiája által – észrevétlenül oltotta be még azokat is a bölcsélet és a pszichológia szemléletével, akik ezektől mint pusztán irodalmi hatásoktól érintetlenek maradtak volna.

Nietzsche már a Wagnert ünneplő első írásában, *A tragédia születésében* hangsúlyozza a pszichológiai tényező figyelembevételének fontosságát a kulturális jelenségek megértésében, értékelésében és értelmezésében. Ám ennek az írásnak szinte minden lényeges gondolatát még Wagnerrel beszélte meg ama híres tribscheni napokban. Hogy aztán Nietzsche – többek között Lou Salomé közvetítésével – hogyan hatott a freudizmusra, hatalomkonceptiója hogyan járult hozzá a

Freuddal szakító tanítvány, Alfred Adler hatalomközpontú pszichológiájára, külön tanulmányt érdemelne. Magának a pszichológiai szemléletnek a XIX. század végi térhódításában mindenesetre Nietzsche szerepe elvitathatatlan. Ahogy Thomas Mann írja: „... és emlékezzünk rá, hogy Freudnál is, kinek radikális és mélyreható lélekkutatását Nietzsche nagymértékben megelőlegezte, a lélektani érdeklődéssel szorosan összefügg az érdeklődés a mitikus, ősi-emberi és kultúra előtti jelenségek iránt.” (Mann, 1983, 15.) Nietzsche tehát jelentősen hatott Freudra a lélektan általánosabb magyarázó erejét illetően. Csakhogy – amint majd látni fogjuk – mindennek belátásához Wagner alapvetően járult hozzá. Mann ugyanis, amikor arra utal, hogy „Freudnál is” összefügg a lélektani érdeklődés a mítosz iránti érdeklődéssel, voltaképpen Wagnerre utal, hiszen előző sorokban a *Ring*-ben feldolgozott mítosz és a wagneri művek „pszichoanalitikus” módszerének mélyebb kapcsolatára mutat rá. Tehát már Wagnernél számolhatunk annak a felismerésével (még ha ez a felismerés költői formában jelenik is meg), hogy a mítosz éppúgy túlmutat az irodalmi problematikán, mint a lélektan az elmegyógyászat terepében, s hogy a kettő – lélektan és mítosz – egymáshoz is szorosan kapcsolódik.

Nietzschénél azonban a pszichológiára való utalás kifejezett formában jelenik meg, és e pszichológiai törekvései felvetik a filozófus közvetett kapcsolatát a jogelmélet pszichológiai irányzatával is, hiszen termékenyítő hatása nélkül a XIX–XX. század fordulójának társadalomtudományában kevésbé vált volna tudattalan tényezők szerepének értékelése. A jogszociológiai iskola képviselője, Eugen Ehrlich éppen e korszak pszichológiai fellendülé-

sének hatására juthatott arra az álláspontra, hogy a jog és a társadalmi szabályozás vonatkozásában sokkal inkább a szokásoknak, tudattalan és ösztönös mintakövetéseknek van alapvető szerepük, mint a formális jogszabályok tudatos alkalmazásának (Ehrlich, 1913). És nem hagyhatjuk figyelmen kívül a küzdelem és az irracionális jelenségeivel összefüggésben tett nietzschei kijelentések azon általánosabb hatását sem, amelyet a jogszociológiai iskolára gyakorolt Ludwig Gumplowicz *Rassenkampf*-jától (Gumplowicz, 1909) Max Weber jogszociológiájáig (Weber, 1995).

A nietzschei filozófia Gumplowicznak különösen az erővel, a hatalommal, a jog, „jón és rosszon túli” értelmezésével kapcsolatos nézeteire hatott, ám szerepet kap nála az ellentétes erők harcának eszméje, amely *A tragédia születésében* apollóni-dionüszoszi harcát idézi. Webernél a kultúra nem tudatos mozzanatai mint a jogot befolyásoló és formáló tényezők kapnak különös hangsúlyt, és ez a jelenség eszmetörténetileg egyenes folytatása a Nyugat azon, viszonylag új keletű szellemi hagyományának, amely a racionalizmus nagy századát követően előbb Schopenhauerrel, aztán Nietzschénél az irracionális tényezők jelentőségét állította előtérbe.

Ha azonban Ehrlich, Gumplowicz, Weber, sőt a skandináv és az amerikai jogi realizmus pszichológiai megközelítései mögött a XIX. század végének feltörekvő pszichológiai mozgalmait, és Nietzsche irracionálissal kacérkodó filozófiáját kell meglátnunk, úgy mindezek háttérben ugyancsak fel kell ismerünk azt a szintén pszichologizáló wagneri életművet, amely a baseli klasszika-filológusból a pszichológiai szempontot hangsúlyozó filozófust faragott.

Amint Thomas Mann találóan írja: „Egész könyvet lehetne írni Wagnerről, a pszicholó-

gusról, mégpedig a muzsikussal, valamint a költő lélektani művészetéről, már amennyiben nála ez a kettő különválasztható. Az emlékező motívum technikáját, melyet olykor már a régi operában is alkalmaztak, lassacskán mély értelmű és virtuóz rendszerré fejleszti, mely a zenét addig elképzelhetetlen mértékben a lélektani utalások, vonatkozások, mélységek eszközévé avatja.” (Mann, 1983, 13.) Vagy ahogy később írja: „... a pszichológus Wagner bámulatosa, ösztönösen egyetért a tizenkilencedik század egy másik jellegzetes szülöttével, Sigmund Freuddal, a pszichoanalitikussal. Ahogy Siegfried a hársfa alatt álmodozik, és az anyafogalom erotikumba torkollik, ahogy abban a jelenetben, mikor Mime félelemre próbálja oktatni neveltjét, a zenekarban a tűzben alvó Brünnhilde motívuma kísért sötétben, eltorzítva – ez már Freud, ez analízis és semmi más...” (Mann, 1983, 15.) Ám Wagner egyúttal a mítosz – Carl Gustav Jung kifejezésével a kollektív tudattalan egyik kifejeződésének – a nagy ismerője. „Wagner a mítosz tudója és felfedezője” – írja Thomas Mann (Mann, 1983, 17.). Így Wagner mind közvetlenül, mind pedig közvetett módon – tehát például Nietzsche keresztül – egyaránt hatással volt a modern pszichológiára, tehát végső soron a jogelmélet pszichológiai indítatású irányzataira is.

Indirekt hatások a politikai filozófiára

Nietzsche közvetítő szerepe a wagneri életmű és az államelméleti aspektusból releváns jelenségek között azonban nem merül ki a pszichológiai vonatkozásokban. Hatalomelmélete ugyanis fontos fejezetét képezi az állam- és jogbölcseleti gondolkodásnak. Az *Übermensch* és az azt övező képzetek, amelyek részben Schopenhauer nézeteinek átfórmálásából állnak (a személytelen akaratnak sze-

mélyes akarattá formálására került itt sor), a legnagyobb valószínűséggel nem vagy egészen más színzettel, más etikai tartalommal születtek volna meg, ha a Wagnerrel való szakításra nem került volna sor. Nietzsche antikrisztianus hevülete, sokszor gyerekesen dacos kereszténységgyűlölete világos összefüggésben áll ezzel a szakítással, és azzal a nietzschei törekvéssel, hogy – a szerinte a *Parsifal*-ban a kereszt előtt összeroskadó – Wagner világképével végleg leszámoljon. Közben persze nem látta át a wagneri megváltáskonceptió kétarcúságát: a keresztény eszméknek a buddhista tanokkal való sajátos keveredését. A Wagnerrel való szakítás persze felemásra és igencsak kétértelműre sikeredett, hiszen Nietzsche *Übermensch* határozottan irodalmi parafrázisa a félelmet nem ismerő wagneri hősnak, a természet vad gyermekének, Siegfriednek.

Nietzsche nagy hatású gondolatainak szellemes kritikáját adta Somló Bódog, mondván, azokban nincs olyan tanítás, amelyeket a kor önző embere ne tett volna gyakorlattá minden filozófiai előképzettség nélkül (Somló, 1902, 13–27.). Ez a bírálat rámutat a nietzschei morál- és hatalomfilozófiában tettenérhető bizonyos trivialisra. Mivel a nietzschei eszmék jelentős mértékben a wagneri hatás elleni védekezés nyomán születtek, ezért esztörténeti szempontból nem érdektelen, hogy mi váltotta ki ezt az attitűdöt a klasszikafilológusból hosszú évek csodálata után. Határozott jelek mutatnak arra, hogy Nietzsche sértettségét elsősorban Wagnernek és körének a filozófus zenei törekvéseivel szembeni elutasítása váltotta ki (Köhler, 2005, 122.). Igen egyszerű, alapvetően személyes okok hathattak tehát közre Nietzsche hangjának élessé válásában. Nagy kérdés azonban, hogy a kortársak és az utókor alapján másként

értékelt volna-e a filozófus jó néhány radikális eszméjét, ha azok valószínűsíthető, kiábrándító eredetével tisztában lett volna.

De Nietzsche gondolatai termékenyítően hatottak Carl Schmitt politikai filozófiájára is, amelynek barát–ellenség dichotómiáján szintén érezhető a nietzschei világkép végletekben gondolkodó jellege, másfelől a barát és ellenség kategóriáinak schmitti relativizálására, e kategóriák provizórikus jelenségeként való értékelésére ugyancsak hatással lehetett a korszakban terjedelmes irodalommal rendelkező Wagner–Nietzsche-viszony kétarcúsága. Carl Schmitt és Nietzsche szellemi kapcsolatát William E. Scheuerman elsősorban azon az alapon tekinti elhanyagolhatónak, hogy Nietzsche filozófiájában a jog- és államelméleti problémák meglehetősen periférikusak (Scheuerman, 1999, 265.). Csakhogy a hatások gyakorta nem direkt módon és szoros tematikus rendben érvényesülnek, hanem – mint itt is – indirekt úton és a szemlélet egészét áthatóan. Gary Shapiro felidéz olyan eszméket, amelyek Schmittben és Nietzscheben a közös vonást abban látják, hogy mindketten paradigmatis módon tulajdonítottak filozófiai jelentőséget a földrajzi adottságoknak, („Nietzsche and Schmitt are both paradigmatic geophilosophical thinkers...”) (Shapiro, 2012). Shapiro megemlíti Schmitt szubjektív, esszéisztikus *Glossarium*-át (Schmitt, 1991), amelyen különösen érződik Nietzsche hatása. A hazai irodalomban többek között Lánzi András veti fel Schmitt és Nietzsche gondolkodásának párhuzamát, modernizmus- és liberalizmuskritikájuk kapcsán, és ő is éppen Schmitt *Glossarium*ának Nietzsche-hivatkozásaira utalva (Lánzi, 2003, 129–140.).

¹ „Nietzsche és Schmitt egyaránt paradigmatis geofilozófiai gondolkodók.”

Csakhogy ez a modernitáskritika, amely Nietzsche-nél oly eleven, és amely *A tragédia születésé-től a Korszerűtlen elmékedések-en* át a *Zarathusztrá-ig* töretlenül jelen van gondolkodásában, ugyancsak mélyen gyökerezik a Wagnerrel való barátságának korszakában, magában a wagneri világképben. Ráadásul mindkettejük modernitáskritikája – Wagneré is, Nietzscheé is – meglehetősen kétarcú, „reakciós” és „forradalmi” egyszerre. Igen találan írja Thomas Mann: „Még egy utolsó szót Wagner-ről mint szellemről, múlthoz és jövőhöz való viszonyáról. Mert itt is kettősséget, látszólagos ellentmondások összebonyolódását láthatjuk jellemében, ami megfelel németiség és európaiság ellentétének. Wagnerben vannak reakciós vonások, van benne bizonyos hátrafelé fordulás, a múlt sötét kultusza; mert ilyen értelemben is magyarázhatjuk misztikus és mitikus-mondai hajlamát, a Mesterdalnokok protestáns nemzetieskedését. Mégis: ha van érzékünk ennek a minden ízében újjításra, változásra, felszabadításra törekvő művészetnek az igazi, valóságos lényegéhez, akkor ez a legszigorúbban tiltja nekünk, hogy szó szerint vegyük nyelvét, [...] és ne annak fogjuk fel, ami, [...] valami nagyon is forradalmi.” (Mann, 1983, 93.)

Wagner „reakciós”, múltba tekintő hajlama azonban a legszorosabban összefügg a minőség iránti igényével. Wagner az egyik első jelentős alkotó, aki nyíltan fellép a kultúra eltömegesedésének hatása, a művészet kereskedelmiesedése és elsilányodása ellen. Ám nem csupán műalkotásai által, hanem teoretikus igyekezettel is felemeli szavát a tömegízléssel szemben. Összművészeti törekvéseivel egyúttal tükröt tart a művészetben is egyre terjedő szakbarbárságnak, mintegy utalva a kultúra oszthatatlanságára. Mindez azonban már azt a José Ortega y Gassetet előlegezi, aki-

re Nietzsche közvetlenül nagy hatással volt, és akinek esszéje, *A tömegek lázadása* mintha folytatása volna a tömegről oly lesújtóan nyilatkozó nietzschei korszerűtlen elmélkedésnek, *A történelem hasznáról és káráról*. Ebben, a tömegekkel kapcsolatos fenntartásban azonban alighanem a Wagnerrel való beszélgetéseknek, a wagneri művészetfilozófiának van nagy szerepe, különösen, ha belátjuk Wagner itt felidézett, a kultúra kereskedelmiségesével kapcsolatos gondolatának mély rokonságát Ortega tanulmányának lényegi megállapításaival.

Hangsúlyozni kell, hogy Wagner viszonya a tágabb emberi közösséghez éppúgy kétarcú, mint Nietzschéé. Wagner tiszteli a népet, mint a népszellem hordozóját és mint a tiszta művészet lehetséges szakrális közegét, ám elutasítja mint tömeget, amelyik rávehető az alpári dolgok élvezetére. Nietzschénél is hasonló a helyzet, aki *A történelem hasznáról és káráról* című korszerűtlen elmélkedésben ocsmány-nak nevezi a tömeget, miközben *A tragédia születésében* a görög nép szellemét dicsőíti.

IRODALOM:

- Deathridge, John – Dahlhaus, Carl (1988): *Wagner*. Zeneműkiadó, Budapest
- Ehrlich, Eugen (1913): *Grundlegung der Soziologie des Rechts*. Duncker & Humblot. München–Leipzig
- Gumpłowicz, Ludwig (1909): *Der Rassenkampf. Sociologische Untersuchungen*. Verlag der Wagner'sche Univ. Buchhandlung, Innsbruck
- Jelinek, Georg (1994): *Általános államtan*. Osiris–Századvég, Budapest
- Köhler, Joachim (2005): *Friedrich Nietzsche és Cosima Wagner*. (Fordította Romhányi Török Gábor) Holnap, Budapest
- Lánczi András (2003): Carl Schmitt és a liberalizmus. *Századvég*, 8, 28, 129–140.
- Mann, Thomas (1983): *Richard Wagner szenvedése és nagysága*. Európa, Budapest
- Nietzsche, Friedrich (2004): Schopenhauer mint nevelő. In: Friedrich Nietzsche: *Korszerűtlen elmélke-*

Wagnernek tehát kulcsszerepe van a XIX. század közepét követő korok szellemfejlődésében, és e jelentősége csupán részben áll összefüggésben zeneszerzői teljesítményével. Alapvetően természetesen azon nyugszik, hiszen az állította a figyelem középpontjába magukat a wagneri gondolatokat. Wagner zenéje volt tehát a „hordozóanyag”, ami eljuttatta az emberekhez Wagner, a gondolkodót. Csakhogy – tökéletesen természetes módon – sohasem létezett egymástól függetlenül a zenész és a filozófus Wagner. Nála az alkotást igen tudatos mérlegelés, az eszközök és hatások rendkívül gondos analízise, valamint egyfajta teoretikus kontextus felvázolása előzte meg. Maguk az alkotások is bőven magukban foglalnak azonban bölcséleti tartalmakat, amelyek jelentős hatást gyakoroltak a legkülönbözőbb szellemi területek képviselőire, s így szükségképpen hatottak e területek további fejlődésére is.

Kulcsszavak: *állam, filozófia, hatalom, jog, művészet, opera, politika, pszichológia, vallás*

- dések*. Atlantisz, Budapest, 179–256.
- Scheuerman, William E. (1999): *Carl Schmitt – The End of Law*. Rowman & Littlefield Publishers INC, Oxford, 265.
- Schiller, Friedrich (1960): Levelek az ember esztétikai neveléséről. Negyedik levél. In: Schiller, Friedrich: *Válogatott esztétikai írásai*. Magyar Helikon, Budapest, 167–279.
- Schmitt Carl (1991): *Glossarium. Aufzeichnungen der Jahre 1947–1951*. Duncker & Humblot. Berlin
- Shapiro, Gary (2012): „Beyond the Line”: *Reading Nietzsche with Schmitt*. THELOS scop, 8 March 2012
- Somló Bódog (1902): Az erkölcs túlkövetelése. *Huszonegyedik Század*. III. 5. 13–27.
- Vámosi Nagy István (1985): *Merlin a bánd és Wagner a zeneköltő*. Szerzői kiadás, Szegedi Nyomda, Szeged
- Weber, Max (1995): *Gazdaság és társadalom 2/2. A megértő szociológia alapvonalai. (Jogszociológia)* Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest

Interjú

GONDOLKODÁSSAL
SOK MINDEN HELYETTESÍTHETŐ
ÚTRAVALÓ FIATAL KUTATÓKNAK

Chikán Ágnes beszélgetése Keszthelyi Lajos akadémikussal

A biofizikus Keszthelyi Lajos akadémikussal legutóbb abból az alkalomból beszélgettem, hogy átvette az Akadémia Aranyérmét az MTA akkori elnökétől, Vizi E. Szilvesztertől. Azóta eltelt öt esztendő, s most újabb elismerés, a Magyar Köztársasági Érdemrend középkeresztje a csillaggal (polgári tagozat) kitüntetés odaítélése ad okot a gratulációra. Ennek az interjúnak az apropója azonban mégsem ez. A kutató professor emeritus engedett volt tanítványai nógatásának: hatvanéves pályájának tapasztalatai alapján összegyűjtötte azt az útravalót, amelyet tanulságként örökölni szeretne hagyni a fiatal kutatóknak.

•

Professzor úr, tudom – talán szerénységből –, nehezen állt kötélnék, hogy teljesítse munkatársai kívánságát. Pedig igazuk lehet, hogy a kutatómunka során, az eredményekre koncentrálna a napi rutinfeladatok végzése közben a kutatópálya sajátos természetéről, a hasznos fogásokról, módszerekről, az emberi hozzáállás fontosságáról alig esik szó. Én is kérem, hogy foglalja össze mindazt a

bölcsességet, amire több mint fél évszázados pályáján kutatóként és igazgatóként szert tett.

Az SZBK-ban Hadlaczy Gyula biztatott, a KFKI-ban is – hadd nevezem továbbra is így a többszörösen átalakult csillebérci kutatóhelyet – fölvetették, hogy szükség lenne arra, hogy az idősebbek átadják tapasztalataikat, személyes élményeiket tanítványaiknak, munkatársaiknak. Beláttam: sikereink, de kudarcaink, botladozásaink is tanulságosak lehetnek mások számára.

Már maga a pályakezdés sem lehetett zökkenőmentes az ötvenes években, hiszen akkoriban nem annyira a tudás volt az elsődleges szűrő: a politika nagyon is gáncsolhatta azt, aki tudományos karrierre vágyott.

Én is közéjük tartoztam, noha az egyetem elvégzése után, 1950-ben, huszonhárom évesen kezdő kutatóként mégis dolgozhattam Faragó Péter professzor mellett. Demonstrátor voltam, tanköröket vezettem, többek között a ma már akadémikus Német Juditnak, Lovas Istvánnak, az azóta sajnos

elhunyt Zimányi Józsefnek és csoportjának. „Rossz káderként” aspirantúrára azonban még csak nem is jelentkeztem.

Enélkül azonban aligha válhatott volna önből sikeres kutató.

Kétségtelen, hogy a véletlen – vagy a szerencse – segített rajtam. Az ELTE-n, a Puskin utcában dolgoztam a kísérleti fizikai tanszéken, a folyosó egyik végén, amelynek a másik végén vizsgáztatták a jelölteket. Valakit, már nem emlékszem, kit, a bizottság átküldött értem: hívtak a fölvételre. Elbeszélgettünk, majd közölték velem, mától kezdve aspiráns vagyok. Így lettem 1951-től az Akadémia dolgozója. Témaként a szcintillációs számláló elkészítését és a vele végzett mérések értékelését kaptam, kandidátusi disszertációm ebből védtem meg 1955-ben. Máris kínálgatik itt az első tanulság: ha haladni akartam, a kutatáshoz szükséges elektronikát saját kezemmel kellett elkészítenem. Magyarországon akkor sem tudtuk, s manapság sem vagyunk képesek megvenni a legmodernebb technikát. Tapasztalatom szerint gondolattal, sok leleménnyel minden helyettesíthető, magunk is összeállíthatunk használható berendezéseket, amelyek alkalmasak arra, hogy előrevigyünk a tudományt. Itt említem meg, hogy ez után már mindig én választottam kutatási témáimat, nem mások kútfejéből pattantak ki az ötletek. Nem tartom helyesnek, ha az ifjú kutatók nem tudnak, vagy nem akarnak önállósulni, s évekig főnökük gondolataiból élnek.

Kandidátusként már „kapósabb” a kutató: életrajzából tudom, hogy professzor úr 54-ben került a KFKI-ba.

Nem voltam ott idegen, hiszen a KFKI Elektrofizikai Osztályán dolgoztam aspiránsként.

A részecskeszámláló már ott készült el, ott végeztem a méréseket. Ezzel a berendezéssel kapcsolatos egyik hibám is, melyet azzal követtem el, hogy a szcintillációs számláló nevét nem változtattam meg, s ez a csúnya szó ragadt meg a szakmában. A mai eszemmel villanásszámlálónak nevezném. A szervezetbe juttatott radioaktivitás elosztását mérő szcintillációs kamerával, orvosi műszerként ma betegségeket, például rákos daganatot keresnek. Szóval: én vagyok a bűnös, hogy nyelvtörő szóként került be a tankönyvekbe. Most már tudom, hogy ügyelniünk kell a közérthető, magyarul jól hangzó tudományos kifejezésekre is.

Az ön tudósi filozófiáját igazolják a Mössbauer-effektussal kapcsolatos eredményei is, melyeket nem drága műszerek alkalmazása révén ért el, ezért is nevezte egyik interjújában ezt a „szegény ember fizikájának”.

Valóban: 1960-ban, amikor elkezdtem ezt a munkát, nem dúskáltunk a pénzben, mégis a szerény technikával jelentős, új ismeretekre tettünk szert. Ma már az egyetemen, a KFKI-ban harminchat ember dolgozik ezen a témán, köztük öt akadémikus és több nagydoktor.

Ha jól tudom, Rudolf Mössbauer híres fizikus volt, aki letette egy téma alapjait, melyen Ön, magyar kutatóként tovább építkezett.

Éppen ezzel kapcsolatos a következő meglátásom is: az igazán jó kutató fölhasználja a világban már meglévő ismereteket, hogy azokat alkalmazva, variálva, továbbfejlesztve újabbak születhessenek.

Terméketlen, idő- és energiafecsérlés, ha valaki újrarájra a mások által már megtett utat.

Persze a szakirodalom ismerete, a műszerek, eszközök megléte, de még a szorgalom is édeskevés világraszóló fölfedezések bejelentéséhez, inpozáns impaktfaktorokhoz, magas Hirsch-indexhez. A tehetségre, az intuícióna nem lehet csak úgy szert tenni. Önnek hogyan jöttek a jó gondolatai?

Ezek sem függetlenek a már meglévő eredményektől, a szakirodalom nyomon követésétől. Ül az ember a könyvtárban, s olvasás közben gondolkodóba esik. Lehet, hogy elmélázik egy kérdésem, s egyszer csak kipattan az agyából, hogy mit lehet csinálni a meglévő eszközökkel, onnan, esetleg más irányba kiindulva milyen kérdésekre lehetne megkeresni a választ.

A kreativitás vagy sajátja valakinek, vagy nem. Ha nem, akkor aligha válik termékeny tudós belőle. Persze ismerünk okos embereket, mégsem tettek le maradandót a tudomány asztalára. Talán nem jól sáfárkodtak táltumaikkal.

Kétségtelen, hogy a tehetség mellett szorgalom, kitartás, egyfajta megszállottság is sajátja kell hogy legyen a kutatónak. De legfőképpen gondolkodni kell: egytértek az angol mondással: „Do less, think more!”¹ Ezt tanácsoltam a biológusoknak is, amikor az SZBK-ba kerültem. Az évszázad második felében, amikor a tudomány katedrálisa gyorsan épült, Magyarországon lépést tudtunk tartani a világban keletkező tudományos ismeretekkel. A hazai kutatások egyik fő erénye, hogy át tudtuk venni ezeket az új ismereteket, nem keletkeztek ürok a természettudományban, és szép számmal akadtak kollegák, akik gondolkodtak, és így igen jelentős eredményeket értek el.

¹ Kevesebb cselekvés, több gondolkodás!

Professzor úr igen fiatalon, harminchat évesen főnök lett a KFKI Magfizikai Osztályán. Ön szerint melyek a legfontosabb vezetői erények?

Attól, hogy valaki ilyen tisztséget kap, nem kell kivonulnia a laborból, s nem kell kutatóként megbénulnia. Folytattam a magam munkáját, s másokat sem bombáztam feladatokkal. Két szélsőséges típusú főnök létezik: az egyik hagyja, hogy a társai szabadon dolgozzanak, a másik szigorúan fogja a beosztottjait, csak azt tehetik, amit ő akar. Én egyik sem voltam: buzdítottam a kollégákat. A szemináriumokon ígéretet kellett tenniük a munkatársaknak, hogy a következő három hónapban mit csinálnak. Amikor az idő letelt, be kellett számolniuk az eredményekről.

Utólag igazolódott, hogy sikeres ez a módszer?

Munkatársaimmal nem vallottam szégyent. Zimányi József vitte a legtöbbre: hamar önállóvá vált, elmélete szárnyai messze repítették, külföldön vált híressé a Zimányi–Moszkowsky-modell révén. De büszkén említhetem Bencze Gyulát is, aki innen nőtt ki, vagy a fiatalabbakat: a ma már ugyancsak Amerikában élő Szűcs Juditot, az igazgatóvá lett Szókefalvi-Nagy Zoltánt, a főosztályvezető Nagy Dénes Lajost, az akadémikus Vincze Imrét.

Egy főnöknek lehet-e jó szimata, megérzi-e, hogy valaki meg van-e áldva kutatói vénával, vagy sem?

A főnöknek föl kell ismernie, kiben van olyan tehetség, hogy önálló kutatóvá tud válni. S ha ebben biztos, biztatnia kell, hogy a ranglétrán megtegye a megfelelő lépéseket. Zimányiból valósággal kikényszerítettem a kandidátusi fokozatot. Szókefalvi-Nagy Zoltántól – határidőre szóló fogadásaink elvesztése során

– két üveg Martinit nyertem, mire elkészült a dolgozata. Amikor hatvanéves lett, kapott tőlem három üveg Martinit, a harmadikat kamatként. A tudományos címek megszerzésére Szegeden is eredményesen biztattam munkatársaimat. Ormos Pál ma már akadémikus, többen: Dér András, Váró György, Zimányi László és mások nagydoktorok.

Jó tanács a vezetőknek?

Minden főnöknek a lelkére szeretném kötni, hogy nagyon törődjék a munkatársaival, ne uralkodjék fölöttük. Érdeklődjék az intézeten kívüli életkörülményeik felől is, kövesse előrehaladásukat, empátiával figyeljen egyéni örömeikre, gondjaikra is.

Hogyan oldja ezt meg egy négyszáz dolgozót foglalkoztató intézmény főigazgatója, hiszen Szegeden, az SZBK-ban ennyi ember dolgozott irányítása alatt?

Amint főigazgató lettem, sorra látogattam mindenkit. Elbeszélgettem nemcsak a kutatókkal, hanem a műszerészekkel, a főkönyvelőkkel, a takarítókkal is. Soha nem parancsszóval értem el, amit helyesnek gondoltam, hanem példamutatással, szép szóval, kéréssel.

Az intézményi legendárium arról is megemlékezik, hogy még a falmelléki rózsákra is volt gondja.

Hát hogyne! Sokan kerékpárral jártak dolgozni, és a biciklit odatámasztották a falhoz. Ez senkinek nem tetszett, de nem tudtuk megakadályozni. Gondoltam egyet: ültessünk oda rózsákat! Azóta is ott díszítik a főépület oldalát.

Sok kutató kerül válaszütt elé: egyetem vagy akadémiai kutatóintézet. Oktatás vagy kutatás? Önnek mi erről a véleménye?

Az egyetemen dolgozó kutatót két erény jellemzi: nagy ismeretanyag van az agyában, sokat kell tudnia, ha oktatni akar, továbbá több szakma képviselői találkoznak egymással, s a beszélgetések során újabb és újabb gondolatok születnek. Negatívum viszont a kötöttség: kevesebb idő jut kutatásra.

Emiatt nem csábult el egyik egyetemre sem?

Tisztában vagyok az akadémiai intézetek hátrányaival, például, hogy az ember csak azt tartja a fejében, amivel foglalkozik, a többit elfelejti. Ha valamire kíváncsi, annak utána kell néznie. A kutatóközpontok némileg elensúlyozzák azt az egyediséget, mely egy-egy intézetet jellemez, de a hiányzó nagy ismeretanyagot nem tudja pótolni. Jó, ha ezzel is tisztában van a kutató, mielőtt elindul valamelyik irányba.

A tudományos életben rendkívül fontosak a nemzetközi kapcsolatok.

Hatvan év alatt teljesen megváltoztak a lehetőségek: kinyílt előttünk a világ. Kezdetben, mintegy húsz évig lényegében az irodalomra hagytuk, ha tájékozódni akartunk. Talán meglepő, de egyesek szemében még ebben is volt valami pozitívum. Emlékszem, 1964-ben meglátogattam bennünket egy Mössbauer-effektussal foglalkozó amerikai kutató. Megkérdeztük, mi a véleménye a mi munkánkról, kutatási körülményeinkről. Azt mondta, hogy irigyel bennünket, mert nincs annyi műszerünk, pénzünk, nem kell sok „szériamunkával” igazolnunk a ráfordítás eredményességét, így ráérünk gondolkodni. Egyébként én ’64-ben mentem először külföldre egy konferenciára, s negyvenkét esztendő voltam, amikor 1969-ben hosszabb tanulmányútra utazhattam. Kanadában töltöttem egy évet.

Valamegyest más lehetőségei vannak manapság egy kutatónak.

Már korábban megnyíltak a kutatóintézetek kapui a jó magyar kutatók előtt. Ormos Pál a National Science Foundation (NSF) támogatta egyéves amerikai munkája után még öt évet töltött az USA-ban. Nemcsak azt tartom fontosnak, hogy külföldi egyetemeken, kutatóintézetekben szerezzenek tapasztalatot a magyar kutatók, hanem azt is, hogy ide vonzák más országok szakembereit is. Amikor Szegedre kerültem, lényegesnek tartottam, hogy nemzetközi konferenciákat szervezzünk. A hazai OTKA-nak megfelelő amerikai NSF segítségével rendeztünk meg több tudományos tanácskozást Szegeden. Az 1980-ban, ’81-ben, ’82-ben megtartott konferenciákon amerikaiak, németek, oroszok együtt tanácskozhattak a biológia világot foglalkoztató kérdéseiről. Emellett persze a konferenciák pénzt is hoztak az intézetbe, a városba, s növelték hírünket a világban.

Mi a feltétele annak, hogy magyar kutató bekerülhessen a tudomány nemzetközi vérkeringésébe, teljesítményét elismerje a tudományos világ?

Ormos Pál akadémikusnak, az SZBK jelenlegi főigazgatójának példáját említeném. Belső volt törekvés, hogy új témát kezdjen, a főnöknek pedig biztosítania kell, hogy a fölnőtt kutató kirepüljön a szárnyai alól, s önálló munkával hívja föl magára a figyelmet.

Térjünk vissza a senior kutatókhoz, akik közül általában „kiválasztódnak” a vezetők. Meddig maradjon főnöki székben egy tudós?

Nem szabad hosszú időre odaszögeznie magát, óhatatlanul elhanyagolja saját témáját, és túlságosan ráhagyatkoznak a fiatalok.

Mi a véleménye az utódnevelésről?

Miként említettem, az a helyes, ha időben leválik a fiatal a főnökéről. PhD után már ne neveljük a kutatót. Ezügyben is van tapasztalatom: ha észrevesszük, hogy valaki nem alkalmas a pályára, akkor vagyunk humánusak, ha eltanácsoljuk. Ellenkező esetben egy életen át boldogtalan lesz, míg ha őszintén, időben közöljük ezt vele, máshol megtalálhatja a számára megfelelő, sikerélményt nyújtó elfoglaltságot.

A hat évtizeden át alkalmazott munkamódszer milyen tanulsággal szolgál?

A kutatásokról mindig jegyzőkönyvet készítettünk. Az első Mössbaueres mérések után például többnyire kézzel írva, számokkal, ábrákkal róttuk tele a füzeteket. Ma, ha PhD után hazajön tanulmányútjáról egy kutató, elindít egy új témát, s a lassú postai levelezés helyett e-mailen kerül kapcsolatba a világban bárkivel, pillanatok alatt, ha utána akar nézni valaminek, ott az internet. Ma így kerülnek lendületbe a tanítványaink.

A technika azonban mégsem helyettesítheti ma sem a gondolatot, az ötletet, az intuíciót, egyszóval a tehetséget. Ön mit talált szépnek a kutatásban?

Nincs annál nagyobb élvezet, mint az, ha az ember valami olyat talál, amit nem ért, és nekilát, hogy kibogozza. . . Ez igazi detektív-munka. Ilyen volt számomra a bakteriorodopszin-téma. Egész máshonnan indultam ki, mint ahova kilyukadtam. Ma is foglalkoztat valami, amit nem értek. A kutatásban nagyon fontos ismeretlen jelenséggel szembeállkozni, olyannal, amit nem tudok fölfogni, megmagyarázni, nem illik bele a tudomány eddig ismert világképébe. Valósággal

elfog a nyomozás izgalma. A titok megfejtésének a vágya nem hagyja nyugodni az embert, éjjel-nappal ezen töri a fejét, míg meg

nem találja a hihetetlen örömet jelentő megoldást. Aki nem vágyik szenvedélyesen erre az élményre, az ne álljon kutatónak!

Kulcsszavak: tudományos karrier kezdete, kreativitás, tanácsok fiatal kutatóknak, Mössbauer-effektus, biofizika, főigazgatói tapasztalatok az SZBK-ban, állami elismerés



Vélemény, vita

INTUÍCIÓK, TAPASZTALATOK ÉS GYAKORLATI ÉRDEKEK A FILOZÓFIÁBAN

Molnár Gábor

PhD, egyetemi adjunktus, Kaposvári Egyetem
molnar.gabor@ke.hu

Nánay Bence (2011) vitaindító írása filozófia és tudományok viszonyáról kétfrontos, de korántsem szimmetrikus harcot indít. Egyfelől a filozófiát védelmezi azokkal a tudósokkal (nevesítve Stephen Hawkinggal) szemben, akik hasznavehetetlenné vált, „bedőlt” vállalkozásnak tekintik, ellentétben a világ tudományos megismerésének „dübörgő” projektjével. E felfogással szemben azt igyekszik kimutatni, hogy a filozófiának van létjogosultsága, még hozzá nem a tudományoktól külön úton, hanem a tudományos összvallalkozás részeként, bizonyos értelemben betetőzőjeként, egyfajta elméleti (természet)tudományként. Éppen ezért kell, másfelől, harcba bocsátkoznia azokkal a filozófusokkal is, akik a filozófiát függetlennek tekintik a tudományoktól, és vagy a természetes nyelv nem tudományos reflexiójaként, vagy intuíciókon alapuló elmélkedésként fogják fel. Ez utóbbi küzdelemnek alárendelt, instrumentális értéke van Nánay számára: az itt elért sikertől reméli, hogy a tudomány művelői szemében hiteles és vonzóvá teszi a filozófiát, segít megnyerni az első, az *elismerésért* folyó küzdelmet.

Ha gyors leltárt készítünk a vitában felbukkanó ellenvetésekről, azt látjuk, hogy a korábbi hozzászólók – Vajda Mihály (2012), Boros János (2012) és Nemes László (2012) – közvetlenül Nánay fő tézisét támadják, a filozófiának elméleti (természet)tudományként való meghatározását, illetve azt a háttérben álló általánosabb előfeltevést, hogy a filozófia a tudományokhoz hasonlóan a világ megismerésére törekszik. Alternatív javaslatként önmagunk megértését (Vajda), „az életünkben felmerülő kérdések megoldásához” és „a jó élet eléréséhez” való hozzájárulást, öngondozást (Nemes) tűzik célként a filozófia elé, illetve olyan eszköznek tekintik, amely értelmet ad életünknek és orientál minket a világgal való interakcióink során (Boros). A legutóbbi két hozzászóló viszont – Tözsér János (2012) és Demeter Tamás (2012)¹ –, noha ők is kifejezik egyet nem értésüket Nánay tézisével, elsősorban az intuíciókat és az intuícióalapú filozofálást veszik védelmükbe.

¹ Írásom elkészülte után jelent meg Nyíri Kristóf hozzászólása (*Magyar Tudomány*, 173, 6, 745–746.), így arra már nem tudtam reflektálni. M. G.

Terjedelmi okokból az alábbiakban én is ez utóbbi kérdésre fogok összpontosítani. Előbb azonban hadd tegyek egy megjegyzést az eredeti vitához.

Magam is úgy gondolom, hogy a filozófiai tevékenység valódi értelme gyakorlat-orientáló képességében rejlik, akár az egyéni, akár a közösségi élet szintjén fogjuk is fel az útmutatást (Nemes inkább a filozófia előbbi, etikai, Boros viszont inkább az utóbbi, politikai misszióját hangsúlyozza). Ám ez nem jelenti azt, hogy a filozófiának ne lenne kognitív, elméleti vonatkozása, hogy megismerő, világfeltáró képességét eleve el kellene utasítanunk, vagy alá kellene becslnünk. Ezért akármilyen magasabb rendű gyakorlati célt tűzzünk is a filozófia elé, amelynek a megismerés csupán eszköze lehet, nem hárrthatjuk el a kérdést, hogy a világ megismerése, megértése terén hogyan viszonyul a tudományokhoz.

E világfeltáró képesség a filozófia esetében persze nyilvánvalóan nem primer ismeretek szerzését, hanem összefüggések megértését jelenti, ám ettől még egybeeshetne a filozófia az elméleti tudományokkal (ahogyan Nánay szeretné), amelyeket ugyanígy jellemezhetünk. A filozófiát azáltal különböztethetjük meg tőlük, ha e feltárandó világot nem a létezők mint „tőlünk idegen dolgok” összességként fogjuk fel (Vajda így értelmezi Nánay álláspontját), sőt, nem is (a fiatal Wittgensteinel) tények összességként, hanem (a fenomenológiai hagyománnyal) olyan értelemösszefüggések összességként, amelyeket – épp mert *értelem*összefüggések – szükségképpen önmagunkra kell vonatkoztatnunk. Ekkor pedig (ellentétben Vajdával) aligha választhatjuk el egymástól önmagunk és a világ megértését. Az viszont továbbra is kérdés marad: vajon a filozófia így felfogott tárgya azonos-e a világnak a hétköznapi fogalmiságunkon

keresztül látható „manifeszt képével” (amelyet Demeter a filozófia tárgyának gondol).

Intuíciók, de mifélek?

Nánay legalább háromféle érvet hoz fel intuíciókkal szemben: (1) különböző személyek ugyanarra a kérdésre vonatkozó intuíciói gyakran eltérnek egymástól; (2) az intuíciók empirikusan tévesnek bizonyulhatnak – még akkor is, ha az emberek „elsőprő többsége” egyetért bennük; (3) egyes intuíciók kísérletileg kimutathatóan olyan külsődleges, esetleges körülményekkel korrelálnak, mint a kísérleti szoba tisztasága, vagy hogy mosott-e kezét a kísérleti alany. Vitapartnerei közül Boros János és Nemes László osztja Nánay intuícióellenességét. Tözsér János és Demeter Tamás viszont rámutat, hogy Nánay empirikusan tesztelhető intuíciók megbízhatatlanságára alapozva érvel filozófiai (Tözsér) vagy fogalmi (Demeter) intuíciókkal szemben, holott a kétféle intuíciót nem szabad összemosnunk. Olyan kérdésekben, amelyekben empirikus ellenőrzésre van lehetőség, nyilvánvalóan botorság lenne a „népi” fizikát, kémiát, biológiát stb. fogadni el igaznak filozófiai érvelések során. Ahol azonban efféle ellenőrzésre nincs lehetőség – például a metafizika, az észlelésfilozófia és az erkölcsfilozófia területén –, nincs más eszközünk, mint a „nyers”, „hétköznapi” intuíciókból kiindulni, és komoly fogalmi elemzések, az ellentmondások feltárása révén jutni el filozófiailag kimunkált, „finomított” álláspontokhoz.

Valójában persze az ellenérv kivédhető lenne, ha volna okunk úgy gondolni, hogy minden intuíció (az empirikusan tesztelhető és a filozófiai/fogalmi intuíciók egyaránt) ugyanazon a módon keletkeznek vagy működnek, és alapvető hasonlóságukhoz képest másodlagos, hogy bizonyos intuíciók tapasztal

latilag ellenőrizhetők, mások nem. Más szóval: ha az intuícióknak volna valami lényegi tulajdonságuk, amely intuícióvá teszi őket – mondjuk, hogy ugyanaz az érzéki tapasztalástól független, rejtett megismerőképesség a forrásuk, miközben némelyik kérdést az intuíció mellett empirikus úton is megvizsgálhatunk. Ekkor Nánay a következőképpen érvelhetne: mivel a tapasztalati úton ellenőrizhető intuíciók egyike-másika tévesnek bizonyul, valamennyi intuíciót a forrásukkal együtt kétellyel kell kezelnünk. Kérdéses azonban, hogy van-e bármilyen alapunk az intuíciók lényegi egyneműségének, illetve valamiféle rejtélyes – és megbízhatatlan – megismerőképességnek a feltételezésére. Tözsér és Demeter mindenesetre úgy gondolja, hogy az empirikusan tesztelhető intuíciók és a filozófiai intuíciók közötti különbség lényegesebb, mint hasonlóságuk, az előbbieket tapasztalati lelepleződése, megcáfolódása ezért nem ingatja meg az utóbbiak megbízhatóságát. Nekik persze éppúgy igazolniuk kell(ene) álláspontjukat. Továbbá, ha ezt igazolják is, még mindig meg kell birkóznunk Nánay első és harmadik érveléssel: a filozófiai intuíciók esetében fennálló disszenzus, nézetkülönbség, illetve a külső, esetleges körülményekkel való korreláció olyan empirikus tény, amely a közvetlen tapasztalati kontroll alól kivont filozófiai intuíciók megbízhatóságát is fenyegeti.

Úgy vélem, a három szerző egyike sem tisztázza kellőképpen az intuíció fogalmát. Nánay egyáltalán fel sem teszi a kérdést, hogy mi az intuíció, csupán példákat ad rá. Tözsér (2012, 485–486.) szerint a filozófiai intuíciók „legalapvetőbb meggyőződéseinket fejezik ki [...] világmépünk alapját képezik”, „Isten vagy az evolúció” ruházott fel velük minket. „Egyikünk sem tud egykönnyen megválni tőlük, és holnaptól más, ezekkel ellentétes intuíciók

alapján gondolkodni.” Mégis, minthogy Isten vagy az evolúció nem ritkán „inkonzisztens alapvető meggyőzésekkel ruházott fel bennünket,” ilyenkor „filozófiai intuícióink valamelyikét fel kell adnunk.”

Demeter viszont kettős intuíciófogalommal dolgozik. Egyfelől – Gary Gutting (2010) és részben Wilfrid Sellars (1963) nyomán – különbséget tesz (1) az empirikusan nem tesztelhető prefilozófiai intuíciók, (2) az ezekből a filozófia eszközeivel „meggyőzően kidolgozott” filozófiai-fogalmi intuíciók, és végül (3) az empirikusan tesztelhető intuíciók között. Intuíción itt Tözsérhez hasonlóan meggyőződést ért, másutt viszont (Demeter, 2012, 489.) valamiféle érzésnek tekinti. „[A] filozófia végső soron az intuícióhoz szól: a kérdés az, hogy mikor érezzük úgy, hogy a filozófus a fogalmak közötti összefüggések olyan rendszerét tárta fel vagy konstruálta meg, amely felold egy felismert feszültséget – s ezzel kielégíti intuíciónkat.” E két jelentés persze összebékíthető. Az intuíció mint meggyőződés (ahogyan Nánay, Tözsér, és időnként Demeter használja a terminust) valójában egy megérzésen alapuló meggyőződés tartalmát jelöli, azt, amiről intuíciónknak köszönhetően meg vagyunk győződve. Az intuíció mint érzés pedig (ahogyan Demeter máskor használja a szót) a meggyőződés forrását vagy alapját jelöli. Pontosabban szubjektív tapasztalatunkat e meggyőződés eredetéről. Más helyen ugyanis Demeter is osztja Gutting (Demeter, 2012, 6.) álláspontját: „a meggyőzések nem érdek nélküli filozófiai intuíciókból, hanem identitásunk számára központi jelentőségű gyakorlatokból erednek.”

Az intuíciók mint tapasztalatok

Nézzünk meg néhány, a vitában felmerült példát az intuícióra, elsőként Nánay Tözsér

által csak „folyadéklögybőlősnek” nevezett példáját! Hogy két átlátszó folyadék összeöntésekor milyen színű folyadékot kapunk, az nyilvánvalóan empirikus kérdés. Mit jelent itt az „intuíció”, hogy átlátszó folyadékok keveredéséből átlátszó folyadék keletkezik? Olyan *előzetes várakozást*, amelyet a tényleges vegyítéskor tapasztaltak vagy megerősítenek, vagy megcáfolnak. Honnan származik ez az előzetes várakozás? Részint nyilván korábbi tapasztalatainkból: a környezetünkben található átlátszó folyadékpárok legtöbbszörben tényleg ezt tapasztaljuk; részint pedig abból eredhet, hogy hajlamosak vagyunk gondolatban a folyadékok színét a többi tulajdonságuktól függetleníteni, és egyszerű színkeverési problémaként felfogni a dolgot. Végül, kiben nem lesz meg ez a várakozás? Egyfelől abban, akinek korábbi tapasztalatai között már előfordultak ellenpéldák (Nánay nyomán: aki például öntött már *pastis*-ra vizet), illetve abban, aki megfelelő természettudományos ismeretek alapján tudja és érti, hogy összeöntéskor két folyadék különféle módon reagálhat egymásra (elegyedhet, vegyületet képezhet stb.), és az anyag mélyszerkezetében lezajló változások határozzák meg a színt mint felszíni tulajdonságot. Vagyis nemcsak a tudományosan képzett ember nem osztja a fenti népi kémiai intuíciónak, de a tapasztalt „utca embere” sem – és az emberek elsöprő többsége korántsem osztaná, ha megfelelő tapasztalatokkal vagy tudományos ismeretekkel rendelkezne.

Nánay második példája: az az intuíciónk, hogy ha (definíció szerint) a látómező valamennyi pontját látjuk, akkor minden ott bekövetkező változást észreveszünk. Elsőre azt gondolhatnánk, hogy ez az intuíció deduktív következtetés, vagy egyenesen analitikus ítélet, így eléggé meglepő, hogy empirikusan

cáfolható – márpedig, mint Nánay megjegyzi, az inattencionális vakság jelenségkörére irányuló kutatások bőségesen cáfolják. Valójában azonban úgy áll a dolog, hogy ezek az intuíciónkat megcáfoló tapasztalatok arra ébresztenek rá minket, hogy finomítanunk kell észleléseleméletünket, meg kell különböztetnünk az érzékelést és az észlelést, a nézést és a látást, vagy a „látás” szó különböző jelentéseit, illetve számításba kell vennünk a figyelem jelenségét az észlelési folyamatok magyarázatánál. Az „intuíció” tehát itt ismét csak olyan előzetes várakozást jelent, amely leegyszerűsített, naiv, *tapasztalatlan* elméleten, fogalmi megkülönböztetések hiányán alapul. Megfelelő – akár hétköznapi, akár tudományos – tapasztalatok birtokában nem lenne ez a várakozásunk.

Nánay észleléspszichológiai példájával szemben Tözsér (2012, 485.) *észlelésfilozófiai* intuíciónak ad példákat: (a) „amikor látunk egy tárgyat, akkor az, aminek a tudatában vagyunk, maga az elménktől (pontosabban: aktuális érzéki tapasztalatunktól) függetlenül létező tárgy”, illetve (b) „a tárgyak észlelése során – ellentétben a gondolataink, hiteink tárgyaival – az észlelt tárgy nem pusztán reprezentálódik, hanem prezentálódik számunkra.” Mi a különbség az észleléspszichológiai és az észlelésfilozófiai intuíciónak között? Míg az előbbiek tapasztalati úton közvetlenül ellenőrizhetők, addig a Tözsér által említett példáknál ennek aligha volna értelme. Végére is milyen tapasztalatok lennének képesek megcáfolni azt a meggyőződésünket, hogy az észlelés elmefüggetlen tárgyra irányul?

Kézenfekvő persze itt a hallucinációkra gondolni. Tözsér (2012, 486.) szerint például (a) és (b) „együttesen inkonzisztens azzal az intuíciónkkal, hogy lehetségesek hallucinációk, vagyis olyan mentális állapotok, amelyek

során nem észlelünk elmefüggetlen tárgyakat, de amelyek szubjektív perspektívából nézve megkülönböztethetetlenek a veridikus érzéki tapasztalatainktól.” Meggyőződésem szerint itt nincs szó inkonzisztenciáról, ahogyan azt sem mondhatjuk, hogy a hallucinációk tapasztalata vagy pusztán lehetősége rácsafolna (a)-ra és (b)-re. Inkább arról van szó, hogy akár személyesen élünk át hallucinációt, akár pusztán mások elbeszélése alapján ismerjük fel a lehetőséget, a hallucinációk mibenlétének megértése az észlelés egyik alapvető sajátosságára ébreszt rá minket: horizontszerű vagy perspektivikus jellegére. Megérteni, mi a hallucináció, éppen azt jelenti, hogy felismerjük: az, ami egy adott pillanatban számunkra valóságos tárgy észlelésének tűnik, és beleilleszkedik tapasztalataink rendjébe (bár esetleg kissé szokatlan módon), új tapasztalatok fényében elveszítheti ezt a vonását. Saját további észleleteink vagy mások hiteles beszámolóit egyaránt meggyőzhetnek minket arról, hogy az imént csak hallucináltunk. A hallucinációk lehetőségének felismerése hatására azonban egyáltalán nem adjuk fel azt az *általános* meggyőződésünket, hogy észlelés az, amikor elmefüggetlen tárgy prezentálódik számunkra, jelenik meg előttünk a maga „hús-vér” valójában. E felismerés csupán annak a naiv vélekedésnek a feladására készíten minket, hogy ami adott pillanatban észlelésnek tűnik, az minden esetben valóban észlelés is. Ráébredünk, hogy a „szubjektív perspektívából megkülönböztethetetlen” minősítést időben specifikálnunk kell: a pillanatnyi megkülönböztethetetlenségnek csekély bizonyító ereje van, sőt, még ha soha nem is lepleződné le előttünk hallucinációként egy vélt észleletünk, az sem bizonyítana semmit – végére is ez a „soha” csupán valami esetleges, „emberi, túlságosan emberi” dologra: egy

véges emberi életidő alatt megszerzhető tapasztalatokra utal. Csak a tárgy eszményi körülmények között végbemenő „befejezett észlelésének” idealizált (tehát megvalósíthatatlan) szituációja szolgálhatna megfelelő bizonyítékkal. (A „befejezett észlelés” fogalmát a Tözsér által előszeretettel használt „befejezett fizika” mintájára alkottam meg.) Ez utóbbi észlelés esetében viszont vajon mi értelmesebb volna annak a gyanúnak, hogy még mindig hallucinációról van szó? Azért nincs tehát ellentmondás vagy inkonzisztencia a három fent idézett intuíción között, azért nem játszhatja ki a hallucináció jelensége (a)-t és (b)-t egymás ellen, mert e kettő nem ugyanarra az időperspektívára vonatkozik. A veridikus észlelés és a hallucináció megkülönböztethetetlensége csak befejezetlen észlelésben állhat fel, míg azt, hogy a tárgy az elménktől függetlenül, objektíven létezik, csak a befejezett észlelés tudná végső érvennyel garantálni. Hasonlóképpen lehetne kimutatni egyébként Tözsér (2012, 485–486.) metafizikai intuíciónak hármának konzisztenciáját is, ezt azonban már hadd bízzam a kedves Olvasóra!

Az a meggyőződés tehát, hogy az észlelésben egy hozzánk képest transzcendens, elmefüggetlen tárgy jelenik meg, nem cáfolható és nem is igazolható empirikusan. Ellenkezőleg: előfeltétele az észlelés és a hallucináció megkülönböztetésének, és ezen keresztül a tapasztalás fogalmának is. *A priori*. Az *a priori* nem előzetes várakozást jelent (a várakozást ugyanis a tapasztalat igazolhatja vagy megcáfolhatja), hanem olyan diszpozíciót, amely maga szervezi, rendezi a tapasztalást. Amikor konkrét esetben azt vizsgálom, hogy nem hallucináló-e, már ezek a Tözsér által filozófiai intuíciónak nevezett a priori fogalmak és ítéletek vezérlik a kérdésfeltevésemet. (Nem ritkán anélkül, hogy tudatosan, *expressis*

verbis megfogalmazzánk őket. Azt hiszem, ezt sem árt hangsúlyozni: ezeket az intuícikat meg kell különböztetnünk a nyelvi kifejezéseiktől.)

Ám ekkor még mindig megválaszolatásra vár a kérdés, hogy milyen létjellemezői vannak ennek az a priorinak és honnan származik. Tözsér szerint, mint láttuk, Isten vagy az evolúció ültette el őket bennünk. Ez azonban nyilvánvalóan csak két – nem is egészen pontosan meghatározott – lehetőség. Vajon úgy kell értenünk, hogy pusztán az emberi faj esetleges jellemzője, hogy éppen ezek és nem más „intuícók” a prioriak számunkra, vagy pedig vannak minden egyáltalán lehetséges szubjektum számára szükségszerű apriori elvek, amelyeket mindazonáltal valamiféle oksági folyamatnak kell realizálnia bennünk, konkrét emberekben, filo- és ontogenetikusan egyaránt? (Magyarán: nem lehetnének értelmes lények, ha nem rendelkeznének velük, de ettől még oksági magyarázatra szorul, hogy hogyan tettünk szert rájuk.) De a másik irányból is problematizálható Tözsér álláspontja: vajon nem kell-e a különféle történeti szociokulturális közösségek vagy egyenesen az egyének szintjéig differenciálnunk az *a priori* fogalmát (lásd például a történeti apriori foucault-i gondolatát). Vajon nem kell-e tehát „Isten és az evolúció” mellé harmadiknak a *szocializációt* felvennünk? Ez főként akkor vetődhet fel bennünk, amikor Tözsér arról ír, hogy az említett intuícók „világképünk alapjait” alkotják. Vajon valamiféle nagyon alapvető, „egyetemes emberi” (vagy minden lehetséges szubjektumra jellemző) világképre kell itt gondolnunk, vagy a történetileg létező világképek kusza sokféleségére, netán mindkettőre? Az előbbi esetben persze, tegyük hozzá, aligha remélhetjük, hogy bármelyik intuíciónktól is megválhatunk, még

ha inkonzisztensnek bizonyulnának is. Tözsér világképfogalmához hasonlóan kétértelmű Demeternél (2012, 489.) a nyelv és a manifeszt kép státusa. „...a világ valamely régiójáról a nyelvünk által vázolt kép használata egymással inkonzisztens módokon konstruálható meg,” írja. Azaz: egy nyelv – egy kép – különböző konstrukciók. Vajon biztos, hogy a pluralitást csak a sorozat utolsó pontján kell számításba vennünk? Már Sellars (1963, 7.) is *a* manifeszt képről beszél, amely a „kortárs intellektuális közeg számára releváns módon” „finomítja” a világról adódó „eredeti” képet, és amely „köré épülnek” a filozófia klasszikus és a kortárs kontinentális filozófia rendszerei. Úgy vélem, ezt semmiképpen sem szabad úgy elképzelnünk, hogy rendelkezünk *a* manifeszt képpel, amelyhez elméleteket illesztünk. Sokkal inkább fordítva: a Sellars által említett filozófiai elméletek mind a hiteles manifeszt kép kidolgozását tűzik célul, bejelentik *igényüket* arra, hogy ők mutatják fel hitelesen e képet, ám ez igény beválthatósága a jövő felől mindig kérdés marad.

Az empirikusan ellenőrizhető intuícók és a fogalmi intuícók között tehát csakugyan lényeges különbség van, bár ezt talán nem olyan könnyű pontosan körülhatárolni. Az előbbieket korábbi tapasztalatok, spekulációk és esetleg világnézeti elköteleződések kölcsönhatásából előálló előzetes várakozások. Az utóbbiak viszont valamiféle aprioritást képviselnek, amely meghatározza a tapasztalást, ezért közvetlenül nem tesztelhetők empirikusan. Ugyanakkor mindig, mindegyik a priorival szemben feltehető a kérdés, hogy milyen értelemben szükségszerű: nem létezhetne nélküle szubjektum, értelmes lény, vagy csak az emberi faj antropológiai sajátossága (ebben az értelemben persze közvetetten, filogenetikusan mégis csak tanulási folyamatok, „ta-

pasztalat” következménye), avagy történeti szociokulturális tanulási folyamatok terméke, Guttinggal szólva „identitásunk számára központi jelentőségű gyakorlatokból ered.” Ám még ha tapasztalási folyamatok következménye is egy-egy filozófiai-fogalmi intuíciónak, csak nagyon közvetetten, mintegy „hátról” a tudatra ható tapasztalatról lehet itt szó, amelyet vagy a filogenezis, vagy szociokulturális értelemképződés közvetít.

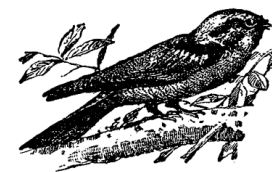
Az tehát, amit a kellő önreflexió nélkül egy tárgyról elmélkedő ember „megérzésként,” „intuíciónként” él meg, valójában nem más, mint gyakran csak rejtve érvényesülő tapasztalatok, nem feltétlenül tudatosuló gyakorlati érdekek diktálta meggyőződések, és esetleg elmemetafizikai szükségszerűségek elege, jobb esetben vegyüléke – a filozófiában éppúgy, mint a tudományokban vagy éppen a mindennapi életben.

Kulcsszavak: *filozófia, tudomány, intuíción, tapasztalat, a priori, gyakorlati érdekek*

IRODALOM

- Boros János (2012): A tudomány és a filozófia esete a természettel, a történelemmel és a demokráciával. *Magyar Tudomány*. 173, 3, 354–361. • www.matud.iif.hu/2012/03/13.htm
- Demeter Tamás (2012): A fogalmi intuíción védelmében. *Magyar Tudomány*. 173, 4, 488–492. • www.matud.iif.hu/2012/04/12.htm
- Gutting, Gary (2010): *What Philosophers Know. Case Studies in Recent Analytic Philosophy*. Cambridge University Press, Cambridge
- Nánay Bence (2011): A filozófia és a tudományok – vitaindító. *Magyar Tudomány*. 172, 12, 1493–1498. • www.matud.iif.hu/2011/12/09.htm

- Nemes László (2012): Megismerés és praxis: a filozófia céljai. Válasz Nánay Bence vitaindító irására. *Magyar Tudomány*. 173, 3, 362–366. • www.matud.iif.hu/2012/03/14.htm
- Sellars, Wilfrid (1963): Philosophy and the Scientific Image of Man. In: Colodny, Robert (ed.): *Science, Perception and Reality*. Routledge & Kegan Paul, London, 1–40. • www.ditext.com/sellars/psim.html
- Tözsér János (2012): A filozófia és az intuíción. *Magyar Tudomány*. 173, 4, 484–487. • www.matud.iif.hu/2012/04/11.htm
- Vajda Mihály (2012): A filozófus szemérmelensége. Válaszfélé Nánay Bencének. *Magyar Tudomány*. 173, 2, 231–234. • www.matud.iif.hu/2012/02/15.htm



A KEREKDED KÖR, AVAGY A FILOZÓFIA NAGYSÁGÁRÓL ÉS NYOMORÚSÁGÁRÓL

Fehér M. István

az MTA levelező tagja, egyetemi tanár,
ELTE BTK Filozófia Intézet, MTA–ELTE Hermeneutika Kutatócsoport
feher@ella.hu

Bevezetés

Az alább vázlatosan kifejtendő gondolatok megírásának szándéka – csakúgy, mint e gondolatok többsége – még a filozófiai vita megindulása előtt fogalmazódott meg bennem, mintegy a *Magyar Tudomány* „Ajánlás a szerzőknek” rovatában olvasható ösztönzésekre reagálva. Eszerint „a *Magyar Tudomány* elsősorban a tudományterületek közötti kommunikációt szeretné elősegíteni, ezért főleg olyan dolgozatokat közöl, amelyek a tudomány egészét érintik, vagy érthetően mutatják be az egyes tudományterületeket. Közlünk témaösszefoglaló, magas szintű ismeretterjesztő [...] tanulmányokat; [...] lapunk nem szakfolyóirat, ezért a szerzőktől közérthető, egy-egy tudományterület szaknyelvét mellőző cikkeket várunk.” – Egy, az ELTE Bölcsészkarán a *Gólyavári Esték* című sorozat keretében 2011 áprilisában tartott előadásom után – mely jellegénél fogva és a felkérés értelmében „ismeretterjesztő” előadás kívánt lenni – úgy tűnt számomra, nem volna haszontalan a szóban elmondottak egy részét a *Magyar Tudomány* számára írásban is megfogalmazni, azaz megpróbálni a társ-

tudományok vagy a tudományos nyilvánosság számára a filozófiáról általában valamiféle átfogó képet vázolni. Olyan képet, amely szándéka szerint „közérthető”, s érdeklődést, netán rokonszenvet – de legalábbis megértést – ébreszthet a filozófia iránt, ezzel egyszersmind elősegítve „a tudományterületek közötti kommunikációt” is. Olyan írást, mely miközben kerüli a „szaknyelvet”, mégsem enged a szakmai igényességből, és szakmailag jó lelkiismerettel képviselhető. A később kibontakozó filozófiai vita során megfogalmazott kérdések egy jó részével az alábbiak több ponton is érintkeznek (főként a tudomány és a filozófia viszonyát illető, hagyományosan vitatott kérdéssel), így ez a dolgozat a vitához való hozzájárulásként, de egyszersmind önálló írásként is olvasható.

Első lépésben a filozófia önjellemzését – beleértve a szaktudományokhoz való viszonyát – három tézis köré összpontosítva próbálom körvonalazni. Második lépésben ráközelítek a filozófia és a tudományok közti viszonyának – avagy a filozófia tudományokhoz való viszonyának – a kérdésére; utolsó lépésben pedig az előbbieken kifejtett gondolatok tanulságai alapján egy olyan tágab-

ban vett tudományfogalom körvonalait igyekszem fölvázolni, mely reményeim szerint elfogadható *lehet* mind filozófusok, mind tudósok számára.

1. Kibez szól a filozófia?

Kiindulópontul azt a hagyományos kérdést választom, hogy kihez szól – kit, kiket szólít meg –, az emberek milyen köréhez szól a filozófia. A szakmához, a szakemberekhez, a tudósok köréhez (amint az a legtöbb tudományban történik), avagy másokhoz is? Kifejtésemet különböző szempontú (egymástól nem csupán eltérő, de egymással feszültségben is álló) tézisek köré csoportosítom.

1. Minden ember valamilyen szinten filozófus; a saját sorsáról, a világ folyásáról, az élet értelméről, a történelem menetéről, az igazságos társadalmi berendezkedésről, a helyes cselekvésről, a tudásról vagy hitről való töprengés olyannyira hozzátartozik az ember természetéhez, hogy nem az szorul indoklásra, miért filozofál az ember, inkább az: miért, mi okból fordul el tőle, ábrándul ki belőle. A filozófia ezért mindenkinek és mindenkihez szól; nem arisztokratikus vagy elzárt ezoterikus akadémiai tevékenység egyes kiválasztottak, avagy az úgynevezett „szakemberek” számára, hanem eleve mindenkit érint, demokratikus. Ezzel – más és más értelemben – szembehelyezhető a következő két tétel:

2. A filozófia nagyon is egyfajta szakma, professzionális hozzáértés kell hozzá, a laikusok nemigen tudják megítélni.

3. A filozófia tartalmaz egy csipetnyi elitizmust, arisztokratizmust.

• Némi magyarázat e tételekhez:

1. A filozófia minden embert érint – nem csupán a „szakembereket” –, mindenkinek köze van hozzá, s ez így is van rendjén, hiszen az embert (az emberi egzisztenciát) alapjaiban

érintő kérdéseket – úgy is mondhatnám, hűsbavágó kérdéseket – tárgyal. Minden ember filozófus, s még inkább minden gyermek az.¹ Nem „valami professzoros foglalkozás” (Jaspers, 1975, 155.). A filozófiának ebben az értelemben, Kanttal szólva nem pusztán „iskolai”, hanem „világfogalma” is van, azaz nemcsak az „iskola” számára bír jelentőséggel, hanem a „világpolgár” számára is.² Ebből adódik egyedülálló nagysága, de szerencsétlensége – ha úgy tetszik: nyomorúsága – is; az, hogy mindenki azt hiheti, minden további nélkül: különösebb előzetes felkészültség, iskolázottság nélkül, ismeretek, gondolati elmélyedés és fejelem, filozófiatörténeti mű-

¹ (Jaspers, 1975, 7. skk.) Mint Karl Jaspers írja, a konvenciók később kiölik a minden gyermekben benne rejlő filozófust (Jaspers, 1975, 9.). Jasperszel párhuzamosan Heidegger szintén többször megfogalmazta élete során ezt a gondolatot, az ismertebbek egyike a székfoglaló előadás végén hangzott el: „Amennyiben az ember egzisztál, úgy bizonyos módon már filozofálás is végbemegy” (Heidegger, 1976b [GA 9], 122.). Előadásain is hangsúlyozta: „a filozófia olyan valami, ami mindenkit érint” (Heidegger 1983 [GA 29/30], 22.), „embernek lenni annyi, mint már filozofálni” (Heidegger 1996 [GA 27], 3.). Arisztotelész *Metafiziká*-jának kezdő mondatát („Minden ember természettől fogva törekszik a tudásra”) ugyancsak fel lehet fogni úgy, mint ami a „Minden ember filozófus”-tételt juttatja kifejezésre. – Sokakat lehetne még idézni (lásd ehhez Fehér – Olay, 2012. és Fehér, 1992, 523. sk.), zárjuk itt a sort ideiglenesen Hans-Georg Gadamerrel: „Meg vagyok győződve róla, hogy nincs olyan ember, aki valamikor és valahogyan ne »gondolkodnék«, azaz életéről és haláláról, szabadságról és emberi együttélésről, jóról és boldogságról ne alkotna »általános« nézeteket, melyeket igaznak tart” (Gadamer 1987, 478.).

² Vö. például Kant, 2004, B866 skk., különösen B868 („világfogalom itt annak a fogalomnak a neve, mely arra vonatkozik, ami mindenkit szükségképpen érdekel”) és B870, továbbá például B21–22, ahol Kant azt írja, „minden emberben minden időben ténylegesen létezik valamilyen metafizika, s létezni is fog.” Lásd még Kant, 1974, 130. sk.

veltség, a fogalmak kezelésében való jártasság híján, csak úgy, „kapásból”, tetszik-nem tetszik alapon meg tudja ítélni, vagy képes maga is üzni. Hivatkozva alkalmasint „szíve ártatlanságára és lelkiismerete tisztaságára”.³ Nagysága: hogy mindenkit érdekel; nyomorúsága: hogy mindenki azt hiszi, ért hozzá, művelheti és megítélheti. Hegel írja ebben az összefüggésben: „Valamennyi tudomány, művészet, ügyesség, kézművesség tekintetében meg vannak győződve az emberek, hogy csak úgy juthatnak azok birtokába, ha vállalják megtanulásuk és gyakorlásuk sokszoros fáradságát. *A filozófia tekintetében ellenben, úgy látszik, most az az előítélet uralkodik, hogy bár mindenkinek van szeme és vannak ujjai, azért még nem képes cipőt csinálni, ha kap bőrt és szerszámot – mégis mindenki közvetlenül ért a filozófiához és a filozófia megítéléséhez, mert megvan hozzá a mértéke saját természetes eszében –, mintha éppígy nem volna meg a cipő mértéke is a maga lábában.*” (Hegel 1973, 43. – kiemelés F. M. I.) Hegel a filozófiai művek érthetlenségére vonatkozó panaszokról és arról a velük szemben gyakran felhozott szemrehányásról beszél, „*hogy több dolgot csak ismé-*

³ Lásd Hegel, 1973, 44: „a természetes bölcsekedés útszéli igazságok retorikáját adja elő. Ha szemére vetik jelentéktelenségüket, azt feleli, hogy az értelem teljessége megvan szívében és meg kell, hogy legyen másokban is, s itt úgy véli, hogy általában a szív ártatlanságával és a lelkiismeret tisztaságával és hasonlókkel végső dolgokat mondott, amelyekkel szemben sem ellentmondásnak nincs helye, sem valami további követelmény nem lehetséges. – Amikor [...] érelemre, belső orákulumára hivatkozik, el is készült azzal, aki nem ért egyet vele; ki kell jelentenie, hogy nincs több mondanivalója annak számára, aki nem találja és érzi magában ugyanazt [...]” (kiemelések F. M. I.). Kant, aki – mint szó volt róla – teljes mértékben kiáll a filozófia világfogalma mellett, ugyanakkor óv attól, hogy „mintegy tüzet oltani összecsődit[sétek] a kifinomult okfejtésekhez mit sem konyító köznépet” (Kant, 2004 [B775], 588.).

telt elolvasás után lehet megérteni, – olyan szemrehányás ez, amely valami nem-illőt és végsőt tartalmaz, úgyhogy, ha jogosult, nem tűr további ellenérvet.” (Hegel, 1973, 41.) De Heidegger is megemlíti: ha Werner Heisenberg kezdené saját fizikai nézeteit kifejteni, alig értené valaki, s mi többiek lemondanánk a közvetlen érthetőség igényéről. A filozófiával szemben azonban ez a lemondás nem érvényesül, azt mindenki közvetlenül érteni akarja, érteni véli (Heidegger, 1976a, 1.). Jaspers is hasonlóképpen fogalmaz: „szinte mindenki alkalmasnak ítéli magát, hogy filozófiai dolgokban megállapításokat tegyen. Abban mindenki egyetért, hogy a tudományok területén a megfigyelés, a gyakorlás, a módszeres eljárás nélkülözhetetlen. A filozófiáról azonban az emberek általában azt gondolják, hogy e téren előzetes tanulmányok nélkül is lehetséges megállapításokat tenni, hogy saját ember voltunk, saját sorsunk, saját tapasztalatunk elegendő alap a filozófiai véleményalkotásra.” (Jaspers, 1975, 7.) „Saját ember voltunk, saját sorsunk, saját tapasztalatunk” – enyhítsünk kicsit Jaspers tételén – szükséges, de nem elégséges feltétele a filozófiai véleményalkotásnak.

A filozófia tehát közérdeklődésre tart számot – előnye ez, de egyúttal hátránya is. Nagysága s egyben nyomorúsága. A „végső kérdéseket firtatja”: ez nagysága – hogy nem tudja őket megválaszolni, avagy rendre csak ideiglenes válaszokat tud adni: ez – ha úgy tetszik – nyomorúsága. Ám ez a megállapítás is relativálható: ha végleges válaszokat, ha szilárd tudást tudna adni, hová lenne az ember szabadsága? Nem utolsósorban a kritikai vizsgálódás, kutatás szabadsága? Milyen lenne egy szilárd bizonyosságban leélt, minden kockázattól mentes élet? Vajon emberi élet lenne-e még?

Az, hogy a filozófia közérdeklődésre tart számot, adódik számomra az élet- és egzisztenciafilozófiák ama orientációjából is, miszerint a filozófia valamiféle tudományelöttes tartományba, egyfajta „életvilágba” mint saját születési helyére igyekszik vissza, arra törekszik pillantását kiterjeszteni és egyszersmind számára valamiféle mondanivalót hordozni.

A filozófiának nagyon is van tehát relevanciája nemcsak az iskola vagy a tudomány, hanem az élet számára is. Még akkor is, ha az újkorban, főképp pedig az elmúlt másfél-két évszázadban elsődlegesen egyetemeken művelték és művelik. Az ezen a téren élenjáró német filozófiai kultúra létrehozta e célra az *Universitätsphilosophie*, illetve *Kathederphilosophie* nem minden ironia és distanciálódás híján levő kifejezéseit, s ennek a fajta filozófiának természetesen elsősorban ők voltak a leghevesebb kritikusai is (Karl Marx, Arthur Schopenhauer, Friedrich Nietzsche, a dán Søren Kierkegaard, az egyetemen belül például Martin Heidegger). Iskolai filozófia is lehet ugyanakkor autentikus, és iskolán túli is lehet hiteltelen, középszerű, sekélyes, noha persze az utóbbi lehetőségre az iskola már intézményes voltánál fogva is eleve több esélyt kínál. Az egyetemi filozófia bírálatának helye van az egyetemen – az önmagába zárkozó önelégült tudomány, egyetem és tudós képe idegen a számomra –, de persze nem mindegy, hogy az „egyetemi filozófia” alkalmankénti kritikáját milyen hangsúllyal fejtik ki. Mert lehet e hangsúly magára a filozófiára (s nem csupán az „egyetemi filozófiára”) nézve teljességgel destruktív is.

2. A szakmaiság, tudományosság hangsúlyozása, a hétköznapi tudattól való akár ezoterikus elzárkózás hangoztatása akkor lép előtérbe – akkor viszont teljes joggal –, amikor a „sejts és a lelkesedés módszertelensége”,

a „tudományosságot általában megvető prófétai beszéd önkénye” (Hegel, 1973, 33.), avagy „önkényes hóbortok és beteges sejtelmek” (Heidegger, 1992b [GA 58], 137.), összefoglalóan a szentimentális szépelgés, szenvelgés vagy a dilettantizmus veszélye ellen kell védekezni. A filozófia ebben az értelemben nagyon is tudomány, sőt „szak”-tudomány – amint azt a filozófiát különben mindenki számára relevánsnak tartó Heidegger is nagy erővel hangsúlyozta. (A kérdésre alább a II. pontban még visszatérek.)

3. A filozófia tartalmaz egy csipetnyi elitizmust, arisztokratizmust, ti. morális értelemben. Kiindulnék Christopher Macann-nak, az 1992-ben a Routledge-nál megjelent négykötetes Heidegger-tanulmánykötet szerkesztőjének, utóbb egy ugyancsak négykötetes önálló szisztematikus mű szerzőjének néhány megállapításából. Macann bírálja azt a nézetet, amely „a kulturális elitizmusból politikai kritikát vezet le”, majd felteszi a kérdést: „De hát létezett-e valaha is a maga nevére méltó kultúra, amely másmilyen lett volna, mint elitista – »arisztokraták« műve a szónak abban az egészen specifikus, eredeti görög értelmében, amely szerint az utóbbi (az *aristoi*) a (morálisan csakúgy, mint intellektuálisan) kiválót jelenti? A különbség az, hogy míg a görögök idején a kultúra kevesek által jött létre (s úgy is várták el, hogy kevesek hozzák létre), addig korántsem a kevesek számára jött létre, hanem az egész polisz számára. A görög kultúra fölfelé próbált egyenlősíteni, nem lefelé.” (Macann, 1992, 8., 10.)

Macann megjegyzéseit úgy általánosítanám, hogy ha a „példamutatónak” van jelentése, akkor az azt implikálja, hogy aki vagy akik „példát mutatnak”, azok (legalábbis kezdetben) kevesen vannak. Ennyiben lehet beszélni – a szó egy egészen meghatározott,

pontosan behatárolt értelmében – elitizmusról vagy arisztokratizmusról. Ám abban az értelemben már nem, hogy a „példás”, „példaszerű” csupán keveseknek, ne pedig mindenkinek állna a rendelkezésére, vagy nem nekik, nem számukra szólna. A „jó élet”, „az autentikus lét” mindenki számára hozzáférhető. „Nemes” nemcsak „ember” lehet – lehet „cselekedet” és „jellem” is, s itt a születésnek nincs szerepe. Ha a morál területén lemondunk erről a fajta elitizmusról, arisztokratizmusról, mi marad? Az alternatíva, ami akkor marad, a statisztikai átlag. Filozófiailag szemlélve megszűnik a *Sein-Sollen* különbség. Logika, jog, morál: e területeken az lesz érvényes, amit faktuálisan annak tartanak. Ha az emberek ellentmondásosan gondolkodnak, ezzel megdől az ellentmondás (-mentesség) logikai törvénye. Gondoljuk csak el: egy jogi előírás, jogszabály vagy törvény nem azért vagy attól érvényes, mert betartják, s nem attól veszti el érvényét, hogy nem tartják be. Az autópályán maximált sebességkorlátozást a sebességtúllépés még nem szünteti meg. Egy jogszabály vagy előírás nem azért érvényes, mert betartják, hanem azért, mert áthágását szankcionálják.

A filozófia sajátos jellegéhez – és hagyományos önjellemzéséhez – tartozik, hogy bizonyos vonatkozásban kordiagnózis: kor- és kultúrkritika is. Nem hízeleg a tömegnek (itt helyénvaló lehet a „csöcselék” máskülönben kétséges kifejezése), saját korát bírálja, nem pedig dicsőíti; a szofisztikával szemben nem „megrendelésre” dolgozik, nem a fennálló apológiája, nem dörgölgödzik hozzá a tömeg nézeteihez, illetve az általánosan elfogadott nézetekhez,⁴ a gazdagokhoz, hatalmasokhoz

⁴ Lásd ehhez Platón leírását a szofistákról, például: *Allam*, 493b,c.

vagy az éppen hatalmon levőkhöz. Allan Bloom írt erről, amikor nagyhatású könyvében az *openness*, a nyitottság bukott értelmét ecsetelte, vagy még inkább ostorozta – ez annyit tesz: nyitottnak lenni minden alacsonyabbrendű dolog iránt. Az igazi nyitottság, írta, mindig a megismerés vágyával párosul („tudni akarom, miben áll számomra a jó, s mi tesz boldoggá”), ami viszont tudatlanságunk tudatából ered. A megismerés vágyától megfosztott nyitottság ezzel szemben az érdektelenség, a közöny nyitottsága, sőt – az értékek relativitásából, a közönyből s a döntésre való elvi képtelenségből adódóan – nem egyéb végül is, mint meghajlás az erősebb előtt, a vulgáris előtt, a siker előtt: nyitottság mindezek iránt (Bloom, 1988, 41.).

II. „Tudományos alaposság” versus „szabadon csapongó zsenialitás”

Az alcímben idézőjelek között szereplő kifejezések Immanuel Kanttól származnak, némi rövidítéssel, átfogalmazással. „[...] meglepéssel fedeztem fel”, írja fő művében Kant, „hogy Németországban nem halt ki az alaposág szelleme, csupán kis ideig túlharsogta a zseniszerűen szabadon csapongó gondolkodás divatjának lármája [...]” (Kant, 2004, BXLIII.) Amit Kant itt a tudományos „alapossgal” szembeállít, az tehát nem csupán a „zseniszerűen szabadon csapongó gondolkodás”, hanem egyúttal annak (rá jellemző) „lármája” – sőt „divatos lármája” – is. Utóbbi továbbá az esetek túlnyomó többségében az előbbit jellegzetes módon „túlharsogja”. Kant optimizmusára utal a „kis ideig” korlátozás. Ám a „zseniszerűen szabadon csapongó gondolkodás” s annak „divatos lármája” – a Kant utáni fejlemények ismeretében ma már bizonyonnyal elmondható – aligha korlátozható „kis időre”. „Ahol filozófia van”, írja a XX.

században Heidegger, „ott szükségképpen van szofisztika is, éspedig nem csupán Platón korában, hanem minden időben, ma pedig talán még inkább, mint valaha” (Heidegger, 1996 [GA 27], 24.).

Tudomány és filozófia viszonyára nézve jellegzetesek és mértékadóak Heidegger visszatérő megjegyzései. E megjegyzések évtizedeken ívelnek át. Számára a filozófiai gondolkodás nagyon is rendelkezik egyfajta „szigorral”, ám ez nem azonos sem valamely természettudományos módszer „egzaktságával”, sem „logikai bizonyítással”, sem „megcáfolatlan argumentációval”, sem „maradékaltalul pontos számítással”, sem a „fogalmak matematikai világoosságával”. A fenomenológia számára mestere, Edmund Husserl által megkövetelt szigor, „Streng” Heidegger számára annyi tesz, mint „angstrengt” – „megfeszítetten”, „megfeszítve” kutatni, teljes odaadással („hingeben”) a dologra koncentrálni, annak adni az első és utolsó szót (Heidegger, 1992b [GA 58], 137.). Heidegger nem mulasztja el hozzátenni, hogy ugyanakkor „a másik oldalról nézve” mitől határolja el magát: „nem misztika és miszticizmus, nem önkényes hóbortok és beteges sejtelmek!” (Heidegger, 1992b [GA 58], 137.) *Mi a metafizika?* című székfoglaló előadásában ugyancsak az olvasható: „a tudománynak az a kitüntető jellemzője, hogy egy meghatározott, rá jellemző módon kifejezeten és egyedül a *dolognak adja az első és az utolsó szót*”, valamint hogy „a tudomány semmifajta szigora nem éri el a metafizika komolyságát” (Heidegger, 1976b, [GA 9], 104., 122.).

Heidegger tehát ebben az értelemben nagyon is sikkra szállt a filozófia „tudományoságáért” vagy – ha úgy tetszik – a „tudományos” filozófiáért, noha jó oka volt rá, hogy maguk e megnevezések iránt alapvető, elvi

kétélyekkel viseltessék. A „tudományos filozófia” kifejezés ugyanis, fejtette ki 1921–22-ben, nem más, mint „pleonazmus, egy a jelentését tekintve túltelített kifejezés, ahol is a »tudományos« kifejezésben rejlik »túl sok« egyúttal túl kevés is, azaz ez a predikátum egyáltalán nem elégséges ahhoz, hogy a filozófia tudás-, kutatás- és metodikai jellegét meghatározza. »Nem elégséges« – ez annyit tesz: »kiegészítésre szorul, valamit még hozzá kell fűzni« [...] – »Tudomány« formális értelemben úgy vehető, mint ahol e kifejezés annyit tesz, mint »szenvedély« – s ekkor a tudományok korántsem annyira »tudományosak« mint a filozófia. A »tudományos filozófia«-kifejezést tehát csak egyfajta szükségmegoldásként szabad használni, abban az értelemben, hogy (negatív) elhárítja az álmodozást-rajongást, a felületességet és az irodalmárfirkálást” (Heidegger, 1985 [GA 61], 46.).⁵

1927–28-ban Heidegger a „tudományos filozófia” kifejezést ebben az értelemben a „kerekded kör” („der rundliche Kreis”) kifejezéshez hasonlította (Heidegger 1996 [GA 27], 16. sk.), azt érte ezen, hogy egy kört nem megfelelően írunk le, ha azt mondjuk róla, kerekded formájú. A kör ugyanis nem egyszerűen kerekded: minden további nélkül és abszolút értelemben köralakú. Ha egy kört az előbbi jelzővel illetünk, akkor tökéletesen félreértjük, vagy mélyen alábecsüljük. A „kerekded” meghatározás csak igen hiányosan

⁵ A pleonazmust illető megjegyzéssel kapcsolatban érdemes még egy helyet idéznünk. A filozófia, mondja Heidegger 1927-ben, „maga a tudomány... az első és legmagasabb tudomány, avagy – miként a német idealizmus korában mondták – abszolút tudomány. Ha ez így van, akkor azonban a kifejezés: »tudományos filozófia« nem más, mint pleonazmus, s annyit tesz: tudományos abszolút tudomány. Elég annyit mondani: filozófia.” (Heidegger, 1975 [GA 24], 4.)

írja le azt, ami „köralakú”. A „köralakúság” nagyon is lehet a mércéje annak, ami „kerekded” – vagyis ami „kerekded”, azt annak a fényében tartjuk annak, hogy a „köralakúság” mércéjéhez mérjük –, de nem fordítva. Ha tehát azt mondjuk: a filozófia nem tudomány, folytatja Heidegger, ez nem hiányosságot jelöl. „A filozófia nem tudomány” – ez annyit tesz: *nem kevesebb*, mint a tudomány, hanem több. A filozófia ugyanis „eredetibb, mint minden tudomány, mivel minden tudomány a filozófiában gyökerezik, s belőle ered. Mikként a körről kijelenteni, hogy kerekded, fölösleges és nem megfelelő volna”, hasonlóképpen áll a helyzet a filozófia tudományosságával. Fonák dolog volna olyasmivel meghatározni, ami belőle származik, ami levezett. A tudomány, a tudományosság mércéi a filozófiából származnak, a filozófiát ezért nem lehet valami olyannak a mércéjével mérni, olyan mérce alá állítani, ami belőle származott. „Hogy a kör nem kerekded: abban a körnek nem gyengesége, erőtlensége, sokkal inkább ereje mutatkozik meg. Így a filozófiáról azt állítani, hogy tudomány, hasonlóképpen fölösleges és nem megfelelő volna; a filozófia nem gyengeségből, hanem erejéből fakadóan nem tudomány” (Heidegger, 1996 [GA 27], 17.), nem hiányosságból, hanem túlcsonduló bőségből nem az (Heidegger 1996 [GA 27], 16., vö. uo., 219. továbbá Heidegger, 1983 [GA 29/30], 23.). – Ebből viszont az következik, hogy „a filozófia a maga lényegéből fakadóan – nem pedig csupán fokozatilag – tudományosabb, mint minden lehetséges tudomány, és pedig azért, hogy olyan valamit, mint tudomány mindenekelőtt egyáltalán lehetővé tesz. Ami azonban a tudománynak önmaga lehetőségét nyújtja..., az valami eredetibb és magasabb, mint a tudomány” (Heidegger, 1996 [GA 27], 221. sk.).

„A filozófia a tudomány *eredete* ugyan, ám éppen ezért önmaga *nem* tudomány, még őstudomány sem” (Heidegger, 1996 [GA 27], 18.). A „tudományos filozófia” fogalma ezért – nem csupán pleonazmus, hanem végső elemzésben – lehetetlen fogalom („Unbegriff”, Heidegger, 1996 [GA 27], 219.); olyan lehetetlen fogalom, tehetjük hozzá, amellyel időről időre és különböző kontextusokban – egyfajta megkerülhetetlen „szükségmegoldásként” – mégiscsak élnünk kell.

*Tudomány és filozófia
mint életmód és közösségi létforma*

„Hogy mi a matematika”, hangzik Heideggernek egy a filozófia és a tudományok viszonyát illető megvilágító magyarázata, „sohasem lehet matematikailag megállapítani; hogy mi a filológia, nem lehet filológiailag megmagyarázni; hogy mi a biológia, nem lehet biológiailag megmondani. Hogy mi egy tudomány – ez már *mint kérdés* sem *tudományos* kérdés többé. Abban a pillanatban, amikor megfogalmazódik egy tudományra általában [...] vonatkozó kérdés, akkor a kérdező már új szférába lép, melynek más bizonyítási igényei és formái vannak” (Heidegger, 1961, I. k., 372.; lásd még pl. Heidegger, 1996 [GA 27], 38.).

Lévén a tudomány mibenléte ebben az értelemben maga is filozófiai probléma (és ebben az összefüggésben számos egyéb filozófust idézhetnénk még), utolsó lépésben Heideggerhez kapcsolódva egy olyan tudományfogalom körvonalait szeretném felrajzolni, melynek értelmében a filozófia is lehet tudomány, és a tudományos filozófia fogalma – Heideggernek e fogalom iránti elutasító attitűdje ellenére, ám épp a heideggeri tanulságokkal összhangban, „A filozófia és a tudományok” viszonyának Nánay Bence által felvetett vitaindítójának háttere előtt (Nánay,

2011) – értelmes és filozófusok (s talán a filozófia iránt fogékony tudósok) számára is elfogadható elképzelésként jelenhet meg. Előzetes megjegyzésként megemlítem, hogy a filozófia és a tudományok közötti viszonyt illetően Kant egy helyen „a filozófia *méltóságáról*, azaz abszolút értékéről” beszélt; arról, hogy „a filozófia az egyetlen, aminek *belső* értéke van, s [hogy] a filozófia ad értéket minden más tudománynak” (Kant, 1974, 130.). Ebben a tekintetben Hegel is úgy gondolta, „a többi tudományban, bármennyire próbálkoznak is okoskodással a filozófia nélkül, nincs élet, szellem, igazság nélküle” (Hegel, 1973, 43).

A tudomány – az általam előtérbe helyezni kívánt értelemben – egyfajta diszpozíció, habitus, illetve életmód, melyről a hagyomány kiemelkedő filozófusai igen sokat írtak. A „tudományos filozófia” kifejezésben a „tudományos” jelző teljességgel általános, diszpozicionális értelemben szerepel; nem filozófia és tudomány, avagy különböző filozófiai irányzatok (illetve azok „tudományosságának”) kérdésében kíván valamely álláspontot megfogalmazni, a tudományosságot nem valamely „egzakt” módszer következetes alkalmazásához köti, hanem egyszerűen az ideológiai-világnézeti előírásoktól mentes, komoly, elmélyült, igényes, önkritikus, a másokra és a hagyományra odafigyelő filozófiai munkát jelenti. „Tudományosan” filozófiát művelni ebben az értelemben annyit tesz, mint nem elhamarkodottan, elsielve, szenvedély által elhomályosítva ítélni, hanem megfontoltan, higgadtan mérlegelni, a dolgoknak lehetőség szerint alaposan utánajárni, ítéletalkotás előtt minél széleskörűbben tájékozódni, egy-egy kérdésben minél több alternatív állásponttal megismerkedni, azok tárgyi igazságát fontolóra venni, adott esetben ér-

veiket megerősíteni.⁶ „Tudományt művelni” ebben a (talán hermeneutikainak nevezhető) értelemben összefoglalóan annyi, mint valamely szabályok irányította *társasjátékban* részt venni, egy adott közösségi formában, ahol is a játék folytatása, illetve a tárgy, ami körül a játék forog, fontosabb, mint a benne résztvevők (becses) személye, illetve az, hogy időről időre ki kerekedik a másik fölébe. Végső győzelem pedig amúgy sincs.

A jelzett higgadság, megfontoltság nem jelent ugyanakkor közönyt, unalmat, érdektelenséget vagy rutinszerűséget, nem zárja ki a szenvedélyt, a feszültséget, hanem annak meghatározott keretek közé való szorítását jelenti. Heidegger számára a filozófiai módszer „szigor”, mint láttuk, annyit tesz, mint „angstrengt” – „megfeszítetten”, „megfeszítve” kutatni, teljes odaadással („hingeben”) a dologra koncentrálni, annak adni az első és utolsó szót. Kézenfekvő, hogy a fenti értelemben körvonalazott „szigor” a heideggeri életmű alapvető jellemzője: ebben az értelemben Heidegger véges végig (a kifejezés elutasítása ellenére és azután is) a „tudományos filozófia” *odaadó* híve és művelője maradt.

Tudományos továbbá az itt előtérbe helyezni kívánt értelemben az a filozófia, amely a nagy európai tradíció gondolati teljesítményeinek közvetítésével, ápolásával, a vele való dialógusban, közös nyelvet tanulva, a közösség szellemi felemelkedésén munkálkodva műveli a gondolkodást. Elsődlegesen nem is

⁶ Lásd az utóbbival kapcsolatban Gadamer megjegyzéseit: „Ha megpróbálunk megérteni egy szöveget, [...] akkor abba a perspektívába helyezkedünk bele, amelyből a másik személy a maga véleményét megalkotta. Ez pedig azt jelenti, hogy megpróbáljuk érvényre juttatni annak a tárgyi jogosságát, amit a másik mond. Sőt [...] még arra is törekszünk, hogy megerősítsük az érveit.” (Gadamer, 1984, 208.)

annyira a tradíció előtti tiszteletteljes főhajtásról van szó, mint inkább arról, hogy új tudományos nézeteket a régiekkel ütköztetni illik; s hogy aki nem vesz tudomást múltbéli alternatív nézetekről, nem a velük való igényes számvetésben próbálja saját nézeteit kifejteni igazolni, az kiírja magát ebből a társasjátékból. Érdemes ezzel összefüggésben felfigyelni arra, hogy a „tudomány”-hoz, a „tudományosság”-hoz kapcsolt emfaticus újkori elvárások végső elemzésben vajon tényleg az „objektivitás”-hoz, az „univerzálisan érvényes” ismerethez (avagy a matematizáló, „egzakt” módszerhez) kapcsolódnak-e, s nem inkább arra nyúlnak-e vissza, hogy a tudományos közösség nyújtotta *de facto* az emberi együttélés egyfajta paradigmatiszta módját, s hogy vajon nem éppen ez utóbbi-e az, ami miatt az újkorban a vallás helyébe tudott lépni, miközben egyúttal önmaga is szinte vallásos áhítat tárgyává lett. Nem jelentőség nélkül való, hogy a jelenkor kiemelkedő amerikai gondolkodója, a nemrég elhunyt Richard Rorty, több írásában is erre az álláspontra hajlott: miközben a tudomány ama pretenzióját, miszerint privilegizált hozzáféréssel rendelkezik valamely „objektívnek” nevezett ismerethez vagy valósághoz, a lehető leghatározottabban elutasította, a tudományt mégsem oldotta fel szkeptikus-relativisztikusan valamely tetszőleges hétköznapi tevékenységformában, mellyel minden más egyenértékű, hanem specifikumát éppenséggel paradigmatiszta közösségi jellegében igyekezett megragadni. „[...] semmi ok nincs arra”, írta, „hogy a tudósokat amiatt dicsérjük, hogy »objektívebbek«, avagy »logikusabbak«, avagy »módszeresebbek«, avagy az »igazságnak inkább elkötelezettebbek«, mint más emberek. Viszont számos ok szól amellet, hogy dicsérjük azokat az intézményeket, melyeket ki-

alakítottak és amelyekben belül dolgoznak – s hogy ezeket a kultúra többi része számára is modellként fogjuk fel. Ezen intézmények ugyanis konkrét tartalmat kölcsönöznek a »kényszermentes megegyezés« [unforced agreement] eszméjének. [...] A racionalitás hagyományos fogalmainak általam való visszautasítása tehát abban az állításban összegezzhető: *a tudományt egyetlen értelemben tekinthetjük példászerűnek; abban az értelemben, hogy az emberi szolidaritás modelljét alkotja.*” (Rorty, 1991, 39. – kiemelés F. M. I.)

Anélkül, hogy e helyen lehetőség nyílne részletesebb történeti visszapillantást végezni, a tudomány mint szolidaritás Rorty-féle gondolatával összefüggésben érdemes utalni arra, hogy a tudomány eszméjének egyfajta ideális közösségi létformában való megvalósulása – kikristályosodása (a tudományeszménynek közösségeszménybe való átcsapása, illetve vele való összekapcsolódása) a görög–európai filozófiának Platóntól kezdve a legkülönbözőbb formákban vissza-visszatérő toposza – Platón számára a filozófia nem holt tan, hanem „eleven tanítás”, „közös munka és igazi életközösség” (*Phaidrosz*, 278a), egyfajta életmód (vö. *VII. levél*, 328a, 330b), Kant számára pedig „a filozófus inkább magartartásáról, mint tudományáról kapja a nevét”, úgy hogy szemében „a tulajdonképpen filozófus a gyakorlati filozófus” (Kant, 1974, 130.). Oly toposz ez, mely különösen az újkorban a filozófiának tudományként való létrehozása körüli erőfeszítésekben mutatkozott meg. Jellegetes, hogy Hegelnél a szellem útja a *Fenomenológiá*-ban az „abszolút tudáshoz”, a „tudományhoz” mint legmagasabb létformájához vezet, ami majd Marxban határozottan egy társadalomeszmény alakját ölti. A marxista tradícióban – persze elsősorban az ún. nyu-

gati marxizmusban – ez a gondolat mindig igen erősen jelen volt.⁷ De megtalálható a legkülönbözőbb formákban számtalan más filozófiában is. *A filozófia mint szigorú tudomány* című programadó tanulmányának nyomában az első mondatában Edmund Husserl félreérthetetlenül kifejezésre juttatja, hogy a filozófia tudományosságához kapcsolt elvárás a teoretikus igényeken túlmenően nem csekélyebb súllyal magában foglalja az „etikai, vallási tekintetben tiszta észelvek szabályozta életet” is (Husserl, 1993, 23.). Elmondható tehát, hogy a tudományért, a tudomány tudományosságáért, illetve a filozófia tudományosságáért való aggodalom így vagy úgy az emberi együttélés egyfajta (dialogikus, poliszbéli, kényszermentes, érvelő, osztályok nélküli, a másik ember méltóságát szem előtt tartó, a partikuláris embert a „szellem” szférájába emelő, a másik embert „megértő” stb.) formája iránti aggodalommal kapcsolódott össze. Ez az összekapcsolódás éppenséggel abban a sajátosan negatív formában mutatkozik meg igen jellegzetesen, mely szerint – miként Karl Popper célratorően fogalmazott – míg „az etika nem tudomány”, s „az etikának nincs semmiféle [...] tudományos fundamentuma”, addig – fordítva – „a tudománnak s vele együtt a racionalizmusnak nagyon is van *etikai* fundamentuma” (Popper, 1952, vol. 2, 238.). E különbségtétel azután – meglehet nem is olyan távoli – párhuzamot mutat Hans-Georg Gadamernek fő műve II. kiadása előszavában szereplő ama kijelentésével, mely szerint az általa kidolgozott „hermeneutika” nem tudomány ugyan,

⁷ Lásd pl. Adorno megjegyzését: „*a tudományos igazság eszméje nem választható le az igazi társadaloméről*”; illetve Max Horkheimer megfogalmazását: „*Az ész önszemlélete [...] az újabb gondolkodásban a szabad, önmagát meghatározó társadalom [...] fogalmába csapott át*” (Adorno, 1976, 199.; Horkheimer, 1976, III.).

amennyiben nem „mesterségbeli szabályok rendszerének” kidolgozása, avagy egyfajta „módszertan” a célja, mindenesetre azonban „*»tudományos« tisztességre szólít fel*” (Gadamer, 1975, II. – kiemelés F. M. I.).

Ebben az utóbbi értelemben – a tudományban rejlt „etikai fundamentum”, illetve a „tudományos tisztesség” értelmében –, továbbá a gondolkodás „megfeszítése”, illetve a dolognak való „odaadás” heideggeri értelemben, valamint a Rorty-féle szolidaritás-gondolat értelmében,⁸ mindenfajta szcientista „objektivitás”-igény összeomlása ellenére is megőrizhetjük még (s kívánatosnak is gondolom, hogy megőrizzük) a filozófia tudományosságának – ha úgy tetszik: a „tudományos filozófiának” – eszméjét.

Összegzésképpen – a jelen dolgozat címére visszautalva – azt lehetne mondani: a filozófia nagysága végső soron nem más, mint az ember nagysága, miként nyomorúsága is az ember nyomorúsága. Az emberé, aki nem csupán a filozófia és a tudomány tárgya – tárgyainak egyike, egy a létezők közül, legyen bár a legkitüntettebb is –, de egyszersmind alanya is: általa van filozófia és tudomány (filozófiai és tudományos világkép) egyáltalán. Nemcsak róla szól a leírás – ő egyúttal az is, aki a leírásokat megalkotja, s aki eközben (ilyen leírások közepette és hozzájuk így vagy úgy viszonyulva) éli le életét. Az ilyenformán felfogott filozófia halálát meghirdetni – mi-

⁸ A tudomány (filozófia) közösségi létformájára vonatkozóan lásd Heideggerrel a *Mi a metafizika?* című székfoglaló előadás egyik jellegzetes megfogalmazását: „Létünket – kutatók, oktatók és hallgatók közösségében – a tudomány határozza meg.” (Heidegger 1976b, [GA 9], 103. – kiemelés F. M. I.)

ként azt a vitaindító kiindulópontjával szolgáló könyv egy más, szűk értelemben felfo-

⁸ A *tudományos filozófia tágabb értelmezése felé* – ezt a címet viseli Nyíri Kristóf jelen kézirat lezártakor megjelent vitacikke (Nyíri, 2012), s e megfogalmazással nem

gott filozófiával kapcsolatban teszi – talán mégiscsak elstetett dolog volna.⁸

csupán teljes mértékben egyetértek, de amire fentebb kísérletet tettem, az bizonyos értelemben épp e „tágabb” felfogásnak a magam módján való kifejtése-értelmezése.

Kulcsszavak: *filozófia, tudomány, tudományos filozófia*

IRODALOM

Adorno, T. W. (1976): Bevezetés. In: Adorno, Theodor W.: *Tény, érték, ideológia. A pozitívizmus-vita a nyugatnémet szociológiájában.* (Szerk. Papp Zsolt) Gondolat, Budapest, 164–253.

Bloom, Allan (1988): *The Closing of the American Mind.* Touchstone Edition. Simon & Schuster, London–NY • <http://books.google.hu/books?id=cfzrePZFFC4C&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

Fehér M. István (1992): Nemzet, filozófia, tudomány. A hazai filozófiai munkálkodás ágai és jelentősége. *Existencia*. II, 1–4, 495–540. • <http://www.existencia.hu/hu/assets/VOLII/nemzetfilozofiatudomany.pdf>

Fehér M. István – Olay Csaba (2012): A másik igazsága. Fehér M. István válaszol Olay Csaba kérdéseire. In: Lengyel Zsuzsanna Mariann – Jani Anna (szerk.): *A másik igazsága. Ünnepi kötet Fehér M. István tiszteletére.* L'Harmattan, Budapest, 265–332.

Gadamer, Hans-Georg (1984): *Igazság és módszer.* (Ford. Bonyhai Gábor) Kossuth, Budapest

Gadamer, Hans-Georg (1987): *Gesammelte Werke.* Bd. 4, Mohr, Tübingen

Hegel, G. W. F. (1973): *A szellem fenomenológiája.* (Ford. Szemere Samu) Akadémiai, Budapest

Heidegger, M. (1961): *Nietzsche.* Neske, Pfullingen

Heidegger, M. (1975): *Gesamtausgabe [= GA], Bd. 24: Die Grundprobleme der Phänomenologie (Sommersemester 1927).* (Hrsg. von Herrmann, Friedrich-Wilhelm) Klostermann, Frankfurt/Main

Heidegger, M. (1976a): *Zur Sache des Denkens.* Niemeyer, Tübingen. • <http://www.scribd.com/doc/83870522/Heidegger-Martin-Zur-Sache-Des-Denkens>

Heidegger, M. (1976b): *Gesamtausgabe, Bd. 9: Wegmarken (1919–1961).* (Hrsg. von Herrmann, Friedrich-Wilhelm) Klostermann, Frankfurt/Main

Heidegger, M. (1983): *Gesamtausgabe, Bd. 29/30: Die Grundbegriffe der Metaphysik. Welt – Endlichkeit – Einsamkeit (Wintersemester 1929/30).* (Hrsg. von Herrmann, F.-W.) Klostermann, Frankfurt/Main

Heidegger, M. (1985): *Gesamtausgabe, Bd. 61: Phänomenologische Interpretationen zu Aristoteles. Einführung in die phänomenologische Forschung (Wintersemester*

1921/22). (Hrsg. Bröcker, Walter – Bröcker-Oltmanns, Käte) Klostermann, Frankfurt/Main

Heidegger, M. (1992b): *Gesamtausgabe, Bd. 58: Grundprobleme der Phänomenologie Wintersemester 1919/20).* (Hrsg. Gander, Hans-Helmuth) Klostermann, Frankfurt/Main

Heidegger, M. (1996): *Gesamtausgabe, Bd. 27: Einleitung in die Philosophie Wintersemester 1928/29)* (Hrsg. Saame, Otto – Saame-Speidel, Ina) Klostermann, Frankfurt/Main

Horkheimer, Max (1976): Hagymányos és kritikai elmélet. In: Horkheimer, Max: *Tény, érték, ideológia. A pozitívizmus-vita a nyugatnémet szociológiájában.* (Szerk. Papp Zsolt) Gondolat, Budapest, 117–143.

Husserl, Edmund (1993): *A filozófia mint szigorú tudomány.* Kossuth, Budapest

Jaspers, Karl (1975): *Bevezetés a filozófiába.* (Ford. Szathmáry Lajos) Európa, Budapest

Kant, I. (1974): *A vallás a pusztá ész határain belül és más írások.* (ford. Vidrány Katalin) Gondolat, Bp.

Kant, I. (2004): *A tiszta ész kritikája.* (Ford. Kis János) Atlantisz, Budapest

Macann, Christopher (1992): Introduction. In: Macann, C. (ed.): *Martin Heidegger. Critical Assessments.* VI. 4. Routledge & Kegan Paul, London • <http://www.scribd.com/doc/3565254/Martin-Heidegger-Critical-Assessments-Vol-4>

Nánay Bence (2011): Filozófia és tudományok: Vitaindító. *Magyar Tudomány*. 12. 1493–1498. <http://www.matud.iif.hu/2011/12/09.htm>

Nyíri Kristóf (2012): A tudományos filozófia tágabb értelmezése felé. *Magyar Tudomány*. 6. 745–746. • <http://www.matud.iif.hu/2012/06/12.htm>

Platón (1984): *Phaidrosz.* (Ford. Kövendi Dénes) In: *Platón összes művei. (Bibliotheca Classica)* Európa, Budapest, II. 711–807.

Popper, Karl (1952): *The Open Society and Its Enemies.* Vol. 2. Routledge & Kegan Paul, London • <http://www.inf.fu-berlin.de/lehre/WS06/pmo/eng/Popper-OpenSociety.pdf>

Rorty, Richard (1991): *Philosophical Papers.* Vol. 1. Cambridge University Press, Cambridge

FILOZÓFIA A TUDOMÁNYOK ELŐTT, MELLETT, UTÁN – VITAZÁRÓ

Nánay Bence

PhD, University of Antwerp, Cambridge University
bn206@cam.ac.uk

A filozófia és a tudományok című, 2011-es írást vitaindítóknak szántam és éppen ezért mondandómat a lehető legprovokatívabban igyekeztem megfogalmazni. Nos, a provokáció sikeres volt, kilenc filozófus válaszolt írással, a kortárs filozófiai paletta és a hazai filozófiai hierarchia szinte minden pontjáról. A megjelenés sorrendjében: Vajda Mihály, Boros János, Nemes László, Tözsér János, Demeter Tamás, Nyíri Kristóf, Schwendtner Tibor, Molnár Gábor, Fehér M. István.

Mindenekelőtt szeretném köszönetemet kifejezni ezekért a hozzászólásokért: sokat tanultam belőlük, és külön örömmel töltött el, hogy filozófiai denominációtól (kontinentális *versus* analitikus) függetlenül lehetséges még igazi tartalmi vitát folytatni a filozófia és a tudományok viszonyáról. Jelen írás célja, hogy ezekre az írásokra valamiféle, szükségképpen hiányos és teljességre igényt nem tartó választ adjon.

A probléma

Eredeti cikkem fő mondandója az volt, hogy a filozófia veszélyben van: könnyű, nagyon könnyű szakmánkat mint avított és értelmetlen anakronizmust beállítani, különösen ha a természettudományokkal hasonlítjuk össze. Példaként Stephen Hawking új könyvét hoztam fel, amelyben a szerzők a filozófia

haláláról beszélnek. Ezt a víziót persze el lehetne hessegetni mint néhány filozófiaellenes tudós hóbörgését, de a probléma messze túlmutat a Hawking-idézetemre, és nagyon is égető, praktikus vonatkozása is van.

Ma egyetemi kutatást nagyon nehéz pályázati pénzek nélkül végezni. Nemcsak a természettudományok, de a filozófia terén is. És ezeket a pályázati pénzeket a legkritikább esetben filozófusok adják filozófusoknak. A nagyobb európai pályázatok esetében a filozófusok ugyanahhoz a kuratóriumhoz pályáznak, mint a nyelvészek vagy a pszichológusok. Tehát a pályázati pénzekért a filozófusoknak közvetlenül a természettudósokkal kell versenyezniük. És az ilyen versenyhelyzetben a természettudósok bolondok lennének nem lejártni a filozófiát mint irreleváns és emiatt támogatásra nem méltó öskövületet. Egy ilyen helyzetben elkerülhetetlen a filozófia önigazolásának problémája.

A cikkemmel tehát mindenekelőtt figyelmeztetni akartam: a filozófia veszélyben van. Cikkem második (és provokatívabb) felében pedig arra tettem javaslatot, miként lehetne ezt a veszélyt elkerülni: úgy, hogy a filozófia komolyabban veszi a tudományokat.

Valamelyest meglepett, hogy a kilenc hozzászóló közül többen koncentráltak a cikkemben javasolt megoldásra, mint a problémára

magára. Kicsit aggódom is, hogy nem mindenki veszi talán eléggé komolyan ezt a problémát – a filozófia öngazolásának problémáját. Nyíri Kristóf célja például a javaslatom „filozófiatörténeti távlatokba helyezése” (Nyíri, 2012, 745.). Ha jól értem, Nyíri általános elgondolása az, hogy a filozófia eleve igencsak komolyan veszi a tudományokat, sőt, talán mindig is ezt tette. Tehát egyetért a cikk pozitív javaslatával a filozófia és a tudományok viszonyáról, de talán redundánsnak, mert már eleve megvalósítottnak tartja azt. Ezt az állítását Nyíri azzal támasztja alá, hogy hangsúlyozza az általam javasolt megoldás és Wilfrid Sellars, illetve Charlie Dunbar Broad korábbi nézetei közötti hasonlóságot. Lehetséges vitatni mind a Sellars és Broad nézetei közötti hasonlóságot, mind azt, hogy az én javaslatom mennyire hasonlít ezekre, de a lényeg nem is ez, hanem hogy nem vagyok benne biztos, hogy Nyíri kellőképpen átérzi a filozófia veszélyeztetettségét. Az, hogy a filozófia két és fél évezredes történetéből kiragadunk két nevet, akik komolyan vették a tudományokat, nagyon keveseket fog meghatni a filozófia iránt szkeptikus tudósok közül. És ez a két példa azt semmiképpen nem bizonyítja, hogy a filozófia mindig is komolyan vette volna a tudományokat.

Úgy tűnik, Boros János még kevésbé veszi komolyan a filozófia öngazolásának problémáját. Cikke utolsó mondata a következő: „A modern demokrácia nem gondolható el és nem lenne életképes [...] a filozófia nélkül” (Boros, 2012, 361.). Miért ne lenne elgondolható a modern demokrácia a filozófia nélkül? És miért ne lenne életképes a modern demokrácia a filozófia nélkül? Szinte biztosra veszem, hogy a *Magyar Tudomány* olvasóinak nagy része nagyon is el tudja képzelni a modern demokráciát filozófia nélkül. De a

cikkemben felvetett fő probléma éppen ez: egyre többen gondolják azt, hogy a modern demokrácia nagyon is jól megtenne filozófia nélkül. Filozófiánál sokkal fontosabb és relevánsabb dolgokra is lehetne adni a közpénzeket. A kihívás éppen az, hogy a filozófiát olyan módon fogjuk fel, hogy az ne tűnjék pénzkidobásnak. Ez nem csak és nem elsősorban *piár* munkát jelent – hanem a filozófia önmeghatározásának igazi filozófiai feladatát. Ezt a problémát Boros teljes mértékben figyelmen kívül hagyja – ami különösen meglepő annak fényében, hogy ő (ha jól tudom) a Magyar Tudományos Akadémia Filozófiai Kutatóintézetének igazgatója, tehát az összes a vitához hozzászóló filozófus közül éppen neki kellene a filozófia társadalmi megítélését a legkomolyabban vennie – ahelyett, hogy *ex katedra* kijelentene, a modern demokrácia nem képzelhető el a filozófia nélkül.

Ismerd meg önmagadat – ismerd meg a világot

Adott tehát egy probléma, amelyet minden filozófiával hivatalosan foglalkozó szakembernek muszáj lenne komolyan vennie. Kérdés, hogy miként lehet ezt a problémát kezelni. Az én (provokatív) javaslatom az volt, hogy a filozófiának komolyan kell vennie a tudományokat, sőt, bizonyos értelemben elméleti tudománnyá kell válnia. Nyitva hagytam azonban azt a kérdést, hogy milyen elméleti tudományról van is itt szó. E tekintetben nagyon hasznosnak tartom a három kontinentális filozófus (Vajda Mihály, Schwendtner Tibor, Fehér M. István) hozzászólását, mert ők – paradox módon – sokkal komolyabban és elmélyültebben elemezték a filozófia és a tudományok viszonyát, mint az elvileg tudományközelibb analitikus filozófiai hozzá-

Vajda Mihály írása különösen a szívemből szólt – noha egészen más filozófiai tradíciókhoz kötődünk. Vajda amellet érvel, hogy a filozófia nem a világ megismerését tűzi ki céljául, hanem saját magunk megismerését. Ha a világot akarná megismerni, akkor – Vajda itt, úgy tűnik, teljes egészében átérzi a cikkem által felvetett probléma súlyosságát – eleve vesztesre állna a tudományokkal szemben. De – érvel Vajda – a filozófiának nem ez a célja, hanem saját magunk megértése.

Bár Vajda nem biztos benne, hogy van-e kettőnk nézete között bármilyen közös alap, amely lehetővé tenné a vitát, én meglepően sok strukturális hasonlóságot látok kettőnk filozófiafelfogása között. A filozófia – legalábbis a filozófia bizonyos területei, mint például az általam leginkább művelt elmefilozófia – nagyon is saját magunkról szól. Ez nincs elmentében a tudományok komolyan vételével, de még az 'elméleti tudomány' szlogenjével sem. Egyik fő állításom, melyet Hawking lesújtó véleményével szegeztem szembe, a következő volt: „A tudomány által a világról és önmagunkról alkotott kép, valamint a naiv, az utca embere által a világról és önmagunkról alkotott kép nagyon különböző. [...] Az utca embere azt gondolja, hogy a szomszédja fejében gondolatok és vágyak vannak. A tudomány azt állítja, hogy sok-sok idegsejt bonyolult hálózata. Ez a kétféle kép nem kompatibilis, és a filozófia feladata az, hogy a kettő közötti kapcsolatról beszéljen: arról, hogy hogyan lehet ezt az ellentmondást feloldani, de legalábbis együtt élni vele. [...] a tudomány és a mindennapi elképzeléseink összevetése a filozófia, és nem a tudomány feladata, hiszen ezen összevetés során a tudományt kívülről kell szemlélni és összehasonlítani a mindennapi, naiv elképzelésünkkel.” (Nánay, 2012, 1495.)

Ám ha ez igaz, akkor a filozófia nagyon is saját magunkról szól: arról, hogy a saját magunkról alkotott naiv elképzelések és a tudomány által sugallt kép miként egyeztethető össze. Talán félrevezető volt az 'elméleti tudomány' szlogen használata. De elméleti tudomány sokféle van – a tudományt több okból lehet komolyan venni. Lehet ezt öncélúan tenni, vagy azért, hogy „a természettudósok beszélgetőpartnerei” (Demeter, 2012, 488.) lehessünk, de lehet azzal a céllal is, hogy ezáltal megtudhassunk valami fontosat önmagunkról. És én éppen ezt értettem a filozófia mint elméleti tudomány javaslatán – talán még Vajda számára is elfogadhatóan. Önmagunk megismerése nagyon fontos – érdemes tehát a rendelkezésünkre álló legmegbízhatóbb információt figyelembe venni, amikor erről gondolkodunk. De ezt a legmegbízhatóbb információt a tudományok szolgáltatják.

Sok tekintetben Vajdához hasonló Nemes László konklúziója is, aki a filozófia gyakorlati oldalát – a filozófiai praxist, illetve az 'öngondozást' – kéri számon érvelésesen. Ha jól értem Boros János írásának első felében a pragmatizmusra tett utalásait, talán ő is ehhez hasonló ellenvetést próbál megfogalmazni. Válaszom itt ugyanaz: a tudományokat lehet öncélúan beépíteni a filozófiába, de lehet ezt úgy is tenni, hogy ez gyakorlati alkalmazási lehetőségekre nyisson utat. Sőt, ha a filozófiát tágabb értelemben vett pragmatizmus értelmében fogjuk fel, akkor érdemes szilárd alapokra fektetni, és a tudományok adhatják ezeket a szilárd alapokat.

A pragmatizmus és a filozófia mint elméleti tudomány víziója nem új gondolat: Philip Kitcher például explicit módon a tudományon alapuló és abból kiinduló, ugyanakkor a dewey-i és jamesi pragmatizmust közvetle-

nül folytató megközelítést sürget, amelyet pragmatikus naturalizmusnak hív (Kitcher, 2012) – igen meglepő, hogy Boros János még csak nem is említi az általa példaként emlegetett Rortyénál lényegesen naturalistább (és a pragmatizmus értékeit is közvetlenebbül folytató) kitcheri pragmatikus naturalizmust.

Kitcherhez hasonlóan én is szeretnék pluralista maradni a filozófia művelését tekintve – eredeti cikkem e tekintetben talán félrevezető volt. Kitcher szerint teljes mértékben összeegyeztethető a naturalizmus (a tudományokat komolyan vevő filozófia) és például az a módszer, hogy nagy irodalmi vagy éppen zenei művekből nyerünk filozófiai konklúziókat. Kitcher következőként megjelenő könyve Thomas Mann *Halál Velencében-jének* filozófiáját fejt fel (Kitcher, 2013). Én magam Robert Musil filozófiájáról állítok össze egy különszámot a *The Monist* című, amúgy a szigorú analitikus filozófia egyik élharcosának számító filozófiai folyóiratban (Nánay, 2014). Musil egyébként különösen releváns e kontextusban, hiszen az ő legfontosabb vezérelve az élet és önmagunk lehető legbensőségesebb vizsgálata a lehető legtudományosabb precizitással. Ha jól olvasom Fehér M. István hozzászólását, ez számára is elfogadható 'tudományos filozófia' lenne. És a Schwendtner Tibor által elemzett példa a Martin Heidegger és Werner Heisenberg közötti tudományos kapcsolatról szintén beleférne ebbe a filozófiafölfogásba.

Intuíciók

Cikkem legöbбек által vitatott része, furcsa módon éppen az, amit eredetileg (a közelmúlt filozófiai diskurzusának fényében, lásd például: Cappelen, 2012, Kornblith, 1998, DePaul – Ramsey, 1998) a legkevésbé tartottam provokatívnak: az intuíció-alapú filozo-

fálás tarthatatlanságát. Molnár Gábor remekül összefoglalja érveimet: „Nánay legalább háromféle érvet hoz fel intuíciókkal szemben: (1) különböző személyek ugyanarra a kérdésre vonatkozó intuíciói gyakran eltérnek egymástól; (2) az intuíciók empirikusan tévesnek bizonyulhatnak – még akkor is, ha az emberek „elsöprő többsége” egyetért bennük; (3) egyes intuíciók kísérletileg kimutathatóan olyan külsődleges, esetleges körülményekkel korrelálnak, mint a kísérleti szoba tisztasága, vagy hogy mosott-e kezét a kísérleti alany.” (Molnár, 2012, ???)

Molnár azt is helyesen figyeli meg, hogy Demeter Tamás és Tözsér János e három érv közül csak a másodikat tárgyalja és támadja. Gondolatmenetük meglepően hasonló: bár empirikus intuícióink talán valóban megbízhatatlanok, ebből nem következik, hogy filozófiai (Tözsér), illetve fogalmi (Demeter) intuícióink szintén megbízhatatlanok lennének. A felvetés tehát az, hogy ha az intuíció filozófiai/fogalmi, akkor valamiként mentesül az intuíciók amúgy általánosságban jól dokumentált megbízhatatlanságától. Mi biztosítja Demeter és Tözsér szerint a filozófiai/fogalmi intuíciók immunitását?

Tözsér János szerint a filozófiai intuíciók annyira mélyen vannak belénk plántálva („Isten vagy az evolúció” [Tözsér, 2012, 486.] által – ezt kissé meglepve olvastam a *Magyar Tudomány* hasábjain), hogy meg sem tudjuk őket kérdőjelezni. Ahogy a szerző írja: „Együnkünk sem tud egykönnyen megválni tőlük, és holnaptól más, ezekkel ellentétes intuíciók alapján gondolkodni” (Tözsér, 2012, 486.).

Talán nem kell hangsúlyozni, hogy az inkorrigibilitásból nem következik a reliabilitás. Lehet valakinek olyan, alapjaiban téves intuíciója, amelytől nem tud egykönnyen megválni, és ezzel ellentétes intuíciók alapján

gondolkodni. A XVII–XVIII. század fordulóján nyilván sok tudós nem tudott volna egykönnyen megválni a flogiszonról szóló intuíciótól, de ettől még nem kell azt gondolnunk, hogy ezek az intuíciók megbízhatóak voltak. Tözsér talán azt válaszolná erre, hogy a flogiszon megint csak empirikus és nem filozófiai példa, és a kifejezetten filozófiai intuíciók azok, amelyek Tözsér szerint varázslatos módon mentesülnek az intuíciók megbízhatatlanságától.

De az elmúlt tíz évben futószalagon keletkeznek olyan kutatások, amelyek a kifejezetten filozófiai intuícióink variabilitását igazolják: a Gettier-intuíció (arról, hogy a tudás igazolt igaz hiedelem-e), a Kripke-intuíció (arról, hogy a tulajdonnevek referenciáját mi határozza meg), az esszencialista intuíció (arról, hogy némely entitás némely tulajdonsága szükségképpen övé-e), és még sok-sok intuíció függ attól, hogy a válaszadó férfi-e vagy nő, és attól is, hogy az illető milyen országban nőtt fel (lásd például: Machery et al., 2008; Weinberg et al., 2001). Kinek a Gettier-intuícióját kell tehát elfogadnunk: a nőkét vagy a férfiakét? Az amerikaiakét vagy a japánokét? Ha az egyik csoport intuíciója megbízható, a másik nyilván megbízhatatlan, de akkor honnan tudjuk, vajon a szerencsések közé tartozunk-e? És ha ennyire fragmentálttá vált az intuíció fogalma, érdemes-e bármiféle hangsúlyt fektetni (és közpénzeket költeni) egy szűk csoport intuícióinak vizsgálatára (vagy esetleg e csoport különböző intuíciói közötti feszültség vizsgálatára), mint Tözsér javasolja?

Ha jól értem Demeter hozzászólását, az ő szemlélete talán nem is áll olyan távol az enyémtől – elképzelhető, hogy csak az értékítéleteink különböznek. Szerinte a 'népi pszichológia' – az az általunk sokat gyakorolt képesség, hogy gondolatokat és vágyakat tu-

lajdonítsunk másoknak – fikciókkal dolgozik: a másik ember fejében nem vágyak és gondolatok vannak, hanem neuronok. A filozófiai intuíciók viszont éppen ennek a népi pszichológiának a megértésére alkalmasak. A neuronok felderítése az idegtudomány feladata. Ha valóban ezzel a képpel dolgozik Demeter, akkor már eleve az általam elméleti természettudománynak tekintett filozófia paradigmáján belül van, hiszen a 'mentális fikcionalizmus' álláspontja éppen a tudomány által sugallt kép (neuronok) és a hétköznapi kép (gondolatok és vágyak) közötti kapcsolatról szól – bár ennek a kapcsolatnak egy szélsőséges formája mellett foglal állást. Én persze hozzátenném, hogy ha a népi pszichológia tényleg csak fikció, és a fejünkben valójában csak neurális kapcsolatok vannak, akkor a népi pszichológia nemcsak tudományosan, de filozófiailag is érdektelenné válik. Ezt Demeter nyilván másként gondolja, de ez a nézeteltérés már magáról a filozófia és a tudományok (illetve a manifeszt kép és a tudományos kép) viszonyáról szól.

Molnár Gábor érveimet (és a többi hozzászóló érveit) igen részletesen elemző, nagyon alapos munkájában hosszan és meggyőzően bírálja Tözsér és Demeter intuíciófogalmát, de ő maga is azzal az ellenvetéssel áll elő, hogy a filozófiai intuíciót túl gyorsan elvetem. Szerinte a filozófiai intuíciók *a priori* intuíciók. Ezzel valóban el lehetne különíteni a filozófiai és a 'csak' empirikus intuíciókat. Molnár azonban azt is észreveszi, hogy intuícióink, beleértve a filozófiai intuíciókat is, szocializációnk eredményei. Ezt nehéz volna tagadni, különösen a két bekezdéssel előbb említett kutatások fényében. Persze valami nem lehet mind *a priori*, mind a korábbi szocializációnk során felszedett tapasztalatainkon alapuló – az *a priori* definíciója éppen

a tapasztalatoktól való függetlenség. Éppen az intuíciók Molnár által is felismert szocializációfüggősége miatt omlik össze Molnár pozitív javaslata a filozófiai és a nem filozófiai intuíciók elkülönítéséről.

Molnár azonban helyesen azonosította a ma egyre népszerűbb, a 'filozófia filozófiája'ként ismert diszciplína egyik központi kérdését: azt, hogy mi az intuíció, mennyiben lehet azt *a priori*-nak tekinteni, és szolgálhat-e evidenciaként (lásd például Herman Cappelen [2012] alapos áttekintését). Bár az első és a második kérdésben nincs konszenzus, egyre kevesebben tartják úgy, hogy az intuíciókat evidenciának tekinthetjük (Earlenbaugh – Molyneux, 2009).

Demeter Tamás helyesen jegyzi meg, hogy az intuíció-alapú filozófia számára a filozófiai intuíciók csak az első lépést jelentik: az intuíciókra épülnek a filozófiai érvek. Mivel az intuíciók nem különösebben érdekes és egyáltalán nem megbízható alapot jelentenek a filozófiai érvek számára, én amellett érveltem, hogy az intuíciókat a tudományból vett adatokkal helyettesítsük. A filozófia fő feladata továbbra is a filozófiai érvelés lenne, de ezek az érvek nem a törekeny és félrevezető intuíciókra, hanem a tudományból vett adatokra támaszkodnának. Nem a filozófia feladását és a természettudományokba olvasztását javaslom tehát, hanem a filozófia tudományos megalapozását.

Kulcsszavak: *filozófia, tudomány, empirikus alap, intuíció, kísérleti filozófia*

IRODALOM

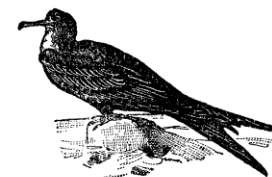
- Boros János (2012): A tudomány és a filozófia esete a természettel, a történelemmel és a demokráciával. *Magyar Tudomány*. 173, 3, 354–361. • <http://www.matud.iif.hu/2012/03/13.htm>
- Cappelen, Herman (2012): *Philosophy without Intuitions*. Oxford University Press, Oxford
- Demeter Tamás (2012): A fogalmi intuíció védelmében. *Magyar Tudomány*. 173, 4, 488–492. • <http://www.matud.iif.hu/2012/04/12.htm>
- DePaul, Michael – Ramsey, William (eds.) (1998): *Rethinking Intuition*. Rowman and Littlefield, Lanham, 129–141. • <http://books.google.hu/books?id=kOjtQwQoXmkC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Earlenbaugh, Joshua – Molyneux, Bernard (2009): Intuitions Are Inclinations to Believe. *Philosophical Studies*. 145, 89–109. • <http://philpapers.org/archive/EARIAL7.pdf>
- Fehér M. István (2012): A „kerekded kör”, avagy a filozófia nagyságáról és nyomorúságáról. *Magyar Tudomány*. 173, 9, 110. o.
- Kitcher, Philip (2012): *Preludes to Pragmatism*. Oxford University Press, New York
- Kitcher, Philip (2013): *Deaths in Venice*. Columbia University Press, New York, megjelenőben
- Kornblith, Hilary (1998): The Role of Intuition in Philosophical Inquiry. In: DePaul, Michael – Ramsey, William (eds.): *Rethinking Intuition*. Rowman and Littlefield, Lanham, 129–141. • <http://books.google.hu/books?id=kOjtQwQoXmkC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Machery, Edouard – Mallon, R. – Nichols, S. – Stich, S. (2004): Semantics Cross-cultural style. *Cognition*. 92, B1–B12. • <http://www.pitt.edu/~machery/papers/vernon%20publiee.pdf>
- Molnár Gábor (2012): Intuíciók, tapasztalatok és gyakorlati érdekek a filozófiában. *Magyar Tudomány*. 173, 1103. o.
- Nánay Bence (2011): A filozófia és a tudományok – vitaindító. *Magyar Tudomány*. 172, 12, 1493–1498. • <http://www.matud.iif.hu/2011/12/09.htm>
- Nánay Bence (ed.) (2014): The Philosophy of Robert Musil. *The Monist*. In edit. • <http://monist.buffalo.edu/callsforpapers.html#Musil>
- Nemes László (2012): Megismerés és praxis: a filozófia céljai. Válasz Nánay Bence vitaindító írására. *Magyar Tudomány*. 173, 3, 362–366. • <http://www.matud.iif.hu/2012/03/14.htm>
- Nyíri Kristóf (2012): A tudományos filozófia tágabb értelmezése felé. *Magyar Tudomány*, 173, 6, 745–746. • <http://www.matud.iif.hu/2012/06/12.htm>

Schwendtner Tibor (2012): A fizikus és a filozófus, avagy miért ne helyezzük gyámság alá a filozófiát. *Magyar Tudomány*. 173, 993. o.

Tözsér János (2012): A filozófia és az intuíciók. *Magyar Tudomány*. 173, 4, 484–487. • <http://www.matud.iif.hu/2012/04/11.htm>

Vajda Mihály (2012): A filozófus szemérmelensége. Válaszfélé Nánay Bencének. *Magyar Tudomány*. 173, 2, 231–234. • <http://www.matud.iif.hu/2012/02/15.htm>

Weinberg, Jonathan – Nichols, S. – Stich, S. (2001): Normativity and Epistemic Intuitions. *Philosophical Topics*. 29, 1–2, 429–460. • <http://rucss.rutgers.edu/ArchiveFolder/Research%20Group/Publications/NEI/NEIPT.html>



Pályázati felhívás GÁBOR DÉNES-DÍJ 2012

Ez évben is meghirdetésre kerül a Gábor Dénes-díj, a civil szféra egyik legnevesebb hazai műszaki alkotói elismerése. A díjjal ez évtől már nemcsak a hazai műszaki és természettudományi felsőoktatás képviselőit, a jelentősebb ágazatok, iparágak kutató-fejlesztő szakembereit kívánjuk elismerni, hanem a határainkon túl élő, magyar származású szakembereket is, akik a villamosenergia-ipar területén az elmúlt öt évben kiemelkedően eredményes mérnöki, kutatói teljesítményt nyújtottak, vagy eredeti felfedezést tettek.

A felterjesztési felhívás és az egyes kategóriákra vonatkozó kiírások a <http://www.novofer.hu/alapitvany/tartalom/menu/76> címen érhetőek el.

A felterjesztések leadási határideje: 2012. október 10.

Amennyiben további információval segíthetjük tájékoztató munkájukat kérem, jelezék e-mailben a barany.alapitvany@novofer.hu, illetve az alapitvany@novofer.hu címen.

Gyulai József
a kuratórium elnöke

Bárány Ernese
sajtómunkatárs

Tudós fórum

AZ ELMŰLÁS ÉS A HALÁL KULTÚRÁJA AZ ÉLETIGENLÉS NÉZŐPONTJÁBÓL

NEMZETKÖZI TUDOMÁNYOS TEOLÓGIAI KONFERENCIA, GYULAFEHÉRVÁRI RÓMAI KATOLIKUS ÉRSEKSÉG, GYULAFEHÉRVÁR, 2011. MÁRCIUS 25–26.
SZERVEZŐK: PASZTORÁL-TEOLÓGIA TANSZÉK – BABEŞ–BOLYAI TUDOMÁNYEGYETEM RÓMAI KATOLIKUS TEOLÓGIA KARA, KOLOZSVÁR, ROMÁNIA

Havas László

az MTA doktora, professor emeritus,
Debreceni Egyetem Klasszika-filológiai és Ókortörténeti Tanszék

Napjainkban, amikor az élet minél tökéletesebb anyagi megélése kerül az előtérbe, bizonyára némiképp különösnek tűnik egy ilyen témájú tudományos tanácskozás megrendezése, amely már latin címében is azt a problémát veti fel, hogy milyen irányba is halad az emberiség, melynek tagjai semmiképpen sem kerülhetik ki a halál szükségszerű bekövetkeztét. *Quo vadis e vita, mortalis?* – hangzott ugyanis a konferencia tárgyának megjelölése azon a nyelven, amely egész a 19. századig az európai és a magyarországi műveltség egyik fő letéteményese volt, megidézve ezzel az emberiség, s benne a magyar kultúra egyik legrégibb, máig élő közös hagyományát. Maga a tanácskozás azonban egyáltalán nem a múltba révedt, hanem nagyon is a jelennel, annak égető kérdéseivel foglalkozott. Igaz ez még akkor is, ha a kordivat megpróbálja felresöpörni, vagy pontosabban fogalmazva:

elhallgatni ezeket a kérdéseket. Nem lehet ugyanis szem elől téveszteni azt a nyilvánvaló tényét, hogy bár korunk látszólag az életre koncentrál, de ugyanakkor – mint arra különösen II. János Pál pápa mutatott rá többször is – valójában mégis egyfajta halálkultúrában vergődik. Hiszen az önös sikerek érdekében az emberek könnyen túlteszik magukat mind az élet tiszteletben tartásán, mind pedig a megannyi halált osztó háborúval együtt járó felelősségen, illetve azon a gondon, hogy a halálveszélyben lévőket valóban hatékonyan próbálják meg életben tartani, lehetővé téve számukra az emberhez méltó életet. Ugyanakkor az ideológiai harcok, a diktatúrák meg a rasszizmus szintén hihetetlen számban osztogatták és osztogatják a halált Európában és szerte a világon. Ott vannak azután olyan problémák, mint az egyre szélesebb köröket foglalkoztató euthanázia, a régi idők

métékét kétségkívül felülmúló öngyilkosság. Ezek és más tények minden mai életközpon-túság ellenére oda vezettek, hogy még egy új kutatási irányzat is létrejött, amelynek görög nyelvi elemek alapján a *tanatológia* nevet adták, vagyis a „halál tudománya” megjelölést. Ebben nekünk magyaroknak is van bizonyos szerepünk, hiszen egyesek e kutatási terület megalapozójának – legalábbis a gyermekpszichológia területén – Nagy Mária Ilonát tekintik, miközben az ő működésének folytatói közt olyan tanatológust is számon tartanak, mint a szépíróként is jelentős Polcz Alaine. Ezek a főleg a halál, a haldoklás és a gyász problematikájával foglalkozó vizsgálatok és eszmefuttatások mintegy ellenreakciót képeznek a modern kornak fentebb már kiemelt, a halál tekintetében általában szembekötős állásfoglalást tanúsító magatartásával szemben, különösen az ún. nyugati világban. Ugyanakkor ezek a törekvések többnyire nem kapcsolódnak egyetlen hagyományos szakterülethez sem, hanem alapvetően interdiszciplináris vagy holisztikus alapról indulnak ki, ami feltételezi a teológusokon kívül az orvostudomány, a pszichológia, a bioetika, az antropológia, továbbá a néprajz, az irodalomtudomány képviselőinek közreműködését, ahogy számít a filozófusok, a kultúrtörténészek, a szociológusok és más szakemberek segítségére is. Különösen hasznos az együttműködés egyes gyakorlati területek művelőivel, mint például a betegápolók és gondozók. Mindez nagyon sokrétű és sokszínű feltáró munkát eredményezett az elmúlt évtizedekben, amit a gyulafehérvári rendezvény nagyon jól tükrözött vissza, mert ez közelebb hozta a teológusok eszmecseréje volt csupán, ahogy nem is pusztán az Erdélyben élő magyaroké. Bekapcsolódtak a vitába rajtuk kívül ugyanis regensburgi teológusok csakúgy, miként magyaror-

szági filológusok és tanárok is, s természetesen felkészült román tudós is volt a tanácskozási résztvevői között.

A konferencia főszervezője, Diósi Dávid rektorhelyettes (Gyulafehérvár), a haláleszme kultúrtörténetének kiváló művelője volt, aki nek e tárgyba vágó írásai nem csupán szűkebb pátriájában jelentek meg, hanem német földön is, mint például doktori értekezése (*Amar-larius Fortunatus in der Trierer Tradition*. [Diósi, 2006]), amely egy fontos német teológiai és forrásokozat részeként látott napvilágot. A most tárgyalt rendezvényen Diósi arra mutatott rá, hogy a halál nem kizárólag „halálbiztos” biológiai esemény, hanem az ember *örökkévalóságának* igazi beteljesedése, amelynek jelentőségét ennek megfelelően kell fel-fogni a társadalmi lét, a tudomány és a kultúra mindenkori szintjén, s a konferencia ehhez próbál hozzájárulni a legkülönfélébb szakterületek képviselőinek biztosítva megnyilatkozási lehetőséget.

Ez így is történt, magától értetődően kel-lő vallástudományi és történeti megalapozással, amely feladatot részben épp a német és a magyarországi vendégek végezték el. *Tobias Nicklas* professzor ugyanis azt vázolta fel, miként mutatkozik meg a halál komolysága az Ó- és Újszövetségi Szentírás tanúsága szerint, amit az embernek mint egyfajta krízishelyze-tet a halál kapcsán tudomásul kell vennie az Istenhez és a hozzá legközelebb állókhoz való viszonyában, bízva az isteni hűség kinyilatkoztatásában. Míg a professzor Johannes Brahms *Német rekviemjének* tanulságos hangvételére is utalt ezen álláspont szemléltetéséhez, addig ifjabb munkatársa, Harald Buchinger az elhangzott előadást azzal egészítette ki, hogy a húsvéti ünnepen belül a nagypénteki passiót valóban úgy jelenítették meg a régi időkben, mint egyfajta *ars moriendi et resur-*

gendi-t, vagyis a meghalás és a feltámadás művészetét, tudós technikáját. Szervesen kapcsolódott ehhez a következő előadás, a gyulafehérvári Máté Róberté, aki ezzel a hangzatos címmel fejtette ki gondolatait: *A vég fuvallata? Szenvedés, halál és vallásos magatartás*. Ebben annak a véleményének adott hangot, hogy bár a modern technika meghosszabbítja az életet, azért sem a fájdalom, sem a halál nem iktatható ki, s ma is szükség van egyfajta *ars moriendi*-re. Vik János Kolozsvárról egy ma nagyon divatosnak számító témát vizsgált: előadása ugyanis az *Élet és halál innen és túl. A halálközeli élmények teológiai értékelése* címet viselte. Az előadó egyaránt érintette a természettudományos és az ezoterikus megközelítéseket, de magától értetődően nem mellőzte a teológiai szempontot sem. Végso soron arra a meggyőzőnek látszó álláspontra helyezkedett, hogy a természettudománnyal párbeszédben álló keresztény teológia az agy kutatás legújabb eredményei alapján nem értékelheti túl a halálközeli élményeket. A Kolozsvárról érkezett Jitianu Liviu előadásának ez volt a címe: *Az emberképű pokol*. Az előadó szinte a mai korszellemmel ellentétben vállalta, hogy a modern embernek is szüksége lenne a féken tartó erőre. A kolozsvári Holló László, aki lelkészi hivatást teljesít, az alábbi témával jelentkezett: *Halál az élet előtt. A prenatális diagnosztika a halál szolgálatában*. Vizsgálataiban a beágyazódás előtti, illetve utáni, valamint a születés előtti szelektív abortusz vonatkozásait érintette, azt próbálva meg tisztázni, hogy milyen eszközökkel védhető az emberi méltóság alapelve a szabadságjogok liberális értelmezése ellenében. Testvére, Holló Gergely ezzel a problémával jelentkezett: *A halál, illetve a halál „pillanata” a klinikus szemszögéből*, s a fiatal kutató számos etikai problémát vázolt

fel, amely a beteg vagy a halálán lévő emberrel kapcsolatban biológiai, társadalmi vagy pszichés szempontból fölmerülhet. Hasonlóképp a hétköznapi realitások világába vezetett a beteggondozóként tevékenykedő András Ildikó (Gyergyószentmiklós) megnyilatkozása, aki ezt választotta tárgyául: *Halálközeli élmények az otthoni beteggondozásban*.

Az első napi programhoz hasonlóan igen változatos volt a másnap bemutatott tanulmányok sora is. Érdekes egységet alkottak a folklór és az etnográfia témakörébe vágó előadások. Ide tartozott a csíkszeredai professzor, Balázs Lajos néprajzi munkája, mely ezzel a címmel hangzott el: *A kibékülés lelki ingája a partnerember haláltusájában*. Ez, az előadó saját gyűjtésén alapuló eszmefuttatás a parasztember számos sajátos vonást felvultató elmúlását mutatta be, azt a folyamatot, amely időnként még a lelkipásztort is váratlan helyzetek elé állíthatja. A kolozsvári néprajztudós, Tánczos Vilmos előadása *A lélek túlvilági útjára vonatkozó népi képzetek átalakulása* címet viselte. A magyarországi vendég számára ezen előadások kapcsán különösen jó volt tapasztalni, hogy minden átalakulás ellenére még mennyire nem vesztek ki teljesen azok a hagyományok, melyekhez hasonlókat több mint félszázaddal korábban a sajnós oly fiatalom, tragikus módon elhunyt szegedi tudós, Honti János dolgozott fel ([1936] 1962, 265–272.), máig elismerést víva ki a magyar néprajzkutatásnak. E kérdéskörhöz kapcsolódóan is igen aktuális volt a gyulafehérvári Lukács Imre Róbert temetkezésekkel kapcsolatos feltérképezése: *„Halottakat eltemetni” – de hogyan? Ő az egyházjog szemszögéből közelítette meg a halottak eltemetésére vonatkozó konkrét parancsot olyan problémás esetekben, mint az öngyilkosság, vagy az elhamvasztás meghagyása. Mindehhez szintén*

kapcsolódott egyfajta történeti háttér. A kolozsvári és gyulafehérvári tudományos műhely egyik meghatározó alakja, Marton József a modern kor mártírjai egyikének, Gajdáty Béla rektornak az életútját és helytállását ismertette, ezzel a címmel: *Hitéért halálba üzött gyulafehérvári rektor a kommunizmus idején*. A zárás alkalmával a még régebbi és talán még szélesebb horizontú történelmi távlat e sorok írójának tanulmányában bontakozott ki, aki... *sine quibus valet nullus... ad aeternum pertingere Regnum. Amen!* (... nélkülük senki sem képes az örök birodalomba eljutni. Amen!) címmel annak az államalapító Szent Istvánnak a halállal kapcsolatos keresztény gondolatait vázolta fel, aki 1009-ben létrehozta a mostani rendezvénynek otthont és szellemi keretet biztosító gyulafehérvári püs-

pökséget. Ennek papneveldéje ma az 1753-ban alapított *Seminarium Incarnatae Sapientiae*, „A Megtestesült Bölcsesség Kertje, rövidítve: *S. I. S.*, ami latinul ennyit tesz: „légy, legyél!”. A konferencia zárszavát Jakubinyi György érsek úr tartotta, akiről ugyancsak közismert, hogy nemcsak egyházfő, hanem egyúttal felkészült klasszika-filológus is.

Az előadások a *Studia Theologica Transylvaniensia*-ban, a gyulafehérvári műhely orgánumban látnak napvilágot. (Időközben a konferencia anyaga is megjelent: *A halálbiztos halál*. Szerk.: Diósi Dávid. Szent István Társulat–Verbum, Budapest–Kolozsvár, 2011)

Kulcsszavak: *halál, élet, tanatológia, euthanázia, kereszténység, teológia, pszichológia, kultúra, néprajz, orvostudomány*

IRODALOM

Diósi Dávid (2006): *Amalarius Fortunatus in der Trierer Tradition*. (Liturgiewissenschaftliche Quellen und Forschungen Bd. 94) Münster

Honti János ([1936] 1962): Mesék és mítoszok a halálról és a halhatatlanságról. *Ethnographia*. (1936) 47, 34–59.; In: Honti János: *Válogatott tanulmányok*. Budapest, 265–272.)



PITYU BÁCSI...

Csanda Endre Szentágothai Jánosról

Csanda Endre, a Semmelweis Egyetem önálló Neurológiai Klinikájának megteremtője, az egyetem emeritus professora hallgatóként dolgozott együtt Szentágothai Jánossal, az akkor még Pázmány Péter Tudományegyetem Orvosi Karának Anatómiai Intézetében ekkor alakult ki barátságuk. A 89 éves Csanda professzor ma is rajongó szeretettel mesél „Pityu bácsiról”, aki őt fogadott fiának tekintette, s akit ő édesapja után a legjobban szeretett a világon. Gimes Júlia interjúja.

Cs. E.: Hétéves koromtól idegsebész akartam lenni. Már a középiskolában anatómiakönyveket böngésztem, mert tudtam, hogy ehhez igen jó anatómiai ismeretek kellenek. Édesapám gyógyszerész volt, és az volt a szerencsém, hogy nővérem vállalta, ő folytatja a hivatást, átveszi a családi patikát. Így apám is támogatta, hogy orvos legyek. Nagyváradon érettségiztem, majd 1941-ben megkezdtem tanulmányaimat a budapesti Pázmány Péter Tudományegyetem Orvosi Karán. Szorgalmasan bejártam az anatómiaórákra, és minden nap ötkor keltem, hogy rendszeren megtanuljam a dolgokat. Abban az időben az elsőéveseknek nem volt kötelező anatómiából vizsgáznuk, de én félélvkor és év végén is kitűnő, ún. szorgalmi kollokviumot tettem. Emlékszem, év végén összesen hárman vizsgáztunk a háromszáz éves évfolyamról. Szentágothai professzort – akkor még adjunktus volt – ezen az év végi vizsgán ismertem meg. A kollokvium

után megkértem, hogy hadd járjak be dolgozni az intézetbe. – Jöjjön vissza két hét múlva. – hangzott a válasz. Két hét múlva megjelentem, de ugyanezt mondta. Amikor újból visszatértem, közöltem vele, hogy én többször nem jövök vissza a tanár úrhoz. – Hogyhogy? – kérdezte felhúzott szemöldökkel, haragosan. – Mert nem tudom elképzelni, hogy egy olyan jó ember, mint a tanár úr, engem harmadszorra is elküld – hangzott a válasz.

Erre megenyhült, és azt mondta, hogy másnap reggel nyolckor jelentkeznek a 42-es laborban Kovács József tanársegéd úrnál.

Kovács kimért volt és barátságos. Egy a falra kifeszített hatalmas rajzpapírt mutatott, és közölte velem, hogy poszterfeliratokat kell majd készítenem, de ehhez meg kell tanulnom rendszeren formálni a betűket. Létrára állva gyakoroljak a papíron, az ábécé minden betűjéből írjak egy-egy, az illető betűt százszor leírva tartalmazó sort. Nyár volt, de én reggeltől estig elszántan írtam és írtam a betűket. Kovács Jóska egyszer például azt mondta: *a harmadik c ferde. Írjon még százat.*

Idegésítette a nyugalmam és elszántságom, de én tudtam, hogy az agysebészethez az anatómián keresztül vezet az út. Aztán ment a drót Pityu bácsinak – engedje meg, hogy így beszéljek Szentágothai professzorral, mert én hosszú-hosszú évtizedeken át így szólítottam –, hogy ezt a pasast nem lehet innen kiutálni. Mert mint később kiderült, a 42-es a kidobó labor volt. Pityu bácsi elvállalta, elintézi, hogy megszabaduljak tőlem.

Miért akartak öntől megszabadulni?

Mert már tanulmányaim megkezdése pillanatától bejártam az Anatómiai Intézetbe szimatolgatni, és egyszer megláttam egy díjtalan gyakornoki álláshirdetést. Mint később kiderült, a véletlenek sorozata úgy hozta, hogy amikor a pályázatom alá kellett írni, az akkori igazgató Kiss Ferenc azt hitte, Szentágothai „embere” vagyok, Pityu bácsi meg fordítva gondolta, így aztán mindketten aláírták, és nyár elejére ki voltam nevezve díjtalan gyakornoknak. Csakhogy sem Pityu bácsi, sem Kiss Ferenc nem tudta, hogy miféle ejtőernyős vagyok én, ezért akartak kiutálni.

Szóval Pityu bácsi „vett kezelésbe”. Akkor még tanár úrnak szólítottam, nemigen tárgyalt velem, tömondatokban utasított. *Altassa el a macskát! vagy: Most bosszú altatás lesz.*

Akkoriban macskákkal és kutyákkal kísérleteztem, és én igazi megtiszteltetésnek éreztem, hogy altathatom az állatokat. Azt azért elmondta, hogy ha megharap a macska, akkor forró szappanos vízben áztassam a kezemet; a tanács jól bevált, egyszer szükség is volt rá.

Szerintem nemcsak azért kedvelt meg, mert rendszeren dolgoztam, hanem mert sosem kérdeztem vissza. Ha nem tudtam valamit, kiderítettem.

Miért nem mert kérdezni?

Szentágothai Jánosról mindenki azt meséli, hogy kedves, segítőkész ember volt...

Mert nem akartam őt zavarni. Akkor alapozta meg a világhírnevét. Minden mondatából az áradt felém, hogy ő egy zseniális elme, én meg második évfolyamra lépő medikusként pontosan tudtam, hogy egy nulla vagyok hozzá képest. Egyébként később sem szövegeltem neki, de ha kérdezett valamit, válaszoltam, sőt vicceket is meséltem, mint sok

sok évvel később kiderült, ez utóbbinak is jelentősége volt kapcsolatunk alakulásában.

Aztán egyszer csak rájöttem, hogy tegez. Nyár végére már szabadon kószálhattam az intézetben, és észre sem vettem, hogy a 62-es labor nem sokat lefetyelő munkatársa lettem. Ott ugyanis kaptam egy saját asztalt. Részt vehettem az intézet életében, meghívtak a Pityu bácsi által rendezett irodalmi vagy zenei délutánokra, emlékszem, ott hallottam először Liszt *Les Préludes*-jét. Befogadtak. Nem csak Pityu bácsi, mindenki befogadott. Másodévesen már demonstrátorként taníthattam és vizsgáztathattam az elsősöket.

Aztán már jöttek a komplexebb feladatok, például önállóan is preparálhattam agyat, és nagy megtiszteltetés volt, amikor Szentágothaitól azt a feladatot kaptam, hogy keressem meg a macskának egy elrejtett kis ganglionját, és gyakoroljam be az utat, amelyen keresztül a kísérletek során ezt el lehet érni. Sajnos, mire ezzel elkészültem, Pityu bácsit elvitték katonának, és amerikai hadifogságba esett.

Úgy tudom, nem sokkal az után, hogy 1946-ban visszatért, a Pécsi Orvostudományi Egyetem Anatómiai Intézetének igazgató professzora lett. Azon túl, hogy nem zaklatta kérdésekkel, és nem beszélt feleslegesen, mi alapozta meg életre szóló barátságukat? Hiszen Ön nem ment vele Pécsre.

Valóban nem mentem, pedig hívott, és azt mondta, higgyem el, nagyon jó dolgom lesz ott. Csakhogy én nem akartam anatómus lenni; az anatómiát csak eszköznek tekintetem ahhoz, hogy jó idegsebész legyek. Egyébként már a kezdet kezdetén megmondtam Pityu bácsinak, hogy nem anatómus, hanem idegsebész szeretnék lenni. Negyedéves koromtól már nemcsak az Anatómiai Intézetben végeztem kutatómunkát, hanem az

Ideg- és Elmeklinika agyszöveti laboratóriumban is. Orvosként az „Ideg Klinika” lett az első munkahelyem 1947-ben. Ami a kérdésről illeti: először is rendszeresen, precízen dolgoztam. Azt hiszem tudományos gondolkodásomat is elfogadta és méltányolta.

Az hasonlított az övéhez, vagy eltért attól?

Nem merném magamat öhozzá hasonlítani, de talán úgy fogalmazhatok, hogy annak egy hígbabb változata volt. Közös volt bennünk az is, hogy én is komolyan vettem az oktatást. Szerettek a hallgatók, és Pityu bácsi ezt nagyon „díjazta”. Nagyváradon, ahol középiskolába jártam, a liberális francia oktatási hagyományokat követték, és én ennek megfelelően megbeszéltem a hallgatókkal a dolgokat, nem voltam tekintélyelvű. Azért is szerettek a diákok, mert azokat a trükköket, amelyek segítségével bizonyos dolgokat könnyebben meg lehetett jegyezni, például a karotisz ér leágazásait egy rejtjeles szőlánc megtanulásával könnyű elsajátítani, nos ezeket a trükköket én mindig megosztottam a hallgatókkal.

Egyszer *Az agy egészben* című demonstrációra készítettem fel diákokat egy nagy tanteremben. Az „öregek” is bejöttek megnézni, mit csinálók. Pityu bácsi is ott volt, mindnyájan elismerték, hogy jól csinálom, és attól kezdve a szorgalmasabb hallgatók számára rendszeresen tarthattam szemináriumot is.

Az oktatást Szentágothaihoz hasonlóan szenvedélyesen szerettem. Később, már a Semmelweis Egyetem Neurológiai Klinikájának tanszékvezető professzoraként bekerültem az öt legnépszerűbb oktató közé. Mondanom sem kell: Pityu bácsi vezette a rangsort.

Mint mondtam, megalapozta későbbi barátságunkat az én tisztességes munkám. A háború után megjelent anatómiai atlasz számára önszorgalomból preparátumokat készí-

tettem, például kipreparáltam a VII-es agyideget. Ez azért volt rettenetesen nehéz, mert három síkban fut; a mai napig büszke vagyok rá, hogy erről a preparátumomról bekerült egy kép az atlaszba. Természetesen a könyvben nem érzékelhető a három különböző sík.

Pityu bácsi engem élete végéig nemcsak barátjának, hanem fogadott fiának is tekintett. Ehhez szerintem hozzájárult az, hogy amikor hadifogságban volt, felesége, Alizka ott maradt a három kislánnyal egyedül, és én sokat segítettem neki. Vittem a gyerekeket ide-oda, elintéztem egyes dolgokat.

Én humanista, segítőkész ember vagyok, amit édesapámtól láttam és örököltem. A tudományos gondolkodás hasonlóságán és az oktatás szeretetén túl Pityu bácsival ez is közös volt bennünk. Ő egy igazi jó ember volt.

Ez mit jelent?

Nehéz megfogalmazni. Talán azt mondhatom, hogy nehéz körülmények között is mindenben a szépet és a jót kereste, és mindenkit, akit lehetett és érdemes volt, támogatott.

Lelki összetartozásunk szempontjából számomra nagyon fontos volt, hogy ő a háború alatt titokban tanította a zsidó hallgatókat. Ez természetesen nagyon veszélyes dolog volt, és az intézetben nem tudott róla mindenki. Engem megtisztelt bizalmával, beszélgettünk ilyesmikről is, hiszen én Nagyváradról jöttem, ahol a háború előtt nagyon sok zsidó élt, és nekem sok zsidó barátom volt. Mondanom sem kell, nem sokan éltek túl a holokausztot.

Pityu bácsi egyébként nagy „magyar” volt. Ennek a kifejezésnek ma rossz csengése van, de én ezt pozitív kicsengéssel mondom. Ő azért magyarosította Schimmertről Szentágothaira a nevét, mert imádta a magyar kultúrát. A negyvenes évek elején még Szentágothai-Schimmert néven publikált.

Egyszer az IBRO nevű idegtudományi szervezet magyarországi konferenciáján volt egy „kulturprogramunk” Székesfehérváron, a királysíroknál. Ott olyan előadást tartott angolul a magyar történelemről, amit sosem fogok elfelejteni. Sem azelőtt, sem azóta nem hallottam ahhoz fogható.

Vitakultúrát is lehetett tőle tanulni; hogy a másikat akkor is emberszámba kell venni, ha egész másként gondolkodik a világról, mint mi. Egyszer fültanúja voltam, hogy a testvéremmel, aki németnek (nehogy a szó náci értelmére gondoljon!) érezte magát, politikai dolgokról vitakoznak olyan kulturáltan, olyan szellemesen, hogy míg élek, emlékezni fogok rá. Egymásnak mentek bicskástól, de a bicska egy pillanatra sem nyílt ki. Igazi úri modorban folyt, a mai politikusok sokat okulhatnának belőle.

Egyébként Pityu bácsi igazi polihisztor volt. Értett a történelmen kívül a zenéhez, az irodalomhoz, a képzőművészetekhez. Gyönyörűen festett, és remek humora is volt.

Egész életemben felnéztem rá, és büszke vagyok arra, hogy fogadott fiának tekintett. Édesapám után őt szerettem legjobban a világon. Tőle tanultam, hogy lehet komolyan komolytalankodni, és pikáns dolgokról is tisztességesen beszélgetni. Neki olyan dolgokat is elmondtam, amit senki másnak.

Említette, hogy időnként vicceket mesélt, és hogy ennek jelentősége volt a kapcsolatukban...

Életem egyik legkedvesebb vele kapcsolatos élménye fűződik ehhez. Egyszer, amikor már a Neurológiai Klinika igazgatójaként társprofesszora voltam, egy baráti összejövetelen megkérdeztem tőle, hogy milyennek látott harminc-negyven évvel korábban, amikor zöldfülűként bejártam az Anatómiai Intézet-

be. És erre tudja, mit mondott? Hogy a hátam mögött *schizinek* hívtak, ami a schizofrenia „becézett” formája volt. Hát, finoman szólva, kissé meglepődtem. – Miért? – kérdeztem. Erre azt mondta: – mert mindig favicceket meséltél – valóban szerettem a favicceket –, és a háború alatt sosem jöttél le az óvóhelyre.

Akkor bevallottam neki, hogy nemcsak azért nem mentem le az óvóhelynek kinevezett pincébe, mert nem hittem abban, hogy annak értelme van, hanem azért sem, mert az odavezető folyosón egy nagy ketreceben egy nagy patkány randalírozott, és én irtóztam tőle. A patkány egyébként a szén-monoxid jelzésére „szolgált”.

Azóta is fáj, hogy akkor valamiért már nem volt időm elmesélni Pityu bácsinak, hogy a sors furcsa fintoraként majdnem voltam én schizi papíron is. 1944 decemberében ugyan is kaptam egy SAS-behívót, és akkor másik nagy patrónusom, Angyal Lajos professzor, betegként bújtatott későbbi első munkahelyemen, az Ideg- és Elme Klinikán. Először schizofrenia diagnózist ajánlott, mondván, hogy az a legkönnyebben szimulálható, de én óvatosan mást választottam. Így úsztam meg, hogy bevonuljak a Hunyadi pánccélosokhoz, vagy Németországba menjek kiképzésre.

Nem tudom, hogy később miért nem meséltem el ezt a történetet Pityu bácsinak.

Elárulná, hogy miért hívták Szentágothai professzort Pityu bácsinak?

Ezt nem tudja senki. Valamikor szívós munkával megpróbáltam kideríteni, de nem sikerült. Felesége, Alizka azt mondta, hogy egyszer valaki így szólította, és ráragadt. Tőle sosem mertem megkérdezni.

Kulcsszavak: *Pityu bácsi, emberség, szeretet, oktatás, schizi*

Megemlékezés

A Debreceni Egyetem, valamint a Magyar Tudományos Akadémia, annak Kémiai Tudományok Osztálya nevében mély megrendüléssel búcsúzom Lipták András Széchenyi-díjas kémikustól, a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagjától, a Debreceni Egyetem professzorától, volt rektorától, Debrecen városának díszpolgárától. Tudtuk, hogy hosszabb idő óta küzdött a súlyos betegséggel, tudtuk, hogy állapota fokozatosan rosszabbodott, mégis mindenki munkált valami halvány reménye annak, hogy még közöttünk lesz, és időnként szót tudunk vele váltani. A szomorú hír, ami június 11-én villámsebesen terjedt el a magyar kémikus társadalomban, a tudományos kutatás és a felsőoktatás világában, véget vetett ennek a reménykedésnek. Lipták András eltávozott közülünk, s ezzel kevesebbek és szegényebbek lettünk egy nagyszerű emberrel, kiváló, nemzetközi hírű tudóssal, a magyar tudomány, a magyar és ezen belül különösen a debreceni felsőoktatás elkötelezett és hozzáértő munkásával.

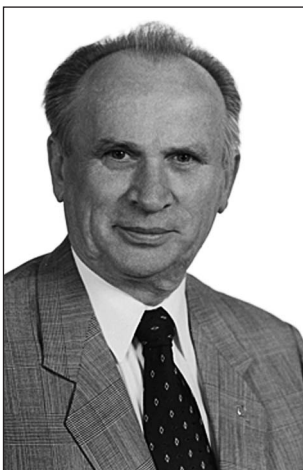
Szerteágazó, sokrétű és sikeres pályafutásról egy rövid búcsúzáskor csak töredékesen lehet képet adni. Életének meghatározó két vonzalma a kémiai kutatáshoz és az egyetemi oktatáshoz fűzte, és fáradhatatlanul dolgozott

azon, hogy a magyar (benne a debreceni) tudomány és a Debreceni Egyetem színvonalára a nehézségek ellenére is közelítsen a világszínvonalhoz. Nem rajta múlt, hogy ez ügyben van még tennivalónk bőven!

Mind középiskolai és egyetemi tanulmányai, mind egész további életútja Debrecenhez kötődtek. Miután 1961-ben kitüntetéses diplomát szerzett a Kossuth Lajos Tudományegyetemen (KLTE), a Szerves Kémiai Intézetben kezdte meg oktatói és tudományos pályafutását, amit később – az ő jelentős közreműködésével megalapított – Biokémiai Tanszéken folytatott. Kutatási eredményei alapján már 1974-ben elnyerte a kémiai tudomány kandidátusa, majd 1983-ban a kémiai tudomány doktora fokozatot, aminek nyomán 1984-ben

egyetemi tanárrá nevezték ki. 1988-tól tizenkét éven át volt a Biokémiai Tanszék vezetője.

Az egyetemi képzés, de az egész magyar tudományos minősítési rendszer szempontjából döntő jelentőségű volt a szervezett doktori (PhD) képzés elindítása 1993-ban. Lipták András oroszánrészt vállalt a debreceni Kémia Doktori Program (jelenleg Doktori Iskola) megszervezésében, és 1996-ig maga vállalta a program vezetését. Máig tartó hatást gyakorolt az Iskola működési stílusának ki-



LIPTÁK ANDRÁS
1935–2012

alakulására és a képzés eredményességére, melynek következtében már kétszáz felé közeledik az itt PhD-fokozatot szerzett kémikusok száma.

Tudományos kutatásainak területe a szénhidrátok kémiája és a biokémiában, biológiában, immunológiában játszott szerepük tisztázása volt. E téren több mint kétszáz tudományos közlemény fűződik nevéhez, melyeket a világ szénhidrátokkal foglalkozó kutatói jól ismertek, hasznosítottak és idéztek is (több mint kétezreszer). Három jelentős nemzetközi szakfolyóiratnak volt szerkesztője, és egy szénhidrátokat tárgyaló monográfiasorozat három kötetét is ő írta. Még a szénhidrátok kutatásával közvetlenül nem foglalkozó kémikusoknak is elképesztő az összetett szénhidrátok (poliszacharidok) óriási száma, az egyszerű alapegységek különféle összekapcsolódásából adódó összetételbeli, szerkezeti és funkcionális változatosságuk. Lipták András otthonosan mozgott ebben a fantasztikus világban, biztos érzékkel választotta ki azokat az új vegyületeket, melyeket azután a kedvező biológiai hatás reményében munkatársaival előállítottak, sok esetben igazolva a várakozásokat. A gyakorlati hasznosításra irányuló törekvését jelzi tizenöt szabadalma is.

Eredményes tevékenysége elismeréseképpen 1990-ben a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagjává választották, 1998-ban pedig az MTA rendes tagja lett.

Munkásságának harmadik nagy vonulata az egyetem-, illetve felsőoktatás-szervezésben, valamint a magyar tudományirányításban történő részvétele jelenti, ami önmagában is lenyűgöző elszántságot és munkabírást igényelt. Volt dékánhelyettes, tudományos rektorhelyettes, 1990–1993 között pedig a KLTE rektora. A rendszerváltás időszakában elvszerűen és határozottan konszolidálta az

egyetem helyzetét, mindig a minőséget tartva szem előtt, és szorgalmazta az egyesített Debreceni Egyetem létrehozását. Egy cikluson keresztül, 1996–1999 között volt elnöke az MTA Kémiai Tudományok Osztályának, de felsorolni is sok lenne azokat a hosszabb-rövidebb ideig tartó megbízásokat, melyeket az akkortájt erőteljes átalakuláson keresztülment Akadémia életében ellátott. Az 1999-ben elmondott cikluszáró osztályelnöki beszámolójában a rengeteg változás (intézet-konzolidáció, diszciplína-vita stb.) összefoglalását követően joggal mondhatta: „valóban sikerként idézem fel a ciklusban rám ruházott megítéző feladatot”. Később is vállalt az Akadémiához kötődő nagyobb feladatot: 2005–2008 között a Debreceni Akadémiai Bizottság elnökeként irányította, koordinálta a régió tudományos tevékenységét.

Külön kell említést tennünk az Országos Tudományos Alapprogramok vezetésében végzett munkájáról. 1993–1997 között az OTKA alelnökeként, majd nyolc évig (1997–2005) annak elnökeként, összesen tehát tizenkét évig tevékenykedett a legfelsőbb szinten a magyar tudomány egészét szolgáló pályázati rendszer működtetése és fejlesztése érdekében. Mint minden más területen, itt is a minőség támogatásának és az anyagi források átlátható, becsületes felosztásának és felhasználásának elve vezette. Nem kis mértékben neki köszönhető, hogy az OTKA az állami kutatástámogatás sok szűk esztendejében is megőrizte hitelességét, és azt a képet, hogy az OTKA és az OTKA Iroda a kutatókért dolgozik, az ő eredményességüket segíti minden lehetőség megragadásával.

Amely téren elindult, ott mindenütt maradandót alkotott. Ezt – egyéb kitüntetései mellett – a kutatási eredményeiért kapott Széchenyi-díj, és az iskolateremtő felsőokta-

tási tevékenységért adományozott Szent-Györgyi Albert-díj is jelzi. Debrecen városáért végzett átfogó munkásságát ismerte el 2001-ben a díszpolgári cím.

Azok, akik közelebbi kapcsolatban is lehetünk vele, tudtuk és éreztük, hogy Lipták András sokkal több, mint egy kiváló eredményességgel dolgozó kémikus professzor, rektor, MTA-osztályelnök vagy OTKA-elnök. Személyiségének varázsa volt, megjelenésében is A PROFESSZOR-t idézte. Elegáns öltözködése, választékos beszédstílusa végtelen udvariassággal párosult: soha nem mulasztotta el, hogy vendégeit kikísérje a folyosó végéig, és ott köszönjön el tőlük. Tanítványait, munkatársait türelemmel, odafigyeléssel segítette, bátorította, támogatta a munkahelyen kívül is. Legendás volt a szerénysége: több éven át, már kinevezett professzorként, a laboratórium sarkában elhelyezett íróasztal mellett dolgozott, mert önálló dolgozószobája még nem volt. De talán nem is bánta: ott lehetett a szeretett laborban, lombikjai, eszközei között, többségében fiatal munkatársai körében. Ő, aki Humboldt-ösztöndíjjal hosszabb időt töltött Németországban, és dolgozott az egysült államokbeli Maryland Egyetemen (Bethesda), soha nem szégyellt tanulni a legfiatalabbaktól sem. Emlékszem, milyen büszkén, szinte gyermeki örömmel mesélte, hogy tanítványai (ahogy időnként mondta: *a gyerekek*) segítségével elsajátította valamelyik korszerű NMR-technikát, amivel az összetett szénhidrátok bonyolult szerkezetét saját maga is értelmezni tudta. Később, amikor más feladatai már nem engedték meg, hogy ilyen részletességgel vegyen részt a mindennapi

laboratóriumi munkában, többször panaszkolta is, hogy hiányzik a kétkezi kísérletezés. Részben talán ennek ellensúlyozásaképpen is rendkívüli precizitással fejlesztette a szénhidrátok szerteágazó kémiájának szakirodalmi adatbázisát – többnyire otthon, a hétéveken.

Tisztesség, odaadás, precizitás, örökös tanulás – ezek jellemezték munkáját a laboratóriumtól a rektori szobáig, az osztályelnöki tevékenységtől az OTKA elnöki feladatok ellátásáig.

A születésétől, 1935-től eltelt hetvenhét év sok rosszat és sok szépet hozott életében. Ő túllépett a nehézségeken, és élni tudott azokkal a lehetőségekkel, melyek megnyíltak számára. Tisztelte, és mindig megbecsüléssel említette azokat, köztük Bognár Rezső és Nánási Pál professzorokat, akik jelentősen vitték előre a debreceni kémia, így a szerves- és biokémia fejlődését, és hálás volt azért a sokoldalú támogatásért és megértésért, mellyel ugyancsak szerves kémikus felesége, Tőkés Adrienn segítette bonyolult és erőt próbáló munkájában. Eredményei minden területen kiállták az idő próbáját. Az egyéni sikereken túl fáradhatatlanul dolgozott környezetéért, a magyar tudományért, benne az Akadémiáért, s nem utolsósorban a debreceni EGYETEM-ért. Köszönjük neki mindazt, amit „dús élete kincséből” ránk hagyományozott. Bár tudnánk oly jól sáfárkodni vele a közös előrehaladásért, ahogy azt ő tette!

Tisztelt akadémikustársunk, tisztelt Professzor úr, Rektor úr, kedves Bandi! Emlékedet megőrizzük! Nyugodj békében!

Joó Ferenc
az MTA rendes tagja

Kitekintés

ELHANYAGOLT GYERMEKI AGYAK

Régóta ismert tény, hogy a fizikai és lelki elhanyagoltság gátolja az idegrendszer fejlődését, amerikai kutatók (Boston Children's Hospital) azonban bebizonyították, hogy ez az agy szerkezetében is kimutatható. Eredményeik az Amerikai Tudományos Akadémia lapjának (*PNAS – Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*) online kiadásában jelentek meg.

Margaret A. Sheridan és munkatársai 8–11 éves román gyerekeken mágneses rezonancia-képalkotó eljárással végezték vizsgálataikat.

20 gyermek átlagos körülmények között nevelkedett, 29 kizárólag állami gondozásban, s a tanulmányban részt vett 25 olyan gyermek is, aki egy állami program részeként nevelőszülőkhöz került, és már 6–9 éve ott él.

Az eredmények azt mutatják, hogy az intézetben nevelkedett gyerekek agykérgének szürkeállománya minden esetben jóval kisebb, mint a mindig családban nevelkedetteké, a fehérállomány szempontjából azonban nem mindegy, hogy valaki elkerül-e nevelőszülőkhöz, vagy sem. Az utóbbi csoport tagjai ugyanis a fehérállomány fejlettségében csaknem utolérték azokat a társaikat, akik sosem voltak árvaházban.

A kutatók a szürke- és fehérállománnyal kapcsolatos különbségeket azzal magyarázzák, hogy a szürkeállományt alkotó idegsejtek bizonyos életkorban mutatnak intenzív fej-

lődést, míg az idegsejtek közti kapcsolatok, azaz a fehérállományt alkotó rostok lassan és folyamatosan alakulnak ki, ezért van több lehetőség a korrigálásra.

Korábbi vizsgálatok kimutatták, hogy az árvaházban történő neveltetés – ez a világon kb. nyolcmillió gyermeket érint – hatással van például a szellemi működés fejlődésére, illetve a nyelvi és szociális készségekre.

Sheridan, Margaret A. – Foxd, Nathan A. – Zeanahe, Charles H. et al.:

Variation in Neural Development as a Result of Exposure to Institutionalization Early in Childhood. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. Published online before print 23 July 2012. DOI: 10.1073/pnas.1200041109 <http://www.pnas.org/content/early/2012/07/17/1200041109.full.pdf+html>

EGY AGRESSZÍV AGYDAGANAT GENETIKÁJA

A glioblasztóma nevű nagyon rosszindulatú agydaganat genetikai okaira derítették fényt a Columbia Egyetem kutatói. Felfedezésük alapján talán gyógyszerrel is lehet fejleszteni e ma még szinte kezelhetetlen betegség ellen.

Anna Lasorella és munkatársai a glioblasztóma kialakulásában szerepet játszó géneket vizsgálták, és megállapították, hogy a dagaganatok kb. három százaléka azért jön létre, mert a természetes sejtosztódás során két gén össze-

olvad. A fúzió eredményeként kialakuló gén olyan fehérjét kódol, amely a sejtosztódás során megzavarja a kromoszómák szétválását, ezért így olyan sejtek jönnek létre, amelyekben a kromoszómák száma nem 46.

A kutatók a fehérje daganatok kialakulásában betöltött szerepét úgy tesztelték, hogy egészséges egerek agyába juttattak ilyen fehérjét. Az egerek 90 százalékanak agyában kialakult a glioblastóma. Lasorellák ezt követően olyan anyaggal kezelték az egereket, amely gátolja ennek a fehérjének a működését, és azt találták, hogy a beteg egerek életbenmaradási ideje a kétszeresére nőtt. Mivel ez a fehérje csak a daganatos sejtekben van jelen, gyógyszerfejlesztési szempontból jó gyógyszer-célpont lehet a rákos sejtek ellen – mondja a kutatások vezetője.

Singh, Devendra – Chan, Joseph Minhow – Zoppoli, Pietro et al.: Transforming Fusions of FGFR and TACC Genes in Human Glioblastoma. *Science*. 1220834 Published online 26 July 2012

DOI:10.1126/science.1220834

HIV-FERTŐZÖTTEK GYÓGYÍTÁSA ÖSSEJTBEÜLTETÉSSSEL

A csontvelő-transzplantáció teljesen megszüntetheti a betegeket a HIV-vírusról. A Washingtonban július végén tartott AIDS-világkonferencián Daniel Kuritzkes és munkatársai (Harvard Medical School, Boston) két olyan HIV-fertőzött férfiről mutattak be esettanulmányt, akiknek daganatos betegség miatt összejtbeültetésre volt szükségük. (Mivel a csontvelő-transzplantáció valójában vérképző sejteket beültetését jelenti, ma a medicina

egyre inkább áttér ez utóbbi kifejezésre.) A transzplantáció óta egyik beteg szervezetében sem sikerült AIDS-vírust kimutatni.

Az AIDS gyógyításának egyik súlyos problémája, hogy bár a vérben lévő vírusok számát a modern HIV-ellenes gyógyszerekkel minimalisra tudják szorítani, a nyiroksejtekben vagy nyirokcsomókban a gyógyszerek elől elbúvó vírusok előbb-utóbb újra támadnak.

Egyes daganatos betegségek kezelésében a csontvelő-transzplantációra azért van szükség, mert csak olyan nagy dózisú kemoterápiával van esély a javulásra vagy a gyógyulásra, amely dózis elpusztítja a csontvelőben lévő vérképző sejteket. A kemoterápiát elvégzik, majd vagy a betegnek korábban lefagyasztott saját vérképző sejteiből adnak vissza annyit, amennyiből a vérképzés újjászülethet, vagy mástól származó sejteket beadásával érik ezt el. A két HIV-fertőzött férfi idegen sejteket kapott. Egyikük két, a másik négy évvel ezelőtt részesült a kezelésben.

A kutatók abban bíznak, hogy a nagy dózisú kemoterápia és a soha fel nem függesztett vírusellenes kezelés során teljesen elpusztultak a HIV-vel fertőzött sejtek, és a betegek örökre megszabadultak a vírustól.

Akár véglegesen kigyógyultak a HIV-ből a betegek, akár nem, a történetnek leginkább tudományos jelentősége van, és nem az, hogy a csontvelő-transzplantáció az AIDS gyógyításának tömegek számára elérhető eszköze lehet. Egy rendkívül bonyolult és veszélyes beavatkozásról van ugyanis szó, amelyet csak akkor alkalmaznak, ha a betegeknek semmilyen más esélyük nincs az életben maradásra. A HIV-fertőzöttek azonban megfelelő gyógyszeres kezelés mellett ma már tíz-húsz évig jó életminőségben élhetnek.

www.medlineplus.com

OLCSÓ KÖRNYEZETBARÁT AKKUMULÁTOR?

Az elektromos energiátárolók nagy intenzitással kutatott és látványosan fejlődő területén a Los Angeles-i University of Southern California kutatói most egy régi megoldás továbbfejlesztéséről számoltak be.

A vas elektrokémiai oxidációján és redukcióján alapuló energiátárolók legismertebb típusa, a nikkkel-vas akkumulátor több mint száz éve ismert (Edison-elem). A gyakorlati felhasználásból való kiszorulásának fő oka az alacsony hatásfok volt. Töltésekor közel kétszer annyi energiát kell betáplálni, mint amennyi kisütéskor kinyerhető. Ennek első sorban az az oka, hogy a vas elektródon töltéskor nagy mennyiségű hidrogén is fejlődik.

A közzétett eredmények szerint sikerült olyan módosított vas elektródot előállítani, amelyen a hidrogénfejlődés a tizedére csökkent, és így a töltés hatásfoka elérte a 96 százalékot. Ezen kívül a feltöltés idejét is jelentősen rövidítették, és a tömegegységre vonatkoztatott tárolókapacitás elérte a 0,3 Ah/g értéket.

A szerzők szerint az általuk kifejlesztett vas elektródok mind a nikkkel-vas, mind a levegő-vas elemeket alkalmassá tehetik az olcsó, nagyméretű elektromos energiátároló eszköz szerepére.

Manohar, Aswin K. – Malkhandi, Souradip – Yang, Bo et al.: A High-Performance Rechargeable Iron Electrode for Large-Scale Battery-Based Energy Storage. *Journal of the Electrochemical Society*. 2012. 159, 8, A1209–A1214; DOI:10.1149/2.034208jes <http://jes.ecsdl.org/content/159/8/A1209.full>

KIBŐL LEHET JÓ SPRINTER?

A 60 másodpercnél rövidebb ideig tartó versenyszámokban, szemben az általánosan elfogadott nézetrel, nincs meghatározó jelentőségük az anyagcsere-folyamatoknak, a teljesítményt elsősorban biomechanikai jellemzők határozzák meg – állapítják meg cikkükben amerikai kutatók.

A fenti következtetéshez vezető kísérleti munka során teljes erőbedobással végrehajtott sprintek mechanikai elemzését végezték el különböző teljesítőképeségű futók és kérekpárosok részvételével. Meghatározták a maximális sebességeket és a leadott energiát. A gyakorlatok közben úgynevezett felületi elektromiográfiai diagnosztikai módszerrel mérték az izmok aktivitásának változását is.

A klasszikus elmélet szerint rövid távú versenyeken ugyanúgy, mint az állóképességi sportokban, az elérhető maximális teljesítményt az anyagcsere, illetve a szervezetben tárolt energia felszabadításának hatékonysága és sebessége határozza meg.

Mindez felülvizsgálandó – szerepel az új tanulmányban. Rövid távon azok az erők, amelyek például a váz- és izomrendszer, illetve a talaj között fellépnek, és amelyek az energiát haladó mozgássá alakítják, sokkal fontosabbak. A sprinterek teljesítményét az dönti el, hogy a csontok és az izmok milyen intenzitású mozgást képesek elérni, illetve elviselni.

Bundle, Matthew W. – Weyand, Peter G.: Sprint Exercise Performance: Does Metabolic Power Matter? *Exercise & Sport Sciences Reviews*. July 2012. 40, 3, 174–182. DOI: 10.1097/JES.0b013e318258e1c1

ELEFÁNTBESZÉD

Az afrikai elefántok hangképzésének ez idáig felderítetlen részleteiről számolnak be osztrák és német kutatók. Az emlősök meglepően széles frekvenciatartományban, 9 Hz és 110 kHz között képesek ugyanazzal a szervvel, a gégével hangokat kelteni. Az elefántok az emberi fül számára észlelhetetlen „infrahang” tartományban, 20 Hz alatt kommunikálnak, akár több kilométeres távolságból.

Mostanáig nem volt egyértelmű, hogy ezek a hangok pontosan hogyan keletkeznek: vajon a macskaféléknél jellemző dorombolás-mechanizmus szerint, vagy inkább az emberi ének- és beszédhangokhoz hasonló módon ezek is az áramló levegő által keltett rezgések. A dorombolás-módban a hangokat idegi szabályozású izom-összehúzódnások generálják

és ez különösen alkalmas mély hangok képzésére. Ugyanakkor ez a technika magas hangokban „gyenge”, 200 Hz fölött nem nagyon lehet dorombolni.

A kutatók egy berlini állatkertben természetes úton elhalt elefánt kipreparált gégéjével kísérleteztek, és kizárták a dorombolás mechanizmust. Kimutatták, hogy az elefántok extrém mély hangja ugyanolyan fizikai mechanizmus szerint keletkezik, mint az emberi beszédhang. Az elefántgégén meleg és nedves levegőt átáramoltatva a jellegzetes infrahangot is sikerült reprodukálniuk.

Herbst, Christian T. – Stoeger, Angela S. – Frey, Roland et al.: How Low Can You Go? Physical Production Mechanism of Elephant Infrasonic Vocalizations. *Science*. 3 August 2012. 337, 6094, 595–599. DOI: 10.1126/science.1219712

Gimes Júlia



Könyvszemle

Ahol germanisztika és judaisztika összeér

Mostohagyerek a nyelvek családjában a jiddis. Túlságosan hasonlít a németre ahhoz, hogy a germanisztika komolyan foglalkozzon vele; és – érthető módon – ugyanezért tekinti mellékesnek a judaisztika is. Pedig a jiddis a kelet-európai zsidóságnak évszázadokon keresztül az anyanyelve volt, előbb csak megtúrt zsargonként, majd – a XIX. század közepétől – egyre inkább irodalmi nyelvként is. A jiddist héber betűkkel írják és nyomtatják, amitől a laikus könnyen hébernek nézi, jóllehet a két nyelvnek nyelvészetileg nincs köze egymáshoz. Egy példa: a Szentírás első szavai (Kezetben teremtette Isten...) héberül „*Börésit báná elóhim*”, míg ugyanez jiddis fordításban „*Im onfang hot Got geshafn*”. A jiddis nyelvű vagy jiddist is tartalmazó könyveket a könyvészet sokáig a „héber” kategóriába sorolta, a nyomtatásukhoz használt betűk miatt. Kevés munka foglalkozott a jiddis anyaggal, pedig az folklorisztikai, szociológiai, sőt olykor irodalmi szempontból igen érdekes.

Ezért olyan nagy és üdvözlendő teljesítmény Komoróczy Szonja Ráhel munkája, amely az MTA Kisebbségkutató Intézete gondozásában jelent meg *Yiddish Printing in Hungary: An Annotated Bibliography (Jiddis nyomtatványok Magyarországon: Annotált bibliográfia)* címmel. Amilyen fontos a történetésnek egy megbízható kronológia, olyan

alapvető szükséglet a filológusnak, nyelvésznek egy megbízható annotált bibliográfia. Bámulatos gazdagságot tár fel a szerző példásan alapos munkája. Az 1814–1949 közötti időszakot és a történelmi Magyarország területét dolgozza fel, 260 oldalon át sorolja a könyveket és 30 oldalon a sajtótermékeket, összesen több mint 700 tételt. Ez akkor is szép szám, ha a tételek jó része szerény, 20–30 oldalas füzet vagy brosúra. (Érdekes, hogy a Délvidékről és Horvátországból nincsenek tételek.)

Az egyes tételek helység szerint, azon belül időrendben sorakoznak. A tétel címe meg van adva héber betűsen, valamint a jiddis és (ahol indokolt) a héber kiejtés szerinti latin betűs transliterációval. Ezután következik a szerző, város, év, kiadó, könyvméret, majd az annotáció, azaz a tartalom rövid leírása és egyéb megjegyzések. Végül meg van adva a könyv helye (mely gyűjteményben van meg) és a rá (vagyis a meglétére, tartalmára) való hivatkozások.

Példás gondossággal van a könyv kiállítva, van térkép, névmutató, helynévmutató (a helységek magyar, jiddis, német, szlovák, ukrán, román nevével). Helyes, hogy a könyv „szerelvényei” (előszó, annotációk stb.) angol nyelven vannak, hiszen egy ilyen munkát a nemzetközi szakma is nagy haszonnal fog forgatni. Olyan meglepő dolgokat tudunk meg, hogy Aradon 1947-ben Wolf Tambur egy jiddis nyelvű regényt adott ki *Friling on zun* címmel (*Frühling ohne Sonne, Tavasz*

napsütés nélkül) – akár jó ez a regény, akár gyenge, a jelen bibliográfia révén lehetővé válik, hogy valaki majd megfelelő helyére tegye a közép-európai holokausztirodalom művei közé. Kirajzolódik a magyarországi és kelet-európai zsidóság (az ún. *askenázi* zsidók) virágkorának élénk kapcsolatrendszere, az egymást átszövő nyomdák, kiadók, kereskedők gazdag hálózata. Így például Holder József, a Máramarosban született, jiddis nyelvű költő (egyébként ő fordította Madách *Tragédiáját* jiddisre) 1928-ban megjelent verseskötetét Vilnában (Vilnius) nyomtatták ki. A nagyváradi Hauer Benjamin 1910-ben a Kolozsvári Weinsteinnél adta ki 18 oldalas jiddis vitairatát a marosludasi zsidó vallásbíróság azon döntése ellen, amely megengedte a *shlivovits* (szilvapálinka) fogyasztását pészachkor.

A tételek számozása talán lehetett volna folyamatos, hogy minden szám csak egyszer szerepeljen – ez a későbbi idézhetőséget, hivatkozást megkönnyítené. Az egyes tételekben a kiadás helye mindig *city*-ként van megadva, ami a történelmi Magyarországot nem ismerő olvasónak (és ne feledjük: a könyv angolul készült!) félrevezető lehet, hiszen Bártfa vagy Lakompak aligha nevezhető *city*-nek, különösen történelmi munkában, hiszen a *city* hagyományosan püspökséggel rendelkező várost jelent. Talán a *locality* pontosabb lett volna.

A munka címe „jiddis” nyomtatványokról beszél, s mi is ilyenekről szoltunk eddig. Van azonban egy csoport, melyek tételei sajátos átmeneti kategóriát képviselnek: hibátlan irodalmi (azaz *Hochdeutsch*) németességgel vannak megfogalmazva, ám héber betűkkel vannak leírva. (A nem filológus olvasó kedvéért: olyan ez, mint amikor az orosz tanítás időszakában az iskolás gyerekek játékból cirill betűkkel, de magyarul leveleztek.) Komoróczy

Szonja Ráhel ezt a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően *Judeo-German*, azaz *Jüdisch-deutsch* (zsidó-német) minősítéssel jelzi. Felmerülhet a kérdés, hogy e kiadványokat miért szerepelteti, hiszen ezek nem jiddisül vannak, hanem németül. Eljárása mégis érthető, sőt helyeselhető, hiszen a héberbetűs nyomtatás miatt ezekkel a germanisztika nem foglalkozik – például nincsenek benne Kertbeny Károly *Magyarországi német könyvészet 1501–1860* (Bp., 1886) című, minden, Magyarországon készült német könyvet felsoroló bibliográfiájában, nyilván azon az alapon, hogy ezek „zsidóul” vannak.

Az ilyen német nyelvű, de héber betűkkel nyomtatott munkáknál a cím latin betűs átíráskor filológiai dilemma adódik: vajon ugyanúgy transliteráljuk-e latin betűsre a szöveget, mint a héber vagy igazi jiddis esetén, avagy – elismerve, hogy „sima” német szövegről van szó – a latin betűs közlésben állítsuk vissza a német helyesírásnak megfelelő alakot? Mindkettőnek vannak előnyei és hátrányai. A területet nem ismerő olvasó számára hadd hozzak orosz példát: hogyan kezeljük a nyilvánvalóan német eredetű orosz neveket? Például a zongorista nevét a transliterált „Rihter” vagy a németes „Richter” formában írjuk-e, és a filozófus „Gercen” vagy „Herzen” legyen? Komoróczy Szonja Ráhel az előbbi, tehát a transliterált nem-németes megoldást választja, s ezt nem kifogásolhatjuk, hiszen egy ilyen bibliográfiai munkában a következetesség a legfontosabb. Például a Kolozsvár 3-as tétel (1922) címét így adja meg latin betűsen: *Der zionismus und zayne nebershaynungen im likhte der religion*, ami megfelel választott stratégiájának (mint a fentiekből a Rihter, Gercen), de kulturálisan mégiscsak félrevezető, mert olyan, mintha hibás németességgel (vagy éppen jiddisül) volna.

Holott az eredeti szerző, Glasner Mózes szándéka szerint ez így festett volna latin betűvel: *Der Zionismus und seine Nebenerscheinungen im Lichte der Religion*. Könnyen belátható, hogy ez nem jiddisül van, ugyanis a jiddisben az ’és’ mindig *un*, nincs datívuszi *-e*, és nincs genitívusz. Jiddisül a cím vége így hangzana: ... *inem Likht fun der Religie*. Komoly tanulása ennek a könyvnek, hogy a bibliográfiában szereplő tételek jelentős része németül van (olykor még az umlaut két pontja is rá van téve a héber betűkre!), ám mivel zsidó környezetben, zsidó olvasók számára születtek, feltétlenül itt van a helyük.

Komoróczy Szonja Ráhel ma a legalkalmasabb szakember e terület feldolgozására. Doktori disszertációját Oxfordban készítette

Magyar sorsfordulók 1920–1989

Romsics Ignáctól nem idegen a szélesebb közönségnek írt történelmi esszé műfaja. Kutatási területeiből rendre publikált kisebb-nagyobb tanulmányokat napilapok és történelmi folyóiratok hasábjain is. 2010 és 2011 nyara között négy ilyen írása is foglalkozott magyar történelmi sorsfordulókkal. Most ezeket hat további tanulmánnyal kibővítve, egy kötetbe szerkesztve jelentette meg az Osiris Kiadó.

Az olvasónak úgy tűnik, hogy „sorsforduló” alatt Romsics elsősorban az ország területi változásokkal járó eseményeit érti. A tíz tárgyalat sorsfordulóból hat közvetlenül, egy pedig közvetetten (belépés a háborúba) ezzel kapcsolatos. Egyértelműen ide sorolhatjuk a trianoni és a párizsi békeszerződést, a két bécsi döntést. Kárpátalja és a Bácska visszavétele ugyan önálló magyar mozgástérből fakadt, de a kereteket egyértelműen más nagyhatalmak adták hozzá. 1949 – a kötet szerint

a magyarországi jiddis kultúrtörténetéből. Sokat tett és tesz azért, hogy a jiddis nyelv és irodalom tanulmányozása (a jiddisztika) tudományos rangját elismertesse. Adatgyűjtésének pontosságát természetesen nem tudom ellenőrizni, de a közlés rendezettsége, áttekinthetősége alapján nincs kétségem afelől, hogy a kérdéses területet valóban a teljesség igényével feldolgozta. Munkája hiánypótló, egyben inspiráló lehet a terület alaposabb kritikai-kultúrtörténelmi feldolgozására. (Szonja Ráhel Komoróczy: *Yiddish Printing in Hungary: An Annotated Bibliography*. [Hungaria Judaica 25] Budapest: Center for Jewish Studies at the Hungarian Academy of Sciences, 2011. 356 p.)

Nádasdy Ádám
nyelvész

„a demokrácia vége” szintén alapvetően egy másik nagyhatalom erőteréből indult ki. A sorsfordulóként tárgyalt eseménysorok között csak három akad, amelynek kialakulásában nincsenek direkt külpolitikai meghatározottságok abban az értelemben, hogy mások fejünk felett eldöntött cselekedeteiről, illetve ezek következményeiről lenne szó: az 1956-os forradalom és a rendszerváltás, valamint kisebb mértékben Magyarország belépése a II. világháborúba. Természetesen ezek is csak a nemzetközi politika eseményeinek fényében értelmezhetőek, de itt legalább elmondható, hogy a döntő lökés belülről jött, és ezért létezett komoly magyar mozgástér is.

Minden bizonnyal „kényelmi” szempontok – azaz a korábban megjelent írások – határozták meg azt, hogy mi kerüljön itt tárgyalásra. A kötet címe is jelzi: nem azzal az igénnyel íródott, hogy az összes történelmi sorsfordulót tárgyalja. Ennek ellenére Romsics narratívájával szemben megfogalmazható kritika. Azt még megértem, hogy a király-

puccsokat, Gömbös Gyula megbuktatását, az általános és titkos választások 1939-es bevezetését vagy Imrédy Béla kormányra kerülését nem tekinti tárgyalandó sorsfordulónak, holott sok szempont indokolhatná ezek tárgyalását is. A szerző azonban szuverén egyéniség, így joga van olyan koncepcióhoz, amely ezeket az elemeket nem tartalmazza. 1944–1945 mint sorsforduló(k) „nem szerepeltetése” mégis többszörösen megmagyarázhatatlan. Szándékosan írtam többes számban. A Sztójay-kormány intézkedései, az ország totális hadba állítása és a zsidónak minősített lakosság jelentős részének szisztematikus deportálása, illetve legyilkolása ugyanis szerintem kikerülhetetlen. Jelentőségében, károkozásában talán csak Trianonhoz mérhető, különösen, ha az értelmetlenül vagy aljas indokkal elpusztított emberek számát nézzük. Az ország ebben az egy évben majdnem egymillió embert veszített! A magyar történelem ismert ezer éve alatt hasonló vérvesztésre talán csak a tatárjárás alatt volt példa. Ha az antiszemitizmus áldozataitól eltekintünk, akkor is szörnyűek az adatok, mert a II. világháború halottainak több mint fele a hosszú háború utolsó tizenkét hónapja alatt vesztette életét! Ebből a perspektívából is valódi sorsfordulóról beszélhetünk. Emellett pedig legalább ennyire fontos sorsforduló 1945, azaz az állítólagos „felszabadulás”. Mindkét témáról a magyar lakosságban máig tévképzetek tucatjai élnek. Jóval több előítélet és téveszme tapad hozzájuk, mint a területgyarapodáshoz. A zsidóság deportálása kapcsán máig nem köztudott az ezzel kapcsolatos nemzeti felelősség mértéke, a magyar szervek aktivitásának perdöntő fontossága és a folyamattal kapcsolatos anyagi haszonlesés, illetve a rasszista szociálpolitikai megfontolások. Miközben a Magyar Királyi Honvédség csapat-

történet-kutatása reneszánszát éli, a közvélemény előtt nem ismert az a lelkiismeretlenség, amellyel a magyar hadvezetés bizonyos alakjai vágóhídra hajtottak embereket. Ugyanígy kevésbé ismertek azok a megfontolások, amelyek 1945-ben Rákosit és elvtársait vezették. Hasznos lett volna ezért, ha a szerző ezeket is tárgyalja, annál is inkább, mert kompetenciája Magyarország szovjetizálásának kérdésében vitathatatlan, és összefoglaló művei alapján e sorok írója (és egyben tanítványa) abban is biztos, hogy a Sztójay-kormányról is lett volna fontos mondanivalója. Így viszont a kötet belső koherenciája több ponton sérül.

Romsics egyoldalas előszavában nem tartotta fontosnak annak definiálását, hogy mit is kell érteni „sorsforduló” alatt, pedig ez egyáltalán nem egyértelmű. Az egyes tanulmányokban, például az 1949-et elemző írásban ugyan megemlíti, hogy bizonyos folyamatoknak nem könnyű kijelölni a kezdő- és végpontját, de általános eligazítást nem kap az olvasó. Ez sajnálatos, hiszen a szerző biztos kézzel tudta volna orientálni olvasóját arról, hogy mit is jelent a „sorsforduló” kifejezés, mi ennek az értelme, hogyan és mennyiben lehet kiragadni egy történelmi folyamatból egy pillanatot, amelynek nagyobb vagy akár perdöntő jelentőséget tulajdoníthatunk az adott döntés – azaz a mozgástér – szempontjából. Egy ilyen elemzés azért is hasznára vált volna a kötetnek, mert ezzel egyfajta metodológiai bevezetést is kaphatott volna az érdeklődő olvasó a történelmi narratívák kérdésébe, amelyek a „sorsfordulók” kijelölését is meghatározzák.

Lehetséges, hogy a szerző úgy tekint a kötetére, mint egyfajta népszerűsítő tanulmánykötetre, amelybe majdhogynem véletlenszerűen kerültek bele írások. Meglepne azonban, ha a külvilág is ennyire laza értelmezési ke-

rettel rendelkezne. Romsics sokkal nagyobb és ismertebb történész annál, mintsem elhihető volna neki, hogy a sorsfordulók tárgyalása nála véletlenszerű, csupán pillanatnyi érdeklődése által determinált. Tartok tőle, hogy a témaválasztásba jobbról és balról egyaránt értéktételeket is beleláttatnak majd, ami a szerzőtől biztos távol állt. Kár, hogy így alakult, mert „sorsforduló” választásaival narratívája sterilebbé vált, holott ha valaki, akkor éppen Romsics Ignác az, aki a közérthető tudományosság nyelvén tudná elmagyarázni a társadalom számára fontos történelmi folyamatokat is.

Ezeket a fenntartások azonban nem érintik az egyes fejezeteket, amelyek mestermunkák. A tanulmányokat jegyzetapparátus és névmutató gazdagítja, az eredetileg külön-külön megjelent írásokba beépültek a kutatás legújabb eredményei is. Igen alapos térképek is segítik az egyes fejezetek mondanivalójának megértését, és esetenként eredeti dokumentumok fotómásolatát is tanulmányozhatja az olvasó. A forrásszövegekhez is külön mutató készült.

Minden íráshoz külön dokumentumközlés társul. Ezek a kutató számára is tartalmaznak újdonságokat, sokszor kifejezetten személyes hangvételűek, mint például Márai Sándor *Észak felé 1938. november 24.* című írása, amely a felvidéki bevonulásról készült dokumentumfilmről szól. Márai akkor azt gondolhatta, rendkívüli történelmi sorsfordulóról ír, hiszen élményei katartikusak voltak, és ebben egy ország teljes lakosságával osztozott. A filmhíradó arcai „...nem színészkednek, hanem tanúskodnak. Ezek a könnyek, melyek öregemberek és gyermekek arcán peregnek végig, nem glicerinkönnyek. Egy nép tanúskodik e képeken az egész világnak, hogy boldog, mert hazatérhetett.” Márai érzelmei

érthetőek, és akkor is azok volnának, ha személy szerint nem Kassán született volna. Visszatekintve azonban már nem ennyire egyértelmű a kép. Hasonló katarzist ugyanis még egyszer elért a magyar társadalom, 1940-ben, amikor (hogy ismét a kötetből az olvasónak minden bizonnyal kevésbé ismert, enyhén rasszista Márait idézzem): „az elmúlt huszonkét esztendő megszállás minden cigány gyalázata [sic!] sem tudta megsérteni Kolozsvárt”. Utólag ezek a katarzisok csak pillanatnyi megkönnyebbülésnek bizonyultak, maradandó hatásuk a nullát közelítette, és ennyiből igencsak kérdéses, hogy esetükben csakugyan igazi, sorsdöntő fordulókka állunk szemben?

Két tanulmánynál volt némi hiányérzetem. A Délvidék visszacsatolása kapcsán Romsics csak annyit ír, hogy a csetnikek akciói váratlanul érintették a hagyományos hadviselésre felkészített magyar alakulatokat, amelyek gyakran pánikba estek, és ilyenkor vaktában kezdtek lövöldözni. Valójában ennek ellenkezője igaz. A magyar alakulatokat a parancsokban kifejezetten felkészítették arra, hogy csetnikekkel szemben kell fellépniük. Más kérdés, hogy hatékony partizánvadász képzettséggel nem rendelkeztek, és ezt a felső vezetés szerbellenes előítéletei sem pótolták. A magyar katonai parancsnokságok kezdettől fogva a „kiirtani” kifejezést használták csetnikek esetében, túszedést és túszkivégzést rendelték el. A magyar bevonulásnak minimum 1122 (1945 utáni jugoszláv adatok szerint kb. 3500) halálos civil áldozata volt, miközben a magyar katonaság csak 126 halottat és 241 sebesültet, a jugoszláv haderő 65 halottat és 233 sebesültet veszített, ezért elmondható, hogy az 1941-es délvidéki események előrevetítették a „hideg napokat” és a magyar-szerb viszony végzetes elromlását. Ezeknek

az adatoknak a tárgyalása még inkább aláhúzza volna az esemény sorsforduló jellegét. A másik hiányérzetem a második világháborús hadbalépéssel kapcsolatos. Romsics biztos kézzel kezeli a kérdés forrásanyagát, és nem kerül ki a felelősség kérdését sem. Ennek kapcsán elmarasztalja Horthy Miklós kormányzót, de azt is írja, hogy ő „elég hamar rádöbrent tévedésére”. Egy fontos körülményt azonban nem említ, nevezetesen a Szovjet-unióval szemben támasztott magyar területi

követelések kérdését. Sajnálatos, mert éppen ebben érhető tetten a magyar politikai vezetés teljes aránytévesztése. Horthy ugyanis 1941. szeptember 7-én Hitlertől több ezer négyzetkilométert érintő területi korrekciókat kért a galíciai határszakaszon. Ha valami, akkor ez mutatja Horthy végtelen korlátoltságát. (*Romsics Ignác: Magyar sorsfordulók 1920–1989. Budapest: Osiris, 2012, 232 p.*)

Ungváry Krisztián
történész

Gondolattár a városfejlődésről

Mi a város? Milyen tényezők befolyásolják fejlődését? Hogyan alakultak ki a megavárosok, s miként jellemezhetők azok sajátosságai a különböző földrészekben vagy eltérő gazdasági fejlődést bejárt térségekben? Miként határolhatók el, vagy éppen kapcsolódnak össze a városfejlődés szakaszai?

Ezek a kérdések foglalkoztatják Enyedi Györgyöt új könyvében a *Városi világ*-ban. A szerző hosszú és tudományos eredményekben bővelkedő pályának alkonyán összegző, rendszerező művel lepte meg a regionális tudomány művelőit, a városfejlődés iránt érdeklődőket és a társadalomtudomány friss eredményeit befogadni kívánó olvasókat.

Az Akadémiai Kiadónál 2012-ben megjelent közel 200 oldalas mű a *Modern Regionális Tudomány* sorozat újabb, immáron hetedik kötete. A sorozatszerkesztő (Lengyel Imre professzor) és a támogató négy hazai egyetem (Pécsi Tudományegyetem, Szent István Egyetem, Szegedi Tudományegyetem, Széchenyi István Egyetem) regionális tudományi doktori iskolái arra szövetkeztek 2009-től, hogy tudományterületük egy-egy izgalmas elméleti kérdését összefoglaló monográfiában adják közre, s azok megírására a szakma kiválósá-

gait kérik fel. Ezzel kívántak hozzájárulni ez új társadalomtudományi szakterület fejlődéséhez, de tananyagot is biztosítani mind a mester-, mind a doktori képzéshez. A sikeres sorozat keretében ebben az évben még további művek jelennek meg.

Enyedi Györgyöt nem kell a hazai társadalomtudományi kutató, olvasó közönségnek bemutatni. Hosszú évtizedek óta végez gazdaság- és társadalomföldrajzi elemzéseket. A múlt század nyolcvanas éveinek elején elindítója, egyben szellemi és intézményi vezetője volt a hazai regionális tudománynak. Egy jelentős tudományos műhely, pontosabban intézethálózatot vezetett, s annak bázisán teremtődtek meg a hazai regionális tudomány formalizált keretei, kutatóhelyektől, doktori iskolákon át egészen az akadémiai szervezethez vagy az önálló folyóiratig, könyvsorozatokig. Enyedi György tudományos műhely, iskolát teremtett, támogatásával több tudós, oktató nemzedék nőtt fel, nemcsak itthon vagy határokon túli magyar regionális kutatók között, hanem külföldön is. Évekig vezető tisztségviselője volt a Nemzetközi Földrajzi Uniónak, annak több tagszerveletben tiszteletbeli taggá választották munkája elismeréséül. Ezek a szerteágazó nemzetközi tapasztalatok számos helyen visszacsengenek

a könyvben, jelezve, hogy a szerző a világ bármely táján otthonosan mozog, megismerte a különböző térségeket, s eligazodik nagyvárosokban, tapasztalta fejlődésük sajátosságait.

Az előszóban a szerző kijelenti, hogy a *Városi világ* utolsó műve, összegzése, rendszerezése a városföldrajzi-urbanisztikai kutatásainak, amelyet két nagy egységben és hét fejezetben ad közre.

Az első nagyobb egység a könyv első két fejezete, amelyek a várossal kapcsolatos elméleti irányokat tekintik át. A szerző azzal a megköttéssel él, hogy e rendkívül bonyolult társadalmi és gazdasági rendszer fejlődését a könyvben csupán a város és térsége kapcsolatán, együttműködésén, térbeli kiterjedését alakító tényezőkön keresztül fogja elemezni.

Ennek következtében a város jellemzésére, ahogy írja, a város arcai leírására nyolc tényezőt tekint át. A földrajzi arcban megjelenik a falu és a város dichotómiájának újragondolása, a nem alárendeltségi viszonyok hangsúlyozása, a városi hálózatok felvázolása, s azok elemeinek kölcsönhatásrendszere. A közgazdasági arc keretében tárgyalja a tér és a közgazdaságtan viszonyát, kitérve arra, hogy mennyire nem ismerték fel a közgazdászok a városi gazdaság jelentőségét. A történeti arcot a városi szellem, kultúra jellemzi, bevezeti a második urbanizáció fogalmát, vagyis a város használati módjainak alakulását, az elit lakóhelyének változását, s ezzel a várossal szembeni igények folyamatos átrendeződését. A demográfiai arc hagyományos kereteit bővíti a szokások és értékrendek szerepével, a lakók elkülönülésének szempontjaival, vagy a városi szolgáltatások igénybevétele módjának változásával. A társadalmi arc, mint a szerző szerint a városi lét legfontosabb megjelenési formája, az életminőség antropológiai és szociológiai szempontjai alapján elemezhető,

jelezve a városi élet összetettségét, benne a társadalmi csoportok elkülönülését, s azok mozgását. A közjogi-közigazgatási arc vonásaiban jelennek meg a városfejlődés szabályozásának keretei, a városrendezés szempontjai, vagy az önkormányzati kompetenciák és kontrolllok egyensúlya. Az urbanisztikai dimenzióban elsőként a műszaki kérdéseket veti fel, magát a városépítést, de ezek mögött számtalan társadalmi összefüggés húzódik meg, azok konfliktusaival és dilemmáival. (Gondoljunk csak napjainkban a városközpontok rehabilitációjára, az erőforrások ezen városterületekre való koncentrálására). S végül a természeti arcban a környezet felértékelődésére hívja fel a figyelmet a szerző, jelezve a városhasználat és a beépítési módok változását, azok összetett hatásmechanizmusait.

A *mi a város?* kérdésre ezekkel a tényezőkkel adja meg a választ, egyben számos új megközelítést kínál az olvasónak, ösztönözve a kutatókat, elemzőket, de magukat a város-tervezőket is, hogy az általa felvetett összefüggéseket további szempontok alapján tekintsék át, vagy építsék be a fejlesztésekbe.

A várostípusok közül a megavárosokra koncentrál a mű. Megavárosnak tekinthető az „egymagú: egyetlen nagyvárosi központ-hoz kapcsolódó elővárosok, kis- és középvárosok funkcionális összekapcsolódó rendszere. A megapolisz több központú, többnyire lineárisan terjeszkedő, fokozatosan egybeépülő várossor, különböző méretű városrégiók halmaza.” (42–43.)

Hat szempont alapján vizsgálja a megavárosokat, így kialakulásuk, a globális városrendszerben való megjelenésük, a földrajzi elhelyezkedésük és térszervező szerepeik alapján, majd kitekint a funkcióikra, s azok változásaira, a városkormányzás kérdéseire és a lehetséges fejlődési irányokra.

Nem kívánjuk megfosztani az érdeklődőket az élménytől, azzal, hogy ezen ismerveket egyenként bemutatjuk. Briliáns elméleti összegzések áttekintését olvashatjuk, s azokat gyakorlati tapasztalattal megtámogatott leírások egészítik ki. Csupán két észrevételt teszünk, amelyekkel a tudós Enyedit nagyszerűen jellemezhetjük. Az első, hogy egy korábbi, húsz évvel ezelőtti, a decentralizált területi fejlődésre vonatkozó tézisét kritikusan újragondolja, sőt visszavonja. Beismeri, hogy a kilencvenes évek elején született munkáiban tévesen ismerte fel a kvaterner funkcióknak a dekoncentrált fejlődésre gyakorolt hatását. Mondván: az elmúlt évtizedekben éppen ellentétes folyamatok zajlottak, e szerepkörök nem szétterültek a térben, hanem határozottan a megavárosokban koncentráálódtak. A másik megállapítás – ami a következő nagy egységben kifejtésre kerül –, hogy a megavárosok mint a gazdaság, az innovációk és a hatalom központjai funkcióikban diverzifikáltak lehetnek. Azok a különböző fejlettségű térségekben, s azok gazdaságaiban (fejlett, felzárkózó, emelkedő, kevésbé fejlett) – napjainkra már az egyes földrészekben vagy azokhoz is kötődve – másként és másként jelennek meg, s egyben eltérő karaktereket és fejlődési pályákat mutatnak. Ez a tér-idő mátrix végig jelen van a könyvben! Magát a városfejlődést éppen a fentebb bemutatott jellemzők miatt folyamatosan változó tényezőrendszerekben értelmesebb a szerző, amelyek közül hol az egyik, hol a másik emelkedik ki, kap prioritást, míg egyes korábbiak eltűnnek, vagy éppen szunynyadnak. Így a városhálózatok és azok rendszerei mindig a gazdasági-társadalmi fejlődés tükröi, annak kifejezői, határozott megjelenítői, de a hordozói és alakítói is egyben.

A városfejlődés tér-idő mátrixának leírását olvashatjuk a harmadik fejezetben, ahol a

városnövekedés egyes szakaszait veszi sorra a szerző. Az irodalomban sokszor feldolgozott periódusokat Enyedi nemcsak precízen összefoglalja (s mindezt egy nagyszerű táblázatban közreadja), hanem azokat legújabb kutatásokkal egészíti ki. Több, eddig kevésbé vizsgált tényezőre hívja fel a figyelmet. Kitér a különböző földrajzi terek sajátosságaira – amit majd a további fejezetekben részletesen feldolgoz –, s számos izgalmas kutatási kérdést villant fel, eligazítást adva a jövő kutatási irányaihoz. (A számos ötlet közül csak kettőt emelünk ki. Az egyik a vidéki térség és az urbanizáció viszonya, az urbanizáció elhanyagolt kutatási kérdései; a második a globális városi rendszerek megjelenésével a klasszikus christalleri településrendszer-modell újragondolásának szükségessége.)

A városok szerepeit, funkcióit három világgazdasági dimenzióban, így a fejlődő, az emelkedő és fejlett, a globalizációt alakító gazdaságok, s egyben földrajzi terek vonatkozásában vizsgálja a következő rész három fejezetében. Az elméleti keretek friss leírásán túl átfogó történeti értékeléseket is nyújt a szerző, amelyek számos új momentumot villantanak fel, s a városfejlődésen keresztül érzékeltetik a gazdasági-társadalmi fejlődés rejtett, még fel nem tárt dimenzióit. Az egyes típusok általános bemutatásán túl, azokat jellemzően magukba foglaló földrajzi terek vagy országok sajátos városfejlődéséről további részletes elemzéseket olvashatunk. Így megismerhetjük az afrikai város sajátosságait, vagy áttekinthetjük a latin-amerikai és ázsiai városfejlődés izgalmas folyamatát. Az európai, az orosz, az észak-amerikai és a japán városok fejlődési sajátosságával illusztrálja a szerző a globális gazdaságok városi rendszereit, egyben a gazdasági és társadalmi átalakulások sajátosságait, ellentmondásait.

A leírások nemcsak azzal válnak érdekessé, hogy azok történeti dimenzióit és mai gondjait egyaránt érinti a szerző, hanem az életszerűségükkel is. Az egyes modelleket és azok jellemzőit az képes igazán plasztikusan és mélyen bemutatni, aki önmaga is felfedezte ezeket a városokat, járt ott, élményeket szerzett működésükről, hangulatukról. Enyedi szakmai utazásainak képei csak egy-egy momentumban villannak fel az elemzések során, de kitűnik a szövegből, hogy olyan kutatótól ismerhetjük meg a városfejlődés sajátosságait, aki magas szintű elméleti ismereteit több évtizedes terepmunkával egészítette ki.

Hogyan tovább város, milyen irányú lehet a városfejlődés? – teszi fel az utolsó fejezetben a kérdést a szerző. Sorra veszi a várospolitikai akcióterületeit, így a városi kormányzást, a szociális és kultúrpolitikát, az infrastruktúra és közszolgáltatás fejlődési irányait, a városi földhasználatot és lakáspolitikát, a közlekedés és az elérhetőség gondjait, s végül a foglalkoztatás és gazdasági növekedés kapcsolatát.

Három scenáriót fejt ki: a pesszimista, az optimista és – talán nevezzük így – a realista forgatókönyvet. A kiválóan megkomponált koncentrált jövőképek jelzik, hogy a közösségek fejlődésének kulcsa a jövőben a városokban keresendő; igencsak meghatározó lesz ezen élettér alakulása s annak minősége. A szerző nem kötelezi el magát egyik irány mellett sem, azt írja: „*aki megéli, meglátja*”.

Enyedi György összefoglaló műve a hazai – s a remélhető angol fordítás után – a nemzetközi regionális tudomány értékes, eligazító alkotása. Gondolattár a városokról, azok fejlődési tényezőiről, modelljeiről, működési rendszereiről, hosszú ideig igazodást nyújthat az oktatáshoz, ötleteket kínálhat a tudományos kutatáshoz, vitát gerjeszthet. A jó műnek ennyit kell adnia és nem többet! (Enyedi György: *Városi világ. (Modern Regionális Tudomány Szakkönyvtár)* Budapest: Akadémiai Kiadó, 2012)

Rechnitzer János

az MTA doktora, egyetemi tanár



CONTENTS

Celebrating 50 Years of the Hungarian Biophysical Society

Guest Editor: Péter Závodszky

Péter Závodszky: History of the Hungarian Biophysical Society	1026
Pál Ormos: Application of Photopolymerized Microstructures in Biophysics	1039
László Mátyus – György Panyi – Sándor Damjanovich – János Szöllösi: Role of Membrane Proteins and Receptor Patterns in Normal and Pathologic Cell Functions	1046
Miklós Kellermayer: Single-molecule Biophysics	1055
Ferenc Vonderviszt: Structure and Self-assembly of Bacterial Flagellar Filaments	1064
Beáta Bugyi – Gábor Hild – András Lukács – Miklós Nyitrai: Molecular Ruler in the Proteins' World	1072

Study

Péter Jákó: Sport, Health and Society	1081
Jenő Szmodis: Richard Wagner and the Law and Political Sciences	1090

Interview

You Can Replace a Lot of Doing with Just Thinking (<i>Ágnes Chikán's Interview with Lajos Keszthelyi, member of the Hungarian Academy of Sciences</i>)	1097
--	------

Discussion

Gábor Molnár: Intuitions, Experiences and Practical Interests in Philosophy	1103
István Fehér M.: The Roundish Circle—On Greatness and Misery of Philosophy	1110
Bence Nánay: Philosophy Before, After and Parallel to the Sciences—Closing the Debate	1121

Academy Affairs

László Havas: Culture of Evanescence and Death as Seen from Positive Attitude to Life	1128
Uncle Pityu... (<i>Endre Csanda</i>)	1132

Obituary

András Lipták 1935 – 2012 (<i>Ferenc Joó</i>)	1136
---	------

Outlook (<i>Júlia Gimes</i>)	1139
--------------------------------------	------

Book Review (<i>Júlia Sipos</i>)	1143
--	------

Szerkesztőbizottságunk érdemes tagja, **Ádám György** akadémikus augusztus 25-én töltötte be 90. életévét. Köszönti őt, és még sok munkás évet kíván neki

a Szerkesztőség

Ajánlás a szerzőknek

1. A *Magyar Tudomány* elsősorban a tudományterületek közötti kommunikációt szeretné elősegíteni, ezért főleg olyan dolgozatokat közöl, amelyek a tudomány egészét érintik, vagy érthetően mutatják be az egyes tudományterületeket. Közlünk témaösszefoglaló, 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, de a lapunk nem szakfolyóirat, ezért a szerzőktől közhírhelyű, egy-egy tudományterület szaknyelvét mellőző cikkeket várunk.

2. A kézirat terjedelme általában ne haladja meg a 30 000 leütést (ez szóközökkel együtt kb. 8 oldalnak felel meg a *Magyar Tudomány* füzeteiben); ha a tanulmány ábrákat, táblázatokat is tartalmaz, kérjük, arányosan csökkentsék a szöveg mennyiségét. Beszámolókat, recenziókat terjedelme ne haladja meg a 7–8000 leütést. A teljes kéziratot MS Word .doc vagy .rtf formátumban interneten vagy CD-n kérjük a szerkesztőségbe beküldeni.

3. Másodközlésre csak indokolt esetben, előzetes egyeztetés után fogadjunk el dolgozatokat.

4. Legfeljebb tíz magyar kulcsszó és a közlemények címének angol fordítását külön oldalon kérjük. A cím után a szerző nevét, tudományos fokozatát, munkahelye pontos nevét, s ha közölni kívánja, e-mail címét kell írni. Külön lapon kérjük azt a levelezési és e-mail címet, telefonszámot is, ahol a szerkesztők a szerzőt általában elérhetik.

5. Szövegközi kiemelésként dőlt (*italic*), (esetleg félkövér – **semibold**) formázás alkalmazható; r i t k í t á s, VERZÁL, KISKAPITÁLIS (SMALL CAPITALS, KAPITÁLCHEN) és aláhúzás nem. A jegyzeteket lábjegetként kérjük megadni.

6. Az ábrák érkehetnek papíron, lemezen vagy e-mail útján. Kérjük a szerzőket: tartsák szem előtt, hogy a folyóirat fekete-fehér; formátuma B5 – tehát ne használjanak színeket, és vegyék figyelembe a fizikai méreteket. Általában: az ábrák

és magyarázataik legyenek egyszerűek, áttekinthetőek. A képeket lehetőleg .tif vagy .jpg formátumban kérjük; fekete-fehérben, min. 150 dpi felbontással, és nagyságuk ne haladja meg a végleges (vagy annak szánt) méreteket. A szövegben tüntessék fel az ábrák kívánatos helyét.

7. A hivatkozásokat mindig a közlemény végén, ábécé-sorrendben adjuk meg, a lábjegetekben legfeljebb utalások lehetnek az irodalomjegyzékre. Irodalmi hivatkozások a szövegben: (szerző, megjelenés éve – Balogh, 1957; Feuer et al., 2002). Ha azonos szerző(k)től ugyanazon évben több tanulmányra hivatkoznak, akkor a közleményeket az évszám után írt a, b, c jelekkel kérjük megkülönböztetni mind a szövegben, mind az irodalomjegyzékben. Különösen ügyeljének a bibliográfiai adatoknak a szövegben és az irodalomjegyzékben való egyeztetésére! Kérjük: csak olyan és annyi hivatkozást írjanak, amilyen és amennyi elősegíti a megértést. Számuk ne haladja meg a 10–15-öt.

8. Az irodalomjegyzéket ábécé-sorrendben kérjük. A tételek formája a következő legyen:

- Folyóiratcikkek esetében: Feuer, Michael J. – Towne, L. – Shavelson, R. J. et al. (2002): Scientific Culture and Educational Research. The Educational Researcher. 31, 8, 4–14.

- Könyvek esetében: Rokkan, Stein – Urwin, D. W. – Smith, J. (eds.) (1982): The Politics of Territorial Identity: Studies in European Regionalism. Sage, London

- Tanulmánygyűjtemények esetében: Halász Gábor – Kovács Katalin (2002): Az OECD tevékenysége az oktatás területén. In: Bábosik István – Kárpáthi Andrea (szerk.): Összehasonlító pedagógia – A nevelés és oktatás nemzetközi perspektívái. Books in Print, Budapest

9. Havi folyóirat lévén a *Magyar Tudomány* kefelevonatokat nem küld, de elfogadás előtt minden szerzőnek elküldi egyeztetésre közleménye szerkesztett példányát. A tördelés során szükséges apró változtatásokat a szerző időpontegyeztetés után a szerkesztőségben ellenőrizheti.

Revisiói munkái
Könyvtára

M A G Y A R
ACADEMIAI ÉRTESÍTŐ.

VIII. ÉV.

1848. FEBRUAR.

II. SZ.

E' hivatalos lapból, mely az academiái gyűlésekben előforduló 's közzé tételre alkalmas tárgyakat, valamint az intézetet illető fontosabb jelentéseket közli, az academiái szűnőidő kivételével minden hó' 10-dikén egy szám jelenik meg, 's ez a' körülmények szerint mindenkor egy vagy több ívből áll. Néha rajzok is járulnak hozzá. Az egész évi folyamra az előfizetés 2 ft e. p. — Kapható Egenberger J. és fia academiái könyvtárosoknál 's általában a' két haza' minden hiteles könyvtárosainál.

KIS GYÜLÉS, FEBR. 7. 1848.

(A' nyelvtudományi osztály' részére)

Kubinyi Ágoston tisz. tag' helyettes elnöktele alatt

Jelen az osztály' részéről Czuczor, Szemere, Vörösmarty rr. — Erdélyi Gaál, Garay, Mátray, II. tt. — Egyéb osztályokból: Császár F. tt — Bugát Gebhardt, Kállay, Kiss K., Luczenbacher, Szilasy, Sztrókay, Zsoldos rr. tt Hanák, Henszmann, Karácson, Szőnyi, Waltherr, II. tt. — Toldy F. titoknok Lukács M. helyettes segédjegyző.

Bugát Pál rt. bejelentette, hogy ő egy magyar-finn szótár' készítésében munkálkodik, mit az osztály örvendetes tudomásul vett. Erre

KÁLLAY FERENCZ. rt,

Az *ól* és *akol* szók' nyelvhasznító fejtegetését adta elő, mely itt egész kiterjedésében közöltetik.

Az *ól* szavunkat illetőleg I. Dankovszky e' tiszta magyar gyökszót is el akarja perleni, azt a' görög *αυλη*-ből átvettnek álltván (702. l.); de feledi, vagy nem tudta, hogy a' kubáni, magyarosan kubinyi, tatárok is az *akol*, melyben télen marháikat tartják, *aul* vagy *ól*-nak nevezik (L. Klaproths Reise in den Kaukasus. I. B. p. 457.); hogy a' kergizek közt is Ázsiában *avul* vagy *ól* annyi mint lakhely (Hor-des et Steppes des Kirghiz-kazaks par Alexis de Levchine. France Littéraire, 1835. Avril, p. 315.); hogy Jakut földleirásában is két helységet nevez meg *aul* vagy *ól* névvel (Wiener Jahrbücher d. Lit. LXVII. B. Anz. Bl. p. 47.); sőt a' samojedek közt is divatos e' szó lakhely értelemben (Klaproth, Asia Polygl. tab. X.), 's a' mi a' vogulok közt *okon* vagy *akna* (=akol, akna), azaz kunyhó, annak a' kergiz *aul* felel meg, mikép kunyhóikat hívják (Müller, Der ugr. Volkstamm, I p. 233). Hogy már ez éjszaki népek *görögöktől* tanulták volna el a' szót, gondolni sem lehet; mondjuk azért ezt is ösvilagi