

terjedésének és rögzülésének nem genetikai oka van, kulturális evolúciónak nevezzük. Azonban szinte biztos, hogy az emberi fajban rengeteg genetikai változást is okozott a csoportos életmód és a fejlett értelmi képességek következtében működő kulturális evolúció. A sikeres normarendszerek bizonyos viselkedésmintázatokra hajlamosító gének terjedését előnyben részesítették: például az olyan gének terjedtek és rögzültek az emberi populációkban, melyek hatására csökken az agresszió a csoporton belül, a

csalók, önzők figyelése intenzívebbé válik, melyek hatására erős indulatok lépnek működésbe a csalókkal, önzőkkel szemben.

A szerző köszöni az OTKA To49692-es, az NN71700-as számú pályázatait, valamint a Konrad Lorenz Institute támogatását.

Kulcsszavak: *együttműködés, erős kölcsönösség, csoportszelekció, kulturális evolúció, büntetés, közlegelők dilemmája játék, ultimátum játék*

IRODALOM

- Bateson, Melissa – Nettle, D. – Roberts, G. (2006): Cues of Being Watched Enhance Cooperation in a Real-World Setting. *Biology Letters*. 2, 412–414.
- Darwin, Charles (1923): *Az ember származása*. Athenaeum Irodalmi és Nyomdai Rt.
- Hardin, Garrett (1968): The Tragedy of the Commons. *Science*. 168, 1243–1248
- Henrich, Joseph – Boyd, R. – Bowles, S. – Camerer, C. – Fehr, E. – Gintis, H. (2004): *Foundations of Human Sociality: Economic Experiments and Ethnographic Evidence from Fifteen Small-Scale Societies*. Oxford University Press
- Fehr, Ernst – Gächter, Simon (2002): Altruistic Punishment in Humans. *Nature*. 415, 137–140.
- Gintis, Herbert (2000): Strong Reciprocity and

Human Sociality. *Journal of Theoretical Biology*. 206, 169–179

Jensen, Keith – Call, J. – Tomasello, M. (2007): Chimpanzees Are Rational Maximizers in an Ultimatum Game. *Science*. 318, 107–109.

de Quervain, Dominique J.-F. – Fischbacher, U. – Treyer, V. – Schellhammer, M. – Schnyder, U. – Buck, A. – Fehr, E. (2004): The Neural Basis of Altruistic Punishment. *Science*. 305, 1254–1258.

Sanfey, Alan G. – Rilling, J. K. – Aronson, J. A. – Nystrom, L. E. – Cohen, J. D. (2003): The Neural Basis of Economic Decision-Making in the Ultimatum Game. *Science*. 300, 1755–1758.

Wedekind, Claus – Milinski, Manfred (2000): Cooperation through Image Scoring in Humans. *Science*. 288, 850–852.



A NYELV EVOLÚCIÓJÁNAK BIOLÓGIAI HÁTTERE*

Fedor Anna Ittész Péter

tudományos munkatárs,
MTA–ELTE Elméleti Biológiai és
Ökológiai Kutatócsoport, ELTE
Collegium Budapest (Institute for Advanced Study)
fedoranna@gmail.com

munkatárs, PhD,
Collegium Budapest (Institute for Advanced Study)

Szathmáry Eörs

egyetemi tanár, az MTA levelező tagja,
Collegium Budapest (Institute for Advanced Study),
Eötvös Loránd Tudományegyetem Biológiai Intézet
szathmary@colbud.hu

A nyelv eredetének problémája

Az emberi nyelv az élővilágban egyedülálló jelenség, melynek kétségkívül vannak biológiai alapjai. Az emberszabású majmok, delfinok vagy papagájok több évi alapos képzés alatt sem képesek olyan szinten elsajátítani, mint amelyet az embergyerekek spontán magukévá tesznek. Néhányan úgy vélik, hogy intelligenciánk önmagában is elég nyelvi képességünk kialakulásához, ám nem magyarázzák meg azt, hogy ez az intelligencia miben különbözik például az emberszabású majmokétól. Szerintünk inkább az okozza a különbségeket, hogy az embernek olyan neuronális kapacitásai vannak, melyek a többi állatfajban

csak nagyon kezdetleges formában vannak jelen. Ennek következtében többek között hatékonyan tudunk kezelni hierarchikus struktúrákat: ilyenek a szintaxis rekurzív elemei a nyelvben, az alegység-stratégia az eszköz-készítés során és a másod-, harmad- és negyedrendű intencionalitás az elméletóriában.

A nyelv olyan összetett rendszer, amely párhuzamosan koordinál több képességet is, ezért a nyelv genetikai eredetének kiderítéséhez sok más érzékelési, mozgató- és kognitív rendszert kell megismernünk; azt, hogy ezek hogyan változtak külön-külön és hogyan változott a közöttük levő kapcsolat. A nyelv eredetének vizsgálatát azonban éppen ezen ismeretek hiánya akadályozza. A nyelvészek között sincs általános egyetértés arról, hogyan írják le a nyelvet – különféle megközelítések léteznek, melyek képviselői heves csatározásokat vívnak. Mi, biológusok, úgy tartjuk, hogy a legkisebb közös nevező ebben a vitában az lehet, ha a nyelvet mint a szimbolikus

* A cikk a következő könyvfejezet alapján készült (jelentősen rövidítve): Fedor Anna – Ittész Péter – Szathmáry Eörs (2008): The Biological Background of Syntax Evolution. In: Bickerton, Derek – Szathmáry Eörs (eds.): *Biological Foundations and Origin of Syntax*. The MIT Press, Cambridge, MA.

referencia és az összetett szintaxis kombinációját határozzuk meg.

A nyelv létrejöttének több olyan előfeltétele is van, melyek a jelen pillanatban nem különösebben érdekesek számunkra – például az emberszabású majmoknak nincs lesülydedt gégefőjük, emiatt nem tudnak olyan sokféle fonémát képezni, és a vokalizációjuk sincs teljesen agykérgi kontroll alatt. Az ember evolúciója során kétségtelenül kialakultak ezek a tulajdonságok, ám ezek nem feltétlenül szükségesek a nyelvhez, mint olyanhoz. Tökéletesen működőképes nyelvet lehetne létrehozni kevesebb fonémából vagy akár vokalizáció nélkül is (például jelnyelv). Minket elsősorban a *nyelvi operátorok neuronális implementációja* érdekel, modalitástól függetlenül. Nehéz elképzelni a nyelv eredetét a tanítás, az utánzás képessége és fejlett elméletória nélkül. Az emberszabású majmok ezen képességei korlátozottak, az emberfélék evolúciója során pedig valószínűleg éppen azért mentek keresztül jelentős változásokon, mert a nyelvvel együtt evolválódtak. Ehhez még hozzáadódik egy fontos emberi adaptáció, a nagy, nem rokon csoportokban való kooperáció képessége (Maynard Smith – Szathmáry, 1995). Ezek a tulajdonságok együtt egy olyan *adaptív csomagot* alkotnak, mely csak az emberre jellemző, és melynek megléte valószínűbbé teszi a nyelv kialakulását (Szathmáry – Szamadó, 2008).

Ami a nyelv neurobiológiai alapjait illeti, néhány tankönyv még mindig azt a túlegyeszerűsített nézetet képviseli, miszerint az agy bal féltekéjében található Wernicke-mező a szemantikáért, a Broca-mező pedig a szintaxisért felelős. Valójában a nyelvi összetevők agyi lokalizációja nagyon is rugalmas: a teljes bal agyfélteke eltávolítása pár hónapos korban meglepően kevés elváltozást okoz a nyelvi

képességekben, mivel a jobb félteke képes átvenni a szükséges feladatokat. A nyelv komponensei az *egyedfejlődés során* lokalizálódnak az agyban, még hozzá a rendelkezésre álló „legkényelmesebb” helyen (vö. Karmiloff-Smith, 2006). A nyelv, mint egy amőba, megtalálja az agyban a számára legmegfelelőbb élőhelyet. Az emberi agynak egy elég nagy része alkalmas élőhely a „nyelvi amőba” számára, a főmlősök agyában viszont – úgy tűnik – nincs helye (Szathmáry, 2001).

A nyelv eredete máig megoldatlan probléma: azon kívül, hogy igen kevésbé támaszkodhatunk a fossziliákra, a genetikai és fiziológiai kísérletezés is erősen korlátozott embereken és emberszabású majmokon. Ezen kívül a nyelv egyedülálló volta lehetetlenné teszi a szigorú értelemben vett összehasonlító tanulmányokat, melyek a biológia más területein oly hasznosnak bizonyulnak. Éppen ezért van kiemelt szerepe a nyelv eredetének kutatásában a szimulációknak: az elméleti kutató feladata az, hogy megpróbálja modellezni a nyelv előnyelvből való kialakulásának közbülső lépéseit. Ebben a cikkben a nyelv problémakörének genetikai, neurobiológiai és evolúciós hátterét szeretnénk áttekinteni.

A gének és a nyelv

A humán és a csimpánz genom szekvenálása befejeződött, ám rengeteg munka van még hátra. A gének ismerete még nem minden, azt is ki kell deríteni, hogy a fenotípus hogyan feleltethető meg a genotípusnak. A gének kölcsönhatásban vannak: kifejeződésüket nem csak a környezet, hanem egyéb gének is befolyásolják, így a *kölcsönhatások hálózata* szintén rendkívül fontos. A kérdés az, hogy a gének hatása hogyan szivárog fölfele, egészen addig, míg valamilyen tulajdonságban, viselkedésben megnyilvánulnak.

A nyelvi képesség olyan tulajdonság, ami minden emberben megvan, és többnyire csak kvantitatív különbségeket lehet felfedezni az egyes személyek között. A kérdés, hogy ezért mennyiben felelősek a gének, és mennyiben a környezet. Erre a kérdésre részben ikervizsgálatokból kaphatunk választ. A nyelvi rendellenességek egy része egypetűjű ikrekben többnyire együtt jelenik meg, míg kétpetűjű ikrekben nem, ami azt jelenti, hogy a géneknek nagyobb hatásuk van egy rendellenesség létrejöttére/hiányára, mint a környezetnek. Ilyen például a diszlexia és a specifikus nyelvi zavar (Specific Language Impairment – SLI). Egészséges ikrekkel végzett kísérletekből pedig kiderült, hogy a fonológiai rövid távú memóriában, artikulációban, szókincsben és morfoszintaxisban észlelt variancia mögött is részben genetikai hatások állnak.

Bizonyára voltak genetikai változások az emberfélék evolúciója során, melyek fellendítették a nyelv evolúcióját, de általános, aspecifikus módon, tehát általában nem konkrét agyterületek konkrét jellegzetességeire hatva. Ilyenek lehetnek az agyméretet befolyásoló gének, vagy egy nemrég felfedezett gén, mely talán közreműködik az emberi agykéreg határtegy szerkezetének kialakításában – hozzátesszük, önmagában egyik sem lehet felelős a nyelv megjelenéséért.

Tudunk azonban olyan változásokról is, melyek közvetlenül hatnak a nyelvre. Myrna Gopnik 1990-ben azonosította a FOXP₂ gént, melynek egy domináns mutációja ún. fejlődési verbális dyspraxiát (Developmental Verbal Dyspraxia – DVD) okozott egy angol anyanyelvű családban (Gopnik, 1990). Ez nemcsak a száj- és arcizmok renyheségét okozta, hanem a családtagok nyelvhasználatát is befolyásolta: az érintett személyek nem voltak képesek olyan általános szabályokat automa-

tizált formában elsajátítani, mint hogy az igék múlt idejét az *-ed*, a főnevek többesszámát pedig az *-s* végződéssel képezzék. Ehelyett minden egyes esetet külön kellett memorizálniuk, úgy, mint az egészséges embereknek a rendhagyó ragozású szavakat.

A FOXP₂ gén terméke minden gerinces állatban megvan, és bizonyított, hogy pozitív szelekción ment keresztül az elmúlt kétszáz ezer évben. Más fajok vizsgálatából kiderült, hogy a FoxP₂ gén a szenzomotoros integrációért és a mozgás irányításáért felelős idegsejthálózatok fejlődéséért felelős, ami arra enged következtetni, hogy a nyelv eredetének a mozgásirányításhoz is köze van. Énekesmadarakban a FoxP₂ fontos szerepet játszik egyes agyterületek fejlődésében és szezonális aktivitásában. További érdekesség, hogy az énekesmadarak énektanulásáért felelős idegdúc analógnak tűnik az ember bazális ganglionjával, mely a verbális tanulásban játszik szerepet. Mind a FoxP₂, mind az azonos géncsaládba tartozó FoxP₁ gén az ember és az énekesmadár agyának funkcionálisan hasonló agyterületein fejeződik ki, melyek a szenzomotoros integrációért és a mozgásirányításért felelősek. Mindezekon túl a FoxP₂ gén kiesése madarakban pontatlan és hiányos vokális imitációt, mutációja egerekben az ultrahangos vokalizáció rendellenességét okozza, melyet a kisegegek az anyjuktól való szeparációkor használnak. A génnek tehát más fajokban is a szociális kommunikációhoz van köze. A gén terméke olyan egyéb géneket szabályoz, melyek a szinaptikus plaszticitásban, az idegsejtek fejlődésében, az idegsejtnyúlványok irányításában és az ingerületátadásban játszanak szerepet.

A nyelvi képesség biológiai motivációjú felosztása nagyon fontos lenne ahhoz, hogy meg tudjuk határozni, mik lehetnek a nyelv

közbülső fejlődési állapotai. A nyelvészeti elméleteket a nyelv biológiájával összefüggésben kéne kialakítani. Sajnos eddig nem született olyan elmélet, mely részletesen figyelembe vette volna az agyi mechanizmusokat.

Az agy és a nyelv

Az idegsejtek aktivitásának vizsgálata rohamos fejlődésen ment keresztül az utóbbi évtizedekben. A műszerek pontossága folyamatosan nő, és egyre gyakrabban használják őket arra, hogy megállapítsák, mely agyterületek aktívak különböző nyelvi műveletek végzése közben. Bár a különböző agyi funkciók különböző agyi területek aktivitásával függenek össze, fontos kiemelni, hogy ez nem jelenti a funkciók genetikailag szigorúan kódolt lokalizációját. Az agy fejlődése – főleg az élet első néhány hónapjában – nagyon plasztikus, így sok kognitív képesség szinte teljesen helyre tud állni korai agysérülések után. Ugyanez igaz a nyelv különböző összetevőire, így a szintaxisra is. Még sérülések hiányában is a nyelv feldolgozása szétszórtva, az agy több területén történik, az agykéreg kívül az agykéreg alatti területek is szerepet játszanak ebben, például a bazális ganglion és a kisagy.

Elképzelhető, hogy az eszközkészítésnek is szerepe volt a nyelv evolúciójában (Greenfield, 1991), tehát a hatékony eszközkészítés irányába ható szelekció egyben elősegítette a nyelv evolúcióját is és *vice versa*. Érdekes, hogy amikor három különböző méretű poharat kell egymásba rakniuk, az emberszabású majmok és a kisgyerekek ezt mindig az ún. „fazékmódszerrel” oldják meg, egyszerre csak egy poharat mozgatva: először a legnagyobb teszik a középsőt, majd ebbe a legkisebb poharat. A gyerekek viszont egy idő után elsajátítják az ún. „alegység-módszert” is: először a legkisebb poharat teszik a középsőbe, majd

a kettőt egyszerre mozgatva teszik a legnagyobbba. Ez utóbbi stratégia rekurzívnak tekinthető, melynél a cselekvés „nyelvtana” hasonló szerkezetű, mint a rekurzív szabályokkal szerkesztett mondataink. Tecumseh W. Fitch és Marc D. Hauser (2004) kísérlete szerint rekurzív szabálynak megfelelő mintázatot mesterséges nyelvben tamarin majmok nem voltak képesek felismerni, az emberek viszont igen. E két jelenség arra utal, hogy a majmok agyában még nincsenek meg azok a más idegsejteket szabályozó neurális kapcsolatok, melyek lehetővé tennék a rekurzív műveletek elvégzését.

Egy másik kísérletben megkérték a kísérleti alanyokat, hogy készítsenek eszközöket a 2,5 millió éves olduvai kultúrára jellemző módszerekkel, és közben azt figyelték, hogy mely agyterületeik aktiválódnak. Érdekes módon nemcsak a premotor cortex aktiválódott, hanem a Broca-mező hátsó része is, ami tovább erősíti azt az elképzelést, hogy van kapcsolat az eszközkészítés és a nyelv között.

Az agy és a nyelv koevolúciója

Be kell látnunk: nem értjük, pontosan hogyan is működik az agy. Fejlődését mindenképp befolyásolják genetikai tényezők, de így is nagyon plasztikus: még az egyetemen is megdöbbentően különbözik. Jean-Pierre Changeux (1983) szerint a felnőtt agykéreg funkcionális mikroanatómiája a kezdeti szinapsztúltengésnek, majd a felesleges szinapszisok és idegsejtek funkcionális kritériumokon alapuló szelektív eliminációjának eredménye (tehát a nemhasznált szinapszisok törölődnek).

Az eddigiekből kiderült, hogy az emberi agynak nagyon nagy része képes nyelvi információkat, sőt nyelvtani operációkat is feldolgozni. Ez azt jelenti, hogy nincs egy olyan

előre rögzített makroanatómiai struktúra, ami kizárólagosan végezné a nyelvvel kapcsolatos feladatokat. Sokkal inkább arról lehet szó, hogy a nyelv feldolgozásának képessége valamilyen funkcionális mikroanatómiai struktúrától függ, az *idegsejtek kapcsolatainak valamely statisztikai-hálózati tulajdonságától*, mely az agy nagy részére jellemző (Szathmáry, 2001). Hogy ez a többi állat agyához képest új tulajdonság minnek az eredménye, nem tudjuk. Szelekcionista szemszögből három lehetőség van: már az idegsejtek kezdeti kapcsolatai is újszerűek; az idegsejtek kezdeti kapcsolatai nem újszerűek az állatokéhoz képest, de a szelekciós mechanizmus új; illetve mind a kezdeti kapcsolatok, mind a szelekciós mechanizmus új.

A fenti elképzelés szoros összefüggésben van az agy és kogníció koevolúciójának újabb elméletével. A tradicionális elképzelés szerint a koevolúció „lentől felfelé” mechanizmus alapján zajlik: eszerint ha egy idegi struktúra genetikai változáson megy keresztül, akkor kognitív teljesítménye alapján a természetes szelekció vagy lehetővé teszi az elterjedését, vagy nem. A „felülről lefelé” mechanizmus azonban Stanley I. Rapoport szerint sokkal nagyobb szerepet játszott az emberi kognitív képességek, így a nyelv evolúciójában is: eszerint, mivel az agy egyedfejlődése plasztikus, az olyan területein, melyek nagyobb igénybevételnek vannak kitéve, kevesebb idegsejt, illetve idegsejtkapcsolat fog leépülni, ami jobb teljesítményhez vezet. Ilyen körülmények között bármilyen genetikai változás, mely az adott agyterület növekedéséhez vezet, kedvező.

Ez az elmélet gyakorlatilag egy korábbi elmélet kiterjesztése, miszerint a komplex teljesítményekre képes agy megváltoztatja a szelektív környezetet (mivel az állat környe-

zetét többnyire a hasonló aggyal rendelkező fajtársai alkotják), ami aztán még összetettebb agyra fog szelektálni. Tehát a szelekció fő hajtóereje nem a fizikai, hanem a szociális környezet lesz, vagyis a fajtársak viselkedése. Másrészt ez a mechanizmus a genetikai asszimilációnak is nagyon szép példája, miszerint „a tanulás vezeti az evolúciót”. Ez azt jelenti, hogy egyes újítások, melyeket eleinte minden egyednek meg kellett tanulnia, később genetikailag kódolódnak az agyban. Mivel azonban a nyelvi rendszerek nagyon gyorsan változnak, kicsi a valószínűsége, hogy a genom asszimilálni tudjon konkrét nyelvtani szabályokat. Itt inkább egy általános feldolgozási mechanizmus genetikai asszimilációjára kell gondolni, ami a szabályok pontosabb feldolgozására, gyorsabb megtanulására tette képessé az egyedeket (Szathmáry, 2001).

Az eddigieket összefoglalva javaslatunk tehát a következők:

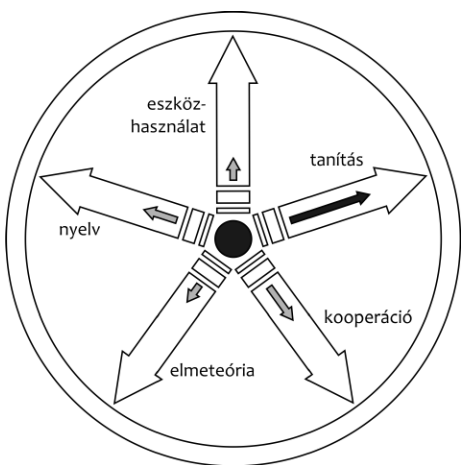
- A nyelv kialakulásához genetikai változásokra volt szükség, melyek befolyásolták az agy jelentős részének egyedfejlődését.
- Ezek a változások az itt található idegsejtek kapcsolatainak statisztikai mintázatát, valamint dinamikus fejlődését érintették.
- Az agy egyedfejlődésének szelekciós plaszticitása következtében a nyelv és az agy koevolúciója a nyelvtani szabályok feldolgozása képességének genetikai asszimilációjához vezetett.

A nyelv és az evolúció

Az ember adaptív csomagja

A nyelven és a komplex eszközhasználaton kívül kizárólagos emberi tulajdonság a hatékony tanítás, az imitáció, a fejlett elmélet és a nagyméretű, nem rokoni csoportokon belüli kooperáció képessége is (Maynard Smith – Szathmáry, 1995). Véleményünk sze-

rint ezek a tulajdonságok nem véletlenül jelentek meg együttesen. Adaptív csomagot alkotnak, mely valószínűleg szinergisztikus módon, koevolúcióval fejlődött az elmúlt ötmillió évben (Szathmáry – Számadó, 2008). Az 1. ábra „koevolúciós kereké” azt szimbolizálja, hogy bármelyik „küllő” (tulajdonság) evolúciója előnyére válhatott a többi tulajdonságnak is, még akkor is, ha a szelekció többször küllőt váltott, felváltva fókuszálva az egyes tulajdonságokra. Így nincs is sok értelme azt a kérdést boncolgatni, hogy milyen sorrendben alakultak ki a küllők. Azt, hogy ezek a tulajdonságok összekapcsolódnak, alátámasztja az autizmus esete: az autizmussal élőknek az elmélet, a kommunikáció és a nyelv területén vannak hiányosságok. Az a predikciónk, hogy több olyan gént is fogunk találni a közeljövőben, amely pleiotróp hatású, tehát a koevolúciós keréknek egyszerre több küllőjére is hat.



1. ábra • A koevolúciós kerék és az ember adaptív csomagja. Ezen az ábrán a szelekció közvetlenül éppen a tanításra hat (fekete nyíl), mely a többi tulajdonság fejlődését is maga után vonja (szürke nyilak).

Az emberszabású majmok az emberrel ellentétben nagyon kevésbé értik a fizikai világ ok-okozati összefüggéseit, és ez többek között az eszközkészítési képességeiket is limitálja. Ezzel szemben az ember már jobban érti a kauzális viszonyokat, és lehetséges, hogy éppen ez tette lehetővé számára a nyelv elsajátítását. Derek C. Penn és Daniel J. Povinelli (2007, III.) szerint sok új, és közvetlenül nem megfigyelhető kauzális viszonyt már ismert jelenségek analógiáján keresztül értünk meg: például az atom szerkezetét a naprendszerhez hasonlítjuk, az elektromosságot az áramló folyadékhoz, a gravitációt a fizikai erőhöz.

Sok nyelvtani szerkezet is kauzálisan működik: az egyik elem megjelenése egy másik elem megjelenését teszi kötelezővé. Másrészt a nyelv is analóg szerkezetek végtelen variációján alapszik: Jancsi szereti Juliskát, a cica szereti a tejet stb. Tehát a rekurzió kívül az analóg érvelés is összeköti a nyelvet az eszközkészítéssel. További fontos emberi képesség, hogy közös szándékokat vagyunk képesek koordinálni, ami lehetővé teszi a kooperációt és a tanítást. Fontos még a pontos mozgáskoordináció, ami többek között az eszközkészítéshez szükséges.

Az emberre jellemző adaptív csomag elemeit két csoportra lehet osztani: a nélkülözhetetlen procedurális komponensekre (hierarchikus szerkezetek kezelésének képessége, analóg érvelés, imitáció, közös szándékok és pontos mozgáskoordináció), és a komplex adaptív képességekre (tanulékonyosság, komplex kooperáció és elmélet, nyelv és eszközkészítés). Véleményünk szerint a kölcsönhatásoknak és folyamatoknak ez az összetett hálózata pleiotróp hatású gének közreműködésével alakulhatott ki. Egy ilyen gén, mely kedvező hatását több tulajdonságra is kifejti, gyorsabban elterjed a populációban, és rö-

zülése is valószínűbb, mint egy olyan génnek, mely csak egy tulajdonságra hat.

Szelekciós forgatókönyvek a nyelv kialakulására

Az emberi nyelv kialakulását számos elmélet magyarázza. A legtöbb elmélet a nyelv funkcionális szerepét többé-kevésbé jól indokolja, így ezen az alapon nem lehet eldönteni, hogy melyik elmélet a hasznosabb. Ezt a problémát egy új játékelméleti kutatás segítségével szeretnénk feloldani, mely figyelembe veszi a kommunikáló felek érdekeit és a kommunikációs jelek költségeit is.

Eszerint a kutatás szerint ha a jelek mindkét félnek egyformán költségmentesek, akkor az őszinte jeladás csak akkor lehet evolúciósan stabil, ha nincs érdekellentét a kommunikáló felek között. Amint megjelenik az érdekellentét, a kommunikáló felek – mivel ezt költségmentesen tehetik – csalni fognak (például egy harc előtti kommunikáció során erősebbnek mutatják magukat, mint amilyenek a valóságban, s így próbálják elriasztani az ellenfelet). Viszont ha a jelek költsége a jeladó minőségétől függ, elképzelhető olyan eset, hogy a költségmentes jelek őszinték maradnak, még akkor is, ha érdekellentétről van szó (Számadó, 1999). Az emberi nyelv esetében a legegyszerűbb ilyen eset az, amikor a nem őszinte jeladót megbüntetik, amihez természetesen fel is kell ismerni a csalókat. Összegezve tehát, megegyezésen alapuló, költségmentes jelek akkor maradhatnak fent, ha a kommunikáló felek közös érdekekről vagy ütköző érdekek ellenőrizhető vonatkozásairól kommunikálnak; egyéb esetekben a jelek költségesek lesznek.

Mit mond nekünk ez az elmélet az emberi nyelv megjelenéséről? A beszéd vagy a mutogatással való kommunikáció szinte költ-

ségmentes, így azok az elméletek lehetnek helyesek, melyek szerint az emberi nyelv megjelenésének kontextusában nem volt érdekellentét, vagy melyek szerint volt ellentét, de a jelek őszinteségét könnyen ellenőrizni lehetett. Az irodalomban található tizenegy legnépszerűbb elméletet megvizsgálva, egyik sem felelt meg a második esetnek, viszont több olyan elmélet is van, mely szerint nem volt érdekellentét a kommunikáló felek között. Számadó Szabolcs és Szathmáry Eörs (2006) három másik kritérium szerint tovább szűkítették a szóba jöhető elméletek körét. Mivel nem valószínű, hogy az első szavak absztrakt fogalmak lettek volna, a nyelv elsődleges céljának a fizikai valóságra, a kommunikáló feleket körülvevő környezetre való utalásnak kellett lennie. A harmadik szempont azt vizsgálja, hogy az elmélet megmagyarázza-e az emberi nyelv általánosító képességét, tehát azt, hogy gyakorlatilag bármiről tudunk beszélgetni, míg az állatok többnyire csak saját állapotukról közölnek információt. A negyedik kritérium szerint pedig az elméletnek meg kell tudnia magyarázni az emberi nyelv egyedülállóságát az állatvilágban.

A legtöbb elmélet több kritériumnak sem felelt meg. Számadó és Szathmáry (2006) csak két olyan elméletet találtak, amely három kritériumnak is megfelelt: az egyik szerint az emberi nyelv az eszközkészítés (Greenfield, 1991), a másik szerint a vadászat (Washburn – Lancaster, 1968) kontextusában alakult ki. Ám egyik elmélet sem magyarázza az emberi nyelv egyedülállóságát az állatvilágban.

Sajnos egyik elméletet sem támasztották alá modellezéssel, pedig a nyelv evolúciójának kutatásában ennek kiemelkedő szerepet kellene játszania. Az elméletek igazolásához mesterséges világokban kéne rekonstruálnunk a nyelv megjelenését. A robotok használatá-

nak több előnye is lenne: a megjelenő szavak a fizikai valósághoz kapcsolódhatnak, és a robotok szenzorok segítségével érzékelhetnék cselekedeteik következményeit (Nolfi – Floreano, 2002).

Az evolúció néhány nagy átmenete többször is végbemehetett (például többször is szervezők kialakulása vagy társas életmód kialakulása az állatok között), míg mások egyszeriek. Ilyennek tartjuk a nyelv megjelenését is (Maynard Smith – Szathmáry, 1995), bár, mivel nem ismerünk minden ma élő és már kihalt élőlényt, a nyelv kialakulásának egyszerűségét csak feltételezni tudjuk. Egy evolúciós átmenet valószínűségét két tényező csökkentheti: a variáció-limitáltság és a szelekció-limitáltság. Az előbbi azt jelenti, hogy az átmenethez szükséges genetikai változások

valószínűsége kicsi, így a szelekció számára rendelkezésre álló genetikai variánsok száma is kicsi. Az utóbbi esetben genetikai variánsokban nincs hiány, viszont különleges környezet szükséges az átmenetet biztosító változat fixálódásához. Az emberi nyelv evolúciójának kutatásakor mindkét szempontot figyelembe kell vennünk: milyen genetikai háttere van a nyelvnek, milyen variánsok lehettek a szelekció alapanyagai a nyelv kialakulásakor, illetve milyen körülmények vezettek ahhoz, hogy azok a variánsok maradtak fenn, melyek lehetővé teszik, hogy a ma ismert nyelveken kommunikáljunk.

Kulcsszavak: *nyelv, szintaxis, evolúció, FOXP2, plaszticitás, adaptív csomag, eszközkészítés, vadászat*

IRODALOM

- Changeux, Jean-Pierre (1983): *L'homme neuronal*. Librairie Arthème Fayard, Paris
- Fitch, W. Tecumseh – Hauser, Marc D. (2004): Computational Constraints on Syntactic Processing in a Nonhuman Primate. *Science*. **303**, 377–380.
- Gopnik, Myrna (1990): Feature-blind Grammar and Dysphasia. *Nature*. **344**, 715.
- Greenfield, Patricia M. (1991): Language, Tools and Brain: The Ontogeny and Phylogeny of Hierarchically Organized Sequential Behaviour. *Behavioral and Brain Sciences*. **14**, 531–595.
- Karmiloff-Smith, Annette (2006): The Tortuous Route from Genes to Behavior: A Neuroconstructivist Approach. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*. **6**, 9–17.
- Maynard Smith, John – Szathmáry Eörs (1995): *The Major Transitions in Evolution*. Freeman, Oxford
- Nolfi, Stefano – Floreano, Dario (2002): Synthesis of Autonomous Robots through Evolution. *Trends in Cognitive Sciences*. **6**, 31–37.
- Penn, Derek C. – Povinelli, Daniel J. (2007): Causal

- Cognition in Human and Nonhuman Animals: A Comparative, Critical Review. *Annual Review of Psychology*. **58**, 97–118.
- Szamadó Szabolcs – Szathmáry Eörs (2006): Selective scenarios for the emergence of natural language. *Trends in Ecology and Evolution*. **21**, 555–561.
- Szamadó Szabolcs (1999): The Validity of the Handicap Principle in Discrete Action-Response Games. *Journal of Theoretical Biology*. **198**, 593–602.
- Szathmáry Eörs – Szamadó Szabolcs (2008): A Social History of Worlds. *Nature*. **456**, 2–3.
- Szathmáry Eörs (2001): Origin of the Human Language Faculty: The Language Amoeba Hypothesis. In: Trabant, Jürgen – Ward, Sean (eds.): *New Essays on the Origin of Language*. Mouton/de Gruyter, New York, 41–51. http://books.google.hu/books?id=Pt5o1C6Zv94C&dq=Trabant,+J.++%E2%80%93+Ward,+%E2%80%93+Szathm%C3%A1ry,+E.+&hl=en&source=gbs_navlinks_s
- Washburn, Sherwood Larned – Lancaster, C. (1968): The Evolution of Hunting. In: DeVore, Irven – Lee Richard B. (eds.): *Man the Hunter*. Aldine, Chicago, 293–303.

DARWIN, A LÉLEK BIOLÓGUSA A DARWINIZMUS PSZICHOLÓGIAI ÖRÖKSÉGE

Bereczkei Tamás

egyetemi tanár, intézetigazgató,
PTE Pszichológia Intézet
btamas@btk.pte.hu

Darwinizmus és pszichológia

Darwin számára nyilvánvaló, hogy a természetes szelekció elméletét fajunkra is alkalmazni kell. Ha meg akarjuk érteni az ember lényegét, mindenekelőtt múltjával kell tisztába jönnünk. Főművében, *A fajok eredetében* még megelégszik azzal a szinte félrevertett megjegyzéssel, hogy „a jövőben... fény derül majd az ember eredetére és történetére is” (Darwin, 1859[2003], 430). Időközben azonban több olyan tudományos eredmény válik ismertté (például a neandervölgyi ember első feltárása), amelyek jelentős támogatást nyújtanak az ember biológiai származásának darwini elmélete számára.

Újabb szintézise *Az ember származása* című könyve, amely 1871-ben jelenik meg először. Mondanivalóját két alapelv köré szervezi. Egyfelől erőteljesen hangsúlyozza, hogy az emberről való során alapvetően ugyanazok a törvényszerűségek játszanak szerepet, amelyek általában az élővilág fejlődését is irányították. Ez az aktualizmus-elv – amelynek létrejöttében könnyen felfedezhetjük Charles Lyell, a geológia megalapítójának Darwin által is jól ismert gondolatait – teljes mértékben igazolást nyert a későbbi kutatások jóvoltából. A társadalomtudományokban egy

darabig még folytak bizonyos hátvédharcok, amelyek az ember dualista felépítése mellett törtek lándzsát. Eszerint van egy biológiai evolúció, amely létrehozza az emberi testet és az agyat, de ezt követően az ember létrehozza a kultúrát, s ennek törvényszerűségei – nem pedig a biológiai evolúció mechanizmusai – alakítják a gondolkodását, viselkedését, társas szerveződését. Világos ma már, hogy ez a nézőpont nem tartható: az ember évmilliók óta bonyolult társas kötelékben él, és a kultúra olyan mechanizmusával rendelkezik, mint eszközkészítés, valamilyen nyelvi kommunikáció, a tapasztalatok szociális átadása stb. (Mithen, 1996). Darwinnak igaza van: az ember testi és lelki felépítését egyaránt a természetes és ivari kiválogatódás folyamatai alakították, de úgy, hogy a legfontosabb alkalmazkodási folyamatok a társas létezési mód kihívásaira adott válaszokban öltöttek testet.

A másik alapelv, amit Darwin *Az ember származásában* alkalmazott, az volt, hogy a szelekciós erők folyamatosan, lépésről-lépésre alakították az emberi populációk összetételét. Az ember nem hirtelen, előzmények nélkül jelent meg a Földön, hanem fokozatosan alakult ki az élővilágból, közelebről a jelenlegi emberszabású főemlősök közös őseiből. Ebből az is következik, hogy „az ember