

AZ EMBERI NYELVKÉSZSÉG EREDETE ÉS A „NYELVI AMŐBA”¹

Szathmáry Eörs

a biológiai tudomány doktora, tszv. e. tanár, ELTE,
a Collegium Budapest állandó tagja, szathmary@zeus.colbud.hu

A szem eredetét valamikor a legnehezebb evolúciós kérdések közé sorolták, ma viszont szinte triviálisan egyszerűnek tűnik az emberi nyelvkészség kialakulásához képest. Miért mondhatjuk ma, hogy az első kérdés „könnyű”? Legalább négy ok sorolható fel:

1) a szem szerkezetét és működését viszonylag jól értjük;

2) az élővilágból számos szemformát ismerünk, melyek közül sok közel áll feltételezett evolúciós átmeneti formákhoz (még az emberi szemnek is van közeli analógiája a lábasfejúk esetében);

3) noha minden okunk megvan feltételezni, hogy az összes szem egy fényérzékeny foltból származott, különböző szerkezetű és működésű szemek mintegy negyven alkalommal fejlődtek ki az evolúció során; és

4) egyre jobban értjük a szem embrióbeli fejlődésének a genetikáját.

Érdemes a fentieket az alábbi listával összevetni:

1) a „nyelvi szervről” való ismereteink igencsak korlátozottak;

2) nem ismeretes átmeneti forma az ún. „előnyelv” (proto nyelv; melyről általában úgy tartják, hogy nyelvtan nélküli szóhasználatban merül ki) és az emberi nyelv között;

3) a sokkal egyszerűbb előnyelv is csupán néhányszor alakult ki az evolúcióban (a szóba jöhető fajok közé tartozik a palackorrú delfin, a nagy szürke papagáj és a csimpánz); és

4) keveset tudunk az emberi nyelvkészség genetikájáról.

Olybá tűnhet, hogy mindezek alapján vajmi keveset mondhatunk a nyelv evolúciós eredetéről. Van azonban legalább ötféle tudományos forrása e régi rejtély újszerű tárgyalásának:

1) a szókincs és a nyelvi szabályok elterjedését a populációbiológia eszköztárának segítségével gyümölcöződen modellezhetjük (Nowak és mtsai, 2000);

2) a főemlősök kommunikációjáról szerzett, egyre bővülő ismereteink szűkítik az evolúciós szakadékok köztünk és őseink más túlélő leszármazottai között;

3) a fajlagos nyelvi károsodás (specific language impairment, SLI) anatómiájáról, fiziológiájáról és genetikájáról – s ezzel együtt a nyelvkészség biológiai alapjairól – egyre többet tudunk;

4) új, nem invazív technikák (mint pl. a pozitronemissziós tomográfia, PET) alkalmazása egyre több adatot szolgáltat a nyelvhasználat dinamikus idegi alapjairól;

5) az agy fejlődése és a tanulás bizonyos formái érdekes, szelekciós kapcsolatban vannak egymással (lásd lejjebb).

Tanulmányomban az utolsó négy pontot fejtem ki kicsit bővebben. Amellett fogok érvelni, hogy a releváns új ismeretek egy agyi dinamikus „nyelvi amőba” feltételezésének irányába mutatnak. A nyelvi amőba olyan aktivitásmintázat, mely lényegi szerepet játszik a nyelvi információ, különösen a szintaxis feldolgozásában. Úgy is vehetjük,

¹ E tanulmány egy angol nyelvű könyvfejezet (Szathmáry 2001) kissé módosított magyar változata.

hogya a Chomsky-féle „nyelvi szerv” dinamikus változata, s „élőhelye” a fejlődő emberi agy. Ezzel szemben más főemlősök agya nem biztosít – még közel azonos külső behatások esetén sem – hasonló élőhelyet. Miért? Megkísérlek egy lehetséges választ felvázolni. Mivel a más főemlősök és köztünk lévő hiátus nem túl nagy, a nyelv megjelenéséhez szükséges genetikai és korrelált funkcionális változások száma sem lehetett túl nagy. Mik voltak a kritikus változások? Úgy vélem, a fiatal emberi agy kiterjedt, statisztikusan jelentkező, s így nehezen azonosítható speciális konnektivitási mintázata teszi alkalmassá azt a megjelenő nyelvi amőba befogadására. Egy ilyen struktúra megjelenése nem igényel túl sok (valószínűleg regulációs) genetikai változást, de hordozójára sok veszély leselkedik (lásd lejjebb), s e körülménye „nagy evolúciós átmenetet” valóban nehezzé teszi.

Álláspontom lényege, hogy nincsen olyan *anatómiai képlet*, melyet – Chomsky nyomán – nyelvi szervnek nevezhetnénk, s a boncmester az óraüvegre elének helyezhetné, mint pl. a tobozmirigyet. Igenis van azonban az emberi agykéregnek egy olyan sajátossága, mely genetikailag és epigenetikailag meghatározott huzalozásában rejlik, s amely azt a nyelvi információ, különösen a szintaktikai szerkezetek kielégítő feldolgozó apparátusává avatja. Maga a feldolgozás folyamata az agy különböző – alkalmasint igen kiterjedt – területeinek vonatkozó aktivitását jelenti. A nyelvi információt feldolgozó aktivitásmintázat a „nyelvi amőba”, mely – ezek szerint – az emberi agykéreg tekintélyes részét „élőhelyként” használhatja, s az egyedfejlődési folyamatok és a pillanatnyi funkcionális igények függvényében lakja azt be. Dinamikája olyan, hogy a rendelkezésre álló hely optimális területeit tölti be, képes kiterjedni és összehúzódni, traumák után részben vagy egészben áttelepülni, és néha még osztódni is.

A főemlősök kommunikációja és kogníciója: a szűkülő hiátus

A főemlősök nyilván azért fontosak, mert legközelebbi evolúciós rokonaink. Miként Bickerton (1992) hangsúlyozza, a helyes kiindulási állapot valami előnyelv-féle dolog. Úgy tűnik, hogy legközelebbi rokonainkban elő is fordul valamilyen formában. Vannak olyan állati jelek, amelyekről valószínűsíthető, hogy saussure-i természetűek, vagyis megfordítható kapcsolat van agyukban az objektum, a fogalom és a jel között. A fajtársak által adott hangok érzékelésében (ellentétben más hangingerekkel) agyi lateralizáció (féltekék közötti működési különbség) mutatható ki (Ghazanfar és Hauser, 1999).

Az emberszabású majmok képesek az emberi nyelv bizonyos elemeit megtanulni, de szintaktikai képességeik egyértelműen korlátozottak. Ez még az ún. „cselekvési nyelvtan” esetében is igaz. A csimpánzok nem túl jók olyan fizikai feladatok megoldásában, ahol a cselekvés elemeit rekurzív módon egymásba kell ágyazni (ez a természetes nyelv szintaxisának egy kritikus vonása): tipikusan nem tudnak három szint fölé menni. Figyelemre méltó, hogy a „nyelvíleg” trenírozott állatok kicsit jobban teljesítenek e feladatokban (Greenfield, 1991). A Kanzi nevű törpecsimpánzzal végzett kísérletek megmutatták, hogy a gyerekkori tanulás hatékonyabb, mint a felnőttkori, és hogy a nyelv értése könnyebb, mint képzése – de ez aligha ráz meg minket. A szociális kontextusban az emberszabásúak minden „machia-vellista” fegyverrel rendelkeznek, mely nem igényli a nyelvet.

Worden (1995) egy remek cikkében levezette az evolúció „maximális elérhető sebességét”, mely meglepően egyöntetűnek mutatkozik a tekintetbe vett komponens folyamatok (mutáció, rekombináció, szelekció és genetikai sodródás) sokfélesége ellenére. Amellett érvelt, hogy a „nyelvi szervvel” *fajlagosan* kapcsolatban lévő gének

száma csak kevés lehet, mert mindössze ötmillió év alatt kellett az eredményt produkálni, s a majmok és köztünk nem csak a nyelvben van különbség. Valószínűsíthető, hogy nem a gének száma, hanem identitása volt a kritikus. A gyanúsítottak között az első helyen olyan gének állnak, melyek az agyvelő fejlődését szabályozzák.

Összefoglalóan azt mondhatjuk, hogy:

- Az emberszabású majmok mindent tudnak, amit mi, kivéve a nyelvet közvetlenül igénylő „kunsztokat”. Elmaradnak tőlünk mindabban, amihez a nyelv idegi alapjainak működtetése kell, függetlenül attól, hogy ez a beszéd vagy valami más.

- Csak kevés olyan génünk lehet, mely a nyelv idegi alapját direkt meghatározza, és döntően különbözik az emberszabású majmok génjeitől vagy génformáitól (alléljaitól).

Fajlagos nyelvi károsodás (FNK): a jelenség és genetikája

Nincs teljes egyetértés abban, hogy a FNK valóban definíciójának megfelelően létező dolog-e. Még ennél is jobban vitatják azt, hogy milyen mértékben korlátozódik egy fajlagos *nyelvtani* károsodásra, vagy vezethető vissza ilyenre. A Gopnik (1999) által feltárt híres eset nagyon stimuláló volt, ugyanis örökletes diszfáziaként írták le, melyet egyetlen domináns allél okoz. Azt, hogy más kognitív képességeket is – vagy akár azokat elsősorban – érint-e a tünet, azóta is vitatják (Vargha-Khadem és mtsai, 1998). Mindazonáltal más nyelvet beszélő családok esetei is ismeretessé váltak (Tomblin és Pandich, 1999). Egy viszonylag új vizsgálat (Van der Lely és mtsai, 1998) – sajnos, genetika nélkül – arra utal, hogy létezik a nyelvtanra korlátozódó FNK „gyermekekben” (ez konkrétan egy gyermeket jelent). A „klasszikus”, Gopnik-féle eset génjét nemrég azonosították (Lai és mtsai, 2001)

Világos módon sokkal több genetikára van szükség, habár a feladat a nyilvánvaló

korlátok miatt félelmetes. Várhatunk néhány fontos eredményt a genom programoktól, jelesül:

- Olyan gének és allélek listáját, melyek a nyelvre „hajlamosító” hatásúak (Flint, 1999), és melyeknek mutációja FNK-t képes okozni.

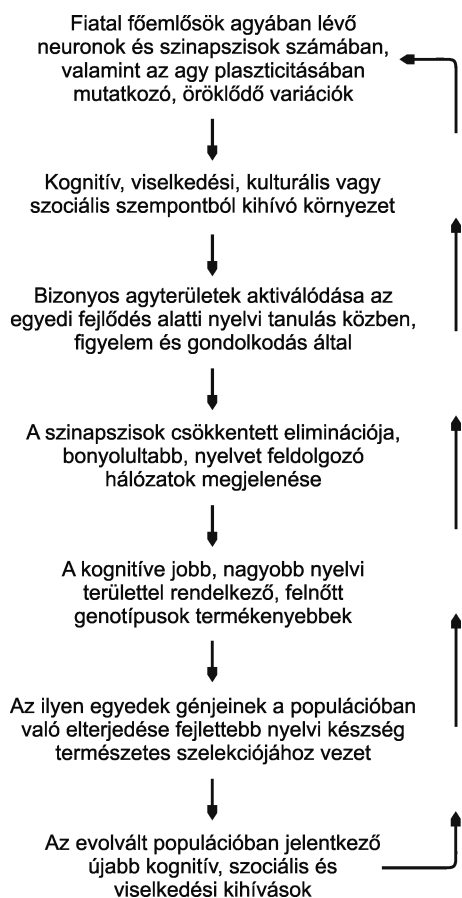
- Egy főemlősökre kiterjesztett program olyan géneket és alléleket azonosíthat, melyek szorosan és fajlagosan kötődnek az emberi nyelvhez.

Érdemes felhívni a figyelmet, hogy az emberi kognitív képességek genetikája notóriusan nehéz probléma. Ennek gyakori oka az, hogy a bajok klinikai jellemzése nem elégséges örökléstanilag számba vehető fenotípusok leírásához (Flint, 1999). Az a közmegegyezés látszik kialakulni, hogy a kérdéses gének ún. „hajlamosító” faktorok, melyeknek megfelelő alléljai a vonatkozó kognitív készséget határozottan nagyobb valószínűséggel alakítják ki.

Az irodalom alapján biztonsággal levonható következtetések a következők:

- Létezik FNK, és néhány formája családon belül öröklődik. Nincs egyetértés a tekintetben, hogy milyen mértékben korlátozódik a nyelvtanra. Az ellentétes nézeteket feloldó magyarázat valószínűleg az, hogy a gyanúba kevert genetikai faktorok az agy kisebb vagy nagyobb területeit károsítják. Amikor a nyelv az agyban lokalizálódik (erről bővebben lejjebb), akkor az okozott morfo-fiziológiai torzulások a nyelvi amőba élőhelyével különböző mértékben fednek át. Könnyű belátni, hogy az átfedő és az érintetlen területek aránya, valamint az élőhely érintett területének jellege meghatározza, hogy a károsodás mennyire fajlagos a nyelvre, illetve – még szűkebben – a nyelvtanra (1. ábra).

- Mivel számos gén befolyásolhatja az agy egy bizonyos területének epigenézisét, az ún. nem-teljes penetrancia könnyebb vagy súlyosabb károsodást tud előidézni.



1. ábra • A fejlődési folyamatok szabályozása

A nyelv idegi dinamikája és lokalizációja: nem-invazív vizsgálatok

A kognitív feladatok megoldása közbeni idegi aktivitás vizsgálata az utóbbi időben igen divatossá vált. A módszerek érzékenysége folyamatosan nőtt. E módszereket egyre gyakrabban alkalmazzák a nyelv idegi korrelátumainak vizsgálatában is.

Az a felismerés, hogy az agy idegi lokalizációja meglehetősen képlékeny, már közismertnek számít (Nobre és Plunkett, 1997). A bal agyféltekét érintő károsodások ilyen vizsgálata megmutatta, hogy az egy bizonyos kritikus kor előtt elszenvedett sérülések nem

életre szóló hatásúak: a jobb agyfélteke át tudja venni a szükséges funkciókat (Müller és mtsai, 1999). Ez nincsen ellentmondásban azzal, hogy a legtöbb emberben a Broca-féle terület összefügg a szintaktikai műveletekkel (Embick és mtsai, 2000). Úgy tűnik, hogy a nyelv leggyakoribb bal agyféltekei lokalizációja csupán az egyedfejlődés *legvalószínűbb* végeredménye az esetben, ha nincsen genetikai vagy epigenetikai zavar. A PET vizsgálatok meglepő eredménye, hogy a nyelv lokalizációja az egyedfejlődés során változik; az amőba mintegy „keresi a helyét” az agyban (Neville és Bavelier, 1998). A „normális” emberekben látható végeredmény is igen változatos.

Az igen érdekes, öröklődő Williams-szindróma is változtatja arculatát az egyedfejlődés során. Míg az érintett gyermekek rosszul beszélnek és jól számolnak, a felnőttkorban fordított a helyzet (Paterson és mtsai, 1999). Mondani sem kell, hogy a betegség hagyományos jellemzése a felnőttek tüneteinek alapult.

Az agyi vizsgálatokból az alábbi következtetések vonhatók le:

- A nyelv agyi lokalizációja nem teljesen meghatározott genetikailag: még nagyobb károsodások is kompenzálhatók egy kritikus periódus előtt.

- A nyelvnek bizonyos agyi területekre való lokalizációja plasztikus folyamat, mind az egyedfejlődést, mint pedig annak eredményét tekintve.

- Olybá tűnik, hogy az emberi agynak meglepően nagy része fogadhatja be a nyelvet: vannak régóta ismert, gyakran a nyelvhez kapcsolódó területek, de ezek sem az egyed, sem a populáció, sem a normális, sem pedig a károsodott egyedekben nem kizárólagos jellegűek.

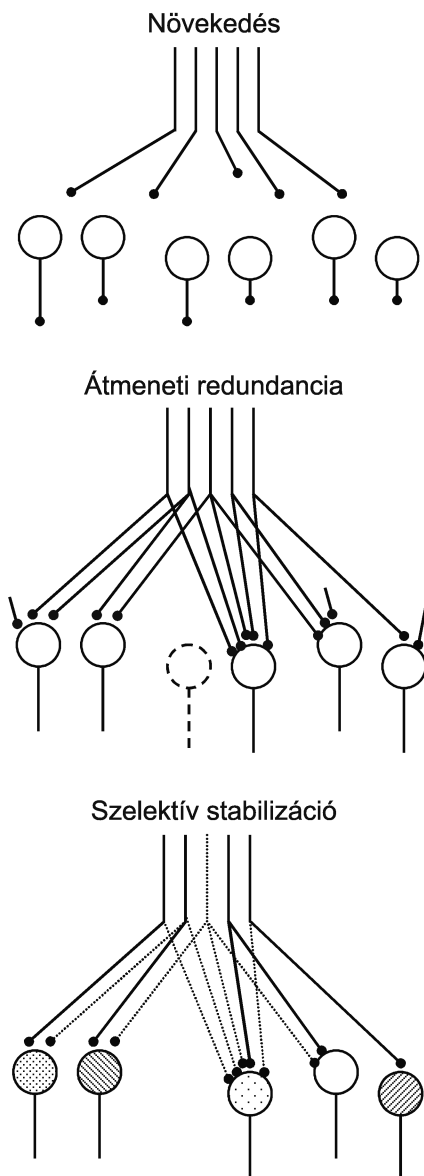
- Míg az emberi agy nagy területe alkalmas rá, hogy a nyelv otthona legyen, az emberszabású majmokban nem ismeretes ilyen terület.

*Az agy epigenezise:**képlékenységi és szelekció*

El kell ismernünk, hogy nincs átfogó képünk az agy működéséről. Mindazonáltal néhány döntő elem egyre valószínűbbé válik. Ezek egyike, hogy az agy egyedfejlődése rendkívül plasztikus, noha a genetikai tényezők hatalma is nyilvánvaló. Ezt illusztrálja – egyebek között – az a nevezetes példa, miszerint egyazon személy bal és jobb féltékéjében egymásnak megfelelő területek jobban hasonlíthatnak egymásra, mint az e személy egyetűjű ikertestvéreinek azonos oldali féltékéjében lévő megfelelő területre (pl. Changeux, 1983).

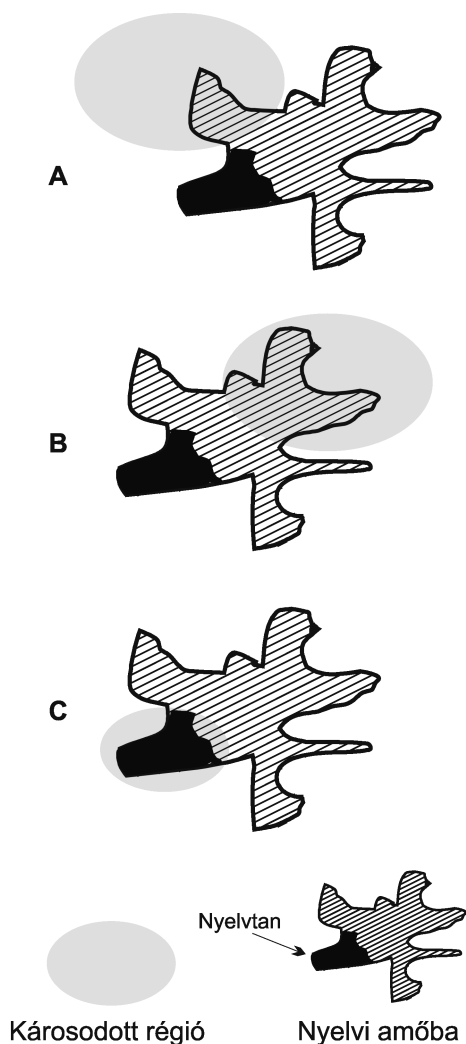
Egy másik felismerés szerint az agy egyedfejlődése során uralkodó szerepe van a variációk nagy tömegén folyó szelekciónak. Ez kétségkívül darwini típusú folyamat. Miként azt a pszichológus William James jó régen mondta, az öröklődő variációk természetes szelekciója az egyetlen ismert, adaptációkra vezető folyamat, úgyhogy megpróbálhatjuk alkalmazni az agy egyedfejlődésére és problémamegoldó képességére is. Többféle kifejtése ismert ama gondolatnak, hogy az agy – így vagy úgy – egy „darwini gép” (vö. Calvin és Bickerton, 2000). Itt most Changeux (1983) felfogását követem, mert ezt tartom a nyelv problémája szempontjából leginkább relevánsnak. E felfogás szerint a felnőtt agykéreg funkcionális mikroanatómiája a szinapszisok kezdeti, óriási túlkínálatából a működési kritériumok (teljesítés, 2. ábra) szerint szelektált „maradék” eredménye.

Az előző szakaszban láttuk, hogy az emberi agykéreg egy nagy része képes nyelvi, ezen belül szintaktikai műveletek végzésére. Ez azt jelenti, hogy nincsen egy előre nyelvi célra rendelt makroanatómiai szerkezet, de azt is jelenti, hogy a mikroanatómiai struktúrának megfelelőnek *kell* lennie, hiszen különben nem fogadhatná be a nyelvet. Ez továbbá azt sugallja, hogy van az emberi agy-



2. ábra • A kapcsolatok szelekció ciklusa
Changeux (1983) nyomán

kéregnek valamilyen *statisztikus hálózati sajátossága*, mely alkalmassá teszi a nyelvi művelet végzésére. Szelekcionista nézőpontból (2. ábra) ez háromfélet jelenthet: vagy a szinapszisok kezdeti kínálata újszerű,



3. ábra • A nyelvi amőba szerveződése

vagy a funkcionális kritériumok szerinti szelektív elimináció mechanizmusa sajátosság, vagy e kettő kombinációja fordul elő. Én magam azt hiszem, hogy mindkét folyamat fontos, de – természetesen – nem spekulálhatok ezek relatív fontosságáról.

E felfogás közel áll Rapoportnak (1999) az agy és a kogníció koevolúciójáról vallott nézetéhez. A hagyományos megközelítés az ún. „alulról fölfelé” (bottom-up), miszerint

a populációban egy neurális változást eredményező genetikai variáció a funkcióban betöltött szerepe alapján vagy fennmarad, vagy kiszelektálódik. Elképzelhető azonban egy „felülről lefelé” (top-down) mechanizmus is, mely sokkal inkább hozzájárulhatott az emberi kognitív képességek – s szerintem különösen a nyelvkészség – evolúciójához (3. ábra). Az alapfelgondolás a következő:

- Az agyi fejlődés plaszticitása révén egy bizonyos agyterület nagyobb igénybevétele nagyobb számú szinapszis megmaradását eredményezi (ez ismert mechanizmus).

- A szinapszisok redukált eliminációja bonyolultabb (és adaptívabb) működést tesz lehetővé.

- Minden olyan genetikai változás, amely eleve megfelelően növeszti e területet, rögzülni fog a szelekció által.

Két fontos kapcsolatra kell figyelniünk. Először (miként Rapoport is utal rá), a felülről lefelé mechanizmus a néhai Alan Wilson agykörnyezet koevolúcióra vonatkozó gondolatának részletesebb megfelelője. Eszerint egy megnövelt agykéreg, bonyolultabb működése révén, megváltoztatja a ható környezetet (mely a társas állatokban nem kis részben a fajtársakból áll), mely nagyobb agyra szelektál és így tovább. Másodsor – s talán ez a fontosabb – e mechanizmus a Baldwin-effektus (illetve a genetikai asszimiláció) szép példája, amikor is „a tanulás vezérli az evolúciót”. Miként Deacon (1997) rávilágított, a genetikai asszimiláció ötletét a nyelvre alkalmazni nehezebb, mint azt általában hiszik. Ennek az az oka, hogy a populációban a kérdéses viselkedésnek kellően tartósnak és egyöntetűnek kell lennie. Emé észrevétel valóban fontos, ámde itt másról van szó: egy általános műveleti mechanizmus genetikai asszimilációjáról, mely a vonatkozó idegi struktúrák konnektivitásának köszönhető. Úgy gondolom, hogy a legfontosabb – és számottevően új – pozitívan szelektált ké-

pesség a hálózatok szintaktikai információt processzáló kapacitása volt. A hipotézis konkrét formában az, hogy az agy nyelvileg kompetens területei olyan statisztikus konnektivitással rendelkeznek, amely ezeket különösen alkalmassá teszi a szintaktikai műveletek végzésére.

Összefoglalva, úgy gondolom, hogy:

- Az emberi nyelv-készség eredete az agy kiterjedt részének epigenezisét finoman módosító genetikai változásokat igényelt.
- E változások a fontos idegi hálózatok statisztikai konnektivitási mintázatára hatottak.
- Az agy fejlődésének plaszticitása révén a nyelv és az agy koevolúciója a szintaktikus feldolgozó képesség genetikai asszimiláció-jához vezetett.

Ha ez így is van, miért nem gyakoribb a nyelv az állatvilágban?

A nyelv eredete: egy nehéz átmenet?

Néhány nagy evolúciós átmenet (mint pl. a többsejtű organizmusok vagy az állati társadalmak eredete) többször is megtörtént, mások (így a genetikai kód és a nyelv eredete) viszont egyszeri folyamatnak tűnnek. Vigyázni kell azonban az „egyszeri” jelzővel. Mivel nem ismerjük a kihalt és élő organizmusok „egyetlen igaz” leszármazását, ezért az „egyszerinek” csak operacionális definícióját adhatjuk. Ha minden, általunk ismert faj, mely rendelkezik az átmenet megtörténtét tanúsító bélyegekkel, ugyanazon közös ősrre vezethető vissza, akkor ezen átmenetet egyszerinek minősítjük. Természetesen igencsak elképzelhető, hogy voltak független „próbálkozások”, csak hogy ezekről nincsen összehasonlító vagy paleontológiai bizonyítékunk. Mindazonáltal megkérdezhettük, hogy mely tényezők állhatnak egy valóban egyszeri átmenet hátterében.

A) Az átmenetet a variáció limitálja. Ez azt jelenti, hogy a megkövetelt genetikai változások valószínűsége igen kicsiny. Itt

valójában – tág értelemben – kemény evolúciós „kényszerek” hatnak.

B) Az átmenetet a szelekció limitálja, vagyis a szelektív környezetben van valami igen különleges, ami az egyébként nem ritka variánsok rögzüléséhez vezet. Ehhez élettelen és élő tényezők is hozzájárulhatnak.

Mindkét fajta limitációnak érdekes alesetei vannak. (A) esetben mindig érdeklődhetünk az időskála felől. Ha azt mondjuk, hogy „nincs elég idő”, ez természetesen a kérdéses időtartam hosszától függ. Milliárd évek alatt valószínűvé válhat az, ami évmilliók alatt nagyon kevésbé az. A (B) eset egy érdekes alese az „elő-kimerítés”, vagyis az, hogy az átmenet révén előálló bélyegek megszűntetik annak megismételhetőségét. A hordozó egyedek gyorsan elterjednek a populációban, s a további evolúciós próbálkozásokat kompetitív gátolják. Erre a genetikai kód lehet példa.

Jelenleg nehéz megítélni, hogy a nyelv miért egyedi. Még a „nem volt elég idő” is igaz lehet, aminek mulatságos implikációi is vannak. Azonban az „elő-kimerítés”, ez esetben az általa elindított kulturális evolúció révén, valóban igen nehéz kézzel más fajok sikeres próbálkozásait. Engedtettsék meg még egy megfontolást előterjeszteni, mely szerint a nyelvhez való átmenet variáció által limitáltnak bizonyulhat egy mélyebb értelemben.

A nyelvi amőba élőhelye egy nagy, megfelelően huzalozott idegi hálózat: a legtöbb benne feldolgozott információ önmaga más részeiből származik. Itt egy igen sajátos feldolgozásra: a hierarchikusan egymásba skatulyázott szintaktikai szerkezetek kezelésére van szükség. Ezzel kapcsolatban a következő nehézségeket látom:

- Az idegi hálózatok nagyszámú gráfelméleti ciklust tartalmaznak, ezzel szemben a szintaktikai szerkezetek faszzerűen ágaznak el. A nagy fák manipulálása azért lehet nehéz, mert könnyen hurokban végzi a folyamat.

• A szinapszisok túltermelése vagy csökkentett visszametszése (mint láttuk, mindkettő fontos lehetett a nyelv keletkezésében) könnyen „szolipszista” hálózati dinamikához vezethet, két következménnyel: (1) a hálózat működése az optimálisnál jobban függetlenedik a külső információforrásoktól; (2) a fokozott belső processzálás túl sok „belső beszédet” eredményez, vagyis *l'art pour l'art* nyelvi műveletekhez vezet.

Úgy gondolom, hogy a skizofrénia jó példa. Már többen állították, hogy e tünetegyüttes a „nyelvért fizetett ár” lehet (Crow, 2000). Valóban, e szindróma – valamilyen formában – az emberi népeség meglepően nagy (mintegy öt) százalékában kimutatható. Valójában éppen ez az a mintázat, amit az ember közvetlenül egy nagy evolúciós átmenet után várhat: az adaptív finomhangolás elmaradása a készülék tökéletlen működésében nyilvánul meg. Feltehető, hogy az agy lateralizációja azt (is) szolgálja, hogy a nyelvi amőba ne „osztódjék” túl könnyedén: egy nagyobb élőhelyen két amőba is megél! Van adat arra, hogy a skizofrének lateralizációja redukált (Gold és Weinberger, 1995).

Az ötlet, hogy a skizofrénekben a nyelvi amőba kettő (vagy akár több) működő részre hasadt, elvileg ellenőrizhető a nem-invazív technikák (a PET és társai) segítségével, noha a gyakorlati kivitelezést magakadályozhatja, hogy a funkcionális kettős nem feltétlenül válik szét nagyléptékben térbeli kettőssé.

Modellezés

Egy másik módja az itt kifejtettek tesztelésének a szintaktikus processzálásra különösen alkalmas idegi hálózati architektúrák modellezése. Nyilvánvaló, hogy ez nem lehet valamilyen közkézen forgó „konnekcionista” modell (pl. Elman és mtsai, 1996) egyszerű alkalmazása. Három oka is van annak, hogy miért ne alkalmazzuk a konnekcionista modelleket: 1./ általában a durván irreális-

tikus „back-propagation” algoritmus valamilyen változatát használják; 2./ nem képesek absztrakt szabályoknak emberi módon való felállítására (Marcus és mtsai, 1999); 3./ a neurális szelekció mechanizmusa hiányzik belőlük.

Mindebből egyenesen következik, hogy a nyelvi műveletek modellezéséhez egy, a neurális szelekción (2. ábra) alapuló algoritmust kellene használni. Az ebben rejlő képességek könnyebben vezethet a megfelelő hálózati sajátosságokhoz.

S még egyet csavarhatunk történeten. Az epigenetikai plaszticitás szabályai maguk is plasztikusak az evolúcióban, vagyis a variáció és szelekció révén módosulhatnak. Úgy sejtem, hogy eme evolúciós plaszticitás beépítése szintén szükséges a sikeres kutatáshoz. Nemrég Rolls és Stringer (2000) az idegi hálózatok ilyen újszerű modelljét mutatta be. Feltételeznek olyan géneket, melyek az idegi hálózatok egyedfejlődésére hatnak. Néhány gén határozza meg az általános tulajdonságokat (mint pl. a különböző osztályba tartozó neuronok számát és a külső küszöböt). Ennél több gén hat a szinapszisok képződésére a különböző osztályokba tartozó neuronok között. Genetikailag kontrollált a kapcsolatok serkentő vagy gátló jellege, a szinaptikus tanulási szabály milyensége és a kezdeti szinaptikus erősség. Egy genetikai algoritmus segítségével evoláltattak különböző feladatokat (kompetitív tanulás, mintázat társítás, autoasszociáció) ellátó hálózatokat. Egy ilyen megközelítés a nyelv problematikájában is kapóra jönne.

Hol kezdjük?

Nem nyilvánvaló, hogy hol kezdjük egy nyelvi idegi hálózat evolúciós kifejlesztését. E probléma annak a kérdésnek rokona, hogy vajon a nyelvi amőba élőhelyének konnektivitási mintázata teljesen új, precedens nélküli dolog-e a főemlősökben. Valószínűleg nem! Először – mivel statisztikus sajtáságról

van szó –, ilyen kisméretű terület véletlenszerűen is képződhet. Másodszor – azt hiszem –, az emberszabású majmok hasonló területeket használnak a társas kognícióhoz, csak hogy az agykéreg adott nagysága mellett nem marad megfelelő élőhelye a nyelvi amőbának. Ama ötlet, hogy a társas kogníció (beleértve cselekvéseknek a részben hierar-

chikus hálózatokban folyó mentális szimulációját) a nyelv egy alkalmas preadaptációja, nem új (Calvin és Bickerton, 2000). Deacon (1997) javaslata nagyon is releváns, miszerint az emberben a prefrontális kéreg megnövekedése kritikusan felszabadíthatta az agykérget egyéb feladatok alól, és „helyet” adhatott a nyelvnek.

