

NNCL1242-4C0v1.0

CARL SAGAN
AZ ÉDEN
SÁRKÁNYAI

TŰNŐDÉSEK
AZ EMBERI INTELLIGENCIA
EVOLÚCIÓJÁRÓL
FORDÍTOTTA
SZILÁGYI TIBOR

EURÓPA KÖNYVKIADÓ BUDAPEST

A fordítás alapjául szolgáló kiadás:
Carl Sagan / The Dragons of Eden
Random House, New York
Copyright © 1977 by Carl Sagan

Hungarian translation Szilágyi Tibor, 1990

Harmadik kiadás

Feleségemnek, Lindának, szeretettel

BEVEZETÉS

Az emberiség középuton lebeg az istenek és az állatok közt.

PLÓTINOSZ

Sajnálattal gondolkodom rá, hogy az ebben a műben levont legfőbb következtetés, ti., hogy az ember valamely alacsonyrendű szervezetű alaktól származik, sokak számára nagyon visszataszító lesz. Azt azonban alig lehet kétségbe vonni, hogy barbároktól származunk. Sohasem fogom elfelejteni azt a pillanatot, amikor először láttam meg egy csapat tűzföldit egy vad és sziklás parton, mert egyszeriben az a gondolat villant fel bennem: íme, ilyenek voltak őseink. Ezek az emberek teljesen csupaszok voltak, és festékekkel voltak bemaszatolva, hosszú hajuk összegubancolódott, szájuk habzott az izgalomtól, és arckifejezésük vad, zavart és gyanakvó volt. Mesterséget alig ismertek, és mint a vadállatok, abból éltek, amit sikerült elejteniök. Nem volt kormányzatuk, és saját kis törzsük kivételével mindenkivel kegyetlenek voltak. Aki valaha is látott vadembert szülőföldjén, nem nagyon fog szégyenkezni, ha el kell ismernie, hogy ereiben valamely alsóbbrendű lény vére kering. Ami engem illet, én szívesebben származom attól a hősi kis majomtól, amely szembeszállt legfélelmetesebb ellenségével, hogy megmentse etetőjét, vagy attól a vén páviántól, amely lejött a hegyekből, és diadalmasan kiszabadította fiatalabb társát a meglepett kutyák közül - mint olyan vadembertől, aki örömet lel ellenségei kínzásában, véres áldozatokat mutat be, lelkiismeretfurdalás nélkül öli meg gyermekeit, rabszolgasorban tartja feleségeit, nem ismer szemérmét, és a legvadabb babonák uralma alatt áll.

Megbocsátható, ha az embert némi büszkeség tölti el, hogy - noha nem a saját erejéből - a szerves világ lépcsőzetének legmagasabb pontjára emelkedett; és az a tény, hogy emelkedett, ahelyett, hogy eredetileg ilyen magasra helyeztetett volna, reményt nyújt arra, hogy a távoli jövőben még magasabbra fog emelkedni. Véleményem szerint azonban el kell ismernünk, hogy az ember - minden nemes tulajdonságával, együttérzésével a legalacsonyabbak iránt is, jóindulatával, amely nemcsak a többi emberre, de a legszerényebb élőlényre is kiterjed, isteni értelmével, amely behatolt a naprendszer mozgásának és szerkezetének mélyébe - testalkatában még mindig magán viseli alacsony származása kitörülhetetlen bélyegét.

CHARLES DARWIN / AZ EMBER SZÁRMAZÁSA

/Katona Katalin fordítása/

Az sárkányoknak attyokfiává tevék, és az struczmadárnak újainak társokká.

JÓB KÖNYVE / 30:29.

/Károli Gáspár fordítása/

Az-e az alapvető feltétele minden jó és helyes beszédnek, hogy a szónok elméje világosan lássa az igazságot abban a kérdésben, amiről szólni akar?

PLATÓN / PHAIDROSZ

/Kövendi Dénes fordítása/

Nem tudom, hol lehetne találni bármiféle irodalomban, régiben vagy modernben, bármiféle helytálló beszámolót arról a természetről, amelyet én ismerek. Talán mind közt még a mitológia áll legközelebb hozzá.

HENRY DAVID THOREAU / A NAPLÓ

Jacob Bronowski az embereknek ahhoz a kis csoportjához tartozott - minden korszakban akadnak ilyen férfiak és nők -, akik minden emberi tudást, művészeteket és tudományokat, filozófiát és pszichológiát érdekesnek és elsajátíthatónak tartanak. Bronowski nem szorítkozott egyetlen tudományágra, hanem az emberi tudás teljes panorámáját végigpásztázta. Könyve és televíziós sorozata, *Az ember fölemelkedése*, nemcsak pompás tanítási eszköz, hanem maradandó emlékmű is: bizonyos értelemben arról ad számot, hogyan nőttek fel, együtt, az ember és az emberi agy. Utolsó fejezete, illetve epizódja, „A hosszú gyermekkor”, azt a kiterjedt időszakot írja le, amely élettartamunkhoz viszonyítva hosszabb, mint bármely más fajé. Ez alatt az időszak alatt a fiatal emberi lények a felnőttektől függenek, és mérhetetlen alakíthatóságról tesznek tanúságot - azaz képesek tanulni környezetüktől és kultúrájuktól. Földünkön a legtöbb organizmus elsősorban azokra a genetikai információkra támaszkodik, amelyek előre „be vannak huzalozva” az idegrendszerébe, sokkal inkább, mint azokra az extragenetikus információkra, amelyek élete során összegyűlnek. Az embernél, sőt, az összes emlősöknél ez pont fordítva van. Bár viselkedésünket még mindig jelentős mértékben irányítja genetikai örökségünk, agyunk révén sokkal gazdagabb lehetőségeink nyílnak arra, hogy rövid időegységeken belül új viselkedési és kulturális ösvényeket vágjunk magunknak. Egyfajta alkut kötöttünk a természettel: gyermekeinket nehéz ugyan fölnevelnünk, de az új tudás megszerzésének képessége hatalmasan fokozza az emberi faj fennmaradásának esélyeit. Ezenfelül mi, emberek, létünk legutóbbi néhány tized százaléknyi időtartama során, nemcsak az extragenetikus, hanem az extraszomatikus tudást is felfedeztük: azt a testünkön kívül tárolt információt, amelynek legnevezetesebb példája az írás.

Az evolúciós vagy genetikus változások időegységei roppant hosszúak. Egy új, fejlett faj valamely másik fajtól való kialakulásának jellegzetes időtartama körülbelül százezer év; és az egymással közeli rokonságban álló fajok - mondjuk az oroszlanok és a tigrisek - viselkedése között gyakran alig találunk különbséget. Az emberi szervrendszerek friss evolúciójának egyik jó példáját a lábujjainkon láthatjuk. A nagy lábujj fontos funkciót tölt be járás közben az egyensúlyozásban; igaz, a többi lábujj hasznossága már kevésbé nyilvánvaló. Ezek láthatólag olyan, kapaszkodásra és himbálódzásra való, kézujjszerű todalékokból fejlődtek ki, mint a fán élő majmok ujjai. Ez az evolúció újrasspecializálódást jelent - egy eredetileg egy bizonyos funkció ellátására kifejlődött szervrendszer alkalmazkodását egy másik, teljesen különböző funkcióhoz -, és kifejlődése körülbelül tízmillió évet igényelt. (A hegyi gorilla hiába hasonló - bár ettől teljesen független - evolúción ment át.)

Ma azonban már *nincs* tízmillió évünk rá, hogy kivárjuk a következő előrelépést. A korban, amelyben élünk, világunk eddig példátlan ütemben változik, és bár e változásokat túlnyomórészt mi magunk hozzuk létre, nem tekinthetünk el tőlük. Igazodnunk és alkalmazkodnunk kell hozzájuk, és irányítanunk kell őket, különben elpusztulunk.

Azokkal a gyorsan változó körülményekkel, amelyekkel fajunknak szembe kell néznie, csak egy extragenetikus tanulási rendszer lehet képes megbirkózni. Így hát az emberi intelligencia új keletű gyors evolúciója nemcsak oka, hanem egyben az egyetlen elképzelhető megoldása is a bennünket szorongató sok súlyos problémának. Az emberi intelligencia természetének és evolúciójának jobb megértése talán hozzásegíthet minket ahhoz, hogy intelligensen tudjunk foglalkozni ismeretlen és veszedelmes jövőnkkel.

Engem emellett még egy másik okból is érdekel az intelligencia evolúciója. Ugyanis az emberi történelemben most először áll rendelkezésünkre egy olyan nagy hatású eszköz - a rádióteleszkóp -, amely mérhetetlen csillagközi távolságokon át képes a kommunikációra. Még csak most kezdjük - tartózkodó és óvatos módon, ám észrevehetően egyre gyorsabb ütemben - alkalmazni annak meghatározására, hogy vajon elképzelhetetlenül távoli és egzotikus világokban élő más civilizációk nem küldenek-e rádióüzeneteket nekünk. Mind ezeknek a más civilizációknak a léte, mind azoknak az üzeneteknek a természete, amelyeket esetleg küldenek, azon múlik, hogy vajon egyetemes-e az intelligenciának az az evolúciója, amely a Földön lezajlott. Az is elképzelhető, hogy a földi intelligencia evolúciójának vizsgálata során hasznos utalásokat és felismeréseket szerezhetünk a Földön kívüli intelligencia kutatásához is.

Nagyon örültem, és nagy megtiszteltetésnek tekintettem, amikor én tarthattam az első Jacob Bronowski természetbölcseleti emlékelőadást a torontói egyetemen, 1975 novemberében. E könyvem írása során ennek az előadásnak a kereteit tágítottam ki jelentősen, miközben izgalmas alkalmam nyílt megtanulni egyet-mást azokról a témákról, amelyeknek nem vagyok szakértője. Ellenállhatatlan kísértés fogott el, hogy összefüggő képpé egyesítsem annak egy részét, amit így megtudtam, s hogy néhány olyan hipotézist vessek föl az emberi intelligencia természetéről és evolúciójáról, amelyek talán újszerűek, vagy legalábbis szélesebb körben még nem tárgyalták őket.

Tudom, hogy nagy fába vágtam a fejszemet. Bár van biológiai végzettségem, és jó néhány éven át dolgoztam az élet keletkezésének és korai evolúciójának témáján, szervezett formában nem sokat tanulmányoztam például az agy anatómiájának és fizioiogiájának területét. Ennélfogva nem kis izgalommal teszem közzé itt következő elképzeléseimet. Jól tudom, hogy sok közülük spekulatív jellegű, és csak kísérletek során lehetne őket bizonyítani vagy cáfolni. Ám ez a vizsgálódás legalább alkalmat adott rá, hogy belekukkanthassak ebbe a lenyűgöző témába, s megjegyzéseim talán majd arra ösztönöznek másokat, hogy jobban a mélyére nézzenek.

A biológia nagy alapelve - az az elv, amely, amennyire tudjuk, megkülönbözteti a biológiai tudományokat a fizikai tudományoktól - a természetes szelekció révén végbemenő evolúció, Charles Darwin és Alfred Russel Wallace zseniális felfedezése a tizenkilencedik század derekán. * Az élet mai formáinak létrejöttét, eleganciájukat és szépségüket a természetes szelekció, az előnyösebb forma fennmaradása és azoknak az organizmusoknak az elszaporodása tette lehetővé, amelyek valamely véletlen folytán a többieknel jobban alkalmazkodtak környezetükhöz. Egy olyan komplex szervrendszer kifejlődésének, mint az agy, elválaszthatatlanul hozzá kellett kapcsolódnia az élet korábbi történetéhez, mindazokhoz a nekifutásokhoz, újakezdésekhez és zsákutcákhoz, az organizmusok tekervényes alkalmazkodásához, azokhoz az újra meg újra változó körülményekhez, amelyek az élet egy-egy valamikor pompásan alkalmazkodó formáját újra meg újra a kihalás veszélyébe sodorták. Az evolúció véletlenszerű és nem előrelátó. Csak mérhetetlen számú, némiképp hiányosan alkalmazkodó organizmus halála révén lehetünk mi ma itt, agyunkkal és mindenünkkel együtt.

* Wilberforce püspök és T. H. Huxley híres viktoriánus kori vitája óta szakadatlan és figyelemre méltóan eredménytelen zárótűz zúdul a darwini-wallace-i eszmékre, gyakorta a vallásos dogmatikusok részéről. Az evolúció tény, melyet a kövületek tanúsága és a modern molekuláris biológia egyaránt bőségesen igazol. A természetes szelekció pedig az evolúció tényének magyarázatára alkotott sikeres elmélet. A természetes szelekció újabb bírálataira, köztük arra a fura nézetre, miszerint az csak tautológia („Azok maradnak fenn, akik fennmaradnak”), roppant udvarias választ ad Gould cikke (1976). Darwin természetesen kora embere volt, és időnként - mint például a Tűzföld lakosaira tett, már idézett megjegyzéseiben - hajlamos volt az európaiakat önelégülten összehasonlítani más népekkel. Valójában a technológia előtti időkben az emberi társadalom sokkal inkább a Kalahári sivatag együttértő, közösségi és kulturált busman vadászó-gyűjtögetőihez hasonlított, mint azokhoz a tűzföldiekhez, akiket Darwin nem teljesen alaptalanul gúnyolt ki. Ám Darwin felismerései - az evolúció létezése, a természetes szelekció mint ennek elsődleges oka, és ezeknek a fogalmaknak a jelentősége az ember természetét illetően - mérföldkövek az emberi vizsgálódások történetében, annál is inkább, mert ezek az eszmék a viktoriánus Angliában makacs ellenállást váltottak ki, mint ahogy, kisebb mértékben, még ma is ellenállást váltanak ki.

A biológia inkább hasonlít a történelemre, mint a fizikára: a múlt véletlenei, tévedései és szerencsés fordulatai erőteljesen előre vetítik a jelent. Amikor tehát olyan nehéz biológiai problémához nyúlunk, mint az emberi intelligencia természete és evolúciója, úgy érzem, már csak óvatosságból is megfelelő súlyt kell kapniuk az agy evolúciójából származtatott érveknek.

Az aggyal kapcsolatban az az alapvető premisszám, hogy működése - amit néha „elmének” nevezünk - csakis anatómiájának és fizioiogiájának a következménye, és semmi másé. Az „elme” alighanem az agyi alkotórészek elkülönült vagy kollektív működésének az eredménye. Egyes folyamatok talán az agynak mint egésznek a funkciói. A téma néhány kutatója a jelek szerint arra a következtetésre jutott, hogy mivel ők képtelenek voltak izolálni és lokalizálni az összes magasabb agyi funkciót, a neuroanatómusok jövőendő nemzedékei sem fogják tudni ezt a célt elérni. De a bizonyítékok hiánya még nem a hiány bizonyítéka: a biológia egész újabb története azt mutatja, hogy igen nagy mértékben a molekulák rendkívül komplex elrendeződésének az eredményei vagyunk; a genetikus anyag természetét pedig, azaz a biológiának azt a részét, amelyet valamikor a szentek szentjének tekintettek, ma alapvetően az azt alkotó nukleinsavak, a DNS és RNS, valamint a működésüket kifejtő fehérjék kémiájának fogalmaival értelmezzük. A természettudományban, különösen a biológiában számos példa van rá, hogy azokban, akik a legközelebből ismerik a tárgy bonyodalmaait, jobban kifejlődik a téma megközelíthetlenségének (végső soron téves) érzése, mint azokban, akik egy kissé távolabb állnak tőle. Másrésztől viszont azok, akik túlságosan távol állnak tőle, esetleg - ezzel tökéletesen tisztában vagyok - összetéveszthetik a tudatlanságot az áttekinthetlenséggel. A test és a lélek úgynevezett dualizmusáról, arról az elképzelésről, miszerint a test anyagában valami egészen más anyagból készült, elmenek nevezett valami lakozik, nem fogok semmilyen hipotézist előadni ezeken a lapokon, egyrészt a biológia legutóbbi történetének világosan kirajzolódó irányzatai miatt, másrészt mert az égvilágon semmiféle bizonyíték nem támasztja alá.

A téma élvezetességéhez és öröméhez az is hozzátartozik, hogy összekapcsolódik az emberi törekvések összes területeivel, különösen azzal a kölcsönhatással, amely alkalmasint fennáll az agyfizioiologia és az emberi introspekció révén szerzett felismerések közt. Az utóbbiaknak szerencsére hosszú történetük van, s közülük a leggazdagabbakat, legbonyolultabbakat és legmélyebbeket a régi időkben mítoszoknak nevezték.

„A mítoszok - jelentette ki Sallustius a negyedik században - olyan dolgok, melyek soha nem történtek meg, de mindig jelen vannak.” Valahányszor a platóni dialógusokban és *Az állam*-ban Szókratész rákapcsol egy mítoszra - mondjuk a barlang példázatára, hogy csak a leghíresebb esetet vegyük -, tudjuk, hogy most valami lényegbevágó következik.

A „mítosz” szót itt nem a mostanság közkeletű jelentésében használom, mint olyasvalamit, amiben sokan hisznek, de ellentétben áll a tényekkel, hanem inkább korábbi értelmében, mint egy más módon nehezen leírható téma finom és elmés metaforáját. Ennek megfelelően a következő oldalak gondolatmenetét időnként átszövik az ősi és modern mítoszokba tett kitérők. Még a könyv címe is abból származik, hogy különféle hagyományos és korunkbeli mítoszok váratlanul találónak bizonyultak.

Bár remélem, hogy egyes következtetéseim azok számára is érdekesek lehetnek, akik hivatásszerűen foglalkoznak az emberi intelligencia tanulmányozásával, ezt a könyvet az érdeklődő laikusoknak írtam.

A 2. fejezetben valamivel nehezebben követhető gondolatmenetek is előfordulnak, mint a tanulmány többi részében, de bízom benne, hogy egy kis erőfeszítéssel ezek is érthetőek lesznek. A továbbiakban aztán a könyv már simán olvasható. A szakkifejezéseket rendszerint akkor definiálom, amikor először fordulnak elő. Az ábrák azoknak kínálnak segédeszközt, akiknek nincs rendszeres természettudományos képzettségük. Gyanítom persze, hogy gondolatmenetemet megérteni nem ugyanaz, mint egyetérteni vele.

1754-ben Jean-Jacques Rousseau ezt írta *Az emberi egyenlőtlenségek eredetéről és alapjairól* szóló disszertációjában:

Bármilyen fontos legyen is az ember természetes állapotának helyes megítélése érdekében, hogy kezdetektől vegyük szemügyre... nem fogom nyomon követni szerveződését egymást követő fejlődési fázisainak át... Erről a témáról homályos és már-már képzeletbeli találgatásokon kívül semmit nem tudok. Az összehasonlító anatómia eredményei eddig csekélyebbek, a természettudósok megfigyelései pedig bizonytalanabbak annál, semhogy megfelelő alapot nyújtsanak a megbízható érveléshez.

Rousseau több mint két évszázaddal ezelőtti figyelmeztetése ma is érvényes. Ám azóta jelentős előrehaladás történt mind az összehasonlító agyanatómia, mind az emberi és állati viselkedés vizsgálatának terén, melyeket Rousseau helyesen jellemzett kritikus jelentőségűnek a probléma szempontjából. Ma már talán mégsem korai egy előzetes szintézis kísérlete.

1. A KOZMIKUS NAPTÁR

Látsz-e mást még
Az elhagyott időnek messze mélyén?

SHAKESPEARE / A VIHAR
/Babits Mihály fordítása/

A világ nagyon öreg, az emberiség nagyon fiatal. Személyes életünkben a jelentős eseményeket években vagy még rövidebb időközökben, élettartamunkat évtizedekben, családi genealógiánkat évszázadokban, az írott történelem egészét pedig évezredekben mérjük. Ám minket, embereket az idő félelmetes távlata előzött meg, a múlt óriás időszakaival, amelyekről keveset tudunk - részben mert nincsenek róla írásos feljegyzéseink, részben mert komoly nehézségekbe ütközünk, amikor megpróbáljuk felfogni a szóban forgó időszakok hallatlan nagyságát.

Ám a távoli múltban lezajlott eseményeket mégis datálni tudjuk. A geológiai rétegződések és a radio-aktív kormeghatározás információt adnak az ősrégészeti, paleontológiai és geológiai eseményekről, az asztrofizikai elméletek pedig adatokat szolgáltatnak a bolygófelszínek, a csillagok és a Tejút-galaxis koráról, valamint lehetővé teszik a Nagy Bummnak nevezett rendkívüli esemény - a jelenlegi világegyetem összes anyagára és energiájára kiterjedő robbanás - óta eltelt idő felbecsülését. Lehet, hogy a Nagy Bumm volt a világegyetem kezdete, de az is lehet, hogy csak egy olyan szakadás volt, melynek során a világegyetem korábbi történetére vonatkozó információk elpusztultak. Ám minden bizonnyal ez volt a legkorábbi esemény, amelyről tudomásunk van.

1. táblázat

DÁTUMOK DECEMBER ELŐTT		
A Nagy Bumm		január 1.
A Tejút-galaxis keletkezése		május 1.
A naprendszer keletkezése		szeptember 9.
A Föld kialakulása		szeptember 14.
Az élet kezdetei a Földön	~	szeptember 25.
A legrégebbi ismert kőzetek kialakulása a Földön		október 2.
A legrégebbi fossziliák (baktériumok, kék és zöld algák)		október 9.
A szexualitás felfedezése (mikroorganizmusok által)	~	november 1.
A legrégebbi fosszilis fotoszintetizáló növények		november 12.
Eukarioták (az első sejtmaggal rendelkező sejtek) felvirágzása		november 15.
~ = megközelítőleg		

A kozmikus kronológiát a legtanulságosabban tudtommal úgy lehet kifejezni, ha a világegyetemnek (vagy legalábbis a Nagy Bumm óta fönnálló, jelenlegi megtestesülésének) tizenötmilliárd éves élettartamát egyetlen év időtartamába sűrítve képzeljük el. Ekkor a Föld történetének minden egymilliárd éves szakasza kozmikus évünk mintegy huszonnégy napjának, ennek az évnek egy másodperce pedig a Föld négyszázhetvenöt valódi Nap körüli fordulatának felel meg. Az 1-3. táblázatban három különböző formában mutatom be ezt a kozmikus kronológiát: jegyzéket adok egyes reprezentatív, decembert megelőző dátumokról, bemutatom a december hónap naptárát, és közelebbről megvizsgálom szilveszter napjának késő estéjét. Ezen az időskálán történelemkönyveink eseményei - még ama történelemkönyvekéi is, amelyek jelentős erőfeszítésekkel megkísérlik lehámozni jelenünkről a provincialitást - annyira összezsugorodnak, hogy a kozmikus év utolsó másodperceit tizedmásodpercekre kell bontanunk. Még ekkor is olyan, látszólag egy időben lezajlott eseményekbe fogunk ütközni, amelyekről azt tanították nekünk, hogy időben távolinak kell tekintenünk őket. Az élet történetének más szakaszaiban is bizonyára ugyanilyen dús gobelin szövődött - mondjuk például április 6-án vagy szeptember 16-án reggel 10.02 és 10.03 között. De részletes adataink csak a kozmikus év legvégéről vannak.

Ez a kronológia a jelenleg rendelkezésre álló legjobb bizonyítékokon alapszik, némelyikük azonban meglehetősen ingatag. Senki sem lenne megdöbbenve például, ha kiderülne, hogy a növények nem a szilurkorszakban, hanem az ordovíciumban hódították meg a szárazföldet, vagy hogy a gyűrűsférgek korábban jelentek meg a prekambriumban, mint ahogy itt jelezzük. Emellett a kozmikus év utolsó tíz másodpercének kronológiájában is nyilvánvalóan megoldhatatlan volt számomra minden jelentős esemény felvétele; remélem, megbocsátható, hogy nem említettem külön a képzőművészet, a zene és az irodalom felvirágzásait, vagy a történelmileg jelentős amerikai, francia, orosz és kínai forradalmakat.

Az efféle táblázatok és naptárak összeállítása óhatatlanul alázatra tanít. Nyugtalanító érzés rájönni, hogy az ilyen kozmikus év során Földünk csak szeptember elején állt össze a csillagközi anyagból; hogy a dinoszauruszok csak karácsonyeste bukkantak fel; a virágok december 28-án bújtak elő; az emberi nem férfi és asszonyai pedig csak szilvesztereste 10.30-kor keltek életre. Az egész írott történelem december 31-ének utolsó tíz másodperce; a középkor alkonyától a jelenig eltelt idő pedig alig több egyetlen másodpercnél. Mivel azonban így rendeztem el, az első kozmikus év éppen csak véget ért. És bár a pillanat, amit a kozmikus időben eddig elfoglaltunk, ennyire jelentéktelen, nyilvánvaló, hogy mindaz, ami a második kozmikus év kezdetén a Földön és közvetlen közelében történik, igen nagy mértékben az emberi tudományos bölcsességén és sajátosan emberi érzékenységén fog múlni.

KOZMIKUS NAPTÁR / DECEMBER

VASÁRNAP	HÉTFŐ	KEDD	SZERDA	CSÜTÖRTÖK	PÉNTEK	SZOMBAT
	1 Jelentős oxigén-atmoszféra kezd kialakulni a Földön	2	3	4	5 Kiterjedt vulkán-tevékenység és csatornaképződés a Marson	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16 Az első férgek	17 Véget ér a prekambrium, elkezdődik a paleozoikum és a kambrium. Virágzanak a gerinctelenek	18 Az első tengeri plankton. A trilobiták virágkora	19 Ordovícium. Az első hal, az első gerincesek	20 Szilurkor. Az első edényes növények. A növények kezdik betelepíteni a szárazföldet
21 A Devonkor kezdete. Az első rovarok. Az állatok kezdenek megtelepedni a szárazföldön	22 Az első kétélűek. Az első szárnyas rovarok	23 Karbonkor. Az első fák. Az első hüllők	24 Permi időszak kezdete. Az első dinoszauruszok	25 Paleozoikum vége, a mezozoikum kezdete	26 Triász. Az első emlősök	27 Jura-kor. Az első madarak
28 Kréta-kor. Az első virágok. A dinoszauruszok kihalnak	29 Véget ér a mezozoikum. Megkezdődik a cönozoikus korszak és a harmadkor. Az első cetfélék. Az első főemlősök	30 A homloklebeny korai evolúciója a főemlősök agyában. Az első emberszabástűk. Az óriás emlősök virágkora.	31 A pliocén vége. Negyedkor: pleisztocén és holocén. Az első ember			

3. táblázat

DECEMBER 31.	
A Proconsul és a Ramapithecus, a majmok és az ember valószínű őseinek felbukkanása	13.30
Az első emberek	22.30
A köeszközök széles körű elterjedése	23.00
A pekingi ember meghódítja a tüzet	23.46
A legutóbbi jégkorszak kezdete	23.56
Tengerjárók betelepítik Ausztráliát	23.58
Nagyarányú barlangfestészet Európában	23.59
A földművelés felfedezése	23.59.20
Neolit civilizáció, az első városok	23.59.35
Sumer, Ebla és Egyiptom, az első dinasztiák; a csillagászat kifejlődése	23.59.50
Az ábécé feltalálása; Akkád birodalom	23.59.51
Hammurabi törvénykönyve babilonban; a Középbirodalom Egyiptomban	23.59.52
Bronzkohászat; a mükénéi kultúra; a trójai háború; olmék kultúra; az iránytű feltalálása	23.59.53
Vaskohászat; az első asszír birodalom; az izraeli királyság; a föníciaiak megalapítják Karthágót	23.59.54
Asóka Indiában; a Csin-dinasztia Kínában; Periklész Athénja; Buddha születése	23.59.55
Euklideszi geometria; Arkhimédész fizikája; ptolemaioszi asztronómia; Római Birodalom; Krisztus születése	23.59.56
Az indiai aritmetikában feltalálják a zérust és a tizedes számokat; Róma bukása; mozlim hódítások	23.59.57
Maja civilizáció; a Szung-dinasztia Kínában; Bizánci Birodalom; mongol invázió; keresztes hadjáratok	23.59.58
Európai reneszánsz; felfedező utak Európából és a Ming-dinasztia korának Kínájából; a természettudományokban felbukkan a kísérletes módszer	23.59.59
A tudomány és technika széles körű elterjedése; világméretű kultúra kialakulása; az emberi faj megszerzi az önmaga elpusztítására alkalmas eszközöket; az első lépések a bolygók űrhajókkal való felderítésére és a Földön kívüli intelligencia kutatása terén	Most: Újév napjának első másodperce

2. GÉNEK ÉS AGYAK

Milyen pöröly? Mily vasak? Mily kohóban forrt agyad? Mily üllőre mily marok Törte gyilkos terrorod?

W. BLAKE / A TIGRIS
/Szabó Lőrinc fordítása/

Minden állat közül méretéhez képest az embernek van a legnagyobb agya.

ARISZTOTELÉSZ / AZ ÁLLATOK RÉSZEI

A biológiai evolúciót egyre fokozódó komplexitás kísérte és kíséri. A Földön ma élő legbonyolultabb organizmusok jóval több (genetikusan és extragenetikusan) tárolt információt tartalmaznak, mint a legkomplexebb organizmusok, mondjuk kétszázmillió évvel ezelőtt - holott ez az időszak mindössze öt százaléka volt az élet történetének bolygónkon, csak öt nappal ezelőtt zajlott ez a kozmikus naptár szerint. A Földünkön ma élő legegyszerűbb organizmusoknak ugyanolyan hosszú evolúciós történelem áll a hátuk mögött, mint a legkomplexebbeknek, és könnyen lehetséges, hogy a korunkbeli baktériumok belső biokémiája hatékonyabb, mint a hárommilliárd évvel ezelőtti baktériumoké volt. Ám a mai baktériumokban lévő genetikai információ valószínűleg nem sokkal több annál, mint amennyi ősrégi baktériumőseikben volt, meg kell azonban különböztetnünk ennek az információnak a mennyiségét és minőségét.

A különféle biológiai formákat taxonoknak nevezzük. A legátfogóbb taxonómiai osztályozások megkülönböztetik a növényeket és az állatokat, illetve különbséget tesznek azok között a szervezetek között, melyeknek sejtjeiben gyengén fejlett a sejtmag (ilyenek a baktériumok és a kék-zöld algák), és azok között, melyeknek világosan körülhatárolt és bonyolult felépítésű sejtmagjuk van (ilyenek például az egysejtűek vagy az emberek). Bolygónkon, a Földön azonban minden organizmusnak, akár van jól körülhatárolt sejtmagja, akár nincs, vannak kromoszómái, amelyek a nemzedékről nemzedékre továbbadott genetikai anyagot tartalmazzák. Az öröklés molekulái minden organizmusban nukleinsavak. Néhány lényegtelen kivétellel az átörökítő nukleinsav mindig a DNS (deoxiribonukleinsav) nevű molekula. A különféle növények és állatok közötti jóval finomabb különbségeket, le egészen a fajokig, alfajokig és fajtákig, szintén különálló taxonokként írhatjuk le.

A faj olyan csoport, amely önmagán belül kereszteződéssel termékeny utódokat képes létrehozni, de önmagán kívül nem. Különböző kutyafajták párosodásából olyan kölykök születnek, amelyek felnöve, szaporodási szempontból teljes értékű kutyákká válnak. Ám a fajok közötti kereszteződés - még olyan hasonló fajok közt is, mint a szamár és a ló - terméketlen ivadékokat hoz létre (ebben az esetben öszvért): a szamarat és a lovat ezért különálló fajként kategorizáljuk. Néha előfordul egymástól messzebb álló fajok - például oroszlán és tigris - között is párzás, s ha ivadékaik nagy ritkán termékenynek bizonyulnak, az csak azt mutatja, hogy fajdefiníciónk kissé zűrös. Minden emberi lény ugyanannak a fajnak a tagja: *Homo sapiens*, ami optimista latinsággal „bölcs ember”-t jelent. Valószínű őseink, a *Homo erectus* és a *Homo habilis*, akik már kihaltak, a rendszertani osztályozásban ugyanabba a nembe (*genus homo*) tartoznak, de másik fajba. Igaz, hogy (legalábbis az utóbbi időben) senki nem próbálta kísérletileg ellenőrizni, hogy velünk keresztezve, termékeny ivadékokat hoznának-e létre.

A régebbi időkben általános nézet volt, hogy egészen különböző organizmusok keresztezésével is lehet ivadékokat létrehozni. A Minótaurosztól, akit Thészeusz megölt, azt mondták, bika és asszony nászából született, Plinius, a római történész pedig az akkoriban felfedezett struccról azt állította, hogy alighanem a zsiráf és a zsünyog keresztezésének az eredménye. (Gondolom, nőstény zsiráfról és hím zsünyogról lehetett szó.) A gyakorlatban sok efféle keresztezésnek kellett volna létrejönnie, csak a motiváció érthető hiánya miatt soha nem próbálták ki a lehetőséget.

Az 1. ábrára ebben a fejezetben ismételten hivatkozni fogunk. A folyamatos görbe a különféle jelentősebb taxonok legkorábbi felbukkanásának idejét ábrázolja. Természetesen sok más taxon is létezik azokon kívül, amelyeket az ábra néhány pontja bemutat. De a görbe reprezentatív a pontoknak arra a sokkal sűrűbb elhelyezkedésére nézve is, amelyre szükség lenne, ha jellemezni próbálnánk a különálló taxonok tízmillióit, amelyek az élet története során bolygónkon felbukkantak. Nagyjában és egészében azok a fontosabb taxonok a legbonyolultabbak, amelyek a legkésőbbben fejlődtek ki.

Valamely organizmus komplexitásáról már pusztán abból is fogalmat kaphatunk, ha megvizsgáljuk a viselkedését - vagyis azoknak a különböző funkcióknak a számát amelyeket élete során el kell látnia. De megítélhetjük komplexitását az organizmus genetikai anyagának minimális információtartalmából is. A tipikus emberi kromoszómában egyetlen nagyon hosszú DNS-molekula tekeredik össze, s így jóval kevesebb helyet foglal el, mintha letekernék. Ez a DNS-molekula kisebb építőelemekből áll, melyek némileg egy kötélletra fokaira és köteleire emlékeztetnek. Ezeket az építőelemeket nukleotidoknak nevezzük, és négy változatban fordulnak elő. Az élet nyelvét, örökletes információt négy különféle nukleotid egymásutánisága határozza meg. Azt is mondhatjuk, hogy az öröklődés nyelve egy mindössze négy betűből álló ábécében íródik.

Am az élet könyve roppant gazdag: az ember kromoszómájában egy tipikus DNS-molekula körülbelül ötmilliárd nukleotidpárból áll. Ugyanezen a nyelven, ugyanannak a kódkönyvnek az alapján íródik az összes többi földi taxon genetikai utasítása. Sőt, ez a közös genetikai nyelv az egyik bizonyítási vonala annak, hogy a Földön az összes organizmusok mind egyetlen őstől, az élet keletkezésének egyetlen pillanatából származnak, valamikor négymilliárd évvel ezelőttről.

Valamely üzenet információtartalmát rendszerint „bit”-nek nevezett egységekben írjuk le, ami az angol *binary digit* (kettes számrendszerbeli szám) rövidítése. A legegyszerűbb aritmetikai módszer ugyanis nem tíz számjegy használatát jelenti (ahogy mi számolunk annak az evolúciós véletlennek a következtében, hogy tíz ujjunk van), hanem csak kettőt: ez a kettő a 0 és az 1. Így bármely megfelelően kihegyezett kérdésre egyetlen kettes számrendszerbeli számmal válaszolhatunk - 0-val vagy 1-gyel, igennel vagy nemmel. Ha a genetikus kód kétbetűs nyelven íródott volna négybetűs helyett, akkor a DNS-molekulában a bitek száma kétszer annyi lenne, mint a nukleotidpárok száma. Mivel azonban négy különböző nukleotid létezik, a DNS-ben lévő információ bitjeinek száma négyszerese a nukleotidpárok számának. Így ha egyetlen kromoszómában ötmilliárd ($5 \cdot 10^9$) nukleotid van, akkor húszmilliárd ($2 \cdot 10^{10}$) bit információt tartalmaz. (Az olyan jelölés, mint 10^9 pusztán azt jelzi, hogy az egyest bizonyos számú zérus követi - ebben az esetben kilenc.)

Mennyi információ húszmilliárd bit? Mivel lenne egyenértékű, ha valamely modern emberi nyelven, közönséges nyomtatott könyvbe lenne írva? Az emberi nyelvek ábécéiben általában húsz-negyven betű van, továbbá egy-két tucat számjegy és írásjel, így a legtöbb nyelvhez elég hatvannégy különféle jel. Mivel hatvannégy annyi mint 2^6 ($2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2$), bármely adott betű meghatározásához nem kellene több hat bitnél. Felfoghatjuk ezt kitalálós játéknak, amelyben minden válasz egy igen/nem kérdés egyetlen bitjének felhasználását jelenti. Tegyük fel, hogy a kérdéses betű a J. Ezt a következő eljárással határozhatjuk meg:

ELSŐ KÉRDÉS: Betű (0) vagy valami más jel (1)?

VÁLASZ: Betű (0).

MÁSODIK KÉRDÉS: Az ábécé első (0) vagy második (1) felében van?

VÁLASZ: Az elsőben (0).

HARMADIK KÉRDÉS: Az ábécé első felének tizenhárom betűje közül az első hétben (0) vagy a második hatban (1) van?

VÁLASZ: A második hatban (1).

NEGYEDIK KÉRDÉS: A második hatnak (H, I, J, K, L, M) az első felében (0) van vagy a másodikban (1)?

VÁLASZ: Az első felében (0).

ÖTÖDIK KÉRDÉS: A H, I, J betűk közül a H (0) vagy az I és J közül az egyik (1)?

VÁLASZ: Az I és J közül az egyik (1).

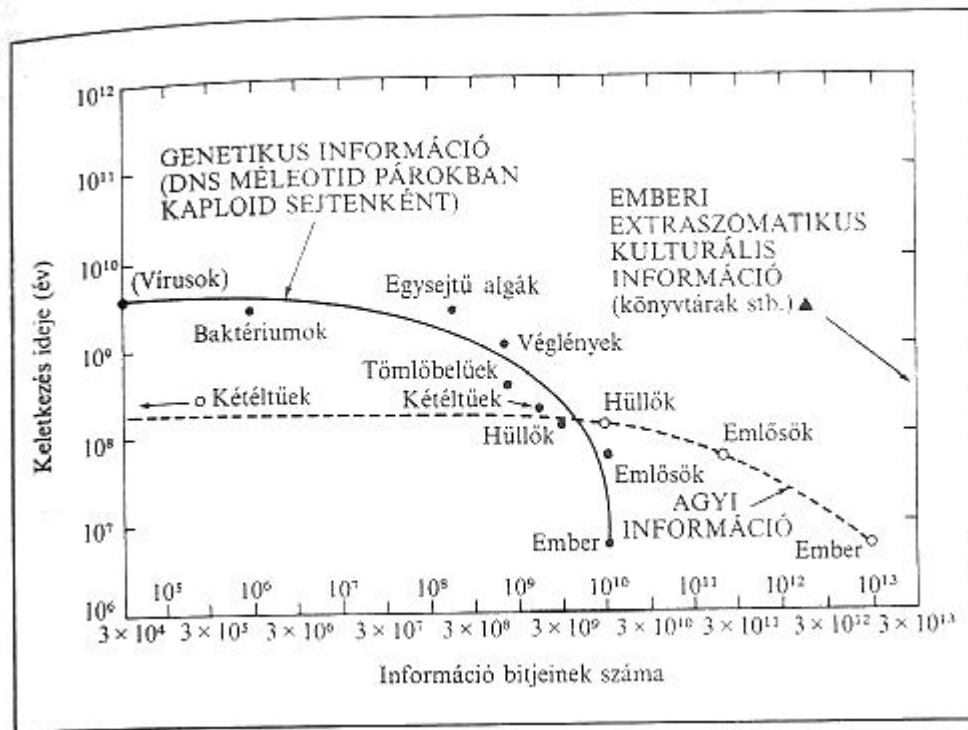
HATODIK KÉRDÉS: Az I (0) vagy a J (1)?

VÁLASZ: A J (1).

A J betű meghatározása így egyenértékű ezzel a kettes számrendszerben megadott üzenettel : 001011.

Ám csak hat kérdésre volt hozzá szükség, nem húszra, és így kell értelmeznünk azt is, hogy csak hat bite van szükség egy adott betű meghatározásához. Húszmilliárd bit ezért egyenértékű körülbelül hárommilliárd betűvel ($2 \cdot 10^{10} / 6 \approx 3 \cdot 10^9$). Ha egy átlagos szóban megközelítőleg hat betű van, akkor egy emberi kromoszóma információtartalma körülbelül ötszázmillió szónak felel meg ($3 \cdot 10^9 / 6 = 5 \cdot 10^8$). Ha egy normális nyomtatott oldalon körülbelül háromszáz szó van, ez körülbelül kétmillió oldalnak felel meg ($5 \cdot 10^8 / 3 \cdot 10^2 \approx 2 \cdot 10^6$). Ha tehát egy tipikus könyv ötszáz ilyen oldalt tartalmaz, akkor egyetlen emberi kromoszóma információtartalma mintegy négyezer kötetnek felel meg ($2 \cdot 10^6 / 5 \cdot 10^2 \approx 4 \cdot 10^3$). Világos tehát, hogy DNS-létráink fokainak sorozata mérhetetlen információmennyiséget magában foglaló könyvtárat képvisel. Világos továbbá, hogy egy olyan finoman megszerkesztett, bonyolult működésű dolognak a meghatározásához, amilyen az ember, szükség is van egy ilyen gazdag könyvtárra. Az egyszerűbb organizmusok kevésbé komplexek, és kevesebb a tennivalójuk, ezért kevesebb genetikus információra van szükségük. A Viking leszállóegységek komputerjeiben, amelyek 1976-ban leereszkedtek a Marsra, néhány millió bitet kitevő előre programozott utasítás volt. A Vikingnek így alig volt több „genetikus információja”, mint egy baktériumnak, és jóval kevesebb, mint egy algának.

Az 1. ábrán bemutatjuk a különféle taxonok DNS-ében lévő genetikus információk minimális mennyiségét. Az emlősöknél látható mennyiség jóval kisebb az emberekénél, mert a legtöbb emlős kevesebb genetikus információval rendelkezik, mint az ember.



1 / A gének és agyak információtartalmának evolúciója az élet földi története során. A vastag görbe, amely mellett fekete pontok vannak, az információ bitjeinek számát képviseli a különféle taxonok génjeiben, egyúttal bemutatja keletkezésük hozzávetőleges időpontját is a geológiai bizonyítékok alapján. Mivel bizonyos taxonoknál a DNS mennyisége sejtenként változó, egy-egy adott taxonnál csak a minimális információtartalmat tüntetjük fel (Britten és Davidson alapján, 1969). A szaggatott görbe, amely mellett a fehér karikák állnak, az evolúció közelítő becslése az ezeknek az organizmusoknak az agyában és idegrendszerében lévő információ mennyisége alapján. A kétéltűek és még alacsonyabb rendű állatok agyának információmennyisége az ábra bal szélén túl helyezkedik el. A vírusok genetikusan anyagában lévő információ bitjeinek számát is bemutatjuk, bár nincs tisztázva, hogy ezek a vírusok néhány milliárd évvel ezelőtt keletkeztek-e, mert lehetséges, hogy a vírusok funkcióvesztés révén jóval később fejlődtek ki baktériumokból vagy más bonyolult szervezetekből. Ha az ember extraszomatikus információit is fölvennénk, ez messzi túlnyúlna az ábra jobb oldalának alján.

Bizonyos taxonokon, így például a kételtűeken belül a genetikai információ mennyisége fajról fajra igen nagy mértékben változik, és úgy vélik, ennek a DNS-nek is nagy része redundáns (fölösleges) vagy funkciótlan. Ezért ábrázolja az ábra egy-egy adott taxonra a DNS *minimális* mennyiségét.

Mint az ábrán láthatjuk, Földünkön mintegy hárommilliárd évvel ezelőtt meglepően felfokozódott az organizmusok információtartalma, utána pedig csak lassan növekedett tovább a genetikai információk mennyisége. Azt is láthatjuk, hogy ha az ember fennmaradásához néhányszor tízmilliárd (néhányszor 10^{10}) bit információnál többre van szükség, akkor azt extragenetikus rendszereknek kell szolgáltatniuk: a genetikai rendszerek fejlődési üteme annyira lassú, hogy a DNS-ben hiába keresnénk további biológiai információforrást.

Az evolúció nyersanyagát a mutációk szolgáltatják, azoknak a sajátos nukleotidszekvenciáknak az öröklődő változásai, amelyek az öröklődési utasításokat tartalmazzák a DNS-molekulában. Mutációkat okozhat a környezet radioaktivitása, az űrből érkező kozmikus sugárzás, de gyakran előfordulnak véletlenszerű mutációk is, a nukleotidok spontán átrendeződései, amelyekre statisztikusára időnként sor kerül, amikor a kémiai kötések spontán felbomlanak. Ám a mutációkat bizonyos mértékig maga az organizmus is irányítja. Az organizmusoknak megvan az a képességük, hogy a DNS-ük strukturális károsodásainak bizonyos osztályait helyreállítsák. Vannak például olyan molekulák, amelyek őrzésként vizsgálják a DNS esetleges károsodásait, és ha felfedeznek valami különösen feltűnő változást a DNS-ben, akkor afféle molekuláris ollóval kivágják azt, és helyreigazítják a DNS-t. Ám az efféle javítás nem lehet teljesen hatékony, és nem is szabad annak lennie: az evolúcióhoz szükség van mutációkra. Ha a mutatóujjam egyik bőrszövetkromoszómájában mutáció áll elő egy DNS-molekulában, annak nincs befolyása az öröklődésre. Az ujjaknak nincs közvetlen szerepük a faj szaporodásában. Csak a gamétákban, a pete- és ondósejtekben, a szexuális reprodukció közvetítőiben fellépő mutációk számítanak.

A biológiai evolúció alapanyagát a véletlenül hasznossá váló mutációk szolgáltatják - mint például a melanin mutációja bizonyos molylepkékénél, ami színüket fehérről feketére változtatta. Ezek a lepkék általában az angol nyírfákon pihentek meg, ahol fehér színük védte és álcázta őket. Ilyen körülmények közt a melaninmutáció nem volt előny - a sötét színű lepkéket jól lehetett látni, és megették őket a madarak -, a szelekció a mutáció ellen hatott. De amikor az ipari forradalom elkezdte bekormozni a nyírfákat, a helyzet megfordult: csak a melaninmutáción keresztülesett lepkék maradtak életben. A szelekció a mutáció irányába fordult, és idővel majdnem az összes lepke sötét színű lett, átadva ezt az örökölhető változást a jövőendő nemzedékeknek. Még mindig előfordulnak fordított mutációk, amelyek megszüntetik a melaninos alkalmazkodást - ami csak akkor lenne hasznos a lepkéknek, ha Angliában korlátoznák az ipari környezetszennyezést. Jól jegyezzük meg, hogy ebben a mutáció és természetes szelekció közötti kölcsönhatásban egyetlen lepke sem törekszik rá *tudatosan*, hogy alkalmazkodjék a megváltozott környezethez. A folyamat véletlenszerű és statisztikus.

Olyan nagy organizmusokban, mint az ember, átlagosan tíz gamétánként fordul elő egy mutáció - azaz tízszázalékos esély van rá, hogy bármely adott ondó- vagy petesejtben öröklékeny változás forduljon elő azokban a genetikai utasításokban, amelyek az új generáció felépítését meghatározzák. Ezek a mutációk véletlenszerűek, és majdnem egységesen károsak - ritka eset, ha egy precíziós gépezet jobb lesz attól, hogy a gyártási utasítását véletlenszerűen megváltoztatják.

Ezeknek a mutációknak a legnagyobb része ugyanakkor recesszív - nem manifesztálódik azonnal. Ennek ellenére máris olyan magas mutációink aránya, hogy - mint több biológus is fölvetette - ha a mainál nagyobb volna genetikai DNS-készletünk, az elfogadhatatlanul magas mutációs rátákra vezetne: ha több génünk volna, túl gyakran, túl sok romlana el közülük.* Ha ez igaz, akkor léteznie kell a genetikai információmennyiség egy olyan gyakorlati felső határának, amelyet a komplex organizmusok DNS-e még be tud fogadni. Így a nagy és komplex organizmusok pusztán létezésük ténye révén kénytelenek jelentős extragenetikus információforrásokat felhasználni. Ezt az információt az ember kivételével minden magasabb rendű állatban szinte kizárólag az agy tartalmazza.

*A természetes szelekció bizonyos mértékig magát a mutációs rátát is ellenőrzése alatt tartja, mint a „molekuláris olló” példájában. De a mutációs rátának valószínűleg van egy csökkenthetetlen minimuma 1) elegendő genetikai kísérleti anyag létrehozására, amin a természetes szelekció kifejtheti működését; 2) az egyensúly fenntartására - mondjuk - a kozmikus sugarak okozta mutációk és a lehető leghatékonyabb sejtjavító mechanizmusok között.

Mi az agy információtartalma? Lássuk először a két ellentétes, szélsőséges véleményt az agy funkciójáról. Az egyik nézet szerint az agy, vagy legalábbis annak külső rétege, az agykéreg, ekvipotens, azaz bármely része helyettesítheti bármely másik részét, az agyfunkciók nincsenek lokalizálva. A másik nézet szerint az agy keményen és teljesen be van „huzalozva”: a specifikus kognitív funkciók az agy meghatározott helyein lokalizálódnak. A komputer kialakítása arra mutat, hogy az igazság valahol e két szélsőség között van. Az agy funkciójáról alkotott bármiféle nem misztikus nézetnek egyfelől össze kell kapcsolnia a fiziológiát az anatómiával: a meghatározott agyi funkciókat meghatározott idegi mintákhoz vagy más agyi struktúrákhoz kell kötnie. Másfelől a természetes szelekciótól azt kell várnunk, hogy a pontosság biztosítása és a balesetek elleni védelem érdekében lényeges redundanciát fejlesszen ki az agy funkciójában. Ezt várhatjuk attól az evolúciós úttól is, amelyet az agy fejlődése a legvalószínűbben követett.

Az emlékek tárolásának redundanciáját világosan bebizonyította Karl Lashley, a Harvard Egyetem pszichoneurológusa. Műtétileg jelentős darabokat távolított el (irtott ki) patkányok agykérgéből, de ez nem befolyásolta észrevehetően sem előzőleg megtanult viselkedési formáikat, sem labirintusokban való eligazodásukat. Az efféle kísérletekből világosan kitűnik, hogy ugyanannak az emlékek számos különböző helyen kell elhelyezkednie az agyban, és most már tudjuk, hogy az egyes emlékek egy *corpus callosum*-nak (kérgestestnek) nevezett vezetéken át áramlanak a jobb és a bal agyfélteke között.

Lashley arról is beszámolt, hogy a patkány általános viselkedésében semmi szembetűnő változást nem lehetett felfedezni, miután agyának jelentős hányadát - mondjuk tíz százalékát - eltávolították. Ám a patkánynak senki nem kérdezte meg a véleményét. Ennek a kérdésnek a megfelelő vizsgálatához részletesen tanulmányoznunk kellene a patkány szociális, élelemkereső, illetve a ragadozók elől kitérő viselkedését. Elképzelhető, hogy az ilyen agykimetszések számos olyan viselkedési változást okoznak, amelyek talán nem azonnal nyilvánvalók a dologban nem érdekelt tudós szemében, de igen jelentősek lehetnek a patkány számára - például hogy mennyi érdeklődést vált ki belőle egy vonzó, másnemű patkány a kimetszés után, vagy mennyire érdekli egy kóbor macska megjelenése.*

Néha azzal érvelnek, hogy még az ember agykérgének fontos részeiből (például kétoldali homloki lobotómia vagy baleset következtében) való kimetszéseknek vagy sérüléseknek is csak csekély hatásuk van a viselkedésre. Csakhogy az emberi viselkedés bizonyos fajtái kívülről nézve nem túlságosan nyilvánvalók (még belülről nézve sem). Vannak olyan emberi percepciók és tevékenységek, amelyek csak ritkán fordulnak elő, például a kreativitás. A kreatív zseninek még a csekély jelentőségű cselekvéseiben is olyan eszmetársítások jelennek meg, amelyek az agy erőforrásainak lényeges használatára látszanak utalni. Éppen ezek a kreatív cselekvések azok, amelyek egész civilizációnkat és az emberiséget mint fajt jellemzik, ám sok emberben csak ritkán bukkannak föl, és hiányuk sem az agykárosult alánynak, sem a vizsgáló orvosnak nem tűnik fel.

* Mellesleg, annak bizonyítékául, hogy milyen nagy befolyásuk van a rajzfilmeknek az amerikai életben, csak próbáljuk meg újraolvasni ezt a bekezdést, de a „patkány” szó helyébe mindenütt az „egér” szót helyettesítve, aztán meglátjuk, milyen hirtelen megváltozott érzékünk a sebészkes alá került és meg nem értett állatka iránt.

Bár az agyfunkciók jelentős redundanciája elkerülhetetlen, a nagyfokú ekvipotencia hipotézise majdnem biztosan téves, korunk legtöbb neurofiziológusa el is vetette. Ugyanakkor egy gyöngébb ekvipotenciát feltételező hipotézis - amely például azt tartja, hogy a memória az agykéreg egészének a funkciója - nem vethető el ilyen könnyen, holott, mint látni fogjuk, kísérletileg ki is próbálható.

Egy elterjedt vélekedés szerint az agynak a fele vagy még nagyobb része kihasználatlan. Evolúciós szempontból nézve ez egészen rendkívüli dolog lenne: miért fejlődött volna ki, ha nincs funkciója? De ez az állítás tulajdonképpen nagyon kevés bizonyítékon alapszik: szintén abból a megfigyelésből vezették le, hogy sok agysérülésnek, általában az agykéreg sérüléseinek nincs észrevehető hatásuk a viselkedésre. Ez a nézet nem veszi figyelembe 1. a redundáns működés lehetőségét; 2. azt a tényt, hogy némely emberi viselkedés nagyon bonyolult. A jobb agyfélteke kérgének a sérülései például károsíthatják a gondolkodás és a cselekvés képességét, csak éppen azon a nem verbális területen, amelyet éppen definíciójából következően sem a beteg, sem az orvos nem tud egykönnyen leírni. Jelentős bizonyítékok szólnak viszont az agyfunkciók lokalizációja mellett. Kiderült, hogy az agy bizonyos szubkortikális, kéreg alatti területeinek a funkciója az étvágy, az egyensúly, a hőháztartás, a vérkeringés, a légzés, a precíziós mozgások szabályozása. A magasabb agyműködésről szól Wilder Penfield kanadai idegsebész klasszikus munkája az agykéreg különböző pontjainak elektromos stimulációjáról, általában az olyan betegségek tüneteinek az enyhítésére, mint a pszichomotoros epilepszia. A betegek emlékek felvillanásáról: egy

illatról, hangról vagy egy színfoszlányról számoltak be a múltból, amit gyenge elektromos áram váltott ki az agy egy meghatározott helyén.

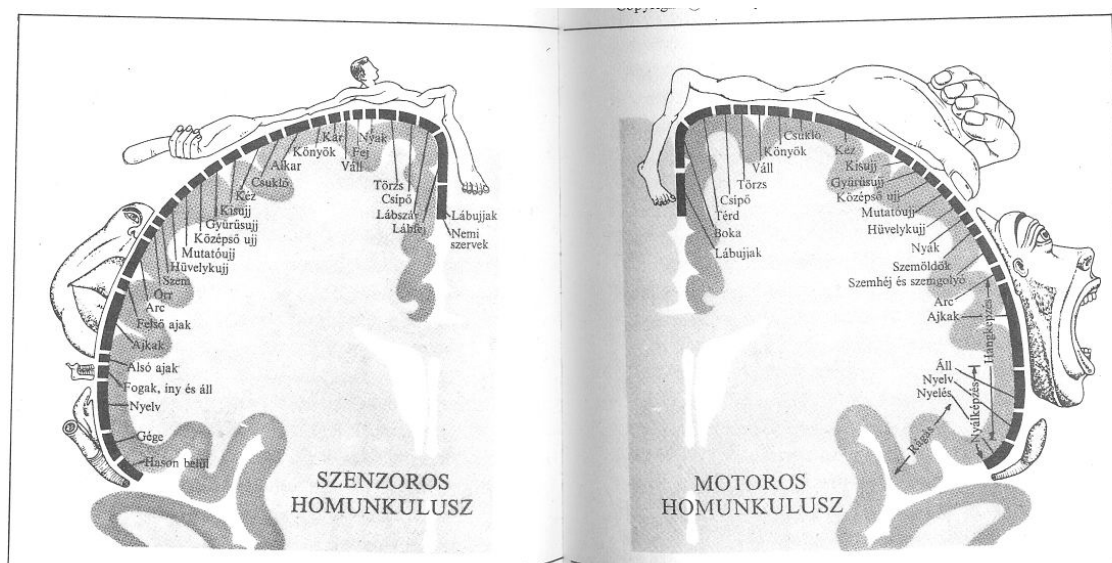
Például egy esetben a páciens teljes részletességgel hallott egy zenekari művet, ha a koponya megnyitása után Penfield elektródáján át áram folyt az agykérgébe. Ha Penfield azt jelezte a betegnek - aki az ilyen műtétek alatt rendszerint teljes öntudatánál van -, hogy ingerli az agykérget, amikor nem tette, a páciens ezzel egyidejűleg soha nem számolt be semmiféle emlékrészletről. De amikor az elektródán át figyelmeztetés nélkül áramot bocsátott az agykérgébe, akkor megindultak vagy folytatódtak az emléknyomok. A páciens hol egy átértzett hangulatról vagy a meghittség érzéséről számolt be, hol meg egy teljes részletességgel felidéződő sokéves élménye játszódott vissza az agyában. Mindeközben pedig zavartalanul tisztában volt vele, hogy a műtőben beszélget az orvosával. Bár némelyik páciens „kis ál-mokként” írta le ezeket a visszapillantásokat, semmi nem volt bennük az álmok anyagának jellegzetes szimbolizmusából. Ilyen élményekről szinte kizárólag epileptikusok számoltak be, így lehetséges, bár nincs rá semmi bizonyíték, hogy hasonló körülmények közt a nem epileptikusok is ezekhez fogható érzéketes emlékélményeket élnek át.

A nyakszirtlebeny elektromos ingerlése során, amely a látás funkcióihoz kapcsolódik, egy ízben a páciens elmondta, hogy egy libegő pillangót látott, mégpedig olyan ellenállhatatlan valóságérősséggel, hogy kinyújtotta a karját a műtőasztalról, hogy megfogja. Amikor egy majmon hajtottak végre ugyanilyen kísérletet, a majom feszülten bámult, mintha valamilyen tárgy volna előtte, jobb kezével gyors „elkapó” mozdulatot tett, aztán láthatólag értetlenül vizsgálta üres markát.

A fájdalommentes elektromos ingerlés - legalábbis egyes emberek agykérge esetében - meghatározott eseményekről szóló emlékek egész zuhatagát képes felidézni. Ugyanakkor az elektródával kapcsolatba került agyszövet eltávolítása nem törli ki az emléket. Igen csábító tehát az a következtetés, miszerint, legalábbis az embernél, az emlékek valahol az agykéregben raktározódnak, amíg csak elektromos impulzusok elő nem hívják őket - melyeket normális körülmények között persze maga az agy gerjeszt.

Ha az emlékezet az agykéreg egészének funkciója volna - alkotórészeinek valamiféle dinamikus összeműködése vagy elektromos állóhullámmintája, nem pedig az egyes agyrészekben statikusan tárolt valami -, az megmagyarázná, miért marad fenn az emlékezőképesség még jelentős agykárosodás után is. A bizonyítékok azonban az ellenkező irányba mutatnak. Az amerikai Ralph Gerard, a michigani egyetem neurofiziológusa kísérletei során hörcsögöket tanított meg egy egyszerű labirintus bejárására, aztán majdnem fagypontra lehűtötte, mintegy mesterségesen hibernálta őket a hűtőszekrényben. A hőmérséklet olyan alacsony volt, hogy az állatok agyában minden mérhető elektromos tevékenység megszűnt. Ha az emlékezés dinamikus felfogása igaz volna, akkor a kísérlet a labirintus sikeres bejárásának minden emlékét eltörölte volna. Ám a hörcsögök, felmelegedésük után, emlékeztek. Így hát a jelek szerint a memória az agy specifikus helyein lokalizálódik, és súlyos agysérülés után az emlékek fennmaradása alighanem a különféle helyeken redundánsan tárolt statikus emléknyomoknak köszönhető.

A korábbi kutatók eredményeit kiterjesztve, Penfield a motoros kéregben is a funkciók figyelemre méltó lokalizálását derítette fel. Agyunk külső rétegeinek bizonyos részei jeleket küldenek a test meghatározott részeibe, illetve fogják az onnan érkező jeleket. A szenzoros és motoros kéreghelyek Penfield-féle térképének egyik változata látható a 2-3. ábrán, amely elbűvölő módon ad képet testünk különféle részeinek viszonylagos fontosságáról. Az az óriási agyterület, amelyik a kéz ujjaihoz - különösen a hüvelykujjhoz -, a szájhoz és a beszédszervekhez kapcsolódik, pontosan azt képviseli, ami az emberi fiziológiában, az emberi viselkedés révén, az állatok legnagyobb részétől elválaszt minket. Tudásunk és kultúránk soha nem fejlődhetett volna ki beszéd nélkül; technikánk és nagy műalkotásaink soha nem jöttek volna létre a kezünk nélkül. A motoros kéreg térképe bizonyos értelemben emberi mivoltunk pontos portréja.



2-3 / Szenzoros (érzékelő) és motoros (mozgató) homunkuluszok (Penfield után): a funkciók specializációjának két térképe az agykéregben. A torzított testtájak azt illusztrálják, hogy az agykéreg mennyi figyelmet fordít a test különféle részeire: minél nagyobb az ábrázolt testrész, annál fontosabb. Balra a szomatikus szenzoros terület térképe látható, amely idegi információkat kap az ábrázolt testrészekről; jobbra az agyból a test felé irányuló impulzusok megfelelő térképe.

Copyright C 1948 by Scientific American, Inc.

De a funkciók lokalizálódásának bizonyítékai ma már ennél is sokkal erősebbek. David Hubel, a Harvard orvosi karának kutatója egy elegáns kísérletsorozat révén olyan meghatározott agysejtek hálózatának létezését fedezte fel, amelyek szelektíven reagálnak a szem által különféle irányokból érzékelt vonalakra. A vízszintes, a függőleges és az átlós vonalaknak külön-külön sejtjeik vannak, amelyek csak akkor ingerlődnék, ha a szem a megfelelő irányt érzékeli. Az elvont gondolkodásnak legalábbis a legelső kezdetei ezzel visszavezethetők az agysejtekre.

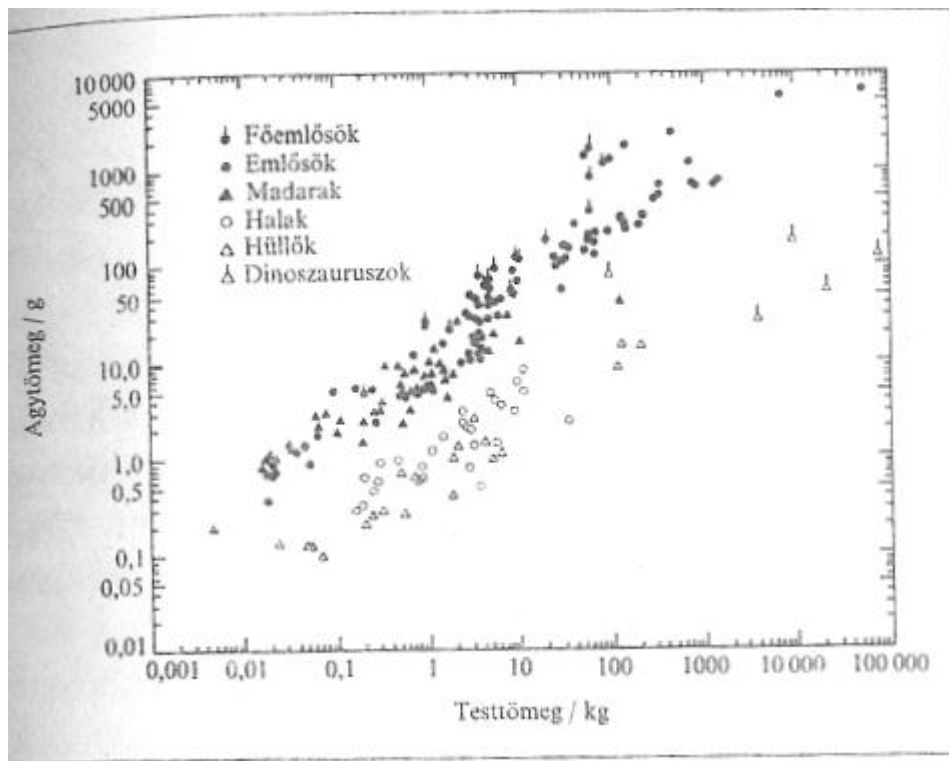
Ha léteznek meghatározott agyterületek, amelyek az egyes kognitív, szenzoros vagy motoros funkciókkal állnak kapcsolatban, ebből az következik, hogy nem kell szükségképpen tökéletes korrelációnak fennállnia az agy tömege és az intelligencia között: az agy egyes részei nyilvánvalóan fontosabbak más részeknél. A legnagyobb emberi agyak közt, amelyekről adataink vannak, ott szerepel Oliver Cromwell, Ivan Turgenyev és Lord Byron agya, akik mind okos emberek voltak ugyan, de nem voltak Einsteinek. Einstein agya viszont nem volt különösebben nagy. Anatole France-nak, aki rendkívül okos volt, csak feleakkora volt az agya, mint Byronnak. Az emberi csecsemőnél születésekor kivételesen magas az agytömeg aránya a testtömeghez képest (kb. tizenkét százalék), és az agya, különösen az agykéreg, élete első három évében - a leggyorsabb tanulás időszakában - továbbra is sebesen nő. Hatéves korra a gyermek agytömege eléri a felnőttérték kilencven százalékát. A jelenkori férfiak átlagos agytömege körülbelül ezerháromszázhetvenöt gramm. Mivel az agy fajsúlya a többi testszövetéhez hasonlóan körülbelül a vízzel azonos (köbcentiméterenként egy gramm), egy ilyen agy térfogata ezerháromszázhetvenöt köbcentiméter, valamivel kevesebb, mint másfél liter. (Egy köbcentiméter az emberi köldök hozzávetőleges térfogata.)

Korunk nőinek agya ennél körülbelül százötven köbcentiméterrel kisebb. De a kulturális és gyermeknevelési hajlamokat tekintetbe véve sincs világos bizonyíték rá, hogy különbség volna a két nem intelligenciája között. Az embernél tehát százötven grammnyi agytömegkülönbség minden bizonnyal lényegtelen. A különböző emberi rasszok felnőtt egyedeinek agytömege között is vannak ehhez hasonló különbségek (a keletieknek átlagosan valamivel nagyobb az agyuk, mint a fehéreknek); de mivel azonosan ellenőrzött körülmények között nem mutatkozott intelligenciakülönbség, a végkövetkeztetés itt is ugyanaz. A Lord Byron (kétezer-kétszáz gramm) és Anatole France (ezeregyszáz gramm) agymérete közötti különbség pedig arra utal, hogy ebben a tartományban funkcionálisan sok száz grammnyi különbség is lényegtelen lehet.

Másfelől viszont a nagyon kis aggyal született mikrokefál felnőtteknek a kognitív képességei súlyosan csökevényesek: agytömegük tipikusan négyszázötven és kilencszáz gramm között van. A normális újszülött tipikus agytömege háromszázötven gramm, az egyéves gyermeké ötszáz gramm. Világos tehát, hogy amint egyre kisebb és kisebb agytömegeket vizsgálunk, elérünk egy pontig, ahol az agytömeg már olyan kicsiny, hogy funkciója a normális emberi agyfunkciókhoz viszonyítva jelentősen csökkent.

Ezenfelül az embernél statisztikus korreláció áll fenn az agytömeg, azaz az agy mérete és az intelligencia között. Ez a viszony azonban nem egy az egyben érvényesül, mint a Byron-France-összehasonlítás világosan mutatja. Nem állapíthatjuk meg valakinek az intelligenciáját azzal, hogy megmérjük az agya nagyságát. Mint azonban Leigh van Valen amerikai biológus, a chicagói egyetem evolúciókutatója kimutatta, a rendelkezésünkre álló adatok arra utalnak, hogy átlagosan elég jó korreláció áll fenn az agy mérete és az intelligencia között. Azt jelentené ez, hogy bizonyos értelemben az agy mérete *okozza az intelligenciát*? Nem lehetséges-e például, hogy a rossz táplálkozás, különösen az anyaméhben és csecsemőkorban, egyszerre vezethet kicsiny agyméretre és alacsony intelligenciára, anélkül hogy az egyik okozná a másikat? Van Valen kimutatta, hogy az agy mérete és az intelligencia között sokkal nagyobb a korreláció, mint az intelligencia és a testalkat vagy a felnőttkori testsúly közötti korreláció, amelyekről tudjuk, hogy a rosszul tápláltság befolyásolja őket, a rosszul tápláltság pedig kétségkívül csökkentheti az intelligenciát. Így hát - az efféle hatásokon túl - úgy tűnik, hogy a nagyobb abszolút agyméret egy bizonyos mértékig hajlamos növelni az intelligenciát.

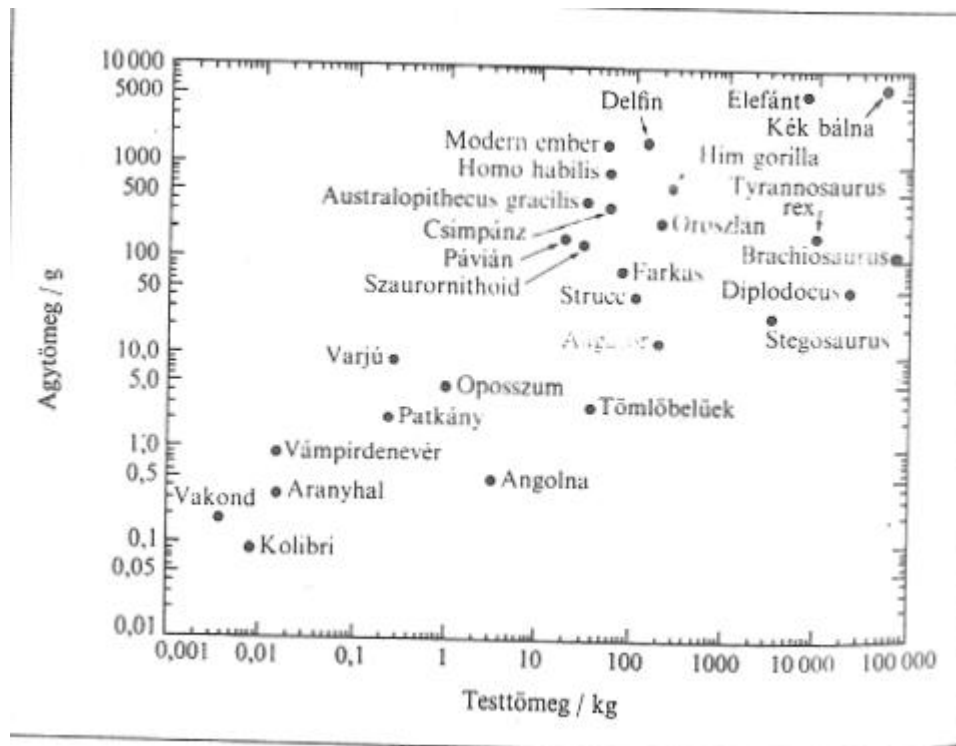
A fizikusok új intellektuális tartományok felderítése során hasznos eszköznek találták nagyságrendi becslések készítését. Ezek a durva számítások nagy vonalakban vázolják a problémát, és iránymutatásul szolgálnak a további vizsgálatokhoz, de meg sem próbálnak nagyfokú pontosságra törekedni. Az agy mérete és az intelligencia közötti kapcsolat kérdésében a jelenlegi tudományos lehetőségeket nyilvánvalóan meghaladná, hogy felmérjük az agy minden egyes köbcentiméterének funkcióját. De vajon nincs-e valamiféle durva, megközelítő módszer, amellyel összekapcsolhatnánk az, agy méretét és az intelligenciát?



4 / Az agytömeg és a testtömeg viszonyának szórásdiagramja főemlősöknél, emlősöknél, madaraknál, halaknál, hüllőknél és dinoszauruszoknál. A diagramot Jerison (1973) művéből vettük át, kiegészítve néhány további ponttal (a dinoszauruszokkal és az ember családjának kihalt tagjaival.).

A nemek közötti agytömegkülönbség pontosan ebben az összefüggésben válik érdekessé, hiszen a nőknek alkatiilag kisebb a testmérete és a testsúlya, mint a férfiaknak. Ha kisebb testet kell irányítani, nem felelhet-e meg a célnak kisebb agytömeg? Ez arra mutat, hogy az intelligenciának az agytömeg abszolút értékénél talán jobb mércéje az agytömegnek az organizmus teljes testtömegéhez viszonyított *aránya*.

A 4. ábra különféle állatok agytömegét és testtömegét mutatja be. Itt a halak és a hüllők figyelemre méltóan különböznek a madaraktól és az emlősöktől: *adott* testtömegre vagy testsúlyra vonatkoztatva az emlősöknek következetesen nagyobb az agytömegük. Az emlősök agya tízszer-százszor nagyobb, mint a ma élő, velük összehasonlítható testméretű hüllők agya. Az emlősök és a dinoszauruszok közötti különbség még meghökkentőbb. Ezek a különbségek ugyanis elképesztően nagyok, és teljesen rendszerjellegűek. Mivel mi is emlősök vagyunk, valószínűleg vannak némi előítéleteink az emlősök és a hüllők viszonylagos intelligenciájával kapcsolatban, de azt hiszem, a bizonyítékok teljesen meggyőzőek: az emlősök csakugyan szisztematikusan sokkal intelligensebbek, mint a hüllők. (Bemutatunk egy meglepő kivételt is: a késő krétakori dinoszauruszok egy kis, struccszerű osztályát, amelyet az agyának a testtömeghez való aránya az 5. ábra diagramján az egyébként a nagy madaraknak és kevésbé intelligens emlősöknek fenntartott területre helyez. Érdekes lenne jóval többet tudni ezekről a lényekről, amelyeket Dale Russell, a Kanadai Nemzeti Múzeum paleontológiai osztályának vezetője tanulmányozott.) A 4. ábrán azt is láthatjuk, hogy a főemlősök, azaz az embert is magában foglaló taxon, ha nem is ennyire rendszeresen, elválnak a többi emlőstől: a főemlősök agya átlagosan kétszer-hússzor nagyobb a velük azonos testtömegű (nem főemlős) emlősök agyánál.



5 / Az előző ábra egyes pontjai közelebről. A *Saurornithoid* a szövegben is említett struccszerű dinoszaurusz.

Nézzük a 4. ábrát most közelebről, és emeljünk ki belőle néhány meghatározott állatot. Az eredményt az 5. ábrán láthatjuk: az összes bemutatott organizmus közül a testsúlyához képest legnagyobb agyú állat a *Homo sapiens*-nek nevezett lény. Ebben a rangsorolásban a delfinek állnak hozzá a legközelebb.* Megint

csak nem hinném, hogy a viselkedésük bizonyítékaiból levont sovinszta következtetés lenne azt állítani, hogy az emberek és a delfinek legalábbis a legintelligensebb organizmusok között vannak a Földön. Az agy- és a testtömeg arányának fontosságát már Arisztotelész felismerte. E nézet legfőbb modern képviselője Harry Jerison, a Los Angeles-i Kaliforniai Egyetem neuropszichiátere. Jerison arra is rámutat, hogy e korreláció alól kivételek is vannak - például az európai törpecickány, melynek agytömege száz milligramm a 4,7 grammos testben, s ezzel tömegaránya az emberi tömegarány nagyságrendjében helyezkedik el. Ám a legkisebb állatoknál nem várhatjuk el, hogy a tömegarány korreláljon az intelligenciával, hiszen az agy legegyszerűbb „háztartási” funkcióinak ellátása is megkövetel egy bizonyos minimális agytömeget.

* A testtömeghez viszonyított agytömeg kritériuma alapján a halak közül a cápák a legokosabbak, ami meg is felel ökológiai „fülkéjüknek” - a ragadozóknak okosabbnak kell lenniük, mint a planktonmajszolóknak. A cápák furcsa módon párhuzamosan fejlődtek a magasabb rendű szárazföldi gerincesek evolúciójával, mind az agy- és a testtömeg növekvő arányában, mind abban, ahogy koordinációs központjaikat agyuk három fő részében kifejlesztették.

A felnőtt ámbrás cetnek, a delfin közeli rokonának az agytömege majdnem kilencezer gramm, hat és félszerese az átlagos emberének. Ez szokatlanul nagy teljes agytömeg, de nem szokatlanul magas agy-testtömeg arány (1. az 5. ábrát), ám a legnagyobb dinoszauruszok agyának súlya is csak egy százaléka volt az ámbrás cetének. Mit csinál a cet ekkora aggyal? Vannak az ámbrás cetnek gondolatai, felismerései, művészete, tudománya, legendái?

Az agytömeg és a testtömeg arányának a viselkedést tekintetbe nem vevő kritériuma hasznos mutatónak látszik nagyon különböző állatok viszonylagos intelligenciájának megállapításához. A fizikus ezt a módszert elfogadható első közelítésként jellemezné. (Jegyezzük meg a későbbiekre nézve, hogy az australopithecusoknak, akik vagy ősei, vagy legalábbis közeli oldalági rokonai voltak az embernek, testsúlyukhoz képest szintén nagy agyuk volt, mint ezt a fosszilis koponyákról készített gipszöntvényekkel megállapították.) Nem tudom, vajon az ugyanannak a fajnak felnőtt egyedeihez képest viszonylag nagy fejű csecsemők és más kölyökmelősök megmagyarázhatatlan általános vonzóereje nem abból ered-e, hogy öntudatlanul is tudatában vagyunk az agy-testtömeg arány fontosságának?

Az eddigiek során felhozott adatok mind arra vallanak, hogy az emlősöknek a hullókból való, több mint kétszázmillió évvel ezelőtti evolúcióját a viszonylagos agyméret és az intelligencia jelentős fejlődése kísérte; illetve hogy az embernek a nem emberi főemlősökből való evolúciója az agy még meghökkentőbb fejlődésével járt együtt.

Az emberi agy (nem számítva a *cerebellum*-ot, a kisagyat, amely a jelek szerint nem vesz részt a kognitív funkciókban) körülbelül tízmilliárd neuronnak nevezett kapcsolóelemet tartalmaz. (Az agykéreg alatt, a tarkó táján fekvő cerebellumban hozzávetőleg további tízmilliárd neuron van.) Luigi Galvani olasz anatómus a neuronok vagy idegsejtek által gerjesztett és a rajtuk keresztül folyó elektromos áramok révén fedezte föl az elektromosságot. Galvani ugyanis rájött, hogy ha a békák lábába elektromosságot vezetünk, ettől köteleességtudóan összerándulnak, s így népszerű elképzeléssé vált, hogy az állati mozgást („animációt”) alapjában véve az elektromosság okozza. Ez azonban legfeljebb részleges igazság. Az olyan mozgásokat, mint a végtagok hajlítása, tényleg az idegrostokon végigfutó elektromos impulzusok indítják meg neurokémiai közvetítéssel, de ezeket az impulzusokat az agy gerjeszti. Ennek ellenére mind a modern villamosságtan, mind a villamos és elektronikus ipar eredete egyaránt az elektromos ingerlésre összeránduló békalábakon végzett tizenharmadik századi kísérletekre nyúlik vissza.

Alig néhány évtizeddel Galvani után történt, hogy angol irodalmárok egy kis csoportját az Alpokban elvágták a világtól a rossz időjárás, mire versenyre keltek egymással, ki tudja közülük a legrémisztőbb irodalmi művet írni. Egyikük, Mary Wollstonecraft Shelley, megírta híressé vált meséjét dr. Frankenstein szörnyetegéről, akit erős elektromos áram alkalmazásával keltenek életre. Az elektromos eszközök azóta is a rémregények és a horrorfilmek fő kellékei. Hiába téves Galvani alapeszméje, a fogalom számos nyugati nyelvben gyökeret eresztett (például én is galvanizálódtam ennek a könyvnek a megírására).

A legtöbb neurobiológus véleménye szerint az agyfunkciókban a neuronok az aktív elemek, bár van bizonyíték arra is, hogy az egyes specifikus memóriákat és más kognitív funkciókat esetleg az agy olyan sajátos molekulái tartalmazzák, mint az RNS vagy a kis molekulájú fehérjék. Az agy minden egyes neuronjára nagyjából tíz gliasejt esik (a glia a ragasztó jelentésű görög szóból származik), ezek alkotják a

neuronépítmény állványzatát. Az emberi agyban minden átlagos neuronnak ezer-tízezer szinapszisa (azaz a szomszédos neuronokkal való kapcsolata) van. (A gerincvelő számos neuronjának a jelek szerint kb. tízezer szinapszisa van, a kisagy úgynevezett Purkinje-sejtjeinek pedig még ennél is több. Az agykéregben a neuronkapcsolások száma valószínűleg kisebb tízezer-nél.) Ha minden egyes szinapszis egy-egy elemi kérdésre adott igen-nem válasznak felel meg, mint az elektronikus számítógépek kapcsolóelemeiben, akkor azoknak az igen-nem válaszoknak, azaz információs biteknek a száma, amelyeket az agy tartalmazni képes, körülbelül $10^{10} \cdot 10^3 = 10^{13}$, azaz tízbillió bit (vagy százbillió, ha neurononként 10^4 szinapszissal számolunk). Egyes szinapszisoknak ugyanazt az információt kell tartalmazniuk, ami más szinapszisokban is megtalálható; egyeseknek a motoros és más nem kognitív funkciókkal kell foglalkozniuk; mások üresek is lehetnek, tartalékkul szolgálva a befutó új információk számára.

Ha az emberi agyban csak egyetlen szinapszis volna - ami mérhetetlen butaságnak felelne meg -, akkor összesen csak két szellemi állapotra lenne lehetőségünk. Ha két szinapszisunk volna, akkor $2^2 = 4$ állapotra, ha három szinapszisunk, akkor $2^3 = 8$ állapotra, általában pedig N szinapszis esetén 2^N állapotra. Igen ám, de az emberi agyban mintegy 10^{13} szinapszis van. Így az emberi agy lehetséges különböző állapotainak száma a kettőnek ez a hatványa, azaz a kettő önmagával tízbilliószor megszorozva. Ez elképzelhetetlenül nagy szám, jóval nagyobb szám például, mint az elemi részecskék (elektronok és protonok) száma az egész világegyetemben (ez jóval kisebb, mint 2 a 10^{13} hatványon). Az emberi agy funkcionálisan különböző alakváltozatainak (konfigurációinak) e miatt a mérhetetlenül nagy száma miatt tehát még az együtt nevelkedett egypetéjű ikrek között sincs két teljesen azonos ember. Ezek a hatalmas számok talán némileg megmagyarázhatják az emberi viselkedés kiszámíthatatlanságát, és azokat a pillanatainkat, amikor magunk is meglepődünk azon, amit csinálunk. Ezeket a számokat figyelembe véve tulajdonképpen az a csoda, hogy az emberi viselkedésben egyáltalán van valamiféle szabályszerűség. Ennek csak az lehet az oka, hogy az összes lehetséges agyállapotok távolról sem állnak mind be, mérhetetlen számú olyan szellemi konfigurációnak kell léteznie, amelyekbe emberi lény az emberiség története során soha nem került, sőt amelyekről még csak sejtelve sem lehet. Ebből a perspektívából nézve minden egyes ember valóban ritka és különleges lény, aminek kézenfekvő etikai következménye az egyéni emberi élet szentsége.

Az utóbbi években világossá vált, hogy az agyban elektromos mikroáramkörök vannak. Ezekben a mikroáramkörökben az őket alkotó neuronok a reakciók sokkal szélesebb skálájára képesek, mint az elektronikus számítógépek kapcsolóelemeinek egyszerű „igenje” vagy „nemje”. Ezek a mikroáramkörök igen kicsinyek (jellegzetes dimenziók 1/10 000 centiméter nagyságrendűek), így rendkívüli gyorsasággal képesek feldolgozni az adatokat. A normális neuronok stimulálásához szükséges feszültségnek már kb. egy századrésze reagálnak, ezért sokkal kifinomultabb reakciókra képesek. Az ilyen mikroáramkörök száma a jelek szerint az állatok komplexitásáról alkotott szokásos fogalmainknak megfelelően növekszik, azaz mind abszolút, mind relatív mértékben az embernél éri el a maximumot. Az ember embrionális fejlődése során is csak későn fejlődnek ki. Ezeknek a mikroáramköröknek a létezése arra vall, hogy az intelligencia talán nemcsak a magas agy-testtömeg arány eredménye, hanem az agyban lévő speciális kapcsolóelemek bőségéből is következik. A mikroáramkörök még jobban megnövelik a lehetséges agyállapotok számát, mint ahogy azt az előző bekezdésben számítottuk, s ezzel tovább fokozzák az individuális emberi agy elképesztő egyediségét.

Az emberi agy információtartalmának kérdését egészen más úton is megközelíthetjük - introspekcióval. Próbáljunk csak meg elképzelni valamilyen vizuális emléket, mondjuk gyermekkorunkból. Nézzük meg lelki szemeinkkel, egészen közelről, s képzeljük úgy el, hogy egy halom finom pontból áll, mint egy képtávíron érkezett kép az újságban. Minden egyes pontnak meghatározott színe és fényessége van. Most fel kell tennünk a kérdést: hány bit információra van szükségünk az egyes pontok színének és fényességének meghatározásához; hány pont adja ki a visszaidézett képet, és mennyi időbe telik, amíg a kép összes részlete felidéződik lelki szemeink előtt? Ebben a visszaidézésben az ember bármely adott időpontban csak a képnek egy igen kis részére összpontosít, látóköre tehát meglehetősen korlátozott. Ha ezeket a számokat, másodpercenként, bitekben összeadjuk, megkapjuk az agy információfeldolgozó munkájának ütemét. Ha elvégzem ezt a számítást, körülbelül ötezer bitmásodperc csúcsteljesítményhez jutok.*

* Sík területen a horizont egyik szélétől a másikig száznyolcvan fokos szöget zár be. A Hold átmérője 0,5 fok. Tudom, hogy láthatok rajta részleteket, mindösszesen talán tizenkét képelemet. Így a szemem feloldóképessége mintegy $0,5/12=0,04$ fok. Minden, ami ennél kisebb, túl kicsi ahhoz, hogy lássam. Lelki szemem, akárcsak igazi szemem pillanatnyi látómezeje a jelek szerint mindkét oldalon nagyjából kétfoknyi. Így az a kis szögletes kép, amelyet bármely adott pillanatban láthatok, körülbelül $(2/0,04)^2=2500$ képelemet tartalmaz, ami megfelel a képtávíró pontjainak. Az ilyen pontok összes lehetséges szürke és színes árnyalatának jellemzéséhez képelemenként kb. húsz bite van szükség. Kis képem leírásához tehát 2500×20 , azaz kb. 50 000

bit szükséges. De a kép átfutásához körülbelül tíz másodpercre van szükségem, így érzéleti adataim feldolgozásának üteme valószínűleg nem sokkal gyorsabb másodpercenként $50000/10=5000$ bitnél. Összehasonlításként: a Viking űrszonda leszállóegysége kameráinak, amelyeknek szintén 0,04 fok a feloldóképességük, képelemenként csak hat bit áll rendelkezésükre a fényesség jellemzésére, és adataikat csak ötszáz bit/mp sebességgel képesek rádióon továbbítani közvetlenül a Földre. Az agy neuronjai mintegy huszonöt watt energiát gerjesztenek, ami éppen csak egy kis izzólámpa bekapcsolásához volna elegendő, míg a Viking leszállóegysége körülbelül ötven watt összenergiával továbbítja a rádióüzeneteket, és látja el összes más funkcióit.

Az efféle vizuális visszaemlékezések általában a formák széleire és a világosról sötétre való éles váltásokra összpontosítanak, nem pedig a nagyrészt semleges fényességű területek konfigurációira. A béka látása például igen elfogult a fényességi fokozatok javára. Jelentős mennyiségű bizonyíték támasztja alá azonban azt is, hogy nemcsak a formák széleinek felidézése, hanem a belső részletekre való aprólékos emlékezés is elég általános. Ennek talán legmeghökkenőbb esete az az emberkísérlet volt, melynek során háromdimenziós képek térbeli rekonstrukciójához a két szem számára két különböző visszaidézendő mintát alkalmaztak. Ebben az anaglifban (térhatású képpárban) a képek összeolvasztásához tízezer képelemre kell visszaemlékezni.

Én azonban soha nem idézem vissza összes éber órák vizuális képeit, sem nem vetem beható, gondos vizsgálat alá a körülöttem lévő embereket és tárgyakat, legfeljebb időmnek csak egy kis százalékában, és egyéb információs csatornáim - a hallási, tapintási, szaglási és ízlelési csatornák - ebben csak jóval alacsonyabb szinten vesznek részt. Véggöközve tettem az, hogy agyam átlagos adatfeldolgozási üteme mintegy $(5000/50) = 100$ bit másodpercenként. Hatvan év alatt ez $2 \cdot 10^{11} = 200$ milliárd vizuális és egyéb emlékeknek szentelt bitnek felelne meg, ha tökéletesen vissza tudnám idézni őket, ami tehát kevesebb, ha nem is ésszerűtlenül kevesebb a szinapszisok vagy idegkapcsolatok számánál (hiszen az agynak az emlékezésen kívül más dolga is van), és arra enged következtetni, hogy az agyfunkciókban tényleg a neuronok a fő kapcsolóelemek.

Az agyban a tanulás során végbemenő változásokkal kapcsolatban figyelemre méltó kísérletsorozatot hajtott végre kollégáival Mark Rosenzweig amerikai pszichológus Berkeleyben, a Kaliforniai Egyetemen. Két különböző laboratóriumi patkánypopulációt neveltek fel - az egyiket unalmas, egyhangú, ingerszegény környezetben, a másikat változatos, eleven, gazdag környezetben. A második csoportnál meghökkenítő mértékben megnövekedett az agykéreg tömege és vastagsága, amit különféle változások kísértek az agy kémiaiában, és a növekedés felnőtt és fiatal állatokban egyaránt megmutatkozott. Ezek a kísérletek azt bizonyítják, hogy az intellektuális tapasztalatokat fiziológiai változások kísérik, és egyúttal azt is bemutatják, hogyan lehet az alakíthatóságot anatómiailag ellenőrizni. Mivel a nagyobb agykéreg megkönnyítheti a jövőbeni tanulást, nyilvánvaló, mennyire fontos a gyermekkori környezet gazdagsága.

Mindez azt jelentené, hogy az új tudás új szinapszisok kialakításával vagy halódó régi szinapszisok aktivizálásával jár együtt. William Goldberg, az illinois-i egyetem neuroanatómusa és munkatársai olyan előzetes bizonyítékokat szereztek, amelyek jól összeegyeztethetők ezzel a felfogással. Rájöttek ugyanis, hogy a patkányok, miután néhány hétig laboratóriumi körülmények között új feladatokat tanultak meg, olyasféle új neuronelágazásokat fejlesztettek ki az agyukban, amelyek szinapszisokat alkotnak. A többi patkány, amellyel hasonlóképpen bántak, de nem részesült hasonló oktatásban, nem produkált ilyen neuroanatómiai újdonságokat. Új szinapszisok létrehozásához fehérjék és RNS-molekulák szintézisére van szükség. Sok bizonyíték támasztja alá, hogy ezek a molekulák a tanulás során képződnek az agyban, egyes tudósok pedig azt is fölvetették, hogy ezt a tudást az agyfehérjék vagy az RNS tartalmazzák. Mégis valószínűbbnek látszik, hogy az új információk a neuronokban tárolódnak, amelyek viszont fehérjékből és RNS-ből épülnek fel.

Milyen sűrű az agyban tárolt információ? Egy modern számítógép jellegzetes információsűrűsége körülbelül köbcentiméterenként egymillió bit. Ez a számítógépnek a térfogatával elosztott teljes információtartalma. Az emberi agy, mint mondtuk, körülbelül 10^{13} bitet tartalmaz, valamivel több, mint 10^3 köbcentiméterben, így információtartalma $10^{13}/10^3 = 10^{10}$ bit, azaz köbcentiméterenként kb. tízmilliárd bit. Az agyat tehát tízezerszer sűrűbben töltik meg az információk, mint egy számítógépet, pedig a számítógép sokkal nagyobb. Másként fogalmazva: ahhoz, hogy egy modern számítógép képes legyen az emberi agyban lévő információt feldolgozni, körülbelül tízezerszer nagyobb térfogatúnak kellene lennie az emberi agynál. Ugyanakkor viszont a modern elektronikus számítógépek másodpercenként 10^{16} - 10^{17} bites ütemben képesek feldolgozni az információt, szemben az emberi agy ennél tízmilliárdszor lassabb csúcsteljesítményével. Ekkora teljes információtartalom és ilyen lassú feldolgozási ütem mellett az emberi agynak rendkívül ügyes tömörítéssel és „huzalozással” kell rendelkeznie ahhoz, hogy annyi jelentős feladatot sokkal jobban legyen képes elvégezni a legjobb számítógépeknél.

Az állatok agyában az agytérfogat megduplázódásakor a neuronok száma nem duplázódik meg, hanem ennél lassabban növekszik. Egy kb. ezerháromszázhetvenöt köbcentiméter térfogatú emberi agy, mint mondtuk, a kisagytól eltekintve, körülbelül tízmilliárd neuront és mintegy tízbillió bitet tartalmaz. A marylandi Bethesda mellett működő Országos Mentálhigiéniai Intézetben nemrégiben a kezembe vehettem egy nyúl agyát. Körülbelül harminc köbcentiméter lehetett a térfogata, csak akkora volt, mint egy közepes retek, de néhány százmillió neuronnak és néhány százmilliárd bitnek felelt meg - és egyebek közt a saláta ráágcsálását, az orr fintorgatását és a felnőtt nyúl szexuális kalandozásait is irányította.

Mivel az olyan állati taxonoknak, mint az emlősök, hüllők vagy kételtűek, nagyon különböző agyméretű tagjai vannak, nem lehet megbízhatóan felbecsülni az egyes taxonok tipikus képviselőinek agyában lévő neuronok számát. Az átlagértékeket azonban megbecsülhetjük, ezt végeztem el az 1. ábrán. Az ottani durva becslés azt mutatja, hogy az embernek körülbelül százszor annyi bit információ van az agyában, mint a nyúlnak. Nem tudom, mit jelent, ha azt mondjuk, hogy egy ember százszor okosabb egy nyúlnál, de abban biztos vagyok, hogy ez nem nevetséges állítás. (És természetesen nem következik belőle, hogy száz nyúl van olyan okos, mint egy ember.)

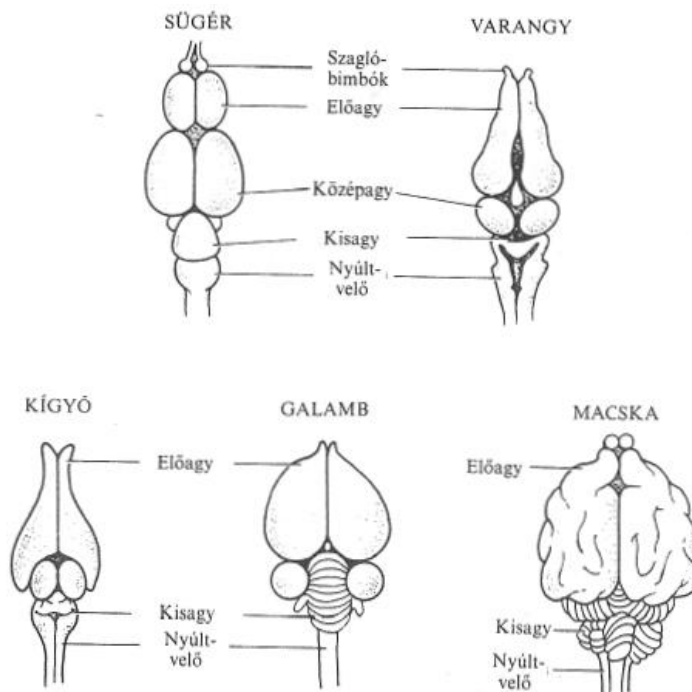
Ma már abban a helyzetben vagyunk, hogy módunkban áll az evolúció időtávjában összehasonlítani mind a genetikai anyagban tartalmazott információmennyiséget, mind a különféle organizmusok agyában tartalmazott információ mennyiségét. A két görbe (1. ábra) egy néhány százmillió évvel ezelőtti korban néhány milliárd bitnek megfelelő információtartalomnál metszi egymást. Akkor, a karbonkor gőzölgő dzsungelében alakult ki egy olyan organizmus, amelynek, a világ történetében először, több információ volt az agyában, mint a génjeiben. Ez a lény egy korai hüllő volt, amelyet, ha a mai haladó korban találkoznánk vele, valószínűleg nem tartanánk különlegesebben intelligensnek, ám agya szimbolikus fordulópont volt az élet történetében. Az agy evolúciójának két ezt követő robbanása, amely az emlősök kialakulását és az emberhez hasonló főemlősök felbukkanását kísérte, még fontosabb előrelépést jelentett az intelligencia evolúciójában. A karbonkorszak óta az élet történetének legnagyobb részét úgy jellemezhetjük, mint az agyoknak a gének fölötti fokozatos (de korántsem teljes) eluralkodását.

3. AZ AGY ÉS A SZEKÉR

Mikor találkozunk mi hárman megint...?

SHAKESPEARE / MACBETH

A hal agya nem valami nagy. Van gerinchúrja, illetve gerincvelője, mint a még alacsonyabb rendű gerincteleneknek, s a primitív hálnak ezen kívül van még egy kis kidudorodása is a gerincvelő elülső végén - ez az agya. A magasabb rendű halaknál ez a kidudorodás már jobban kifejlődött, de még mindig nem nyom többet egy-két grammnál. (Ennek a kidudorodásnak felel meg a magasabb rendű állatokban a hátsóagy vagy agytörzs és a középagy.) A modern halak agya túlnyomórészt középagy, egy kicsiny előaggal; a modern kétéltűeknél és hüllőknél ez fordítva van (1. 6. ábra). De már az ismert legkorábbi fosszilis gerincesek agyáról készített gipszöntvények is azt mutatják, hogy a modern agy alapvető felosztása (hátsóagy, középagy és előagy) már akkor fennállt. Ötszázmillió évvel ezelőtt az ősi tengerekben osztrakodermeknek és lakodermeknek nevezett halszerű lények úszkáltak, melyek agya figyelemre méltóan ugyanazt a felosztást mutatja, mint a miénk.



6 / Hal, kétéltű, hüllő, madár és emlős agyát összehasonlító sematikus ábrázolások. A *cerebellum* (kisagy) és a *medulla oblongata* (nyúltvelő) a hátsóagy részei.

Ám ezeknek az alkotórészeknek a viszonylagos mérete és jelentősége, sőt még korai funkciói is minden bizonnyal jócskán különböztek a maitól. Az agy ezt követő evolúciójának egyik legmegkapóbb vonása a gerincvelőre, a hátsóagyra és a középagyra épülő három további réteg fokozatos felszaporodása és specializációja. Az agy régebbi részei minden egyes evolúciós lépés után továbbra is fennmaradtak, és hozzá kellett idomulniuk a változáshoz, de az újabb funkciókkal mindig új réteg csatlakozott hozzájuk.

Ennek a nézetnek kortársaink között legfőbb képviselője Paul MacLean, az amerikai Országos Mentálhigiéniai Intézet agyevolúciós és viselkedéskutatási laboratóriumának vezetője. MacLean munkájának egyik jellegzetessége, hogy sok különböző állatra terjed ki, a gyíktól a selyemmajmokig, a másik pedig az, hogy kollégáival együtt gondosan tanulmányozta ezeknek az állatoknak a társas és egyéb viselkedését, ezzel megjavítva annak kilátásait, hogy felfedezhessék, az agy mely részei miféle viselkedésmódokat irányítanak.

Az arcukon „ijesztő” vonásokat viselő selyemmajmok valamiféle szertartást vagy színjátékot mutatnak be, amikor üdvözlik egymást. A hímek a fogukat vicсорítják, rázzák a ketrecük rácsát, és magas hangon visóznak, ami valószínűleg ijesztő hang lehet a selyemmajmok számára, továbbá fölemelik a lábukat, hogy megmutassák meredező péniszüket. Bár korunk emberi társadalmi összefüggéseinek az efféle viselkedés az udvariassággal lenne határos, nagyon is megfontolt cselekedetről van szó, amely a selyemmajmok közösségeiben a dominanciák hierarchiájának fenntartását szolgálja.

MacLean felfedezte, hogy a selyemmajom agyának egyik kis részében okozott sérülés lehetetlenné teszi ezt a színjátékot, bár ugyanakkor másféle viselkedések széles skáláját épen hagyja, beleértve a szexuális és a harcos viselkedést is. Az érintett rész az előagy legősebb részében van, abban az agyrészben, amelyet illetően az ember és a többi főemlős megegyezik emlős és hüllő őseinkkel. A nem főemlős emlősöknek és a hüllőknek a selyemmajmokéval összehasonlítható ritualizált viselkedésmódjait a jelek szerint az agynak ugyanaz a része irányítja, és az agynak ebben a hüllőkomponensében előforduló sérülések a szertartásos viselkedés mellett más automatikus viselkedéstípusokat is károsíthatnak - például a járást vagy a futást.

A főemlősöknél gyakori a kapcsolat a szexuális magafitogtatás és a dominancia hierarchiájában elfoglalt hely között. A japán makákók naponkénti meghágással tartják fenn és erősítik meg a társadalmi helyzetüket: az alacsonyabb rangú hímek fölveszik a tüzelő nőstények jellegzetes megadó testtartását, a magasabb rangú hímek pedig röviden, szertartásosan meghágják őket. Ezek a meghágások általánosak és felületesebbek, a jelek szerint alig van szexuális tartalmuk, inkább csak annak könnyen érthető szimbólumai, hogy ki kicsoda egy komplex társadalomban.

A selyemmajmok viselkedésének egyik vizsgálata során Gáspárt, a majomkolónia domináns állatát, és messze a legaktívabb magamutogatót, soha nem látták párosodni, pedig az esetek kétharmad részében egyedül ő mutogatta a nemi szervét a kolóniában - legtöbbször más felnőtt hímek felé. Az a tény, hogy Gáspárt erősen motiválta a dominancia megszerzése, ugyanakkor szexuális motivációja jelentéktelen volt, arra utal, hogy bár ezek a funkciók azonos szervrendszerekhez kapcsolódhatnak, mégis teljesen különállók. A kolóniát tanulmányozó tudósok végkövetkeztetése: „A nemi szervek mutogatása tehát a csoporthierarchia szempontjából a leghatékonyabb társadalmi jelzésnek tekinthető. Ritualizált viselkedés, melynek mintha az lenne a jelentése: »én vagyok az úr«. Legvalószínűbben a szexuális tevékenységből származott, de szociális kommunikációra használják, és különválik a nemzötevékenységtől. Más szavakkal: a szexuális magamutogatás a szexuális viselkedésből származó szertartás, de szociális, nem pedig gyakorlati célokat szolgál.”

1976-ban egy televíziós interjú során a műsorvezető megkérdezte egy profi rögbijátékosától, nem zavarja-e a rögbijátékosokat, hogy ruhátlanul vannak együtt az öltözőben. A sportoló erre rávágta: - Peckesen feszítünk! Zavarról szó sincs. Olyan ez, mintha azt mondanánk egymásnak: „Lássuk, mid van, ember!” Kivétel csak a csapat néhány szakembere meg a vízfordó fiú.

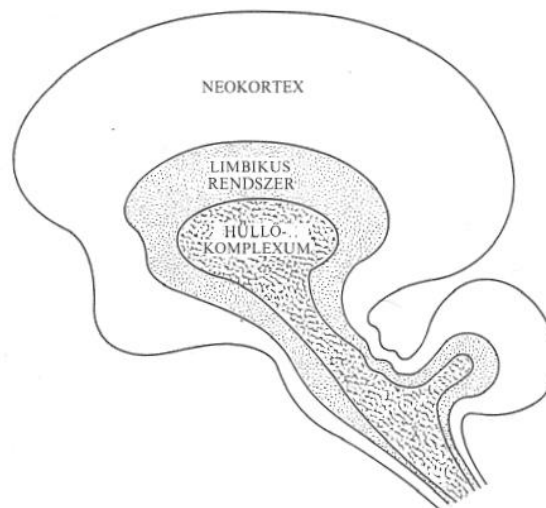
A szexualitás, az agresszió és a dominancia közötti viselkedési, illetve neuroanatómiai kapcsolatokra változatos vizsgálatok derítettek fényt. A nagy macskafélék és sok más állat párzási szertartásai korai szakaszukban alig különböztethetők meg a verekedéstől. Közismert, hogy a házimacska néha hangosan és buján dorombol, miközben karmaival lassan kaparássza a kárpitot vagy az ember bőrét a könnyű ruha alatt. A szexualitásnak a dominancia megalapozására és fenntartására való alkalmazása néha az emberi heteroszexuális és homoszexuális gyakorlatban is nyilvánvaló (bár természetesen nem az egyetlen eleme az efféle gyakorlatnak), nemkülönben sok „obszcén” kiszólásban. Gondolkodjunk csak el azon a sajátos körülményen, hogy a legáltalánosabb szóbeli agresszió az angolban és sok más nyelvben testi gyönyör okozására vonatkozik; az angol alak („fuck you”) valószínűleg a germán és középholland *fokken* igéből származik, ami azt jelenti, hogy „ütni”. Ezt az egyébként zavarba ejtő nyelvhasználatot a makákók szimbolikus nyelvének verbális megfelelőjeként értelmezhetjük, ahol az „én” kezdőszót nem mondják ki, de mind a két fél beleérti. Sok más hasonló kifejezéssel együtt ez is amolyan szertartásos emberi „há-gásnak” tűnik. Mint látni fogjuk, az efféle viselkedés valószínűleg a majmoknál sokkal távolabbra nyúlik vissza - geológiai korok száz- és százmillió éve van mögötte.

A selyemmajmokon végzett és más hasonló kísérletekből MacLean kifejlesztette az agy szerkezetének és evolúciójának egy lenyűgöző modelljét, amelyet „hármás” agynak nevezett el. Mint mondja, „kénytelenek vagyunk magunkat és a világot három teljesen különböző mentalitás szemszögéből nézni”, amelyek közül kettőből hiányzik a beszéd képessége. Az emberi agy MacLean szerint „három összekapcsolt biológiai komputer”, melyek mindegyikének megvan „a maga sajátos intelligenciája, a saját szubjektivitása, a saját idő- és térérzéke és a saját emlékezete, illetve saját motoros és egyéb funkciói vannak”. A három agy mindegyike egy-egy különálló, jelentős evolúciós lépésnek felel meg. A három agy állítólag neuroanatómiai és funkcionálisan is különbözik, és meglehetősen különböző eloszlásban tartalmazza az olyan neurokemikáliákat, mint a dopamin és a kolinszteráz.

Az emberi agy legősibb részében helyezkedik el a gerincvelő, a *medulla oblongata* (a nyúltvelő), a híd - ezek alkotják a hátsóagyat - és a középagy. A gerincvelőnek, a hátsóagynak és a középagynak ezt a kombinációját MacLean idegi „alváznak” nevezi. Ez az alváz foglalja magában a szaporodás és az önfenntartás alapvető idegi gépezetét, beleértve a szív, a vérkeringés és a légzés szabályozását is. Halnál vagy kétéltűnél szinte ez teszi ki az egész agyat. De egy előagyától megfosztott hüllő vagy magasabb rendű állat MacLean szerint „olyan mozdulatlan és céltalan, mint egy vezető nélküli, üresjáratban »túrázó« jármű”.

Szerintem az epilepsziás *grand mai*-t (nagy rohamot) csakugyan olyan betegségként lehet leírni, amelyben az agy valamiféle elektromos vihara miatt a kognitív „járművezetők” mind kikapcsolódnak, és az áldozatban semmi más nem marad működőképes, csak az idegi alváza. Ez igen súlyos károsodás: az áldozatot időlegesen néhány százmillió évvel veti vissza. A régi görögök (máig az ő elnevezésüket használjuk erre a betegségre) felismerték mélyreható jellegét, és istenek okozta betegségnek nevezték.

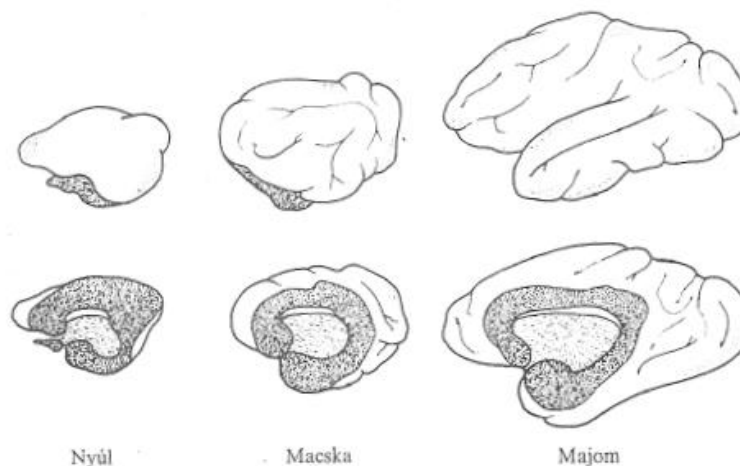
MacLean az idegi alváznak háromféle járművezetőjét különbözteti meg. A legősibb közülük a középagyat veszi körül, és nagyrészt abból áll, amit a neuroanatómusok *olfactotriatum*-nak (szaglóttestnek), *corpus striatum*-nak (csíktestnek) és *globus pallidus*-nak (sápadt gömbnek) neveznek. Ez közös bennünk és a többi emlősben, illetve a hüllőkben, és valószínűleg több száz millió évvel ezelőtt fejlődött ki. MacLean ezt hüllőkomplexumnak vagy R-komplexumnak nevezi (R= reptilia, a hüllők latin neve). Az R-komplexumot a limbikus rendszer veszi körül, amelyet azért hívnak így, mert határos az alatta lévő aggyal. (Karunkat és lábunkat az angol azért nevezi *limbs*-nek - végtagoknak -, mert a test többi részéhez képest periferálisak.) A limbikus rendszer közös bennünk és a többi emlősben, de teljesen kialakult állapotában a hüllőkkel már nem közös, és valószínűleg több mint százötvenmillió évvel ezelőtt fejlődött ki. Végül az agy többi része fölött helyezkedik el a neokortex (az újagykéreg). A magasabb rendű emlősökhöz és a többi főemlőshöz hasonlóan az embernek is viszonylag nagy neokortexe van. A neokortex a magasabb rendű emlősökben fokozatosan egyre fejlettebbé válik: a legegyszerűsebb és legfejlettebb a miénk, embereké (és a delfineké meg a bálnáké). Ez valószínűleg négyszázötvenmillió évvel ezelőtt alakult ki, de fejlődése néhány millió éve erősen felgyorsult, amikor az ember színre lépett. Az emberi agy sematikus ábrázolása a 7. ábrán látható, a limbikus rendszernek a neokortexszel való összehasonlítását pedig a 8. ábrán láthatjuk három korunkbeli emlős példáján.



7 / A hüllőkomplexum, a limbikus rendszer és a neokortex erősen sematizált ábrázolása az emberi agyban, MacLean után.

A hármas agy fogalma figyelemre méltó összhangban van azoknak az ettől független, az előző fejezetben ismertetett agytömeg-testtömeg arányokkal kapcsolatos kutatásoknak az eredményeivel, melyek szerint az emlősök és a főemlősök (különösen az ember) felbukkanását az agy evolúciójában jelentős, robbanásszerű ugrások kísérték.

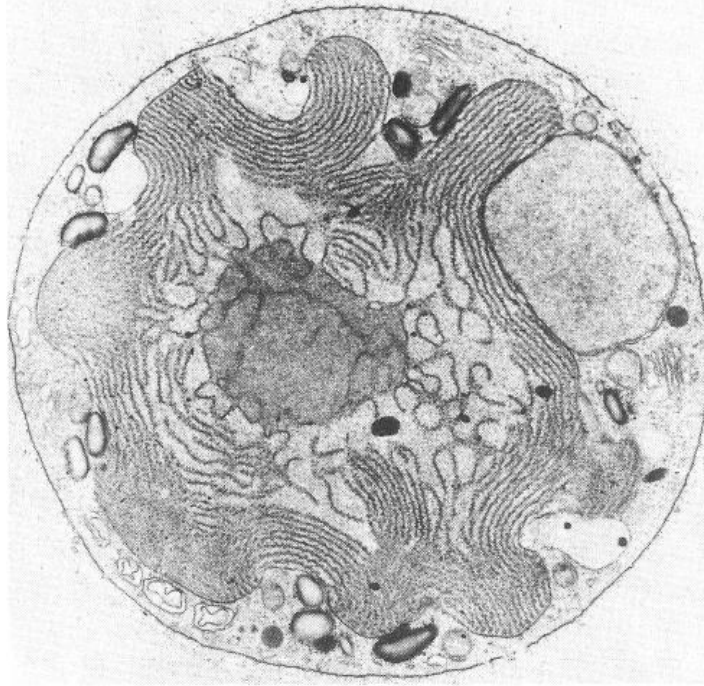
A fejlődés roppant nehezen valósulhat meg az élet mély szövedékének megváltoztatása révén: ebben bármiféle változás könnyen halálos lehet. Alapvető változásokat lehet azonban megvalósítani új rendszereknek a régiek tetejébe való halmozásával is. Ez kissé emlékeztet arra az elméletre, amelyet Ernst Haeckel tizenkilencedik századi német anatómus rekapitulációnak nevezett. Ez az elmélet a tudományos elfogadás és elutasítás változatos ciklusain ment keresztül. Haeckel nézete szerint az állatok embrionális fejlődésük során hajlamosak megismételni, vagy rekapitulálni (összefoglalni) azt a fejlődésmenetet, amelyet őseik evolúciójuk során követtek. A méhen belüli emberi fejlődés során csakugyan végighaladunk halhoz, hüllőkhöz és nem főemlős emlősökhöz nagyon hasonló stádiumokon, mielőtt felismerhetően emberré válnánk. A halstádiumban még kopoltyúnyílásaink is vannak, ami teljesen felesleges a köldökzsinóron át táplált embrió számára, de szükségszerű az emberi embriológia szempontjából: mivel a kopoltyúk létfontosságúak voltak őseink számára, az emberré válás során végighaladunk a kopoltyús stádiumon is. Az emberi magzat agya szintén belülről kifelé fejlődik, és durva megközelítésben a következő stádiumokon halad végig: idegi alváz, R-komplexum, limbikus rendszer és neokortex (1. az emberi agy embriológiai fejlődésének ábrázolását a 45. ábrán).



8 / Nyúl, macska és majom agyának sematikus ábrázolása felülről és oldalnézetből. A sötét, pontozott térség a limbikus rendszer, amely legjobban oldalnézetből látható. A fehér, barázdált területek a neokortexet ábrázolják, amely felülről látható legjobban.

A fejlődés rekapitulációjának okát a következőképpen érthetjük meg: a természetes szelekció nem a fajokon, hanem csak az egyedeken fejt ki hatását, és alig hat a petékre vagy a magzatokra. Így a legfrissebb evolúciós változások csak a születés után jelennek meg. A magzatnak lehetnek olyan vonásai, mint például az emlősöknél a kopoltyúnyílások, amelyek a születés után teljesen rossz alkalmazkodásról tanúskodnának, de amíg ezek a magzat számára nem okoznak súlyos problémát, és még a születés előtt eltűnnek, fennmaradhatnak. Kopoltyúnyílásaink ugyanis nem az ősi hal, hanem az ősi halembrió maradványai. Sok új szervrendszer nem gyarapodás és megőrzés révén fejlődik ki, hanem régebbi rendszerek módosulása során. Ilyen például az uszonyok lábakká és a lábak uszonyokká vagy szárnyakká való átalakulása, vagy a láb kézzé, a kéz lábbá alakulása, a faggyúmirigyek emlőmirigyekké, a kopoltyúívek fülcsontokká, a cápa pikkelyeinek cápafogakká való átváltozása. Így hát a toldozgatás és a meglévő struktúra megőrzése révén végbemenő evolúciónak két ok közül az egyik miatt kell bekövetkeznie: vagy éppúgy szükség van a régi funkcióra, mint az újra, vagy nincs más mód a régi rendszer megke-
rülésére, amely nélkülözhetetlen a fennmaradáshoz.

Erre a fajta evolúciós fejlődésre sok más példa is van a természetben. Hogy egy majdnem véletlenszerű esetet vegyünk, gondoljuk csak meg, miért is zöldek a növények. A zöld növények fotoszintézise a Nap



9 / Egy vörös algának nevezett apró növény elektronmikroszkópos fényképe (tudományos neve: *porphyridium cruentum*). Majdnem az egész sejtet betölti a kloroplaszt, ennek az organizmusnak a fotoszintetizáló üzeme. A fénykép huszonháromezerszeres nagyítású, és dr. Elisabeth Gantt készítette a Smithsonian Institute Sugárbiológiai Laboratóriumában.

színképének vörös és ibolya részében lévő fényt hasznosítja a víz felbontásához, a szénhidrátok föl-építéséhez és más növényi aktivitásokhoz. De a Nap több fényt bocsát ki magából a színkép sárga és zöld tartományaiban, mint a vörösben vagy az ibolyaszínűben. Azok a növények, amelyeknek a klorofill az egyetlen fotoszintetizáló festékanyaguk, visszautasítják a fény legbősegebb részét. Sok növény a jelek szerint, ha megkésve is, „fölsimerte” ezt, és megfelelően alkalmazkodott. Kifejlődtek más olyan növényi festékanyagok, mint a karotenoidok és a phycobilinek, amelyek visszaverik a vörös fényt, és elnyelik a sárgát meg a zöldet. Ez ugyan pompás, de vajon elvetették-e a klorofillt ezek az új fotoszintetizáló festékanyagokkal rendelkező növények? Szó sincs róla. A 9. ábra bemutatja egy vörös alga fotoszintetizáló „üzemét”. A csíkozott részek tartalmazzák a klorofillt, a csíkozott részekhez simuló kis körök pedig azokat a phycobilineket, amelyek a vörös algát vörössé teszik. Ezek a növények a zöld és sárga napsugárzásból szerzett energiát konzervatív módon átadják a klorofillfestéknek, amely, bár nem maga nyelte el a fényt, mégis kulcsfontosságú minden növényi fotoszintézisben a fény és a kémia közötti szakadék áthidalásához. A természet nem téphette ki a klorofillt, és nem tehetett a helyébe jobb festékeket: a klorofill már túlságosan mélyen beleszövődött az élet szövetébe. A kiegészítő festékekkel is rendelkező növények persze mások, hatékonyabbak, de a fotoszintetizáló folyamat középpontjában, ha kevesebb kötelezettséggel is, még mindig a klorofill dolgozik. Az agy evolúciója nézetem szerint analóg módon haladt előre: ősi, mély részei még mindig működnek.

1 / AZ R-KOMPLEXUM

Ha az előzőekben ismertetett nézet helytálló, akkor azt várhatnánk, hogy az emberi agyban az R-komplexum bizonyos értelemben még mindig dinoszauruszfunkciókat lát el, a limbikus kéreg pedig a pumák és a földi lajhárok gondolatait gondolja. Az agy evolúciójának minden új lépését kétségkívül változások kísérik az agy előzőleg már meglevő alkotórészeinek fiziológiájában. Az R-komplexum evolúciójának változásokat kellett létrehoznia a középagyban és így tovább. Mi több, azt is tudjuk, hogy számos funkció irányítása megoszlik az agy különböző összetevői között. Mindamellett meglehetősen volt, ha a neokortex

alatti agyi alkotóelemek nem tölténék be jelentős mértékben ugyanazokat a feladatokat, amelyeket távoli őseinkben betöltöttek.

MacLean kimutatta, hogy az R-komplexum fontos szerepet játszik az agresszív viselkedésben, a területi függőség, a szertartások és a szociális hierarchiák kialakításában. Az időnkénti üdvös kivételek ellenére az én szememben még mindig jórészt ez jellemzi a modern ember bürokratikus és politikai viselkedését. Nem akarom azt állítani, hogy a neokortex egy amerikai politikai gyűlésen vagy a Legfelsőbb Szovjet ülésén egyáltalán nem funkcionál - utóvégre az ilyen szertartások alkalmakkor a kommunikáció nagy része verbális, tehát a neokortexből ered. Mégis megdöbbentő, hogy tényleges viselkedésünknek - megkülönböztetve ezt attól, amit mondunk és gondolunk felőle - milyen nagy részét lehetne hüllőfogalmakban leírni. Szoktunk beszélni „hidegvérű gyilkosról”. Machiavelli pedig azt tanácsolta a Fejedelmeknek: „tudatosan használd fel a vadállatot”.

Ezeket a gondolatokat, ha részlegesen is, de érdekesen előlegezi Susanne Langer amerikai filozófus, aki ezt írta: „Az emberi életet át- meg átszövik a szertartások eljárások, mint ahogy az állati eljárásmódok is. Az élet a józan ész és a ritmus, a tudás és a vallás, a próza és a költészet, a tények és az álmok bonyolult szövevénye... A szertartás, akárcsak a művészet, lényegében a tapasztalat szimbolikus átalakításának aktív betetőzése. Az agykéregben születik, nem a »régibb agyban«, de ennek a szervnek az *elemi szükségletéből* születik, mielőtt ez a szerv felnő emberi mivoltára.” Kivéve azt a tényt, hogy az R-komplexum a „régibb agyban” van, ez a megállapítás a jelek szerint telibe talál.

Szeretnék minden félreértést eloszlatni ama kijelentés társadalmi következményeit illetően, miszerint a hüllőagy befolyásolja az emberi cselekvéseket. Ha a bürokratikus viselkedést lényegében az R-komplexum irányítja, ez azt jelenti-e, hogy az emberiségnek reménytelen a jövője? Az embernél az agy kb. nyolcvanöt százalékát a neokortex képviseli. Ez minden bizonnyal valamiféle mutatója annak, hogy mennyire fontos a neokortex az agytörzshöz, az R-komplexumhoz és a limbikus rendszerhez képest. A neuroanatómia, a politikatörténet és az introspekciónak mind azt bizonyítja, hogy az emberek igenis képesek ellenállni annak az ösztönzésnek, hogy engedjenek a hüllőagy minden impulzusának. Az amerikai alkotmányban az emberi jogokra vonatkozó részeit az R-komplexum semmiképp sem foglalhatta volna írásba, pláne nem találhatta volna ki. Pontosan alakíthatóságunk, hosszú gyermekkorunk az, ami minden más fajnál jobban megakadályozza, hogy az ember rabszolga módra ragaszkodjék a genetikusan beléprogramozott viselkedéshez. Ám ha a hármas agy pontos modellje annak, hogy az ember hogyan funkcionál, semmi jó nem származik abból, ha figyelmen kívül hagyjuk az emberi természet hüllőösszetevőit, különösen ritualisztikus vagy hierarchikus viselkedésünket. Éppen ellenkezőleg: ez a modell hozzásegíthet minket annak megértéséhez, hogy mit jelent embernek lenni. (Nem tudom például, vajon sok elmebaj - például a hebefrén skizofrénia - szertartások aspektusai nem eredhetnek-e az R-komplexum valamelyik központjának hiperaktív tevékenységéből vagy abból, hogy csődöt mond a neokortex valamelyik pontja, melynek az lenne a funkciója, hogy elnyomja vagy felülbírálja az R-komplexumot? Azon is sokat tűnődöm, vajon a kisgyermekes gyakori ritualisztikus viselkedése nem neokortexük még tökéletlen kifejlődésének a következménye-e.)

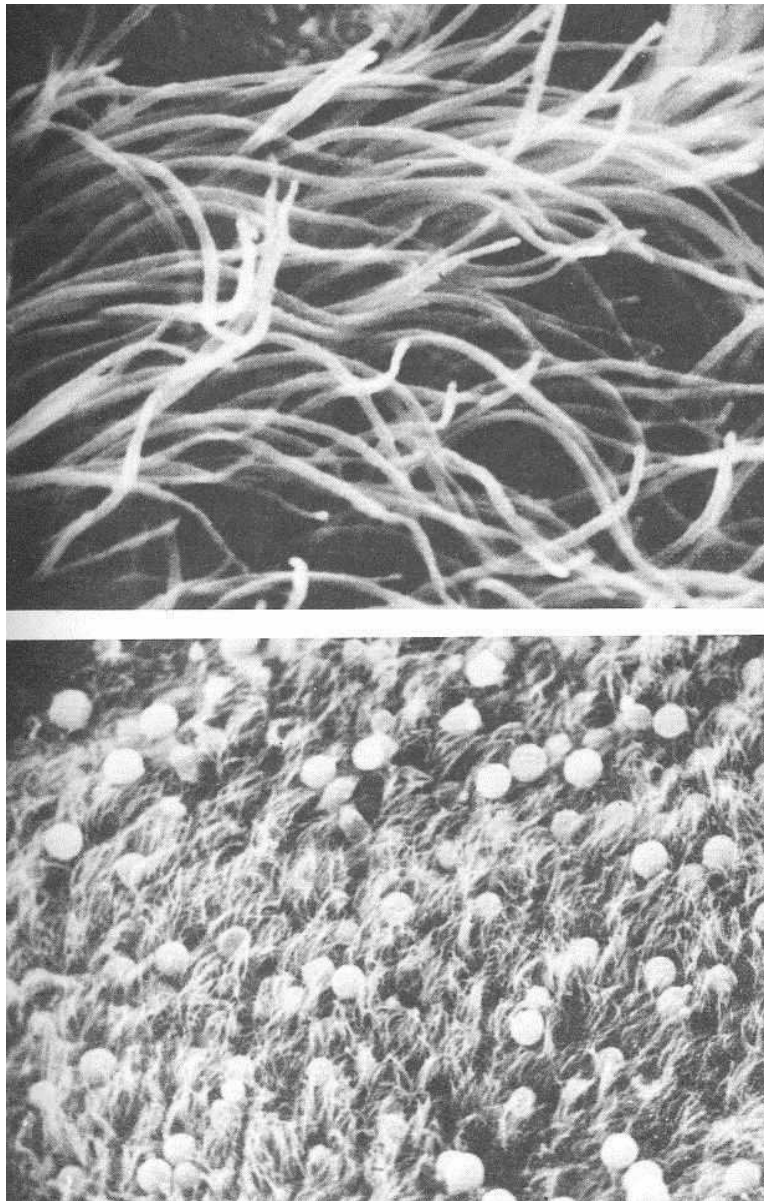
G. K. Chesterton egyik különösen találó bekezdésében ezt írta: „Megszabadíthatjuk a dolgokat az idegen vagy véletlenszerű törvények alól, de nem szabadíthatjuk fel őket saját természetük törvényei alól... Ne kezdjük el... a háromszögeket arra biztatni, hogy törjenek ki három oldaluk börtönéből. Ha egy háromszög kitör a három oldalából, élete siralmas véget ér.” Ám nem minden háromszög egyenlő oldalú. Teljesen a hatalmunkban áll, hogy a hármas agy egyes komponenseinek viszonylagos szerepét lényegesen átigazítsuk.

2 / A LIMBIKUS RENDSZER

A limbikus rendszer a jelek szerint erős vagy különösen élénk érzelmeket gerjeszt. Ez máris rávilágít a hüllőagy egy további tulajdonságára: hiszen a hüllőagyat nem erőteljes szenvedélyek és fájdalmas ellentmondások jellemzik, hanem inkább a kötelességtudó és lélektelen belenyugvás abba a viselkedésbe, amelyet génjei és agya diktálnak, bármilyen légyen is az.

A limbikus rendszerben végbemenő elektromos kisülések néha hasonló szimptomákat váltanak ki, mint a pszichózisok vagy a pszichedelikus és hallucinogén szerek. Számos pszichotróp szer támadás-pontja tényleg a limbikus rendszerben van. Talán az irányítja a vidámságot, a félelmet, és azokat a különféle más finom érzelmeket is, amelyeket néha egyedülállóan emberinek vélünk.

A hipofízis, az a „vezérmirigy”, amely az összes többi mirigyet befolyásolja, és uralkodik az ember endokrin rendszere felett, fontos része a limbikus régiónak. Az endokrin egyensúlyzavarok hangulat-változtató tulajdonságai fontos utalást jelentenek számunkra a limbikus rendszernek az elmeállapotokkal való kapcsolatára vonatkozólag. A limbikus rendszerben van egy kicsiny, mandula alakú terület, az *amygdala*, amely nagy szerepet játszik mind az agresszióban, mind a félelemben. Az amygdala elektromos ingerlése békés háziállatokban a félelem vagy a dühöngés szinte hihetetlen fokát tudja kiváltani. Egy ilyen esetben egy házimacska rémülten meglapult, amikor megmutattak neki egy kis fehér egeret. Vad természetű állatok viszont, mint például a hiúz, kezesek lesznek, és eltűrik, hogy simogassák és kézbe vegyék őket, miután kiirtották az amygdalájukat. A limbikus rendszer funkciózavarai minden nyilvánvaló ok nélkül dühöt, félelmet vagy érzélgősséget képesek kiváltani. Hasonló eredményekre vezethet a természetes túlingerlés is: akik ebben a betegségben szenvednek, megmagyarázhatatlannak és nem helyénvalónak találják az érzelmeiket, és örülteknek tekinthetjük őket.



10-11 / Az agy harmadik kamrájában készített két elektronmikroszkópos fényképfelvétel (készítette Richard Steger, Wayne State University). Láthatjuk, amint az apró, hullámzó szálak avagy *ciliák* a gömb alakú agyfehérvéket továbbbítják - olyasféléképpen, ahogy a strandon a tömegben az emberek továbbblíkkik a fejük felett a nagy labdákat.

Az olyan limbikus endokrin rendszereknek az érzelmet meghatározó szerepét, mint a hipofízis, az amygdala és a hipotalamusz (az agyalapi mirigy feletti agyrészlet), legalábbis részben olyan kis hormonfehérjék biztosítják, amelyeket ezek a mirigyek választanak ki, és amelyek az agy más területeire hatnak. Talán a legjobban ismert közülük a hipofízis fehérjéje, az ACTH (az adrenokortikotrop hormon), amely olyan különféle agyi funkciókat képes befolyásolni, mint a vizuális emlékezés, a szorongás és a figyelemösszpontosítás foka. A hipotalamusz egyes kis fehérjéit, ha nem is bizonyosan, de azonosították az agy harmadik kamrájában, amely a hipotalamuszt összeköti a talamusszal, amely szintén a limbikus rendszeren belüli régió. A 10-11. ábrán látható meglehetősen elektronmikroszkópos felvételek közelről mutatnak be egy, a harmadik agykamrában végbemenő folyamatot. A 13. ábra pedig némileg segíthet megvilágítani az agy anatómiájáról most elmondottakat.

Okunk van úgy vélni, hogy az altruista viselkedés kezdetei a limbikus rendszerben rejlenek. Ritka kivételekkel ugyanis (ezek főleg társas rovarok) az emlősök és a madarak az egyedüli olyan organizmusok, amelyek nagy figyelmet fordítanak kicsinyeik gondozására. Ez az evolúciós fejlemény az alakíthatóság hosszú időszakát teszi lehetővé, s ennek révén kihasználja az emlősök és főemlősök agyának nagy információfeldolgozó képességét. A szeretet a jelek szerint az emlősök találmánya.*

* Az emlősöknek és a hüllőknek ez alól a viszonylagos szülői törődése alól azonban bőven akadnak kivételek. A nílusi krokodil nőstényei óvatosan szájukba veszik frissen kikelt ivadékaikat, és beviszik őket az aránylag biztonságos folyóvízbe; a Serengeti hím oroszlánjai viszont, amikor átveszik az uralmat az oroszláncsalád felett, megölik az összes többi kölyköt. Egészen véve azonban az emlősök meglepően nagyobb mértékű szülői gondoskodást tanúsítanak, mint a hüllők. A különbség százmillió évvel ezelőtt még elképzelhetetlen.



12 / John Germann elképzelése a *lycaenops* nevű mezozoikumbeli hüllő lehetséges alakjáról. Talán ezek az emlősszerű lények voltak az elsők, amelyekben a limbikus rendszer nagyarányú evolúciója végbement. Az American Museum of Natural History szíves engedélyével

Az állati viselkedésben sok minden alátámasztja azt az elképzelést, amely szerint az erős érzelmek főleg az emlősökben és kisebb mértékben a madarakban fejlődtek ki. A háziállatoknak az emberekhez való ragaszkodása, azt hiszem, nem kétséges. Közismert dolog az is, hogy sok emlős anyaállat szemmel láthatólag szomorú, amikor elveszik tőle a kicsinyeit. Az ember kíváncsi lenne, meddig mennek el ezek az érzelmek. Alkalmilag a lovakban is felizzik a hazafias lelkesedés? A kutyaiknak az emberek iránti érzelmei vajon rokonai-e egy kicsit a vallásos ekstázisnak? Miféle más erős vagy finom érzései vannak még az állatoknak, amelyeket nem közölnek velünk?

A limbikus rendszer legősbibb része a szaglókéreg; összefügg a szaglással, annak erős érzelmi töltését pedig a legtöbb ember jól ismeri. Emlékező- és felidézőképességünknek egyik fontos alkotórésze a limbikus rendszer egyik struktúrájában, a hippocampusban (henger alakú görbült test az agy oldalsó kamrájában) helyezkedik el. Ezt a kapcsolatot világosan mutatja, hogy a hippocampus sérülései súlyos emlékezetromlást eredményeznek. Volt ennek egy híres esete: H. M.-nek, egy régóta súlyos rohamokban és görcsökben szenvedő betegnek mindkét oldalon kiirtották a hippocampus körüli teljes agyi régióját. Rohamainak gyakoriságát és erősségét ezzel sikerült is csökkenteni, ám azonnal amnéziás lett. Jó fel-fogóképessége megmaradt, új motorikus készségeket is képes volt elsajátítani, némi fogalmi tanulásra is képes volt, de lényegében minden néhány óránál régebbi dolgot elfelejtett. Ő maga ezt így kommentálta: - Minden nap önmagában áll... minden, aminek örültem, minden, amin szomorkodtam. - Úgy jellemezte egész életét, mint annak a dezorientált érzésnek az állandósulását, amely sokunkat elfog, amikor álmunkból felébredve csak nagy nehezen tudunk rá visszaemlékezni, hogy előzőleg éppen mi történt. Figyelemre méltó viszont, hogy súlyos emlékezetvesztése ellenére a hippocampus eltávolítása után növekedett az IQ-ja. Szagokat érzett ugyan, de nehezen tudta néven nevezni a szag forrását. Ezenkívül teljesen érdektelenné vált a szexuális tevékenységek iránt.

Egy másik esetben egy fiatal amerikai repülő megsebesült egy másik katonával vívott játékos párbajban: egy picinyke törpengét szúrtak a jobb orrlyukába, amely átdőfte a közvetlenül fölötte lévő limbikus rendszernek egy kis részét is. Ennek is súlyos memóriakiéiesés lett az eredménye, hasonló, de nem olyan súlyos, mint H. M.-é; érzékelési és intellektuális képességeinek széles skálája érintetlen maradt. Memóriaromlása különösen a szóbeli dolgok terén volt észrevehető. Ezen felül a baleset a jelek szerint impotenssé tette, és érzéketlenné vált a fájdalmakra. Egyszer mezítláb végigsétált egy kirándulóhajó naptól feltüzesített fémfedélzetén, és csak akkor jött rá, hogy csúnyán összeégett a lába, amikor utastársai panaszkodni kezdtek a megperzselt hús bűzére. Ő maga se a fájdalmat, se a bűzt nem vette észre.

Az ilyen esetekből nyilvánvalónak látszik, hogy az olyan komplex emléstevékenységet, mint a szexualitás, a hármaskör agyának mindhárom összetevője - az R-komplexum, a limbikus rendszer és a neokortex - együtt és egyszerre irányítja. (Mint már említettük, az R-komplexum és a limbikus rendszer részt vesznek a szexuális tevékenységekben. A neokortex részvételére vonatkozó bizonyítékokat introspekció révén könnyen megszerezhetjük.)

Az ősi limbikus rendszer egyik része az orális és ízlelési funkcióhoz kapcsolódik, egy másik a szexuális funkciókhoz. A szexualitás és a szaglás kapcsolata ősrégi és rendkívül fejlett a rovaroknál - ez a körülmény megvilágítja, mennyire fontos és ugyanakkor mennyire hátrányos volt távoli őseinknél, hogy a szaglásra kellett támaszkodniuk.

Egyszer tanúja voltam egy kísérletnek, melynek során egy zöld bormuslincának a fejét rendkívül vékony dróttal hozzákapcsolták egy oszcilloszkóphoz, amely egyfajta grafikonként mutatta be a muslinca szaglórendszere által gerjesztett összes elektromos impulzusokat. (A muslinca fejét közvetlenül előtte választották le a testéről - hogy hozzá lehessen fémi szaglóapparátusához -, és még sok tekintetben működőképes volt.)* A kísérlet során igen sokféle szagot vonultattak fel előtte, köztük kellemetlen és ingerlő gázokat, például ammóniát is, minden felfedezhető hatás nélkül. Az oszcilloszkóp ernyőjén csak lapos, vízszintes vonalat lehetett látni. Aztán a faj nőténye által kibocsátott parányi mennyiségű nemi vonzóillatot (feromont) lengettek meg a levágott fej előtt, és az oszcilloszkóp ernyőjén tüstént megjelent egy óriási függőleges hullám. A bormuslinca szinte semmilyen más szagot nem érzett meg, csak a nőtény szexuálisan vonzó illatát, de ezt a molekulát hallatlanul jól kiszagolta.

Rovaroknál egészen általános az efféle szaglási specializáció. A selyemhernyó hím lepkéje akkor is képes felismerni a nőtény szexuálisan vonzó illatát, ha másodpercenként csak negyven molekulája ér el belőle finom csápjaihoz. A selyemhernyó nőtény lepkéjének csak másodpercenként század mikrogramm feromont kell kibocsátania ahhoz, hogy körülbelül egy köbméternyi térfogatból minden hímét magához vonzzon. Ezért élnek a selyemhernyók.

* Az ízeltlábúak (arthropoda) feje és teste rövid ideig egymás nélkül is jól funkcionál. A nőtény imádkozó sáska gyakran azzal válaszol a komoly udvarlásra, hogy megcsíja udvarlójának a fejét. Ezt az emberek közt barátságtalan gesztusnak tekintenek, a rovaroknál azonban más a helyzet: az agy kiirtása megszünteti a szexuális gátlásokat, és a hím megmaradt részét párosodásra ösztönzi. Utána a nőtény befejezi szertartásos étkezését; no persze egyedül ebédel. Ezt talán felfoghatjuk úgy is, mint a túlzott szexuális elfojtás veszélyeire intő példázatot.

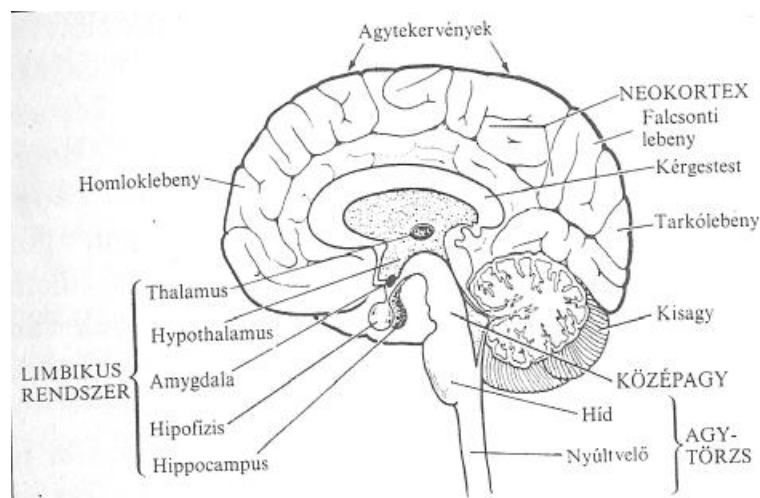
A szaglásnak a párkeresés és a fajfenntartás érdekében való kihasználására talán a legfurcsább példát egy dél-afrikai bogárnál találjuk, amelyik télen beássa magát a földbe. Tavasszal, amikor a föld kiolvad, a bogarak előbújnak. A hímek már néhány héttel a nőtények előtt kiássák magukat, de teljesen el vannak

kábulva. Dél-Afrikának ugyanezen a vidékén kifejlődött egy orchideafajta, amelyik a nőstény bogár feromonjával azonos illatot bocsát ki. Az orchidea és a bogár evolúciója ténylegesen ugyanazt a molekulát hozta létre. A hím bogarak történetesen rendkívül rövidlátók, az orchidea pedig egy olyan szíromalakzatot fejlesztett ki, amely a rövidlátó bogár szemében a nőstény elfogadó szexuális pozíciójára emlékeztet. A hím bogarak néhány hétig orgiasztikus kéjekben tombolnak az orchideák közt - képzelhetjük, mennyi sértett büszkeséget és jogos felháborodást éreznek a nőstények, amikor végül előbújnak a földből. A szerelmes kedvű hímek eközben sikeresen beporozták az orchideákat, s bár a bogarak kellőképpen szégyellik magukat, tőlük telhetőleg fenntartják a bogárfajt is, így mindkét fajta életben marad. (Mellesleg az orchideáknak is érdekükben áll, hogy ne legyenek túlságosan vonzóak; ha a bogarak kudarcot vallanának a saját szaporodásukban, akkor az orchideák is bajba kerülnének.) Fölfedeztük hát a tisztán szaglásra alapozott szexuális ösztönzések egyik korlátját. Egy másik korlát az, hogy mivel minden nőstény bogár ugyanazt a feromont állítja elő, a hím bogárnak nem könnyű szíve választott hölggyével szerelembe esnie. Bár a hím rovarok esetleg parádéznak azért, hogy magukhoz vonzzanak egy nőstényt - vagy mint a szarvasbogarak, állkapocs állkapocs elleni párbajba bocsátkozhatnak, melynek a nőstény a díja -, a párzásnál a nőstény feromonjának központi szerepe van, ami a jelek szerint csökkenti a rovarok közt a szexuális szelekció szerepét.

A párkeresésnek más módszerei alakultak ki a csúszómászóknál, a madaraknál és az emlősöknél. De a szex összefüggése a szaglással a magasabb rendű állatok neuroanatómiájából és az emberi tapasztalás anekdotakincséből egyaránt nyilvánvaló. Sokszor eltűnökdom rajta, hogy a dezodor, különösen a „női” dezodor nem azt az igyekezetet szolgálja-e, hogy elpalástolják a szexuális ingereket, és gondolatainkat másfelé tereljék.

3 / A NEOKORTEKS

Az előagy sérülései még a halaknál is csökkentik a kezdeményezőkézséget és az óvatosságot. A magasabb rendű állatoknál ezek a sokkal jobban kialakult tulajdonságok a jelek szerint a neokortexben lokalizálódnak, amely számos jellegzetesen emberi kognitív funkció székhelye is. A neokortexet gyakran lebenyeinek négy fő régiója szerint tárgyalják: ezek a homloklebeny, a falcsoni lebeny, a halántéklebeny és a nyakszirti lebeny. A korai neurofiziológusok nézete szerint a neokortex elsődlegesen csak a neokortex más területeivel állt kapcsolatban, de ma már tudjuk, hogy sok idegkapcsolata van a kéreg alatti aggyal is. Korántsem világos azonban, hogy a neokortex részei csakugyan funkcionális egységek-e. Kétségkívül mindegyiknek számos egészen különböző funkciója van, de egyes funkciókon két vagy több lebeny is osztozhat. Egyéb funkcióik mellett a jelek szerint a homloklebenyek a fontolgatással és a cselekvés szabályozásával, a falcsoni lebenyek a térbeli érzékeléssel és az agy és a test többi része közötti információcserével, a halántéklebenyek különféle komplex percepciósi feladatokkal, a nyakszirti lebenyek pedig a látással, az ember és a többi főemlős uralkodó érzékszervével állnak kapcsolatban.



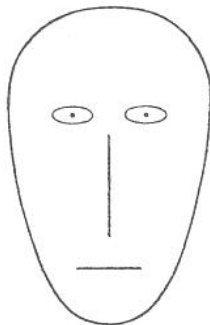
13 / Az emberi agy oldalnézetének sematikus diagramja. Ezen a neokortex uralkodik, mellette a kisebb limbikus rendszer és az agytörzs vagy hátsóagy. Az R-komplexumot az ábra nem mutatja be.

A neurofiziológusok közt évtizedeken át az volt a legelterjedtebb nézet, hogy a homlok mögötti homloklebenyek az előrelátás és a jövőre való tervezés helyei, melyek egyaránt jellegzetesen emberi funkciók. Ám az újabb kutatások kimutatták, hogy a helyzet korántsem ilyen egyszerű. Hans-Lukas Teuber amerikai neurofiziológus, a Massachusetts Institute of Technology munkatársa nagyszámú olyan esetet vizsgált meg - főleg háborús és más lövéses sérüléseket -, ahol a homloklebeny sérült meg. Úgy találta, hogy a homloklebeny sérülésének sok esetben szinte semmi nyilvánvaló hatása nincs a viselkedésre, mindamelllett a homloklebeny súlyos, patológiás elváltozásai esetén „a páciensből nem hiányzik ugyan teljesen a képesség az események menetének előrelátására, de nem tudja önmagát ezekkel az eseményekkel kapcsolatban potenciális cselekvőként elképzelni”. Teuber hangsúlyozta azt a tényt, hogy a homloklebeny éppúgy részt vehet a motoros, mint a kognitív előrelátásban, különösen ami az akaratlagos motoros mozgások hatásának felbecslését illeti. A jelek szerint a homloklebenyeknek szerepük van a látás és az egyenes, két lábon álló testtartás közötti kapcsolatban is.

Így a homloklebenyek két különböző módon is részt vehetnek sajátosan emberi funkciókban. Ha az ő feladatuk a jövő előrelátása, akkor bennük kell rejleniük az aggodalom, a szorongás székhelyeinek is. Ezért csökkenti a szorongást a homloklebenyek átmetszése. Ám a prefrontális lobotómiának nagymértékben csökkente az árá. Katasztrófát megjósolni nem valami nagy mulatság, a naiv optimista sokkal boldogabb, mint Kasszandra volt. Ám természetünk kasszandrai összetevőire szükségünk van a fennmaradásunkhoz. Ezek hozták létre azokat a jövő szabályozására vonatkozó tantételeket, amelyekből az etika, a mágia, a tudomány és a törvénykönyvek születtek. A katasztrófa előrelátásának az a haszna, hogy képesek vagyunk lépéseket tenni az elkerülésére, feláldozva a rövid távú előnyöket a hosszú távúakért. Az a társadalom, amely az ilyen előrelátás következtében materiálisan biztos alapokon áll, létrehozza a társadalmi és technikai újításokhoz szükséges szabadidőt is.

A homloklebenyek másik gyanított funkciója, hogy ők teszik lehetővé az emberiség kétlábú testtartását. Egyenes testtartásunkra a homloklebenyek kifejlődése előtt valószínűleg nem volt lehetőség. Mint később részletesebben is látni fogjuk, az, hogy két lábon állunk, fölszabadította a kezünket mindazokra a tevékenységekre, amelyek aztán az ember kulturális és fiziológiai sajátosságainak nagyarányú gyarapodására vezettek. A civilizáció - egy nagyon is reális értelemben - alighanem a homloklebenyek terméke.

A szemekből származó vizuális információk az emberi agyban főleg a nyakszirti lebenyekbe, a fej hátsó részébe érkeznek; a hallási benyomások pedig a halánték alatt fekvő halántéklebeny felső részébe. Vannak hézagos bizonyítékaink arra vonatkozólag, hogy a neokortexnek ezek a részei süketnéma vakoknál lényegesen kevésbé fejlettek. A nyakszirti lebeny sérülései - például a puskalövéstől származó sérülések - gyakran a látótér megromlását okozzák. A sérült esetleg minden más tekintetben normális marad, de csak perifériális látással képes látni, normális látótere közepén csak egy sötét folt meredezik előtte. Más esetekben még bizarrabb percepciókra kerülhet sor, egyebek közt geometriailag szabályos, folyamatos, lebegő kiesésekre a látómezőből, és olyan „vizuális rohamokra”, melyek közben (például) a páciens a tőle jobbra, lent a földön lévő tárgyakat pillanatnyilag balra, fenn és térben száznolcvan fokkal elfordulva érzékeli. Talán még azt is fel lehetne térképezni, hogy a nyakszirti lebenyek mely részei milyen vizuális funkciókért felelősek, ha rendszeresen felmérnénk a különféle nyakszirti sérülésekből eredő látászavarokat. Nagyon fiatal egyedeknél sokkal kevésbé valószínű a tartós látáskárosodás, mert az agyuk még képes nagyon jól „megreparálni” önmagát, vagy átvinni funkciókat a szomszédos területekre.



14 / Arc, amelyet a beteg almaként jellemezett. (Másképpen: alma, amelyet az orvos arcként írt le.) Teuber után.

A hallási és látási ingerek összekapcsolásának képessége szintén a halántéklebenyben lokalizálódik. A halántéklebeny sérülései egyfajta afáziát, a beszédmegértés képességének elvesztését eredményezhetik. Figyelemre méltó és jelentőségteljes tény, hogy agykárosult páciensek esetleg teljesen képesek a beszélt nyelv használatára, de teljesen képtelenek az írott nyelvére, és *vice versa*. Előfordulhat, hogy írni tudnak, de olvasni nem; a számokat el tudják olvasni, de a betűket nem, meg tudják nevezni a tárgyakat, de a színeket nem. A neokortexben a funkciók meglepő módon elkülönülnek, ami ellentétben áll a hétköznapi ész olyan elképzeléseivel, miszerint az írás és az olvasás vagy a szavak és a számok felismerése nagyon hasonló tevékenységek. Egyes még meg nem erősített jelentések szerint bizonyos agykárosodások esetében a beteg csak a szenvedő vagy a prepozíciós szerkezetek vagy a birtokos kapcsolatok megértésének képességét veszíti el. (Egy szép napon talán felfedezik majd a coniunctivus agyi központját. Lehet, hogy az derül majd ki, hogy a latin népek rendkívül gazdagon, az angolul beszélő népek pedig igen fukar kézzel vannak ellátva az agy anatómiájának e csöppnyi területén?) A jelek szerint a különféle absztrakciók, köztük a nyelvtani „beszédrészek”, mehökkentő módon az agy specifikus részeibe vannak „behuzalozva”.

Az egyik esetben egy halántéklebeny-sérülés meglepő kiesést okozott a páciens arcérzékelésében, még a közvetlen családtagjai arcát illetően is. Amikor megmutatták neki a 14. ábrán látható rajzot, azt mondta rá, hogy „alighanem” alma. Mikor felkérték, hogy indokolja meg az értelmezését, a száját egy vágásnak tartotta az almán, az alma visszahajtott szárának, a két szemet pedig két kukac rágtá lyuknak. Ugyanez a páciens viszont képes volt házakról és más élettelen tárgyakkal készült vázlatokat tökéletesen felismerni. A széles skálájú kísérletek azt mutatják, hogy a jobb oldali halántéklebeny sérülései bizonyos típusú nem verbális dolgokra nézve okoznak amnéziát, míg a bal oldali halántéklebeny sérüléseinél jellegzetes tünet a beszédmemória elvesztése.

Olvasó- és térképkészítő képességünket, háromdimenziós térbeli tájékozódási képességünket és a megfelelő szimbólumok használatának képességét, melyek mindegyikének valószínűleg része van a nyelv kifejlődésében, ha a használatában nem is - súlyosan károsítják a fejtető közelében lévő falcsoni lebenyek sérülései. Egy katona, aki a háborúban mély sérülést szenvedett a falcsoni lebenyében, még egy teljes év múlva sem volt képes megtalálni a lábával a papucsát, még kevésbé a kórházi kórteremben az ágyát. Ennek ellenére végül majdnem tökéletesen meggyógyult.

A *gyrus angularis* (a neokortex falcsoni lebenyének alsó hátsó részén levő agytekervény) sérülésének alexia a következménye - a beteg képtelen a nyomtatott szavakat felismerni. Úgy tetszik, a falcsoni lebenynek minden emberi szimbolikus nyelvben szerepe van, és az összes agysérülés közül a falcsoni lebeny sérülései okozzák a mindennapi élet cselekvéseivel mért intelligencia legnagyobb fokú csökkenését.

A neokortexes absztrakciók közül a legfontosabbak az emberi szimbolikus nyelvek, különösen az olvasás, az írás és a matematika. Ezekhez a jelek szerint a halánték-, a falcsoni és a homloklebenyek összeműködő tevékenységére van szükség, és talán még a nyakszirti lebenyére is. Nem minden szimbolikus nyelv kapcsolódik azonban a neokortexhez. A méheknek - melyeknél nyoma sincs neokortexnek - bonyolult táncnyelvük van, melynek révén információkat közölnek egymással a feltalálható élelem távolságáról és irányáról, amint azt Karl von Frisch osztrák entomológus megvilágította. Ez a nyelv egy eltúlzott gesztusnyelv, és azokat a mozdulatokat utánozza, amelyeket a méhek ténylegesen végrehajtanak, amikor élelmet találnak - mintha mi néhány lépést tennénk a frizsider felé, rámutatnánk, dörzsölgetnénk a hasunkat, és közben egész idő alatt kidugnánk egy kicsit a nyelvünket. De az ilyen nyelvek szókinccse rendkívül korlátozott, talán mindössze néhány tucat szóból áll. Az a fajta tanulás, amelyet a fiatal emberi egyedek hosszú gyermekkoruk során átélnek, a jelek szerint szinte kizárólagosan a neokortex funkciója.

A szaglási percepciók feldolgozása nagyrészt a limbikus rendszerben folyik, de jut belőle a neokortexbe is. A funkcióknak ugyanez a megoszlása áll az emlékezetre is. A limbikus rendszernek a szaglóközponton kívül, mint már említettük, egy másik fontos része a hippocampusz kérgé. Az állatok, ha a szaglókérgüket kimetszik, még mindig képesek a szaglásra, bár sokkal kisebb hatásfokkal. Ez is újabb bizonyítéka az agyfunkciók redundanciájának. Amellett is szólnak bizonyítékok, hogy korunk emberénél a rövid távú szagmemória székhelye a hippocampusz. A hippocampusz eredeti funkciója talán kizárólag a szagmemória lehetett, ami igen hasznos például a zsákmányállat nyomon követésekor vagy az ellenkező nemű fajtárs megtalálásánál. Embereknél azonban a hippocampusz kétoldali sérülése, mint H. M. esetében is, a rövid távú memória összes válfajainak súlyos romlását eredményezi. Az ily módon sérült páciensek a szó szoros értelmében képtelenek egyik pillanatról a másikra visszaemlékezni. Az ember rövid távú memóriájában kétségkívül, mind a hippocampusznak, mind a homloklebenyeknek szerepük van.

Ennek a sok közül egyik érdekes vonatkozása az, hogy a rövid távú és a hosszú távú memória nagyrészt az agy különböző részeiben székel. A klasszikus kondicionálás - Pavlov kutyájának az a képessége, hogy nyálzani kezd, amikor megcsendül a csengő - a jelek szerint a limbikus rendszerben lokalizálódik. Ez

ugyan hosszú távú, de rendkívül korlátozott memória. Az emberi hosszú távú memória kifinomult fajtája a neokortexben helyezkedik el, ami jól összeegyeztethető az ember előre gondolkodási képességével. Mikor megöregszünk, néha elfelejtjük, amit épp az előbb mondtak nekünk, viszont élénk és pontos emlékek maradnak meg bennünk gyermekkorunk eseményeiről. Az ilyen esetekben a jelek szerint se rövid távú, se hosszú távú emlékezetünkkel nincs sok baj, a probléma a kettő közötti kapcsolatban van csak nagyon nehezen tudunk új anyagot átvezetni a hosszú távú memóriánkba. Penfield nézete szerint ezt az okozza, hogy a hippokampusznak öregkorban érelmeszesedés vagy más fizikai megrokkolás miatt nem megfelelő a vérellátása. Így az idősebb embernek - sőt, a nem olyan nagyon idősnek is - súlyosan károsodhat az a képessége, hogy a rövid távú memória anyagát átvigye a hosszú távú memóriába, holott különben tökéletesen világos fejű, és éles az intellektusa.* Ez a jelenség egyben azt is mutatja, hogy nyilvánvaló különbség van a rövid távú és a hosszú távú memória között, összhangban azzal, hogy az agy más-más részeiben helyezkednek el. A gyorséttermek pincérei imponáló mennyiségű információt képesek megjegyezni, melyet pontosan továbbítanak a konyhának. Ám egy óra múlva ez az információ már tökéletesen eltűnik: csak a rövid távú memóriájukba került be, és meg sem próbálták betáplálni a hosszú távú memóriájukba.

A visszaidézés mechanizmusa komplex valami. Általános tapasztalat, hogy tudjuk valamiről, hogy benne van a hosszú távú memóriánkban - egy szó, egy név, egy arc, egy élmény -, de képtelenek vagyunk előhívni. Akármilyen keményen próbáljuk is,

* Csakugyan egész sor bizonyíték utal a vérellátás és az intellektuális képességek közötti kapcsolatra. Régóta tudjuk, hogy az oxigéntől néhány percig megfosztott betegek tartós és súlyos szellemi károsodást szenvedhetnek. A hűdések megelőzésére végzett műtétek, melyek során a nyaki ütőérből eltávolítják az elzáró véralvadékot, váratlan haszonnal járnak: egy idevágó tanulmány szerint hat héttel az ilyen műtétek után a páciensek intelligenciahányadosa (IQ) átlagosan tizenhét ponttal növekedett, ami igen jelentős javulás. És spekuláltak már azon is, hogy nem növelné-e a csecsemők intelligenciáját, ha túlnyomós oxigénbe merítenék őket.

a memória ellenáll az információ visszakeresésének. De ha „oldalvást” gondolunk rá, ha a keresetthez lazán kapcsolódó vagy perifériális dolgot idézünk fel, akkor gyakran magától felbukkan, (Egy kissé az emberi látás is ilyen. Amikor egyenesen ránézünk egy halvány tárgyra - mondjuk egy csillagra -, akkor a foveát használjuk, a retinának azt a részét, amelyben a legélesebb a látás, ahol a legsűrűbben helyezkednek el a csapoknak nevezett sejtek. De amikor kissé elfordítjuk a tekintetünket, és mintegy oldalvást nézünk a tárgyra, akkor pálcikáknak nevezett sejtekkel nézünk, amelyek a gyenge megvilágításra érzékenyek, s így érzékelni tudjuk a halvány csillagot). Érdekes lenne tudni, miért javítja az „oldalvást” gondolkodás az emlékek visszakeresését; lehet, hogy pusztán csak egy másik idegi útvonalat társít az emléknemhez. Ez viszont arra vallana, hogy az agy gépezete nem működik valami precízen.

Mindnyájunk közös élménye, hogy felriadunk, és tisztán az eszünkben van egy különösen élénk, ijesztő, felismeréseket ébresztő vagy más okból emlékeztető álmunk. Ilyenkor azt mondjuk magunknak: - No, erre az álmra reggel biztosan emlékezni fogok - aztán másnap halvány fogalmunk sincs az álom tartalmáról, vagy legjobb esetben is csak a hozzá kapcsolódó érzelmek ködös nyomára emlékezünk vissza. Ha viszont eléggé felizgat az álom ahhoz, hogy éjnek évadján felébrezzem a feleségemet, és elmeséljem neki, akkor másnap reggel segítség nélkül, könnyen vissza tudok emlékezni a tartalmára. Hasonlóképpen, ha mikor felébredek, veszem magamnak a fáradságot, és leírom az álmomat, akkor reggel tökéletesen emlékszem rá, anélkül hogy a jegyzeteimet használnám. Ugyanez áll például egy telefonszám megjegyzésére is. Ha mondanak nekem egy telefonszámot, és csak gondolok rá, akkor valószínűleg el fogom felejteni, vagy összecséreltem egyes számjegyeit. Ha hangosan megismétlem a számokat, vagy leírom őket, akkor egész jól emlékszem rájuk. Ez bizonyára azt jelenti, hogy az agyunknak van egy olyan része, amelyik emlékszik a hangokra és a képekre, de a gondolatokra nem. Nem tudora, vajon ez a fajta memória nem akkor alakult-e ki, amikor még nem sok gondolatunk volt, amikor csak az volt a fontos, hogy emlékezzünk egy támadó hulló sziszegésére vagy egy lecsapó sólyom árnyékára, az nem, hogy saját alkalmi filozófiai töprengéseinkre is visszaemlékezzünk.

AZ EMBERI TERMÉSZETRŐL

Bármilyen érdekesen lokalizálódnak is a funkciók a hármas agymodellben, újra hangsúlyozom, hogy túlzott egyszerűsítés lenne a funkciók tökéletes különválása mellett kardoskodni. Az emberi szertartásokat és emocionális viselkedést minden bizonnyal erősen befolyásolja a neokortex absztrakt okoskodása: már tisztán vallásos hiedelmek érvényességének analitikus bizonyításával is megpróbálkoztak, és a hierarchikus viselkedés filozófiai igazolására is történtek olyan kísérletek, mint amivel Thomas Hobbes a királyok isteni jogait „bizonyította”. Amellett vannak állatok - tehát nem emberek, sőt némelyik még csak nem is főemlős -, amelyek a jelek szerint analitikus képességeket csillantanak föl. Nekem kétségkívül ez volt a benyomásom a delfinekről, amint *A kozmikus kapcsolat* című könyvemben meg is írtam.

Mindamellet - szem előtt tartva ezeket a figyelmeztetéseket - hasznos első közelítésnek látszik, ha úgy ítéljük meg, hogy életünk ritualisztikus és hierarchikus oldalait erősen befolyásolja az R-komplexum, amiben osztozunk hüllő őseinkkel; hogy életünk altruisztikus, emocionális és vallásos oldalai jelentős mértékben a limbikus rendszerben lokalizálódnak, amiben nem főemlős emlős őseinkkel (és talán a madarakkal) osztozunk; az ész pedig a neokortex funkciója, amiben bizonyos mértékig osztozunk a magasabb rendű főemlősökkel, és az olyan cetfélékkel, mint a delfinek és a bálnák. Bár a rítus, az emóció és az ész mind jelentős oldalai az emberi természetnek, az absztrakt képzetársítás és az okfejtés képessége majdnem teljesen egyedülálló emberi jellemvonások. Fajunk emocionális mérőföldkövei a kíváncsiság és a problémák megoldásának vágya; a legjellegzetesebb emberi tevékenységek pedig a matematika, a tudomány, a technika, a zene és a művészetek - a témáknak valamivel szélesebb skálája, mint amelyeket rendszerint a „humaniórák” közé szoktak sorolni. Tulajdonképpen mintha éppen ennek a szónak a közhasználatú volta tükrözné azt, mennyire sajátosan korlátozott látomásunk van arról, hogy mi is az „emberi”. A matematika éppúgy „humanióra”, mint a költészet. A bálnák és az elefántok talán éppolyan „humánusak”, mint az emberek.

A hármas agymodell az összehasonlító neuroanatómia és a viselkedés tanulmányozásából származik. De az emberi fajnál nem ismeretlen az őszinte introspekció sem, és ha a hármas agymodell helytálló, akkor azt várhatnánk, hogy valami utalást találjunk erre az emberi önismeret történetében. A legszélesebb körben ismert hipotézis, amely legalábbis emlékeztet a hármas agy modelljére, Sigmund Freud elmélete, amely az emberi pszichét *id*-re (ösztönre), *ego*-ra (énre) és felettes énré osztja fel.



15 / M. C. Escher: Mozaik 11.

Az R-komplexum agresszív és szexuális oldalai kielégítően megfelelnek az *id* freudi leírásának (az *id* latinul „az” -azaz természetünk állatias oldala); de amennyire tudom, Freud az *id* leírásában nem vetett nagy súlyt az R-komplexum rituális vagy szociális-hierarchikus oldalaira. Az érzelmeket az *ego* funkciójaként írta le - különösen azt az „óceánélményt”, amely a vallásos megnyilatkozás freudi megfelelője. A felettes ént azonban nem elsősorban az absztrakt gondolkodás székhelyének festi, hanem inkább a társadalmi és szülői bírálatok interiorizálójának, melyet pedig a hármasság agymodelleiben inkább az R-komplexum funkciójának vélnénk. Így hát a pszichoanalitikus hármasság lélek szerintem csak gyengén egyezik meg a hármasság agymodellel.

Ennél talán jobb metafora Freud másik hármasság felosztása, tudatosra, tudatelőtti, amely latens, de hozzáférhető, és tudattalanra, amely el van fojtva, vagy más szempontból hozzáférhetetlen. Freud a psziché alkotóelemei közti feszültséget tartva szem előtt mondta azt az emberről, hogy „neurózisra való képessége csak kulturális fejlődésre való képességének másik oldala”. A tudattalan funkciókat „elsődleges folyamatoknak” nevezte.

Ennél magasabb rendű megegyezést találunk az emberi pszichéről szóló metaforában, Platón dialógusában, a *Phaidrosz-ban*. Szókratész olyan szekérhez hasonlította az emberi lelket, amelyet két ló húz, egy fehér és egy fekete, mégpedig más-más irányba, miközben a kocsisnak gyenge az uralma felettük. Magának a szekérnek a metaforája figyelemre méltóan hasonlít MacLean idegi alvázához: a két ló az R-komplexumhoz és a limbikus agykéreghez, a szekér és a két ló felett csak gyengén uralkodó kocsis pedig a neokortexhez. Freud egy másik metaforájában az *ego*-t egy makrancos ló lovasaként jellemezte. Mind a freudi, mind a platóni metafora hangsúlyozza a psziché alkotórészeinek jelentős függetlenségét és a közöttük lévő feszültségeket. Ez a szempont jellemző az emberi állapotra, és még vissza fogunk rá térni. A három alkotórész közötti neuroanatómiai kapcsolatok miatt a hármasság agy, akárcsak Platón szekere, maga is nyilván metafora, ám bebizonyosodhat róla, hogy rendkívül hasznos és nagyon mély metafora.

4. AZ ÉDEN MINT METAFORA AZ EMBER EVOLÚCIÓJA

Ez Édent itt hagynod nem lesz gyűlölt: sokkal derűsebb Édent lelsz magadban... Kéz kézbe, lassu vándorlépteik magányban az Édenen át vezetnek.

JOHN MILTON / ELVESZETT PARADICSOM

Jánosy István fordítása/

...mért untatott az ember járt nyoma,
és gyöngé kézzel mért vitt nagy szíved vérszomjas sárkányok oduiba? Te védtelen, hová
lett, ó hova bölcsesség pajzsa és a lándzsa gőg?...

PERCY BYSSHE SHELLEY / ADONAI

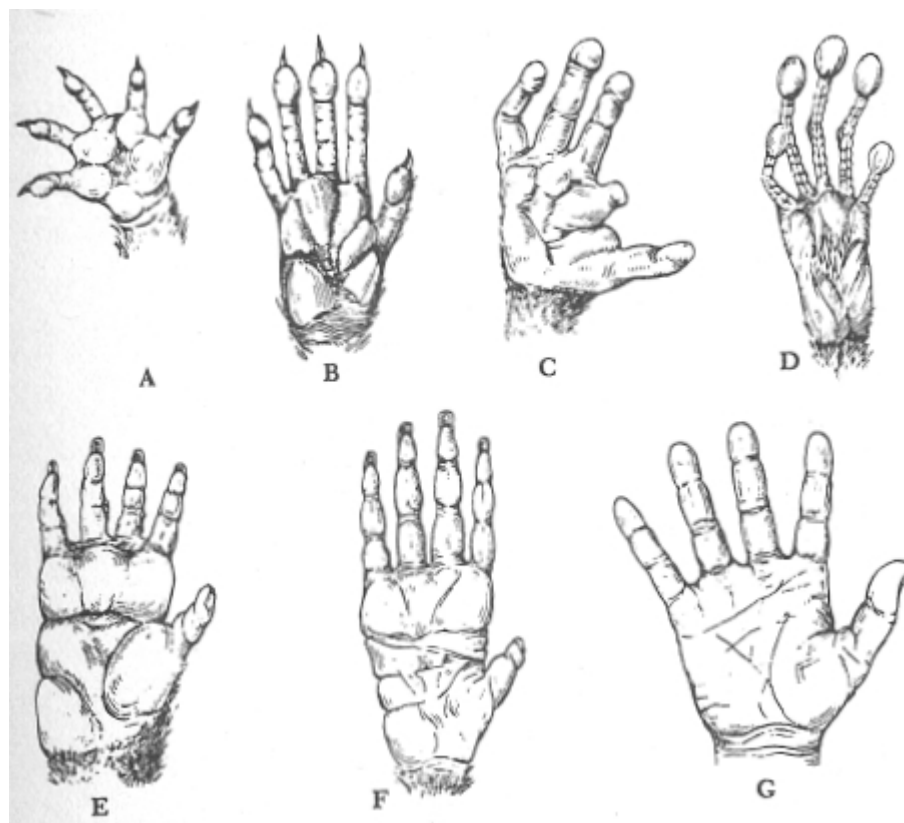
/Somlyó György fordítása,/

Testfelületükhöz képest a rovaroknak nagyon kicsiny a súlyuk. Egy nagy magasságból leeső bogár gyorsan eléri a végső sebességét, aztán a levegő ellenállása már nem engedi nagyon gyorsan esni, és amikor földet ér, egyszerűen elsétál, láthatólag semmi baja nem származik az esésből. Ugyanez áll az apró emlősökre is - mondjuk a mókusokra. Ha egy egeret leejtenek egy háromszáz méter mély bányaknába, és az akna alján puha a talaj, akkor bár kábultan, de lényegében sértetlenül fog földet érni. Ezzel szemben az ember általában megbénul vagy meghal, ha öt-tíz méter magasságból lezuhan: testmagasságunk miatt testfelületünkhöz képest túl nagy a súlyunk. Fán élő őseinknek ezért nagyon oda kellett figyelniük. Minden hiba, amit ágról ágra lendülve elkövettek, végzetessé válhatott. Minden egyes ugrás alkalmat adott az evolúcióra. Hatalmas szelektív erők működtek itt közre olyan organizmusok kifejlesztésében, amelyek kecsesek és mozgékonyak, pontos, kétszemes látásuk van, kezük sok mindenre alkalmas, szemük és kezük között pompás a koordináció, és ösztönösen felfogják a newtoni gravitációt. Ám e készségek mindegyikéhez őseink agyának és különösen neokortexének jelentős evolúciójára volt szükség. Az emberi intelligencia alapvetően azoknak az évmillióknak köszönhető, melyeket őseink a fák tetején töltöttek.

És miután otthagytuk a fákat, és visszatértünk a szavannákra, vajon vágyakoztunk-e még az erdők tetejének napfényes sugaraira, a nagy, kecses ugrásokra, a súlytalanság önfeledt pillanataira? Vajon a mai csecsemőnek azért van-e fogóreflexe, nehogy leessen a fa tetejéről? És vajon éjszakai repülési álmaink és repülés iránti nappali szenvedélyünk, ahogyan Leonardo da Vinci és Konsztantyin Ciolkovszkij élete példázza, nem szintén azoknak a magas fák ágai közt töltött, elmúlt időknek a nosztalgikus emlékei-e?*

Más emlősöknek, még a nem főemlősöknek és a nem cetfélék emlősöknek is van neokortexük. De az emberhez vezető evolúciós vonalon vajon mikor következett be a neokortex első nagyarányú fejlődése? Bár majomszerű őseink közül ma már egy sem él, ezt a kérdést mégis meg lehet válaszolni, vagy legalább meg lehet közelíteni: megvizsgálhatjuk a fosszilis koponyákat. Az embernél, a majmoknál és más emlősöknél az agytérfogat majdnem teljesen kitölti a

* A modern rakéte technológia és űrkutatás mérhetetlen sokat köszönhet dr. Robert Goddardnak, aki évtizedek lelkes és magányos kutatásai során szinte egy szál egyedül fejlesztette ki a modern rakéta lényegében valamennyi fontos oldalát. Goddardnak a téma iránti érdeklődése egy mágikus pillanatból fakadt. 1899 őszén, amikor Goddard utolsó éves New England-i középiskolás volt, felmászott egy cseresznyefára, és miközben tétlenül bámulta a földet maga alatt, üdvöztető látomása támadt egy olyan járműről, amely embereket vinne a Mars bolygóra. Elhatározta, hogy ennek a feladatnak fogja szentelni magát. Pontosan egy év múlva újra felmászott ugyanarra a fára, és attól fogva élete hátralévő részében minden év október 19-én különleges figyelmet szentelt arra, hogy visszaemlékezzen arra a pillanatra. Lehet az véletlen, hogy a bolygóközi utazásnak ez a látomása, amely közvetlenül a történelmi beteljesüléséhez vezetett, egy fa ágai között csillant föl?



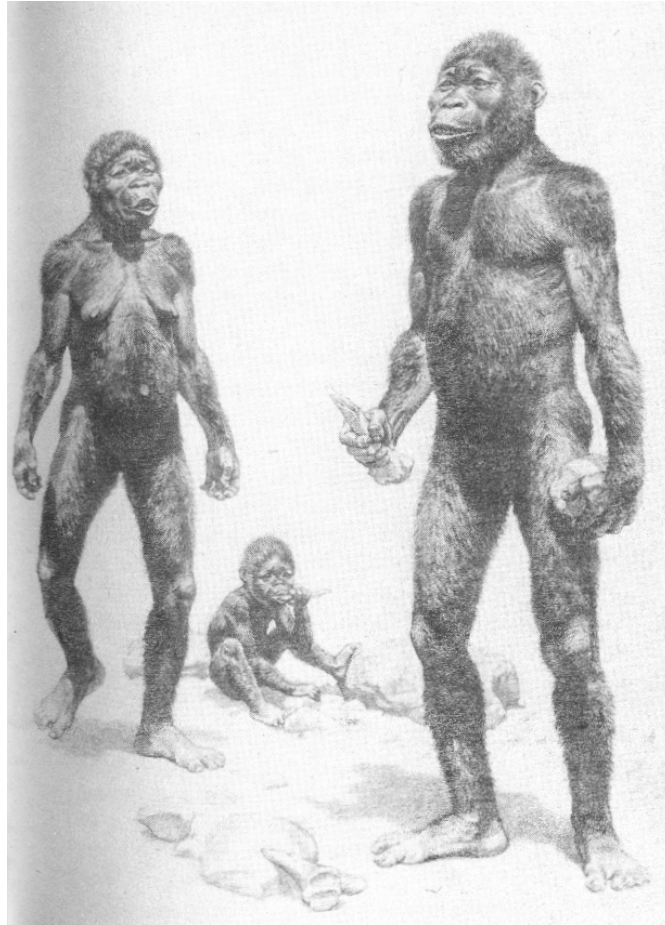
16 / Az állatok keze életmódjukhoz alkalmazkodott, és vice versa. A: oposzum; B: fán élő cickány; C: portó; D: pápaszemes maki; E: pávián (amely ezt a végtagot részben kézként, részben lábként használja); F: orangután, ami a kézzel való helyváltoztatásra specializálódott; G: ember, viszonylag hosszú és szembeállítható hüvelykujjal.

Forrás: William Howells: *Mankind ind the Making*; rajzok: Janis Cirulis (Doubleday)

koponyát (ami nem áll például a halra). Így ha öntvényt készítünk a koponya belsejéről, meghatározhatjuk, mekkora volt közvetlen őseink és oldalági rokonaink belső (endokraniális) koponyatérfogata, így durván megbecsülhetjük agytérfogatukat is.

Azt a kérdést, hogy ki szerepelt az ember ősei közt, és ki nem, még ma is szenvedélyesen vitatják a paleontológusok, és alig telik el év anélkül, hogy ne fedeznének fel valamiféle figyelemre méltóan emberhez hasonló fossziliát, amelyik sokkal régibb, mint előzőleg bárki is gondolta volna. Az bizonyosnak látszik, hogy körülbelül ötmillió évvel ezelőtt nagy számban éltek majomszerű állatok, az ún. „kecses” australopitecusok, amelyek két lábon jártak, és körülbelül ötszáz köbcentiméter volt az agytérfogatuk, azaz kb. száz köbcentiméterrel nagyobb, mint a mai csimpánzé. Ennek a bizonyítéknak a birtokában a paleontológusok azt a tételt vezették le, miszerint „a két lábon járás megelőzte az encefalizációt”, amin azt értik, hogy őseink már két lábon jártak, mielőtt nagy agyat fejlesztettek volna ki.

Hárommillió évvel ezelőtt már különféle két lábon járó lények éltek, igen változatos koponyatérfogattal, melyek némelyike jóval nagyobb volt, mint a néhány millió évvel korábbi kelet-afrikai australopitecusoké. Egyiküknek, melyet L. S. B. Leakey angol-kenyai ősemberkutató *Homo habilis*-nak nevezett el, hétszáz köbcentiméter körüli agytérfogata volt. Régészeti bizonyítékaink vannak arra is, hogy a *Homo habilis* szerszámokat készített. Azt a gondolatot, hogy a szerszám egyszerre oka és következménye a két lábon járásnak, ami felszabadítja a kezét, először Charles Darwin vetette fel. Az a tény, hogy a viselkedésnek ezeket a jelentős változásait az agytérfogat ugyanolyan jelentős változásai kísérték, még, nem bizonyítja, hogy az egyiket a másik okozta, de előző okfejtésünk nagyon valószínűvé tesz egy efféle oksági kapcsolatot.



17 / *Australopithecus gracilis* család ötmillió évvel ezelőtt

Copyright 1965, 1973 Time, Inc.

A 4. táblázat 1976-ig terjedően összegezi a legközelebbi őseinkre és oldalági rokonainkra vonatkozó fosszilis bizonyítékokat. A két, egymástól meglehetősen különböző australopithecus nem tartozott a *Homo* nembe, nem volt ember: még nem járt teljesen két lábon, és agytömege csak körülbelül egyharmada volt a mai átlagos emberi agyénak. Ha ma összetalálkoznánk egy australopitecusszal, mondjuk a földalattin, akkor talán azon döbbennénk meg a legjobban, hogy szinte egyáltalán nincs homloka: ő az alacsony homlokúak közt a legalacsonyabb homlokú. A kétféle australopithecus között jelentős különbségek vannak. A „robustus” fajta magasabb és súlyosabb volt, és imponáló „diótörő” fogazattal és figyelemre méltó evolúciós stabilitással rendelkezett. Az *Australopithecus robustus* belső koponyatérfogata évmilliókon át alig változik egyik példányról a másikra. Az *Australopithecus gracilis*, megint csak a fogazatáról ítélve, valószínűleg egyaránt evett húst és növényeket. Mint a neve is mutatja, kisebb volt és karcsúbb. Ennek ellenére jóval ősbib, és belső koponyatérfogata sokkal nagyobb változatosságot mutat, mint erőteljes unokatestvéréé. De ami a legfontosabb, a „kecses” australopithecus lelőhelyeihez nyilvánvalóan ipar kapcsolódik: kőből és állatcsontokból, szarvakból és fogakból készült szerszámokat állítottak elő - fáradtságos munkával faragták, törték, dörzsöltették és csiszolták ezeket az anyagokat, hogy pattintó-, hámozó-, ütő- és vágószerszámokat készítsenek belőlük. Az *Australopithecus robustus*-hoz semmiféle szerszám nem kapcsolódik. Az agysúlynak a testsúlyhoz viszonyított aránya majdnem kétszer akkora a *gracilis*, mint a *robustus* fajtánál, úgyhogy elég kézenfekvő eltűnődni rajta: vajon nem ez a kétszeresség jelenti-e a különbséget aközött, hogy az egyiknek voltak szerszámjai, a másiknak nem.

4. táblázat

KÖZELI ŐSÖK ÉS OLDALÁGI ROKONOK

Faj	Legkorábbi példány, millió év	Belső koponya-terfogat, köbcentiméter	Magasság és súly	Testsúly/ agysúly arány	Megjegyzések
<i>Australopithecus robustus</i> (ideértve a <i>Paranthropus</i> -t és a <i>Zinjanthropus</i> -t is)	3,5	500–550	1,5 m 40–60 kg	~ 90	Erős rágószervek; „tyúkmell”; valószínűleg tisztán növényevő; tökéletlenül jár két lábon; nincs homloka. Erdőlakó, szerszámok nem kapcsolódnak hozzá
<i>Australopithecus africanus</i> (<i>gracilis australopithecus</i> -félék)	6	430–600	1–1,25 m 20–30 kg	~ 50	Erősebb tépő- és metszőfogak; valószínűleg mindenevő; tökéletlenül jár két lábon; alacsony homlok; erdő- és bozót lakó. Kő- és csonteszközök
<i>Homo habilis</i>	3,7	500–800	1,2–1,4 m 30–50 kg	~ 60	Magas homlok. Határozottan mindenevő. Teljesen két lábon jár. Szavannalakó. Kőeszközök, talán építmények
<i>Homo erectus</i> (<i>Pithecanthropus</i>)	1,5	750–1250	1,4–1,8 m 40–80 kg	~ 65	Magas homlok. Határozottan mindenevő. Teljesen két lábon jár. Változatos élőhely. Különböző kőszerszámok. A tűz felfedezése
<i>Homo sapiens</i>	0,2	1100–2200	1,4–2 m 40–100 kg	~ 45	Magas homlok. Határozottan mindenevő. Teljesen két lábon jár. Az egész világ lakója. Kő-, fém-, vegyi, elektronikus és nukleáris eszközök.

A jelek szerint az *Australopithecus robustus* felbukkanásával azonos korszakban alakult ki egy új élőlény: a *Homo habilis*, az első igazi ember. Mind a testének, mind az agyának nagyobb volt a súlya, mint az *Australopithecus gracilis*-ének. Olyan korszakban bukkant föl, amikor klimatikus okokból visszavonulóban voltak az erdők, így a *Homo habilis* a hatalmas afrikai szavannákon élt, kihívásokban rendkívüli módon bővelkedő környezetben, amely teli volt ragadozók és zsákmányállatok változatos tömegével. Ezeken az alacsony fűvel borított síkságokon jelent meg mind az első modern ember, mind az első modern ló: szinte hajszálpontosan kortársak voltak.

Az utolsó hatvanmillió év során folyamatos volt a patások evolúciója, ami a fosszilis leletekben jól tükröződik, és végül a modern ló kialakulásában érte el csúcspontját. Az *Eohippus*, a körülbelül ötvenmillió évvel ezelőtti „hajnal lova” körülbelül akkora volt, mint egy angol collié-pásztorkutya, nagyjából huszonöt köbcentiméteres volt az agytérfogata, agy- és testsúlyának aránya pedig mintegy fele a vele összehasonlítható egykorú emlősökének. Azóta a lovak mind az abszolút, mind a viszonylagos agytömeget illetően drámai evolúción mentek keresztül, jelentősen fejlődött a neokortexük, és különösen a homloklebenyük. Ezt az evolúciót minden bizonnyal a lovak intelligenciájának jelentős emelkedése kísérte. Nem tudom, vajon az ember és a ló intelligenciája párhuzamos fejlődésének nem volt-e esetleg közös oka. Nem kellett-e a lovaknak például gyors lábakkal, éles érzékekkel és magas intelligenciával rendelkezniük ahhoz, hogy kijátsszák a ragadozókat, amelyek lóra éppúgy vadásztak, mint a főemlősökre?

A *Homo habilis*-nak magas homloka volt, ami a neokortex területének jelentős fejlődésére mutat, különösen a homloki és a halántékcsonti lebenyekben, valamint az agynak azon a később ismertetendő területén, amely a jelek szerint kapcsolatban áll a beszélőképességgel.



18 / A kelet-afrikai szavanna az Olduvai-hasadék közelében néhány millió évvel ezelőtt. Jobbra az előtérben három hominida, talán *Australopithecus*, talán *Homo habilis*. A háttérben a működő tűzhányó a mai Ngorongoro.

Ha találkozoznánk a *Homo habilis*-szal - mondjuk a legújabb divat szerint öltözve, valamelyik modern nagyváros utcáin -, valószínűleg csak egy futó pillantást vetnénk rá, azt is csak viszonylag alacsony termete miatt. A *Homo habilis*-hoz különféle meglehetősen kifinomult szerszámok kapcsolódnak, emellett különféle körkörös elrendezett kövek arra is bizonyítékot szolgáltatnak, hogy a *Homo habilis* már lakóhelyet is épített magának, mégpedig jóval a pleisztocén jégkorszakok előtt, tehát jóval azelőtt, hogy az emberek rendszeres barlanglakók lettek. A *Homo habilis* szabadtéri otthont épített - valószínűleg fából, vesszőkből, fűből és kövekből.

Mivel a *Homo habilis* és az *Australopithecus robustus* nagyjából ugyanabban az időben bukkant fel, nagyon valószínűtlen, hogy az egyik a másik őse lehetett volna. Az *Australopithecus gracilis* szintén kortársa volt a *Homo habilis*-nak, de sokkal ősbibb nála. Ezért hát lehetséges - bár korántsem bizonyos-, hogy mind az ígéretes evolúciós jövőjű *Homo habilis*, mind az evolúciós zsákutcának bizonyuló *Australopithecus robustus* a *gracilis Australopithecus africanus*-ból alakult ki, amely elég sokáig fennmaradt ahhoz, hogy kortársuk lehessen.

Az első ember, akinek a belső koponyatér fogata megegyezik a modern emberével, a *Homo erectus*. A *Homo erectus* legfontosabb példányai sok-sok évig csak Kínából voltak ismeretesek, és akkor körülbelül félmillió évesnek tartották őket. De 1976-ban Richard Leakey, a kenyai Nemzeti Múzeum kutatója a *Homo erectus* egy majdnem teljes koponyájáról adott hírt, amelyet másfél millió éves geológiai rétegekben talált. Mivel a *Homo erectus* kínai példányaihoz tábor tüzek világos maradványai kapcsolódnak, lehetséges, hogy őseink félmillió évnél már sokkal régebben megszelídítették a tüzet - akkor pedig Prométheusz sokkal ősbibb, mint sokan gondolták.

A szerszámokra vonatkozó régészeti adatoknak talán az a legmeghökkenőbb vonásuk, hogy mihelyt egyáltalán megjelennek, egyszerre hatalmas bőségben jelennek meg. Nagyon úgy fest a dolog, hogy miután egy ihletett *Australopithecus gracilis* először fölfedezte a szerszámok hasznát, tüstént meg is tanította rokonait és barátait a szerszámkészítés fogásaira. Semmi más módon nem magyarázhatjuk meg a kőszerszámok folyamatos megjelenését, csak azzal, hogy az *australopithecus*oknak oktatási intézményeik voltak. Léteznie kellett köztük valamiféle kőmegmunkáló céhnek, amely nemzedékről nemzedékre továbbadta a szerszámok készítésének és használatának becses ismeretét - azt az ismeretét, amely ezeket a gyöngé és szinte védtelen főemlősöket végül a Föld nevű bolygó urává tette. Hogy a *Homo* genus tőlük függetlenül találta-e fel a szerszámokat, vagy az *Australopithecus* genustól kölcsönözte a felfedezést, azt nem tudjuk.

A 4. táblázatból látjuk, hogy a testsúly és az agysúly aránya a méréshiba határain belül nagyjából azonos az *Australopithecus gracilis*-nál, a *Homo habilis*-nál, a *Homo erectus*-nál és a modern embernél. Az utóbbi néhány millió év során tett előrehaladásunkat tehát nem lehet az agy- és testtömeg arányával megmagyarázni, hanem csak a teljes agytömeg növekedésével, az új funkciók tökéletesebb specializációjával és - különösen - az extraszomatikus tanulással.

L. S. B. Leakey hangsúlyozta, hogy a néhány millió évvel ezelőtti fosszilis maradványok közt bőségesen akadnak különféle emberhez hasonló formák, és érdekes módon sokuknak lyukak vagy törések vannak a koponyáján. Némelyik ilyen sérülést okozhatta ugyan leopárd vagy hiéna, de Leakey és Raymond Dart dél-afrikai anatómus szerint sok közülük őseink műve. A pliocén/pleisztocén korban majdnem bizonyosan heves versengés dúlt a sokféle emberszerű forma között, melyek közül csak egyetlen vonal maradt fenn, a szerszámszakértőké - az a vonal, amely hozzánk vezetett. Nyílt kérdés, hogy az emberülés milyen szerepet játszott ebben a versengésben. Az *Australopithecus gracilis* egyenes tartású, két lábon járó, fürgé lény volt, alig magasabb egy méternél: „kicsi nép”. Néha eltűnődöm rajta, vajon a gnómról, manókról, óriásokról és törpékről Szóló mítoszaink nem lehetnek-e esetleg azoknak az időknek a genetikus vagy kulturális emlékei.

Ugyanabban az időben, amikor a hominidák koponyatérfogata látványosan megnövekedett, egy másik meglepő változás is bekövetkezett az ember anatómiájában. Mint Sir Wilfred de Gros Clark angol anatómus, az oxfordi egyetem kutatója kimutatta, teljesen átalakult az emberi medence. Ez minden bizonnyal olyan alkalmazkodás volt, amely lehetővé tette a legújabb típusú, nagy agyú magzatok elevenen való megszületését. Ma már a szülőcsatorna térségében a medence aligha nagyobbodhatna tovább lényegesen anélkül, hogy ne gátolná súlyosan a nőt a járásban. (A lányoknak már születéskor jóval szélesebb a csípőjük, és nagyobb a medenceüregük, mint a fiúknak; további jelentős medencenövekedés áll be a nőknél a serdülőkorban.) Ennek a két evolúciós eseménynek a párhuzamos bekövetkezése szépen illusztrálja, hogyan is működik a természetes szelekció. Az örökletesen nagyobb medencéjű anyák képesek voltak nagy agyú csecsemőket szülni, akik viszont magasabb intelligenciájuk révén felnőttkorukban sikeresen versengtek a keskenyebb csípőjű anyák kisebb agyú ivadékaival. A pleisztocén korban egy-egy heves nézeteltérés során valószínűleg az győzött, akinek kőbaltája volt. Ami még fontosabb: ő volt a sikeresebb vadász is. A kőbalta feltalálásához és folyamatos készítéséhez viszont nagyobb agytérfogatra volt szükség.

Amennyire tudom, a Földön élő fajok milliói között csak egyetlenegnél fájdalmas a szülés: az embernél. Ez biztosan a koponyatérfogat új keletű és folyamatos növekedésének a következménye. A modern férfi és nő koponyája kétszer akkora, mint a *Homo habilis*-é volt. A gyermekszülés azért fájdalmas, mert az emberi koponya evolúciója látványosan gyors volt, és egészen új keletű. C. Judson Herrick amerikai anatómus a következőképpen jellemzi a neokortex fejlődését: „Robbanásszerű növekedése a filogenezis kései szakaszában egyike a legdrámaibb evolúciós átalakulásoknak, amelyeket csak az összehasonlító anatómia ismer.” A kutacs, a koponya születéskori nem teljes lezáródottsága valószínűleg tökéletlen alkalmazkodás ehhez az új keletű agyi evolúcióhoz.

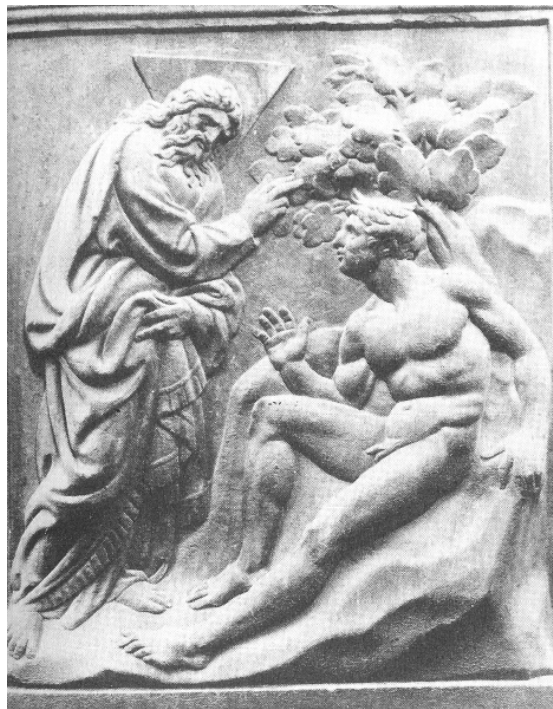
Az intelligencia evolúciója és a fájdalmas gyermekszülés mintha váratlanul bukkanna fel Mózes I. könyvében, a Genézisben. Mivel evett a jó és gonosz tudásának fájáról, Isten büntetésül azt mondja Évának: „fájdalommal szüled magzatidat” (3:16). Érdekes, hogy Isten nem *akármilyen* tudás megszerzését tiltotta meg, hanem kifejezetten a jó és a gonosz közötti különbség megismerését - vagyis azokat az absztrakt és erkölcsi ítéleteket, amelyek, ha egyáltalán elhelyezkednek valahol, akkor a neokortexben lakoznak. A kognitív készségek kifejlődését már az Édenről szóló történet írásának idején is úgy tekintették, mint ami az embert Istenhez hasonlatos képességekkel és félelmetes felelősséggel ruházza fel. Isten azt mondja: „Imé az ember olyanná lett, mint mi közülünk egy, jót és gonoszt tudván. Mostan annakokáért reá kell gondolnunk, hogy az ő kezeit kinyújtván, ne vegyen az élet fájának gyümölcsében, és abban ne egyék, hogy mind örökké éljen” (Mózes I. 3:22), ki kell hát őt kergetni a Kertből, Kérubimokat állított hát tüzes karddal az Édentől keletre, hogy megőrizték az élet fáját az emberi becsvágytól.*

* Istennek a kígyóra mondott ítélete az, hogy mostantól fogva „a te hasadon járj” - ami arra utal, hogy előzőleg a hüllőknek másféle mozgásformáik voltak a helyváltoztatásra. Ez természetesen hajszálpontosan igaz; a kígyók sarkányra emlékeztető négy lábú ősekből fejlődtek ki. Sok kígyó máig megőrizte ősei lábainak anatómiai maradványait.

Az Édenkert talán nem is különbözött nagyon a Földtől, ahogyan őseink látták vagy három-négymillió évvel ezelőtt, abban a legendás aranykorban, amikor a *Homo* nem (genus) még tökéletesen összefonódott a többi állattal és a növényekkel. A bibliai beszámoló szerint az Édenből való kiűzetése után az emberiség halálra lett kárhoztatva, dolgoznia kellett, ruházkodnia, hogy szemérmességével megakadályozza a szexuális ösztönzéseket, a férfiak uralkodók lettek a nők felett, háziasították a növényeket (Ábel), domesztikálták az állatokat (Káin), és megismerték a gyilkosságot (Káin és Ábel). Mindezek elég jól megfelelnek a történelmi és régészeti bizonyítékoknak. Az Éden metaforájában a bűnbeesés előtt nincs nyoma gyilkosságnak. Ám az ember evolúciójának vonalán kívül álló kétlábúak bezúzott koponyái alighanem arról tanúskodnak, hogy őseink már az Édenben is sok emberszerű állatot öltek meg.

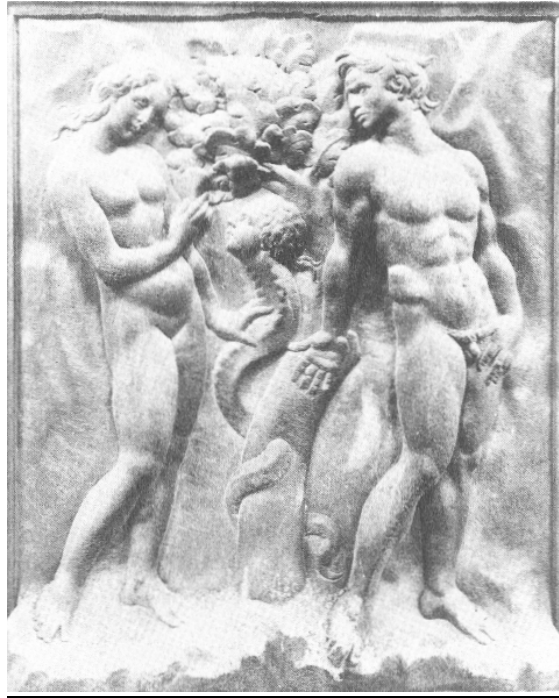
A civilizáció nem Ábelből, hanem Káinból, a gyilkosból fejlődik ki. Maga a „civilizáció” szó a várost jelentő latin szóból származik. Az első városokban jött létre az a szabadidő, közösségi szervezet és munkamegosztás, ami lehetővé tette azoknak a művészeteknek és technikáknak a megszületését, melyeket ma a civilizáció ismertetőjegyeinek tartunk. A Genézis szerint az első várost Káin építette, a földművelés feltalálója - a földművelés technikája ugyanis állandó lakóhelyet igényel. És az ő leszármazottai, Lámekh fiai találták fel mind „az ércből és vasból való mívnek mesterségét”, mind a hangszereket. Kohászat és zene - technika és művészet - Káin utódaitól erednek. Azok a szenvedélyek pedig, amelyek gyilkosságra vezetnek, nem csitultak. Lámekh azt mondja: „Ha valamely erős férfitól sebet vennék is, vagy valamely vastag ifjútól kéket, megölném azt mégis. Ha Káinért hétképen áll az Isten bosszút, Lámekhéért hetvenhétszerte inkább.” A gyilkosság és a feltalálás közötti kapcsolat azóta is köztünk él. Mindkettő a földművelésből és a civilizációból fakad.

* A kérubim többes szám, a Genézis 3:24 pedig egyetlen tüzes kardról beszél. Tüzes kardokból valószínűleg kicsi volt a készlet.



19 / Ádám teremtmése: Jacopo della Quercia reliefje a bolognai Szent Péter-templom kapuján.

Foto: ALINARI



20 / Évát és Ádámot figyelemre méltóan emberi fejű hulló kísérti meg: Jacopo della Quercia relíeije a bolognai Szent Péter-templom kapuján.

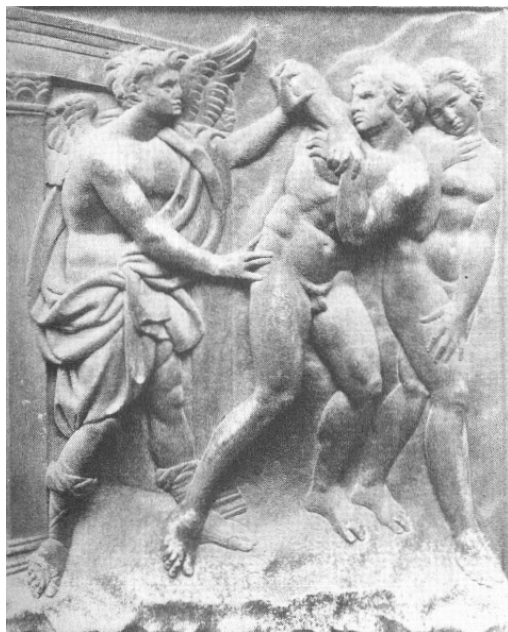
Foto: ALINARI

A homloklebenyek evolúcióját kísérő, jövőt előlegező készség egyik legkorábbi következményének a halál tudatának kellett lennie. Valószínűleg az ember az egyetlen organizmus a Földön, aki viszonylag tisztán látja saját végének elkerülhetetlenségét. Azok a temetési szertartások, melyek során az elhunytal élelmiszert és tárgyakat is eltemetnek, legalábbis Neander-völgyi unokatestvéreinkig nyúlnak vissza, és nemcsak arra utalnak, hogy már ők széles körben tudatában voltak a halálnak, hanem arra is, hogy már akkor fejlett rituális szertartásokkal igyekeztek az elhunytat utóéletében fenntartani. Nem arról van szó, mintha halál nem létezett volna a neokortex látványos megnövekedése, az Édenből való kiűzetés előtt, csak arról, hogy mindaddig sóba senki nem vette észre, hogy halál lesz a sorsa.

A bukás, az Édenből való kiűzetés, úgy tetszik, igen alkalmas metaforája az újabb emberi evolúció egyes fontos biológiai eseményeinek. Lehet, hogy ez magyarázza a népszerűségét.* Nem annyira meggyőző, hogy kénytelenek lennénk hinni valamiféle, őstörténeti eseményekre visszanyúló biológiai emlékezetben, de az én szememben eléggé közel jár a tényekhez, ahhoz, hogy legalábbis fölvehessük a kérdést. Az efféle biológiai emlékezetnek az egyetlen tárháza persze csak a genetikai kód lehet.

Ötvenötmillió évvel ezelőtt, az eocén korszakban, erősen elszaporodtak mind a fán, mind a földön élő főemlősök, és felerősödött egy olyan leszármazási vonal evolúciója, amely végül elvezetett az emberhez. Ennek a kornak egyes főemlőseinél - például egy *Tetoni*us nevű előmajomnál - a koponyájuk belsejéből készült gipszöntvényeken apró dudorok láthatók ott, ahol később majd a homloklebenyek kifejlődnek. Az első olyan agynak, amely már, ha csak ködösen is, emberi vonásokat mutat, tizennyolcmillió évesek a fosszilis maradványai, amikor az általunk *Proconsul*-nak vagy *Dryopithecus*-nak nevezett emberszabású majom megjelent. A *Proconsul* még négy lábon járt, és fán lakott, és valószínűleg ő volt az őse a jelenlegi nagy majmoknak, és esetleg a *Homo sapiens*-nek is. Nagyjából olyan lehetett, amelyet a majmok és az ember közös ősétől várhatunk. (Egyes antropológusok a nagyjából vele egykorú *Ramapithecus*-t tartják az ember őseinek.)

* Mármost Nyugaton. Természetesen más emberi kultúráknak is vannak mély felismerésekről tanúskodó mítoszai az emberiség eredetéről.



21 / Kiűzetés a paradicsomból : Jacopo della Quercia reliefje a bolognai Szent Péter-templom kapuján.

Foto: ALINARI

A *Proconsul* koponyájának belsejéről készített öntvény már felismerhető homloklebenyeket mutat, de a neokortex agytekervényei sokkal kevésbé fejlettek, mint a mai majmoknál vagy embernél, és koponyatérfogata még mindig nagyon kicsiny volt. A koponyatérfogat terén az evolúció legnagyobb kitörése az utolsó néhány millió év során következett be.

Azokat a pácienseket, akiken homloklebenyi lobotómiát hajtottak végre, úgy jellemzik, mint akik elvesztették „folyamatos érzékelésüket” - azt az érzést, hogy sajátos egyedek, akiknek bizonyos mértékig ellenőrzésük van életük és a körülményeik felett -, önmaguk „én voltát”, egyedi egyedülvalóságát. Lehetséges, hogy az alsóbbrendű emlősökből és hüllőkből, amelyeknek nincs kiterjedt homloklebenyűk, szintén hiányzik az individualitásnak és a szabad akaratnak ez a jogos vagy illuzórikus érzése, ami annyira jellegzetesen emberi, és amit először halványan talán a *Proconsul* érezhetett.

Az emberi kultúra fejlődése és azoknak a fiziológiai vonásoknak az evolúciója, amelyeket jellegzetesen emberinek tekintünk, nagyon valószínűen - szinte a szó szoros értelmében - kéz a kézben haladt: minél jobbakk lettek genetikusan eleve adott tulajdonságaink a futásra, a kommunikációra és a kéz használatára, annál valószínűbben fejleszthettünk ki hatékony szerszámokat és vadászstratégiákat; minél alkalmazkodóképesebbé váltak szerszámaink és vadászstratégiáink, annál valószínűbb lett, hogy genetikai örökségünk fenn fog maradni. Sherwood Washburn amerikai antropológus, a Kaliforniai Egyetem kutatója, ennek a nézetnek a vezető képviselője, azt mondta: „Abból, amit mi emberinek tartunk, sok minden jóval a szerszámok használata után fejlődött ki. Valószínűleg helyesebb, ha struktúránk nagy részét a kultúra eredményének tartjuk, mint ha úgy véljük, hogy a kultúrát hozzánk anatómiailag hasonló emberek fejlesztették ki lassanként.”

Az emberi evolúció egyes kutatói szerint az agyi evolúció e hallatlan kirobbanása mögött megbúvó szelekciós nyomás egy része a motoros kéregből indult ki, nem pedig a neokortexnek a kognitív folyamatokért felelős régióiból. Hangsúlyozzák, hogy az embernek milyen figyelemre méltó képessége van a pontos hajításra, arra, hogy keccsen és - mint Louis Leakey élvezettel, közvetlenül is demonstrálta - meztelenül mozogjon, hogy lerohanja és mozdulatlaná tegye zsákmányállatait. Az afféle sportok, mint a baseball, a rögbi, a birkózás, a futás és az atlétika, a sakk és a háborúskodás, vonzóerejüket - valamint népes, főleg férfiakból álló táborukat - talán azoknak az „előre huzalozott” vadászkézségeknek köszönhetik, amelyek az emberi történelem évmilliói során mindig olyan jól szolgáltak minket, de gyakorlati alkalmazhatóságuk napjainkra erősen megcsappant.

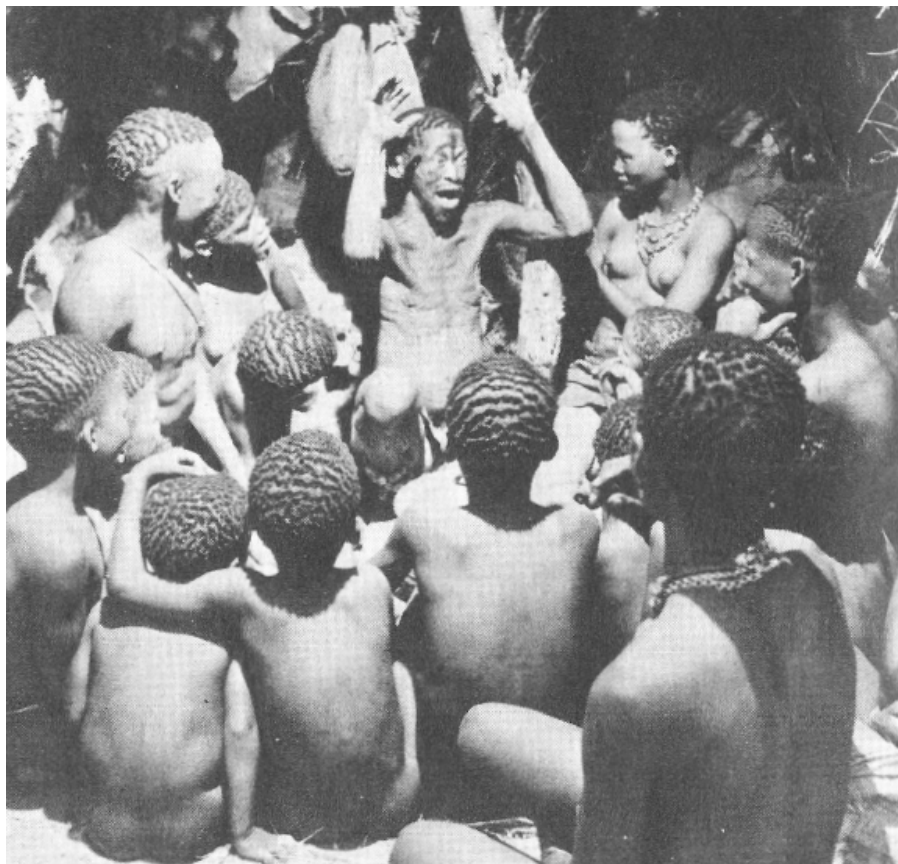
A ragadozók elleni hatékony védekezés és a vadászat egyaránt szükségképpen kooperatív vállalkozások voltak. Azt a környezetet, amelyben az ember kifejlődött - a pleisztocén és a pliocén kor Afrikáját -, különféle rémítő húsevő emlősök lakták, melyek közül talán a nagy hiénafalkák voltak a legfélelmetesebbek. Igen nehéz volt egyedül védekezni egy ilyen falka ellen. Nagy állatokat, akár magányosak, akár csordában élnek, veszélyes becserkészni, és a vadászok között szükség van valamiféle gesztusos kommunikációra. Tudjuk például, hogy miután az ember a pleisztocén korszakban a Behring-szoroson átkelt Észak-Amerikába, nagyarányú és látványos öldökléseket vitt végbe nagy testű vadállatok közt, gyakran szakadékokba hajszolta őket. Egy magányos gnú becserkészéséhez vagy egy antilopcsapat halálba hajszolásához a vadászoknak legalább valamiféle minimális közös szimbolikus nyelvre volt szükségük. Ádám első cselekedete nyelvészkedés volt, jóval a bűnbeesés, sőt még Éva teremtése előtt: nevet adott az Éden állatainak.

A szimbolikus gesztusnyelv egyes formái természetesen sokkal régebbi eredetűek, mint a főemlősök. A kutyafélék és sok, más dominanciahierarchiákat kialakító emlős a szemét elfordítva vagy a nyakát odatartva nyilvánítja ki meghunyászkodását. Említettünk már más meghunyászkodási szertartásokat olyan főemlősöknél, mint a makákók, s talán hasonló az eredetük az olyan emberi üdvözlésformáknak is, mint a meghajlás, a fejbólintás és a pukedlizés. Sok állat jelzi a barátságot azzal, hogy harap, de nem annyira, hogy fájjon, mintha csak azt mondaná: „Meg tudnálak harapni, de nem haraplak meg.” Az emberek közt a jobb kéz felemelésének mint szimbolikus üdvözlésnek pontosan ugyanez a jelentése: „Meg tudnálak fegyverrel támadni, de nem használok fegyvert.”*

* A főemelt, nyitott jobb kezét néha a jóakarát „egyetemes” szimbólumának tartják. Mindenesetre széles skálán megtalálható, a pretoriánus gárdától a szíu harcosokig. Mivel az emberi történelemben azok, akik fegyvert használtak, jellegzetesen férfiak voltak, ennek jellegzetesen férfiüdvözlésnek kell lennie, és az is. Egyebek közt a Pioneer 10 űrhajó fedélzetén - az első emberi alkotáson, amely elhagyta a naprendszer - ezért helyeztek el egy plakettet, amely többek közt egy meztelen férfit és nőt is ábrázolt, a férfit üdvözlésre emelt, nyitott tenyérrel (1. 52. ábra). A *kozmosz kapcsolat* című könyvemben az üzenet leghomályosabb részeként jellemeztem a plaketten ábrázolt embereket. Mindazonáltal kíváncsi lennék, ki tudná-e következtetni a férfi gesztusának jelentőségét tőlünk nagyon különböző biológiájú lények.

Számos emberi vadászközösség alkalmazott kiterjedt gesztusnyelveket - egyebek közt például azok a síkföldi indiánok, akik füstjeleket is használtak. Homérosz szerint a görögök Trójánál aratott győzelmének hírért tűzjelek sora továbbította Ilionból Görögországba, jó néhány száz kilométer távolságba. Ez i.e. 1100 körül történt. A gesztus- vagy jelnyelveken közölhető gondolatok repertoárja és a közlés sebessége azonban korlátozott. Darwin mutatott rá, hogy gesztusnyelveket nem lehet hatékonyan alkalmazni, amikor a kezünk mással van elfoglalva, továbbá éjszaka, vagy amikor más okból nem látjuk a mutogató kezét. Elképzelhető, hogy a gesztusnyelveket először kiegészítették, majd felváltották a beszélt nyelvek. Ezek eredetileg talán onomatopoeitikusak lehettek, azaz hanggal utánozták a leírandó tárgyat vagy cselekvést. A gyerekek vauvaunak nevezik a kutyát, és a kisgyerekek „mama” szava szinte minden nyelven mintha az anyamellen a szopáskor véletlenül keltett hangot utánozná. Ám mindez nem következhetett volna be az agy átszerveződése nélkül.

A korai emberhez kapcsolódó állati csontmaradványokból tudjuk, hogy őseink vadászok voltak. Eleget tudunk a nagyobb állatok vadászatáról ahhoz, hogy rájöjjünk: kooperatív becserkészésükhöz valamiféle nyelvre volt szükség. A nyelv ősi voltával kapcsolatos elképzelések azonban bizonyos mértékben váratlan alátámasztást kaptak a fosszilis koponyatérfogató-öntvények részletes vizsgálatából, melyet Ralph L. Holloway amerikai antropológus, a Columbia Egyetem kutatója végzett. Holloway gumitejjel készítette öntvényeit a fosszilis koponyák belsejéről, és megpróbált a koponya formájából következtetni az agy részletes morfológiájára. Ez a fajta tevékenység a frenológia egy fajtája, de belülről és nem kívülről alkalmazva, így tehát sokkal inkább megalapozott. Holloway szerint az agy Broca-központként ismert régiója, a beszédhez szükséges több beszédközpont egyike, a fosszilis koponyabelsőkről készült öntvényeken már felismerhető; és úgy vélte, bizonyítékokat talált egy több mint kétmillió éves *Homo habilis*-fossziliában a Broca-központ létezésére. Lehetséges tehát, hogy a nyelv, a szerszámok és a kultúra kifejlődése nagyjából egy időben ment végbe.



22 / Az emberi nyelv kifejlődése az emberi evolúció kulcsfontosságú fordulópontja volt. Az írás feltalálása előtt legmagasabb csúcsait, mint itt is, a mesemondó kultúrák képviselték.

Foto: Nat Farbman, *Life*. A Time-Life Picture Agency szíves engedélyével, © Time, Inc.

Alig néhány tízezer évvel ezelőtt mellesleg éltek olyan emberhez hasonló lények - a Neander-völgyiek és a cromagnoniak -, akiknek kb. ezeröttszáz köbcentiméter volt az átlagos agytérfogatuk, azaz több mint száz köbcentiméterrel nagyobb, mint a miénk. A legtöbb antropológus úgy sejtí, hogy mi nem a Neander-völgyiektől származunk, és alighanem a cromagnoniaktól sem. Ám létezésük felveti a kérdést: kik voltak ezek a fickók? És mit értek el? A cromagnoniak egyébként jó nagyra nőttek: egyes példányaik magassága meghaladta a száznyolcvan centimétert. Mint azonban már láttuk, száz köbcentiméternyi agytömegkülönbségnek nincs sok jelentősége, s talán nem is voltak okosabbak nálunk vagy közvetlen őseinknél; vagy talán volt valami más, általunk még ismeretlen testi fogyatékoságuk. A Neander-völgyi embernek alacsony volt a homloka, de hosszú volt a feje előlről hátrafelé; vele összehasonlítva a mi fejünk nem olyan mély, de magasabb - minket kétségkívül „magas homlokú észlányekként” lehet jellemezni. Lehetséges, hogy az agy növekedése a Neander-völgyi embernél a falcsoni és a nyakszirti lebenyben ment végbe, míg őseink agynövekedése főleg a homlok- és halántéki lebenyekben zajlott le? Lehetséges, hogy a Neander-völgyiekben a miénktől egészen különböző mentalitás fejlődött ki, és hogy minket magasabb rendű nyelvi és előrelátási készségeink tettek képessé rá, hogy teljesen kipusztítsuk megtermett és intelligens unokatestvéreinket?

Amennyire tudjuk, a Földön az emberi intelligenciához hasonló jelenség soha nem jelent meg, egészen néhány millió vagy legalább néhány tízmillió évvel ezelőttig. De ez a Föld korának csak néhány ezreléke, valamikor nagyon későn, a kozmikus naptár legvégén. Miért jelent meg ennyire későn? Erre nyilvánvalóan az a válasz, hogy a magasabb rendű főemlősök és cetfélék agyának valamely sajátos tulajdonsága egészen a legutóbbi időig nem fejlődött ki. De mi ez a tulajdonság?



23 / Pleisztocén csúcstalálkozó. Balról jobbra: *Homo habilis* (nem teljesen restaurált állapotban), *Homo erectus*, Neander-völgyi ember, cromagnoni ember és *Homo sapiens*.
Foto: Chris Barker. Copyright © Marshall Cavendish Ltd.

Legalább négyféle lehetőséget tudnék fölvetni, melyeket akár kifejtve, akár utalásszerűen már említettem: 1. Soha azelőtt nem létezett ilyen nagy agy; 2. soha azelőtt nem létezett olyan agy, amelynek ilyen magas lett volna az agytömeg-testtömeg aránya; 3. soha azelőtt nem létezett ilyen, funkcionális egységekkel (például nagy homlok- és halántéklebenyekkel) rendelkező agy; 4. soha azelőtt nem létezett ilyen sok idegkapcsolattal vagy szinapszissal rendelkező agy. (A jelek szerint van némi bizonyíték rá, hogy az emberi agy evolúciójával párhuzamosan alighanem növekedett minden egyes neuron szomszédaival való kapcsolatainak a száma és így a mikroáramkörök száma.) Az 1., 2. és 4. magyarázatok érvelése szerint a mennyiségi változások minőségi változást hoztak létre. Én úgy érzem, jelenleg nem lehet határozottan választani e négy lehetőség között, és az a gyanúm, hogy az igazság mindezeket vagy a legnagyobb részüket magában rejt.

Sir Arthur Keith, az emberi evolúció angol kutatója felvetett valamit, amit elnevezett az emberi evolúció „Rubiconjának”. Szerinte a *Homo erectus* agytérfogatánál - körülbelül hétszázötven köbcentiméternél, ami nagyjából megfelel egy nagy motorkerékpár hengerűrtartalmának - kezdenek felbukkanni az egyedülállóan emberi tulajdonságok. Persze lehetséges, hogy ez a „Rubicon” inkább minőségi, mint mennyiségi volt. A különbséget talán nem is annyira a további kétszáz köbcentiméternyi növekedés jelentette, mint inkább a homlok-, a halántéki és a falcsoni lebenyeknek az a specifikus fejlődése, amelynek az analitikus képességet, az előrelátást és a szorongást köszönhetjük.

Ha vitatható is, hogy minek felel meg ez a „Rubicon”, valamiféle Rubicon gondolata nem értéktelen. De ha létezik valahol hétszázötven köbcentiméter körül egy ilyen Rubicon, bár a száz-kétszáz köbcentiméter nagyságrendű különbségek - legalábbis számunkra - a jelek szerint nem kényszerítő meghatározói az intelligenciának, nem lehetnek-e a majmok is valamiféle felismerhetően emberi értelemben intelligensek? A tipikus csimpánzagy térfogata négyszáz köbcentiméter, a síkföldi gorilláé ötszáz. Ez volt a számszámkészítő *Australopithecus gracilis* agytérfogatának a nagyságrendje is.

Josephus Flavius, a zsidó történész, az emberiségnek az Édenből való kiűzetését kísérő büntetések és megpróbáltatások jegyzékét megtoldotta azzal, hogy az ember akkor veszítette el az állatokkal való kommunikáció képességét. A csimpánzoknak nagy agyuk és jól fejlett neokortexük van; nekik is hosszú a gyermekkoruk, így hosszú időn át alakíthatók. Képesek-e vajon az absztrakt gondolkodásra? Ha okosak, miért nem beszélnek?

5. AZ ÁLLATOK ABSZTRAKCIÓI

Követelem tőled és az egész világtól, hogy mutassatok nekem egyetlen olyan generikus jegyet... melynek révén különbséget lehet tenni az ember és a majom között. Én magam minden bizonnyal nem ismerek ilyet. Bárcsak mutatna nekem valaki egyet. De ha az embert majomnak neveztem volna, vagy fordítva, akkor az összes egyházférfiak kiközösítettek volna. Lehet, hogy mint természetvizsgálónak mégis ezt kellett volna tennem.

CARL LINNAEUS

AZ ÁLLATRENDSZERTAN MEGALAPÍTÓJA, 1788

Az állatok nem absztrahálnak”, jelentette ki John Locke, az emberiség egész írott történelmének végigvonuló uralkodó véleményét hangoztatva. Berkeley püspök azonban gúnyos választ adott erre: „Ha azt a tényt, hogy a vadállatok nem absztrahálnak, ezen állatfajta meghatározó tulajdonságává tesszük, akkor félek, hogy közéjük kell sorolni igen sokakat azok közül, akik embernek számítanak.” Az absztrakt gondolkodás, legalábbis annak finomabb változatai az átlagember számára nem tartoznak hozzá a mindennapi élethez. Lehetséges, hogy az absztrakt gondolkodás nem minőség, hanem fokozat kérdése? Lehet, hogy más állatok is képesek absztrakt gondolkodásra, de ritkábban vagy kevésbé mélyen, mint az ember?

Általában az a benyomásunk, hogy a többi állatok nem túl intelligensek. De vajon elég gondosan megvizsgáltuk-e az állati intelligencia lehetőségét? Vagy pedig, mint Francois Truffaut kitűnő filmjében, *A vad kölyök*-ben mi is egyszerűen egyenlőségjelet teszünk az intelligencia saját stílusunkban való kifejezésének hiánya és az intelligencia hiánya közé? Mint Montaigne, a francia filozófus az állatokkal való kommunikációról szólva megjegyezte: „A hiba, amely megakadályozza a kommunikációt köztük és köztünk, miért ne lehetne éppúgy a mi hibánk, mint az övék?”*

Természetesen rengeteg anekdotikus jellegű információnk van, ami a csimpánzok intelligenciájára utal. A majomfélék viselkedésének első komoly vizsgálatát - beleértve vadonbeli viselkedésüket is - Alfred Russel Wallace, a természetes szelekció révén végbemenő evolúció társfelfedezője végezte Indonéziában. Wallace arra a következtetésre jutott, hogy az általa tanulmányozott orangután-csecsemő viselkedése „pontosan olyan, mint az emberi csecsemőé hasonló körülmények között”. Igaz, az „orangután” maláj szó, és nem majmot, hanem „erdei embert” jelent. Teuber sok történetet idézett fel, melyeket a szülei meséltek neki, akik úttörő német etológusok voltak, ők alapították a csimpánzok viselkedésével foglalkozó első kutatóállomást Teneriffában, a Kanári-szigeteken, az 1910-es évek elején. Itt végezte Wolfgang Kohler híres vizsgálatait Szultánon, a „zseniális” csimpánzon, aki képes volt összekötni két rudat, hogy elérjen egy máskülönben elérhetetlen banánt. Teneriffán figyelték meg azt is, hogyan kínozott két csimpánz egy csirkét: az egyik valami ennivalót nyújtott feléje, biztatva, hogy jöjjön oda, aztán a másik odaszórt neki egy darab dróttal, amit addig

* A más állatokkal való kommunikáció megértésével vagy megvalósításával kapcsolatos nehézségeink talán abból fakadnak, hogy vonakodunk a világ felfogásának számunkra ismeretlen módjait megérteni. A delfinek és a bálnák például, akik környezetüket egy bonyolult szonáros visszhanglokációs technikával érzékelik, egymással is csettintések gazdag és bonyolult készlete révén kommunikálnak, amelyet eddig az emberek hiába próbáltak megérteni. Egy ötletes elképzelés szerint, melynek vizsgálata még folyamatban van, a delfin és delfin közötti kommunikáció azoknak a szonáros visszhangoknak a felidézésével jár, amelyek a leírandó tárgyakat jellemzik. E szerint a nézet szerint a delfin nem „mond” egy árva szót sem a „cápáról”, hanem egy sor csettintést bocsát ki magából, amelyek annak a visszaverődéses hangspektrumnak felelnek meg, amelyet a másik delfin akkor kapna, ha a maga delfin-szonáros üzemmódjában hanghullámokat sugározna egy cápára. A delfin és delfin közötti kommunikáció e szerint a nézet szerint alapvetően egyfajta hallási *ononiatopoeia*, egy hangfrekvenciás képeket bemutató ábra - ebben az esetben egy cápa karikatúrája. Könnyen el lehet képzelni egy ilyen nyelvnek a konkrét fogalmakról az absztrakt gondolatokra való kiterjesztését valamiféle auditív rébuszok alkalmazása révén - mind a kettő analóg lenne az írott emberi nyelvek mezopotámiai és egyiptomi fejlődésével. Akkor pedig az is lehetséges lenne, hogy a delfinek tapasztalataik helyett a képzeletükből alkossanak rendkívüli hallási képeket.

a háta mögött rejtgetett. A csirke visszakozott, de hamarosan megint engedte magát odacsalogatni - és újra megverni. Íme olyan viselkedéseknek egy finom kombinációja, melyeket néha egyedülállóan emberinek szoktunk vélni: kooperáció, a cselekvés jövőbeli menetének megtervezése, becsapás és kegyetlenség. Az is kiderül belőle, hogy a csirkéknek nagyon csekély tehetségük van hozzá, hogy megtanulják a veszélyt elkerülni.

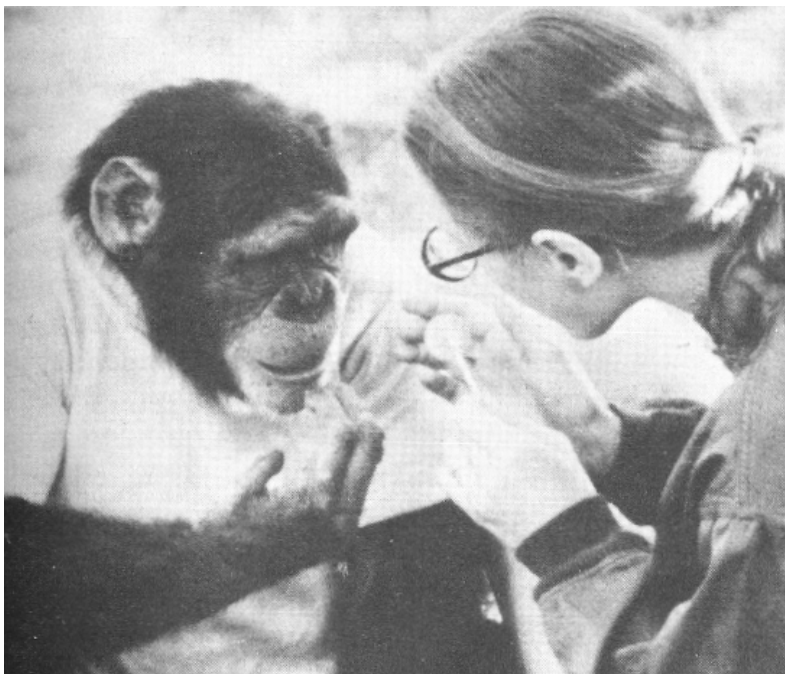
Néhány évvel ezelőttig a csimpánzokkal való kommunikáció legátfogóbb kísérlete körülbelül ilyesféleképpen folyt: egy újszülött csimpánzot befogadtak a házba az újszülött csecsemő mellé, és úgy nevelték együtt őket, mintha ikrek volnának: egyforma volt a bölcsőjük, a mózeskosaruk, a magas baba-székük, a bilijük, a pelenkatartójuk, a bébipúderes dobozuk. Három év után a fiatal csimpánz természetesen messze felülmúlta a kisgyereket kezűgyességben, futásban, ugrásban, mászásban és más motoros készségekben. De amíg a kisgyerek boldogan locsogott-fecsegett, a kis csimpánz csak annyit tudott mondani, azt is csak nagy nehezen, hogy „mama”, „papa” és „csésze”. Ebből széles körben azt a következtetést vonták le, hogy a beszédben, a gondolkodásban és más magasabb szellemi funkciókban a csimpánzok csak a minimumra képesek: „Az állatok nem absztrahálnak.”



24 / Washoe Ameslan nyelven egy „kalap” jelét mutatja egy gyapjűsapkára.

De amikor a nevadai egyetem két pszichológusa, Beatrice és Robert Gardner elgondolkodtak ezeken a kísérleteken, rájöttek, hogy a csimpánznak a garatja és a gégéje nem alkalmas az emberi beszédre. Az emberek furcsa módon többféleképpen használják a szájukat: evésre, lélegzésre és kommunikációra. Az olyan rovaroknál, mint például a tücsök, amelyek lábaik összedörgölésével hívják egymást, ezt a három funkciót három teljesen különálló szervrendszer látja el. A beszélt emberi nyelv véletlenszerű fejleménynek látszik. Más funkciójú szervrendszereknek az emberi kommunikációra való felhasználása szintén nyelvi képességeink viszonylag friss evolúciójára utal. Lehetséges, okoskodott a Gardner házaspár, hogy a csimpánzoknak jelentős nyelvi képességeik vannak, csak anatómiai korlátaik miatt nem tudják őket kifejezésre juttatni. Föl is tették a kérdést: nem létezik-e olyan szimbolikus nyelv, amely a csimpánz anatómiájának inkább az erős, mint a gyenge oldalát hasznosítaná?

A házaspárnak ragyogó ötlete támadt: tanítsunk meg egy csimpánzot az amerikai jelbeszédre, amelyet betűszóval Ameslannak, néha pedig „amerikai süketnémanyelvnek” neveznek. Ez a nyelv ideálisan illeszkedik a csimpánzok hallatlan kezűgyességéhez, s talán a verbális nyelvek összes alapvető felépítési vonásával is rendelkezik.



25 / Washoe az „édes” Ameslan jelét mutatja a nyalókára.

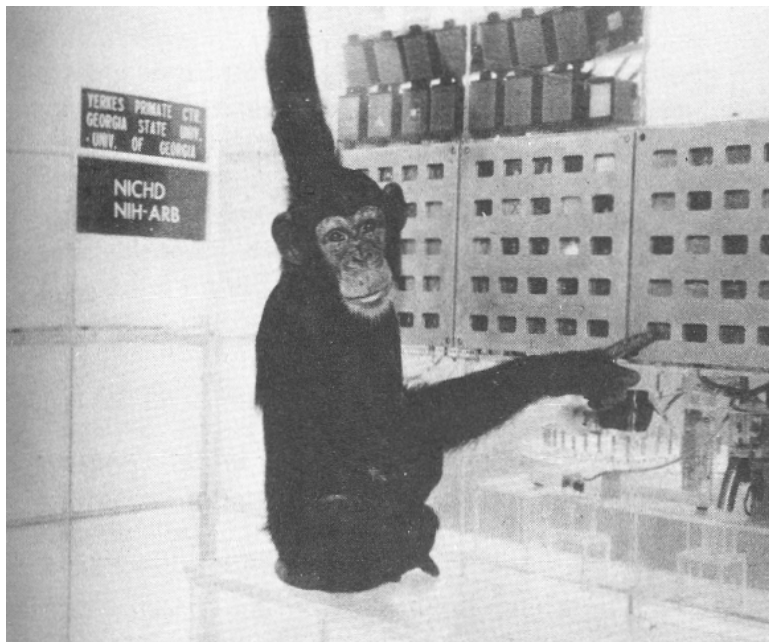
Ma már könyvtárat töltenek meg (filmen és verbális átíratban) azok az Ameslant és más gesztusnyelveket használó beszélgetések, amelyeket Gardnerék és mások Washoe-val, Lucyval, Lanával és más csimpánzokkal folytattak. Nemcsak hogy vannak olyan csimpánzok, „akiknek” száz-kétszáz szavas működő szókészletük van, hanem a csimpánzok képesek megkülönböztetni a nem triviálisan különböző nyelvtani mintákat és mondatszerkezeteket, sőt, mi több, figyelemre méltóan találékonyak új szavak és kifejezések alkotásában is.

Amikor Washoe életében először pillantott meg egy kacsát, amint hápogva leszállt egy tó vizére, azt mutatta, hogy „vízimadár”, ami az angolban és más nyelvekben használatos kifejezés ugyan, de Washoe ebből az alkalomból találta fel. Lana almán kívül más gömb alakú gyümölcsöt sose látott, de az alapszínek jeleit ismerte. Amikor meglesett egy narancsot evő technikust, azt mutatta, hogy „narancsszínű alma”. Lucy megkóstolt egy görögdinnyét, és úgy nevezte el, hogy „édes ital” vagy „italgyümölcs”, ami lényegében azonos az angol „watermelon” szóalakkal. Miután Lucynak életében először megcsípte a száját a torma, attól fogva mindig csak úgy nevezte, hogy „sír fáj étel”. Amikor Washoe csészéjébe váratlanul beletettek egy apró babát, így reagált rá: „baba az italomban”. Amikor Washoe bepiskolt valamit különösen ha ruhát vagy bútort, megtanították a „piszkos” jelre, amelyet aztán a szidalom általános kifejezésekként extrapolált. Egy rhesusmajomnak amely nemtetszését váltotta ki, ismételten odamutogatta: „piszkos majom, piszkos majom, piszkos majom”. Időnként olyanokat is „mondott”, hogy „Piszkos Jack, adj inni”. Lana egy bosszús, ám kreatív pillanatában „te zöld szarnak” nevezte az idomítóját. A csimpánzok tehát becsmérlő szavakat találtak ki. Washoe-nak a jelek szerint még valamiféle humorérzéke is volt: egyszer, amikor idomítója vállán lovagolva, talán szándéktalanul, lepisilte, ezt jelezte: „vicces, vicces”.

Lucy végül képes volt világosan különbséget tenni a „Roger csiklandozza Lucy-t” és a „Lucy csiklandozza Rogert” kifejezések között, mely tevékenységeket egyébként mindkét esetben nagyon élvezte. Hasonlóképpen extrapolálta Lana a „Tim bolhássza Lanát” kifejezést „Lana bolhássza Timet”-re. Washoe-t megfigyelték, amint egy képeslapot „olvasott” - lassan forgatta a lapokat, elmélyülten bámulta a képeket, és bár kifejezetten nem fordult senkihez, a megfelelő jeleket adta, olyasmiket, hogy „macska”, amikor egy tigris fényképét nézte, és „ital”, amikor egy vermuthirdetést látott. Amikor Washoe egy ajtón megtanulta a „nyitni” jelét, kiterjesztette a fogalmat egy aktatáskára is. Megpróbált továbbá Ameslan nyelven társalgásba bocsátkozni a laboratórium macskájával, „akiről” azonban kiderült, hogy analfabéta. Miután ő maga megtanulta ezt a nagyszerű kommunikációs módszert, Washoe alighanem igencsak meglepődött, hogy a macska nem járatos az Ameslanban. És amikor egy szép napon Jane, Lucy mostohaanyja elhagyta a laboratóriumot, Lucy utánanézett, és ezt jelezte: „Sír én. Én sír.”

Boyce Rensbergernek, a *The New York Times* érzékeny és tehetséges riporterének szülei süketnémák voltak bár ő maga mindkét tekintetben ép. Az első nyelv, amit megtanult azonban, az Ameslan volt. Néhány évre a *Times* Európába küldte, majd az Egyesült Államokba visszatérve egyik első hazai feladatául azt kapta, hogy nézze meg a Gardner házaspár kísérleteit Washoe-val. Miután már némi időt eltöltött a csimpánzzal, Rensberger így számolt be élményéről: „Hirtelen rájöttem, hogy az anyanyelvemen beszélgetek egy másik faj egyik tagjával.” A „nyelv” szó itt persze átvitt értelmű: mélyen beépült a nyelv szerkezetébe [magyarul mind a language”, a szellemi és irodalmi értelemben vett „nyelv”, mind a szájunkban lévő beszéd szerv, a nyelv ugyanaz a szó. A ford.]. Valójában Rensberger egy másik faj egyik tagjával „anyakezén” beszélt. És pontosan ez a nyelvről a kézre való átállás tette lehetővé, hogy az emberek visszanyerjék az állatokkal való kommunikáció képességét, amelyet Josephus Flavius szerint az Édenből való kiűzetésük óta elveszítettek.

Az Ameslan mellett számos más gesztusnyelvre is megtanítottak csimpánzokat és más főemlősöket. A georgiai Atlantában, a Yerkes Regionális Emlős-kutatási Központban egy speciális számítógépes nyelvet tanítanak nekik, amelyet (az emberek, nem a csimpánzok) „Yerkish”-nek neveznek. A számítógép följegyzi alanyának összes beszélgetéseit, még éjjel is, amikor emberek nincsenek jelen, és e számítógép segítségével megtudtuk, hogy a csimpánzok jobban szeretik a dzsesszt a rocknál, és a csimpánzokról szóló filmeket az emberekről szóló filmeknél. Lana 1976 januárjára kétszáznegyvenöttször nézte meg *A csimpánz fejlődésének anatómiája* című filmet. Kétségkívül örülne egy nagyobb választékot nyújtó filmotékának.

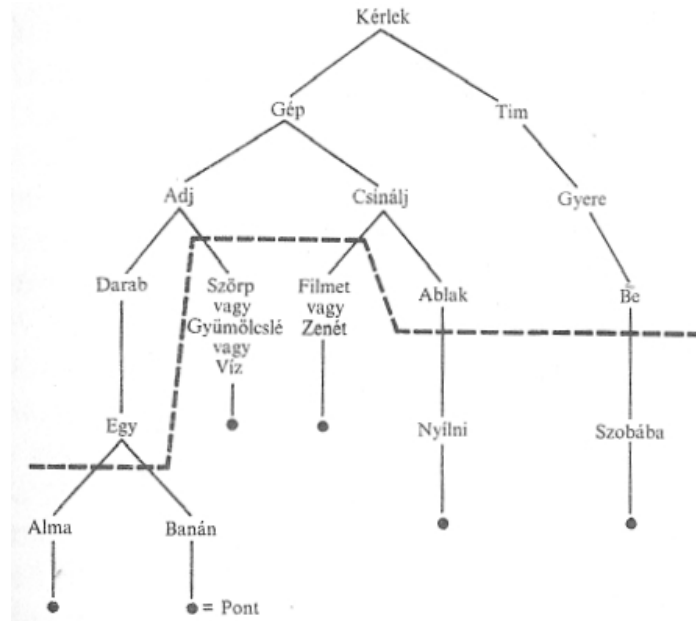


26 / Lana a számítógépnél. A feje fölött lévő (a képen fölül már nem látható) fogantyút kell meghúznia ahhoz, hogy a billentyűzetet működésbe hozhassa. A narancslé, víz, banán és csokoládé elosztórekeszei a billentyűzet alján vannak.

A 26. ábrán Lanát láthatjuk, amint illedelmes Yerkish nyelven banánt kér a számítógéptől. A 27. ábra bemutatja a nyelvtant is, amellyel a számítógéptől vizet, gyümölcslevet, csokoládé édességet, zenét, filmeket, az ablak kinyitását vagy társaságot kell kérni. (A gép Lana sok szükségletéről gondoskodik, de nem mindről. Néha az éjszaka kellős közepén Lana magányában bekopogtatja a gépbe: „Kérlek, gép, csiklandozd Lanát.”) A továbbiakban aztán bonyolultabb kéréseket és megjegyzéseket is kifejlesztettek, amelyek egy sor nyelvtani alakzat kreatív alkalmazását követelik meg.

Lana a számítógép képernyőjén ellenőrzi a mondatait, és törli azokat, amelyekben nyelvtani hiba van. Egyszer, amikor Lana éppen egy bonyolult mondat megszerkesztésének kellős közepén járt, idomítója heccből ismételten beleiktatott a mondatba a maga külön számítógépes billentyűzetéről egy szót, ami Lana egész mondatát értelmetlenné tette. Lana meredten nézte a saját képernyőjét, aztán meglátta az idomítóját a maga billentyűzeténél, s ekkor egy vadonatúj mondatot állított össze: „Kérlek, Tim, menj ki a szobából.” Ahogy Washoe-ról és Lucy-ről azt lehet mondani, hogy beszélnek, Lanáról kimondható, hogy ír.

Washoe szóbeli képességei kifejlődésének egy korai szakaszában Jacob Bronowski és egyik kollégája egy tudományos cikkben tagadták Washoe gesztusnyelvhasználatának jelentőségét, mert a Bronowski számára hozzáférhető korlátozott adatok alapján Washoe se nem kérdezt, se nem tagadott. De a későbbi megfigyelések tökéletesen tisztázták, hogy Washoe és a többi csimpánz teljes mértékben képes rá, hogy kérdéseket tegyen föl, és állításokat cáfoljon meg. És nagyon nehéz bármiféle jelentős minőségi különbséget felfedezni aközött, ahogyan a csimpánzok a gesztusnyelvet használják, és ahogyan a gyerekek a mindennapi beszédet oly módon alkalmazzák, amelyet mi habozás nélkül az intelligenciának tulajdonítunk. Bronowski cikkét olvasva óhatatlanul az volt az érzésem, hogy belésvivárgott egy kis emberi sovinizmus, Locke „az állatok nem absztrahálnak”-jának visszhangjaként. 1949-ben Leslie White amerikai antropológus egyértelműen kijelentette: „Az emberi viselkedés szimbolikus viselkedés, a szimbolikus viselkedés emberi viselkedés.” Mit kezdett volna White Washoe-val, Lucyval és Lanával?



27 / A diagram azt a logikai fát mutatja, amely néhány kérdés kommunikációjához szükséges. A rendszer udvarias és egyben grammatikus: minden kérést „kérlek”-kel kell kezdeni, és ponttal befejezni.

A csimpánznyelvvél és -intelligenciával kapcsolatos efféle megfigyeléseknek zavarba ejtő kihatásuk van a „Rubicon”-érvelésre - arra az állításra, miszerint a teljes agytömeg vagy legalábbis az agytömegnek a testtömeghez viszonyított aránya, hasznos mutatója az intelligenciának. Ezzel a nézettel szemben valamikor azzal érveltek, hogy a mikrokefál (törpefejú) felnőttek agytömege nagyjából megegyezik a felnőtt csimpánz és gorilla agytömegével, ám a mikrokefálok mégis képesek, bár súlyosan csökkent mértékben, nyelvet használni, a majmok viszont nem. Csakhogy a mikrokefálok csak viszonylag ritka esetekben képesek az emberi beszédre. A mikrokefálok viselkedéséről az egyik legjobb leírást egy orosz orvos, Sz. Korszakov adta, aki 1893-ban megfigyelt egy Mása nevű mikrokefál nőt. Mása nagyon kevés kérdést és utasítást tudott megérteni, de időnként elmondta gyerekkori emlékeit. Néha beszélt-beszélt, de amit mondott, az jórészt összefüggéstelen volt. Korszakov úgy jellemezte a beszédét, hogy benne „rendkívül szegényesek a logikai összefüggések”. Gyengén alkalmazkodó, és automataszerű intelligenciájának példaként Korszakov leírta Mása étkezési szokásait. Amikor étel volt az asztalon, Mása evett. De ha az ételt hirtelen elvitték, az étkezés kellős közepén, akkor úgy viselkedett, mintha az étkezés befejeződött volna: megköszönte az asztalfőn ülőknek, és jámborul áldást mondott. Ha visszahozták az ételt, újra enni kezdett. Ezt a viselkedési mintát a jelek szerint a végtelenségig ismételte. Szerintem Lucy vagy Washoe sokkal érdekesebb vacsoravendég lett volna Másánál, és a mikrokefál emberek és a normális majmok összehasonlítása nem összeegyeztethetetlen az intelligencia valamiféle „Rubiconjával”. Természetesen az idegi kapcsolatoknak mind a minősége, mind a mennyisége valószínűleg létfontosságú azoknak az intelligenciafajtáknak a szempontjából, amelyeket könnyen fel tudunk ismerni.

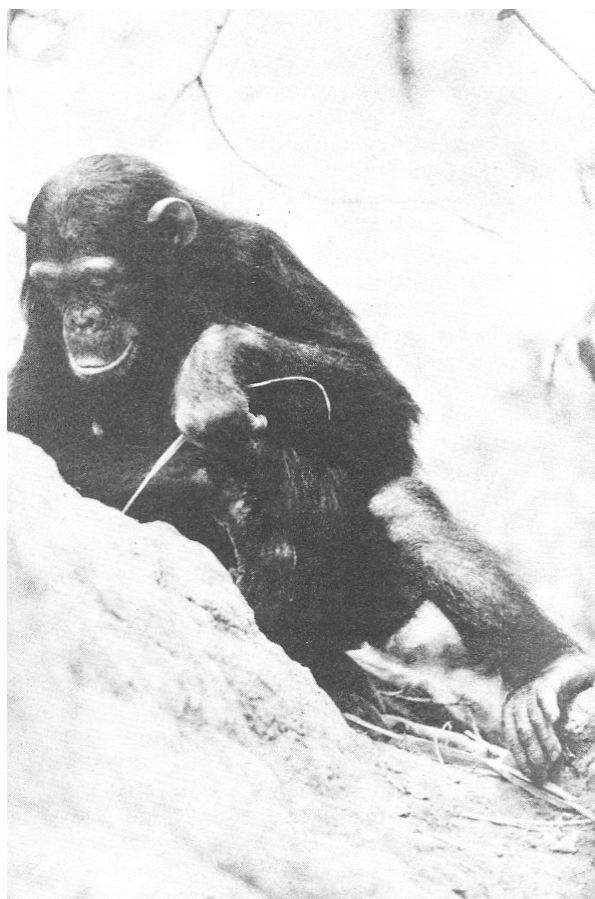
Azok az újabb kísérletek, amelyeket James Dewson, a Stanford Egyetem orvosi karának kutatója és munkatársai végeztek, némileg alátámasztják a majmok neokortexében lévő beszédközpontokra vonatkozó elképzelést - különösen, az emberhez hasonlóan, a bal agyféltekében. Betanítottak majmokat arra, hogy amikor sziszegést hallanak, nyomjanak meg egy zöld fényt adó gombot, amikor pedig zenei hangot hallanak, akkor egy vörös fényt kiváltó gombot. A vörös vagy zöld fény a hang meghallása után néhány másodperccel jelent meg, előre ki nem számítható helyzetben, minden alkalommal másutt, az ellenőrző képernyőn. Ha a majom a megfelelő gombot nyomta meg, és jól találta el, akkor jutalmul egy kis ételt kapott. Aztán a hang elhangzása és a fény megjelenése közötti időtartamot húsz másodpercre növelték. Ahhoz, hogy a jutalmát megkapja, a majomnak most húsz másodpercig emlékeznie kellett rá, melyik zajt hallotta. Dewson kutatócsoportja ezután sebészileg eltávolította a neokortex bal féltekéjének halántéki lebenyéből az úgynevezett hallási asszociációs kérget. Amikor újra beállították őket a kísérletbe, a majmok nagyon gyatrán emlékeztek csak rá, hogy előzőleg melyik hangot hallották. Ám amikor a jobb oldali agyfélteke halántéklebenyéből távolították el az ennek megfelelő darabot, annak semmi hatása nem volt ennek a feladatnak az elvégzésére. „Úgy néz ki - mondta állítólag Dewson -, mintha azt a struktúrát távolítottuk volna el a majmok agyából, amelyik az emberi beszédközpontoknak felel meg.” A rhesumajmokon végzett hasonló kísérletek, amelyekben azonban inkább vizuális, mintsem auditív ingerléseket alkalmaztak, a jelek szerint semmiféle bizonyítékot nem szolgáltatottak a neokortex féltekéi közötti különbségekre.

Mivel a felnőtt csimpánzokról úgy vélik (legalábbis az állatkerti szakemberek), hogy veszedelmesebbek annál, hogysem otthon vagy házi környezetben lehetne tartani őket, Washoe-t és a többi nyelvi jártasságot szerzett csimpánzt serdülőkoruk elérése után hamarosan „kényszernyugdíjazták”. Így hát a felnőtt majmok nyelvi képességeiről nincsenek még tapasztalataink. Ezzel kapcsolatban az egyik legizgalmasabb kérdés az volna, hogy vajon egy nyelvhasználatban járatos csimpánzanya át tudná-e adni a nyelvet az ivadékaiknak. Nagyon valószínűnek látszik, hogy ez lehetséges, és hogy egy gesztusnyelvben járatos csimpánzközösség át tudná adni ezt a nyelvet a következő nemzedékeknek.

Ahogy az effajta kommunikáció létfontosságú az életben maradáshoz, ott máris van némi bizonyíték rá, hogy a majmok továbbadják az extragenetikus vagy kulturális információkat. Jane Goodall megfigyelése szerint a vadonban a csimpánzbébik anyjuk viselkedését utánozva tanulják meg azt a viszonylag nehéz feladatot, hogy hogyan keressenek megfelelő gallyat, amivel aztán belepiszkálhatnak a természetes fészékbe, és hozzáférhetnek ezekhez a finom falatokhoz.

Csimpánzok, páviánok, makákók és sok más főemlős körében megfigyelték már, hogy csoportos viselkedésük különbözik. Ezt csábító volna kulturális különbségnek nevezni. A majmok egyik csoportja például esetleg tudja, hogyan kell madártojásokat enni, míg ugyanannak a fajnak egy szomszédos csoportja esetleg nem. Az ilyen főemlősöknek van néhány tucat hangjuk vagy felkiáltásuk, amelyet a csoporton belüli kommunikációra használnak, ilyesféle értelemmel: „Menekülj, ragadozó!” De ezeknek a felkiáltásoknak a hangja csoportról csoportra kissé különböző: regionális tájszólásai vannak.

Még mehökkentőbb kísérletet hajtottak végre véletlenségből japán főemlőskutatók, akik megpróbálták Dél-Japán egyik szigetén egy makákóközösség túlnépesedési és éhezési problémáit enyhíteni. Az antropológusok búzaszemeket szórtak ki a homokos tengerpartra. Mármint a búzaszemeket nagyon nehéz a homokszemektől egyenként elválasztani, az ezzel járó munka esetleg több energiát fogyaszt, mint amennyit az összeszedett búza ad. Ám egy Imo nevű zseniális makákó, talán véletlenül, talán daczból, elkezdte marokszámra behajigálni a vízbe a búza és a homok keverékét. A búza a felszínen maradt, a homok elsüllyedt, és ezt a tényt Imo nyilvánvalóan felismerte. Ezzel a szitálási módszerrel jól be tudott lakni (persze a búza vizes volt), s míg az idősebb makákók begyöpösödött módon fűtyültek rá, a fiatalabb majmok, úgy látszik, megértették a felfedezés fontosságát, és utánozták Imót. A következő generációban a módszer még jobban elterjedt, s ma már a sziget minden makákója szakértője a vízzel való rostálásnak. Íme, egy példa a majmok kulturális hagyományaira.



28 / Csimpánz hosszú fűszállal, amelyet szerszámként használ, hogy kiszedje vele a természeteseket a fészekéből.
Foto: Hugo van Lawick báró. Copyright National Geographic Society

Takasakijamán, egy Kiusu északkeleti részén fekvő, makákók lakta hegyen végzett korábbi vizsgálatokból a kulturális evolúciónak egy hasonló mintájára derült fény. A hegyre látogató turisták papírba csomagolt karamellát hajigáltak a majmoknak - ez a japán állatkertekben általános gyakorlat, de Takasakijama makákói még soha nem találkoztak vele. Játsszózás közben egyes fiatal majmok felfedezték, hogyan lehet kicsomagolni a karamellát, és megették az édességet. A szokást sikeresen átadták játszótársaiknak, anyjuknak, a domináns hímeknek (akik a makákóknál a bébiszitter szerepét töltik be a nagyon kicsik mellett), végül pedig a felnőttkort még el nem ért hímeknek, akik társadalmilag a legmesszebb állnak a majomgyerekektől. Ez a kultúraátvétele (akkulturálódási) folyamat több mint három évig tartott. A természetes főemlősközösségekben olyan gazdag a már meglévő, nem verbális kommunikáció, hogy nemigen sürgeti semmi egy bonyolultabb gesztusnyelv kifejlesztését. Ám ha a csimpánzoknak gesztusnyelvre lenne szükségük a fennmaradásukhoz, alig kétséges, hogy azt nemzedékeken keresztül kulturálisan át is adnák egymásnak.

Ha az összes olyan csimpánz kihalna, és nem tudna tovább szaporodni, amely képtelen a kommunikációra, akkor szerintem alig néhány nemzedék során jelentősen kifejlődne és kidolgozódna egy efféle nyelv. Az ún. *basic English* kb. ezer szónak felel meg. A csimpánzok máris elérték ennek a mennyiségnek több mint tíz százalékát. És bár néhány évvel ezelőtt még a legképtelenebb *science fiction*-számba ment volna, szerintem ma már nem is kérdéses, hogy egy ilyen verbális csimpánzközösségben néhány nemzedék után fel-felbukkannának angol vagy japán kiadásban (esetleg „lejegyzőjük” szerzőtársi közreműködésével) csimpánzok természetrajzáról és szellemi életéről szóló emlékiratok.

Ha a csimpánzoknak öntudatuk van, ha képesek az absztrakcióra, nem rendelkeznek-e valami olyasmivel is, amit mostanáig „emberi jogok”-nak nevezünk? Mennyire kell okosnak lennie egy csimpánznak ahhoz,

hogy megölése gyilkosságnak számítson? Milyen további tulajdonságokat kell majd felmutatnia, hogy a vallások misszionáriusai méltó feladatnak tekintsék a megtérítését?

Nemrégiben egy nagy főemlőskutató laboratóriumban körülvetetett az igazgató. Egyszer csak egy hosszú folyosóra értünk, amelyet, mint egy perspektivikus rajzon, egészen a távoli, összemosódó végéig mindkét oldalon csimpánzketrecek szegélyeztek. Egy-két-három majom volt egy-egy ketrecben, biztos vagyok benne, hogy a csimpánzok elhelyezése az ilyen intézményekben (vagy ami azt illeti, a hagyományos állatkertekben) szokásoshoz képest példás volt. Amint odaléptünk a legközelebbi ketrechez, két lakója ránk vicsorította a fogát, és széles ívben, hihetetlen pontossággal köpködni kezdtek, valósággal eláztatva az igazgató könnyű öltönyét. Utána rövid, szaggatott kiáltásokat hallattak, melyektől aztán egyre erősebben visszhangozni kezdett az egész folyosó, ahogy a ketrecekbe zárt többi csimpánz is ismételtetni kezdte őket, pedig azok biztosan nem láthattak minket. Végül már az egész folyosó valósággal rengett a kiáltozástól, a dörömböléstől, a rácsok rázásától. Az igazgató közölte velem, hogy ilyen helyzetben nemcsak köpések szoktak záporozni, így aztán sietve visszavonultunk.

Az eset engem élenként emlékeztetett azokra az 1930-as és 1940-es évekből való amerikai filmekre, amelyek egy-egy hatalmas, embertelen állami vagy szövetségi fegyintézetben játszódtak, ahol a rabok a zsarnokoskodó börtönőr megjelenésére dörömbölni kezdtek az evőeszközökkel a celláik rácsán. Ezek a csimpánzok egészségesek és jól tápláltak voltak. Ha „csak” állatok, ha olyan állatok lettek volna, amelyek nem absztrahálnak, akkor az én összehasonlításom csak szentimentális ostobaság lenne. De a csimpánzok igenis *tudnak* absztrahálni. Más emlősökhöz hasonlóan erős érzelmekre is képesek. Minden bizonnyal semmiféle büntetést nem követtek el. Nem állítom, hogy válaszolni is tudnék rá, de biztos vagyok benne, hogy érdemes föltenni a kérdést: miért tartják az egész civilizált világban, gyakorlatilag minden nagyobb városban, éppen a majmokat börtönben? Hiszen mindnyájan tudjuk, hogy alkalmilag lehetséges az ember és a csimpánz életképes keresztezése.* Ezt a természeti kísérletet nyilván nagyon ritkán próbálták ki, legalábbis az utóbbi időkben. De ha valaha létrejönne egy ilyen ivadék, annak mi lenne a jogi státusa? A csimpánzok kognitív képességei, azt hiszem, rákényszerítenek minket, hogy vizsgálódó kérdéseket tegyünk fel: meddig terjed azoknak a lényeknek a közössége, amelyeknek különleges etikai megfontolások járnak ki? Remélem, etikai perspektívánkat ki fogjuk terjeszteni mind lefelé, a Fölon élő taxonokra, mind fölfelé, a Földön kívüli szervezetekre, ha léteznek ilyenek.

Nehéz elképzelni, mekkora érzelmi jelentősége lehet a csimpánzok számára a nyelv megtanulásának. Talán a legjobb analógia az lehet erre, amikor olyan intelligens emberek fedezik fel a nyelvet, akiknek súlyos érzékszervi fogyatékoságaik vannak. Bár a süketnéma és vak Helen Keller értelme, intelligenciája és érzékenysége messze meghaladta a csimpánzokét, a nyelv felfedezéséről szóló beszámolója átadhat valamit abból az érzelmi hangulatból, amelyet a főemlősnyelveknek ez a figyelemre méltó fejleménye a csimpánzok számára jelenthet, különösen akkor, amikor a nyelv előmozdítja a fennmaradást, vagy a nyelvhasználat komoly megerősítést kap.

* Egészen a legutóbbi időkig azt hitték, hogy az embernek a közönséges szomatikus sejtjeiben negyvennyolc kromoszómája van. Ma már tudjuk, hogy a helyes szám negyvenhat. A csimpánznak azonban minden jel szerint csakugyan negyvennyolc kromoszómája van, ebben az esetben pedig a csimpánz és az ember életképes kereszteződése mindenképpen csak igen ritkán jöhet létre.

Egy szép napon Helen Kellert a tanítónője előkészítette egy sétára

Odahozta nekem a kalapomat, és tudtam, hogy ki fogok menni a meleg napfényre. Erre a gondolat-ra, ha egy szavak nélküli érzést gondolatnak lehet nevezni, ugrálni és szökdécselni kezdtem örömben.

Lesétáltunk az ösvényen a kúthoz, oda vonzott a kútházat borító lonc illata. Valaki vizet húzott, tanítónőm pedig a bugyogó csap alá dugta a kezemet. Miközben a hűvös víz végigfolyt a kezemen, másik kezembe a »víz« szót betűzte, először lassan, aztán gyorsan. Moccanás nélkül álltam, teljes figyelmemet ujjainak mozgására összpontosítottam. Hirtelen homályosan tudatára ébredtem valaminek, valami mintegy elfelejtettnek - egy visszatérő gondolat izgalmát éreztem, és valahogyan feltárult előttem a nyelv misztériuma. Már tudtam, hogy a V-Í-Z jelenti azt a csodálatos, hűvös valamit, ami a kezemre csordogált. Ez az eleven szó felébresztette a lelkemet, fényt, reményt adott neki, felszabadította! Voltak még korlátok, az igaz, de ezeket a korlátokat idővel már el lehetett söpörni.

Tanulásra szomjazva hagytam ott a kutat. Mindennek van neve, és minden név új gondolatot szül. Amikor visszatértünk a házba, mintha minden tárgy, amit megérintettem, remegett volna az élettől. Ez azért volt, mert most már mindent ezzel a furcsa, új látással láttam, amely reám szállott.

Ennek a három finom bekezdésnek talán az a legmeghökkenőbb vonása, ahogyan Helen Keller megérzi, hogy agyának rejtett képessége van a nyelvre, csak arra van szüksége, hogy megismertessék vele. Ez a lényegében platóni idea, mint már láttuk, összhangban áll azzal is, amit az agysérülések révén a neokortex fiziológiájáról tudunk, valamint azokkal az elméleti következtetésekkel is, melyeket a Massachusetts Institute of Technology-ban Noam Chomsky az összehasonlító nyelvészetből és a tanulással kapcsolatos laboratóriumi kísérletekből levont. Az utóbbi évek során világossá vált, hogy az emberen kívül a többi főemlős agya is hasonlóképpen fel van készülve, ha valószínűleg nem is az emberével azonos mértékben, a nyelv bevezetésére.

Nehéz volna túlbecsülni a többi főemlősök nyelvre tanításának hosszú távú jelentőségét. Erről szól Darwin *Az ember származása* című könyvének egy lenyűgöző bekezdése: „Az ember és a magasabb rendű állatok elméje közötti különbség, bármilyen nagy is, minden bizonnyal fokozati és nem minőségi különbség... Ha be lehetne bizonyítani, hogy bizonyos magasabb rendű szellemi képességek, az olyasfélék, mint az általános fogalomalkotás, az öntudat s a többi, csakis az ember sajátos jellemzői, ami rendkívül kétségesnek látszik, akkor sem lehetetlen, hogy ezek a minőségek csak véletlenszerűen adódtak más, magasan fejlett intellektuális képességekből, amelyek viszont maguk is elsősorban egy tökéletes nyelv folyamatos használatának az eredményei.”

A nyelv és az emberi interkommunikáció rendkívüli hatalmáról ugyanezzel a véleménynel találkozunk egy merőben más helyen, a Genézisnek a Bábel tornyáról szóló beszámolójában. Isten, mindenható lényhez képest meglehetősen furcsa, védekező magatartással, amiatt aggódik, hogy az emberek égig érő tornyot akarnak építeni. (Hasonló aggodalomnak adott hangot az után, hogy Ádám evett az almából.) Megakadályozandó, hogy az ember - legalábbis metaforikusan - elérjen az égbe, Isten nem pusztítja el a tornyot, ahogyan például Szodomát elpusztította, hanem azt mondja: „Ímé e nép egy, és mindnyájan nékiek egy nyelvek vagyon; és mivelhogy ezt kezdték mostan mívelni, ezután semmi meg nem tarthatja őket, hogy szinte ezenképen ne cselekedjenek mindenenket, a melyeket vakmerően elvégeztek cselekedni. No azért szálljunk alá, és veszítsük eszét ott az ő nyelveknek : hogy egymásnak beszédét meg ne értsék” (Mózes 1, 11:6-7).

Egy „tökéletes” nyelv folyamatos használata... Vajon miféle kultúrát, miféle orális tradíciót hoznának létre a csimpánzok egy komplex gesztusnyelv néhány száz vagy néhány ezer évi közösségi használata után? És ha létezne egy efféle elszigetelt, folyamatosan fennmaradó csimpánzközösség, hogyan kezdene visszatekinteni nyelvének eredetére? Úgy emlékeznének-e a Gardner házaspárra és a Yerkes Főemlős Központ munkatársaira, mint legendás népi hősök, vagy egy másik faj isteneire? Lennének-e mítoszaik, olyasfélék, mint a Prométheuszról, Thotról vagy Oannesről szóló mítoszok, azokról az istenekről, akik a nyelv adományát adták a majmoknak? A csimpánzok gesztusnyelvre való tanításában csakugyan határozottan van valami ugyanabból az érzelmi tónusból és vallásos értelemről, amit a 2001: *Úrodüsszeia* című film és regény egyik (valóban kitalált) epizódjában érzünk, ahol egy haladott, Földön kívüli civilizáció képviselője tanítja valahogyan hominida őseinket.

Az egész kérdésnek talán az a legmeghökkenőbb aspektusa, hogy *vannak* az emberen kívül főemlősök, akik ott állnak szinte a nyelv küszöbén, és mihelyt nyelvre tanítják őket, olyan készségesen tanulnak, annyira hozzáértően használják, és olyan találékonyak az alkalmazásában. Ám ez fölvet egy furcsa kérdést: miért vannak mind csak a küszöbén? Miért nincsenek az emberen kívül is főemlősök, akiknek már *megvan* a maguk komplex gesztusnyelve? Úgy érzem, erre az az egyik lehetséges válasz, hogy az ember szisztematikusan kiirtotta mindazokat a másféle főemlősöket, akik az intelligencia jeleit mutatták. (Különösen igaz lehet ez azokra a főemlősökre, akik a szavannákon éltek; az erdők nyilván némi védelmet nyújtottak a csimpánzoknak és a gorilláknak az ember pusztítása ellen.) Talán a természetes szelekció eszközei voltunk, amikor elnyomtuk intellektuális versenytársainkat. Alighanem addig szorítottuk vissza az intelligencia és a nyelvi készség határait az emberen kívüli főemlősök között, amíg intelligenciájuk éppen hogy észrevehetetlenné vált. Amikor elkezdjük a csimpánzokat gesztusnyelvre tanítani, egyben megkésített kárpótlást is próbálunk nyújtani nekik.

6. MESÉK EGY HOMÁLYOS ÉDENBŐL

Vének vagyunk, mi emberek: Álmaink mesék Egy homályos Édenből...

WALTER DE LA MARE MIND, AMI MÚLT

- No, ez máris megkönnyebbülés - mondta magában, miközben a fák közé lépett -, a nagy melege beérni ebbe a jó hűvös... ebbe a... micsodába is? - hökkent meg, mert nem jutott eszébe a szó. - Szóval kellemes itt ezek alatt a szép... szóval ezek alatt, ni! - kezét egy fa törzsére tette. - Hogy is hívják ezt? Azt hiszem, nincs neve... hát persze, biztos, hogy nincs!

Egy percig némán állt és gondolkodott, aztán hirtelen ismét rákezdte:

- Tehát mégiscsak megtörtént! No és vajon én ki vagyok? Biztos, hogy eszembe jut, ha igyekszem! És én nagyon igyekszem!

De az igyekezet nemigen segített; hosszúhosszú fejtörés után is csak annyi jutott eszébe: - L, az biztos, hogy L-lel kezdődik.

LEWIS CARROLL / ALICE TÜKÖRORSZÁGBAN
/Révbíró Tamás fordítása/

... Ne jöjj
A sárkány és haragja közé...

SHAKESPEARE / LEAR KIRÁLY
/Vörösmarty Mihály fordítása/

... a balga emberek
mily sok csapást mértek, míg értelmet én adtam nekik s hogy ésszel élni tudjanak...
Előbb, ha láttak is, hiába láttak ők, s amit hallottak, azt sem értették, akár az álmoképek
élték végig életük...

AISZKHÜLOSZ / LELÁNCOLT PROMÉTHEUSZ
/Trencsényi-Waldapfel Imre fordítása/

Prométheusz dührohamot kap a jogos felháborodástól. Megismertette a gőzös agyú és babonás emberiséget a civilizációval, Zeusz pedig fáradozásaiért egy sziklához láncolta, és odaplántált egy keselyűt is, hogy marcangolja a máját. A főnti idézetet követő részletben Prométheusz felsorolja a tűzön kívül a többi ajándékot, amellyel elhalmozta az emberiséget. Ezek rendre: a csillagászat, a matematika, az írás, az állatok háziasítása, a szekér, a vitorlás hajó és az orvoslás feltalálása, az álmokból és egyéb módszerekkel történő jövőndölés felfedezése. Az utolsó ajándékot mi, modern emberek furcsának találjuk. A Genézisnek az Édenből való kiűzetésről szóló beszámolója mellett, úgy tetszik, a *Leláncolt Prométheusz* a nyugati irodalomnak az a másik fontos munkája, amely életképes allegóriával szolgál az ember evolúciójáról, bár ez sokkal inkább a „fejlesztőre” koncentrál, mint a „fejlesztettre”. A görög „Prométheusz” szó „előrelátást” jelent, azt a tulajdonságot, amely állítólag a neokortex homloklebenyeiben lakozik. Aiszkhülosz jellemábrázolásában mind az előrelátás, mind a szorongás szerepet kap.

Mi a kapcsolat az álmok és az ember evolúciója között? Aiszkhülosz talán azt mondja, hogy ember előtti őseink éber életükben is a mi áloméletünkkel rokon állapotban éltek, és az emberi intelligencia kifejlődésének egyik fő jótéteménye az a képességünk, amelynek révén megértjük az állatok igazi természetét és értelmét.

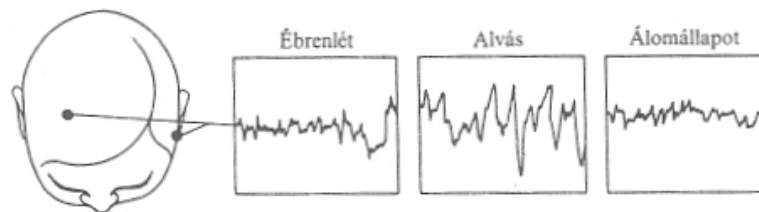
Az emberi elmének a jelek szerint három alapvető állapota van: az ébrenlét, az alvás és az álom. Az agy elektromos hullámain kimutató elektroencefalográf (EEG) az agy elektromos tevékenységének egymástól teljesen különböző mintáit jegyzi fel ebben a három állapotban.* Az agyhullámok nagyon kicsiny áramokat és feszültségeket mutatnak, melyeket az agy elektromos hálózata hoz létre. Az agyhullámjelek áramerősségét mikrovoltban mérik, jellegzetes frekvenciáik 1 és kb. 20 Herz (azaz másodpercenkénti rezgés) között vannak, ami jóval kevesebb az észak-amerikai konnektorokban található másodpercenként 60 rezgéses váltóáramú frekvenciánál.

* Az elektroencefalográfiát (EEG) Hans Berger német pszichológus találta fel, akit a dologban a jelek szerint főleg a telepátia érdekelt. Csakugyan fel is lehet használni egyfajta rádiótelepátiára: az emberek képesek akaratlagosan ki- és bekapcsolni bizonyos agyhullámaikat - például az alfa-ritmust -, bár ehhez némi gyakorlás szükséges. Ha efféle gyakorlattal és némi képzettséggel rendelkező személyt elektroencefalográfhoz és rádióadóhoz kapcsolnak, elvben meglehetősen komplex üzeneteket képes egyfajta alfa-hullámos morzéval továbbítani, pusztán azzal, hogy a megfelelő módon gondol rájuk. Lehetséges, hogy ennek a módszernek némi gyakorlati haszna is lehetne, lehetővé tehetné például súlyos agyvérzés miatt megbénult betegek számára a kommunikációt. Történeti okokból az álom nélküli alvást „lassú hullámú alvásnak”, az álomállapotot pedig „paradox alvásnak” hívják.

De mire jó az alvás? Az nem kétséges, hogy ha túlságosan sokáig ébren maradunk, testünk olyan neurokemikáliákat képez, amelyek a szó szoros értelmében rákényszerítenek minket az alvásra. Ha állatokat nem engednek aludni, ilyen molekulák képződnek a gerincagyi folyadékukban (likvor), és ha ezt a cerebrospinalis folyadékot teljesen éber állatokba fecskendezzük, elalszanak tőle. Tehát az alvásnak valami nagyon nyomós oka kell legyen.

A fiziológia és a népi gyógyászat hagyományos válasza erre egybehangzóan az, hogy az alvásnak erősítő hatása van: alkalmat ad rá a testnek, hogy a napi élet szükségleteiből kiszakadva testi-lelki nagytakarítást végezzen. De attól eltekintve, hogy a józan ész szerint kézenfekvő, ezt a nézetet a jelek szerint csak igen szegényes bizonyítékok támasztják alá, ezenfelül vannak aggasztó oldalai is. Az állatok például rendkívül sebezhetők, amikor alszanak. Bár a legtöbb állat fészekben, barlangban, faodúkból vagy más védett vagy álcázott helyen alszik, álmában mégis nagyon tehetetlen. A mi éjszakai sebezhetőségünk is nagyon nyilvánvaló: a görögök testvéreknek tartották Morpheuszt és Thanatoszt, az álom és a halál isteneit.

Ha az alvásra nem volna valami okból biológiailag rendkívül erős szükség, akkor a természetes szelekció kifejlesztett volna olyan állatokat, amelyek nem alszanak. Vannak olyan állatok - a kétujjú lajhár, a tatu, az oposzum és a denevér -, amelyek, legalábbis az évszakos kábulatuk állapotában, napi tizenkilenc-húsz órát is alszanak, más állatok viszont - a közönséges cickány és a Dall-féle delfin - állítólag nagyon kevés alvással beérik. Akadnak emberek is, akiknek nincs szükségük több alvásra éjszakánként egy-három óránál. Ezek másod- és harmadállást vállalnak, fenn pizsmognak éjszaka, miközben a házastársuk teljesen kimerül, és a jelek szerint mégis teljes, éber és konstruktív életet élnek. A családtörténetek arra vallanak, hogy ezek a hajlamok örökletesek. Előfordult egy eset, amikor a feleség kábult megrökönyödésére mind a férjét, mind a kislányát ez az áldás vagy átok szállta meg. Az asszony azóta el is vált, ebből az újfajta összeférhetlenségi okból, és a kislányt az apának ítelték. Az efféle példák azt sejtetik, hogy az alvás erősítő funkciójának hipotézise a legjobb esetben sem teljes magyarázat.



29 / Normális ember jellegzetes EEG-görbéi ébrenlét, alvás és álom közben.

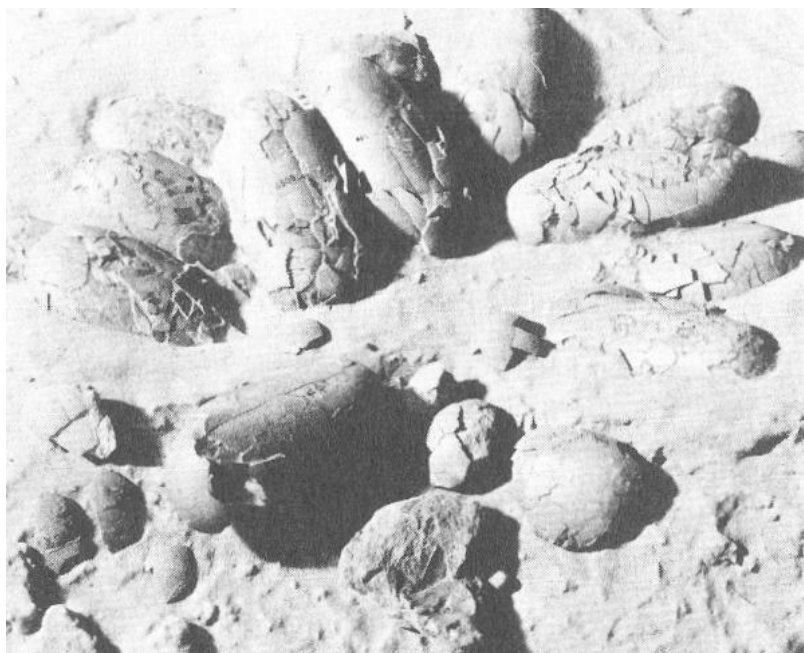
Pedig az alvás roppant ősi valami. Elektroencefalográfiás értelemben közös bennünk az összes főemlőssel, majdnem az összes emlőssel, és talán egészen a hüllőkig visszanyúl. Egyes emberekben halántéklebenyi epilepsziát és a vele járó öntudatlan, automatikus viselkedési állapotot válthat ki a mélyen a halántéklebeny alatt fekvő amygdala spontán elektromos ingerlése másodpercenként néhány rezgés (néhány Herz) frekvencián. Az alvástól nem sokban különböző rohamokról számoltak be olyan esetekben, amikor az epileptikus beteg naplemente vagy napfelkelte körül a kocsiját vezette, és egy léckerítés került közé és a Nap közé; bizonyos sebességnél a kerítéslécek pontosan a kritikus ütemben takarták el a Napot, és a rezonáns frekvencián olyan rezgést hoztak létre, amely rohamokat váltott ki. A napi életritmusról, a fiziológiai funkciók napi ciklusáról tudjuk, hogy legalább az olyan alacsonyrendű állatokig visszanyúl, mint a puhatestűek. Mivel a halántéklebeny alatti egyéb limbikus régiók elektromos ingerlésével, mint előbb leírtuk, bizonyos tekintetben az alvásra emlékeztető állapotot lehet előidézni, azok a központok, amelyek az alvást és az álmokat kezdeményezik, nem fekszenek túlságosan távol egymástól az agy zugai közt.

Újabban némi bizonyíték merült fel arra, hogy az alvás kétféle típusa, az álmodó és az álomtalan alvás, az állat életstílusától függ. Truett Allison és Domenic Cicchetti, a Yale Egyetem kutatói úgy találták, hogy a ragadozók nagy statisztikai valószínűséggel többet álmodnak, mint a zsákmányállatok, ezeknél viszont az álomtalan alvásnak sokkal nagyobb a valószínűsége. Ezeket a vizsgálatokat mind emlősökön végezték, és csak különböző fajok között érvényesek, a fajon belül nem. Az álmodó alvás során az állat erősen korlátozva van a mozgásában, és figyelemre méltóan érzéketlen a külső ingerekre. Az álomtalan alvás sokkal felszínesebb, mindnyájan tanúi voltunk már annak, amikor a látszólag mélyen alvó kutya vagy macska valami hangra a fülét hegyezi. Az is általános nézet, hogy amikor az alvó kutya a lábait mozgatja, mintha futna, akkor vadászatról álmodik. Azt a tényt, hogy napjainkban a zsákmányállatok közt ritka a mély, álmodó alvás, magától értetődően a természetes szelekció eredményének tudjuk be. Ám az olyan organizmusoknak, melyek ma túlnyomórészt prédaállatok, esetleg ragadozó őseik voltak, és *vice versa*. Ezenfelül a ragadozóknak általában nagyobb az abszolút agytömegük, és az agytömeg aránya is magasabb a testtömeghez viszonyítva, mint zsákmányállataiknál. Ma, amikor az alvás erősen kifejlődött, érthető, hogy a buta állatokat kevésbé gyakran bénítja meg a mély alvás, mint az okosakat. De miért kell nekik egyáltalán mélyen aludniuk? Miért kellett az ilyen mélységes bénultság állapotának egyáltalán kifejlődnie?

Az alvás eredeti funkciójára vonatkozólag talán hasznos lesz utalni arra a tényre, hogy a delfinek, a bálnák és általában a víziemlősök a jelek szerint nagyon keveset alszanak. Az óceánban nincs hol elrejtőzni. Lehetséges, hogy az alvás nem növeli az állat sebezhetőségét, hanem éppen az a funkciója, hogy *csökkentsen* azt? Wilse Webb, a floridai egyetem és Ray Meddis, a londoni egyetem kutatója szerint pontosan ez a helyzet. Minden organizmus alvási stílusa finoman alkalmazkodott az állat környezetéhez. Elképzelhető, hogy azokat az állatokat, amelyek túlságosan buták hozzá, hogy saját jóvoltukból erősen kockázatos időszakokban nyugton maradjanak, az álom engesztelhetetlen karja teszi mozdulatlaná. Különösen találónak látszik ez a nézet a ragadozó állatok kölykeire nézve: a tigriskölyköket nemcsak rendkívül hatékony, pompás védőszínezet borítja, hanem nagyon sokat is alszanak. Érdekes ez az elképzelés, és valószínűleg legalább részben igaz is. Nem magyaráz meg azonban mindent. Miért alszanak az oroszlánok, melyeknek alig van természetes ellenségük? Ez a kérdés azonban még nem jelenti az elképzelés megsemmisítő cáfolatát, mert az oroszlán alighanem olyan állatokból fejlődött ki, amelyek korántsem voltak az állatok királyai. Hasonlóképpen a serdülő gorillák is, noha nemigen van félnivalójuk, minden éjjel fészket építenek maguknak - talán azért, mert sebezhetőbb ősökből fejlődtek ki. Vagy valamikor talán az oroszlánok és a gorillák ősei náluk is félelmetesebb ragadozóktól félték.

Az immobilizálás (mozdulatlaná tétele) hipotézise különösen találónak látszik az emlősök esetében, amelyek egy olyan korszakban fejlődtek ki, amelyben sziszegő, mennydörgő, félelmetes hüllők uralkodtak. A hüllők azonban majdnem mind hideg vérűek,* és ezért a trópusokat kivéve éjszaka mozdulatlanságra kényszerülnek. Az emlősök meleg vérűek, és éjszaka is működőképesek. A triász korszakban, mintegy kétszázmillió évvel ezelőtt, az éjszakai rejtékhelyek a trópusokon kívül alighanem szinte teljesen lakatlanok voltak. Sőt, Harry Jerison azt is fölvetette, hogy az emlősök evolúcióját az akkor rendkívül kifinomultnak számító (ma már közkeletű) hallás és szaglás, tehát az éjszakai távolságérzékelés és tárgyérzékelés érzékszerveinek kifejlődése kísérte, és a limbikus rendszer az ezekkel az újonnan kialakult érzékszervekkel szerzett gazdag adattömeg

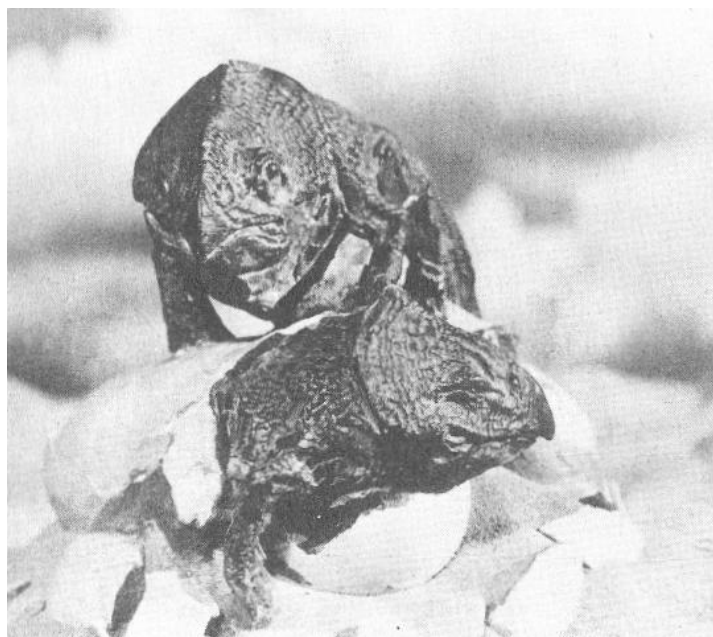
* Robert Bakker, a Harvard Egyetem paleontológusa fölvetette, hogy legalábbis egyes dinoszauruszok jelentős mértékben meleg vérűek voltak, ám még akkor is valószínűnek látszik, hogy nem voltak olyan érzéketlenek az éjjeli-nappali hőmérsékletváltozásra, mint az emlősök, és éjszaka lényegesen lelassultak.



30 / Krétakori *Protoceratops* tojásai a fészükben. A Mongol Népköztársaságból.
Az American Museum of Natural History szíves engedélyével

feldolgozásának szükségessége miatt fejlődött ki. (A hüllőknél a vizuális információk feldolgozásának jó részét nem az agy, hanem a retina végzi; a neokortexben lévő optikai adatfeldolgozó apparátus nagyrészt későbbi evolúciós fejlemény.)

A korai emlősök számára talán létfontosságú volt, hogy mozdulatlanok legyenek, és elrejtőzzenek a napfényes órákban, amelyekben a ragadozó hüllők uralkodtak. Olyan tájat képzelek magam elé a késői mezozoikumból, amelyben nappal az emlősök, éjjel pedig a hüllők ájultan alszanak. Ám éjjel még a



31 / Tojásból kikelő *Protoceratops* rekonstrukciója.
Az American Museum of Natural History szíves engedélyével

szerény húsevő emlősök is súlyos fenyegetést jelenthettek a hidegtől mozdulatlanná vált hüllőkre, különösen a tojásaikra.

Belső koponyatérfogatukból ítélve (1. a 4. ábrát) a dinoszauruszok az emlősökhöz képest hallatlanul ostobák voltak. Hogy néhány „jól ismert” esetet vegyünk : a *Tyrannosaurus rex* agytérfogata kb. kétszáz köbcentiméter volt, a *Brachiosaurus*-é százötven, a *Triceratops*-é hetven, a *Diplodocus*-é ötven, a *Stegosaurus*-é harminc köbcentiméter. Egyetlenegynek az abszolút agytömege sem közelítette meg a



32 / A *Saurornithoides* nevű kis intelligens dinoszaurusz, amint éppen emlősállatokat fog. Krétakori példányai Kanadából és a Mongol Népköztársaságból kerültek elő.

csimpánz agyáét, és a kéttonnás *Stegosaurus* valószínűleg sokkal butább volt a nyúlnál. Ha a dinoszauruszok hatalmas testsúlyát is számításba vesszük, agyuk kicsisége még megdöbbentőbb: a *Tyrannosaurus* nyolc, a *Diplodocus* tizenkettő, a *Brachiosaurus* nyolcvanhét tonnát nyomott. Az agy súlyának a testsúlyhoz viszonyított aránya a *Brachiosaurus*-nál tízezerszer kisebb volt, mint az embernél. Ugyanúgy, ahogy a testsúlyukhoz képest a legnagyobb agyú halak a cápák, az olyan húsevő dinoszauruszoknak is, mint a *Tyrannosaurus*, viszonylag nagyobb agyuk volt az olyan növényevőknél, mint a *Diplodocus* és a *Brachiosaurus*. Biztos vagyok benne, hogy a *Tyrannosaurus* hatékony, rémítő, öldöklő masina volt. De félelmetes külsejük ellenére a dinoszauruszok mégis sebezhetőnek látszanak olyan elszánt és intelligens ellenfelekkel szemben, amilyenek a korai emlősök voltak.

Mezozoikus jelenetünknek van valami furcsa, vámpírszerű jellege: nappal húsevő hüllők vadásznak az okos, alvó emlősökre, éjjel pedig a húsevő emlősök vadásznak az ostoba, mozdulatlan hüllőkre. Bár a hüllők betemették a tojásaikat, valószínűtlen, hogy aktívan védelmezték volna akár őket, akár fiatal ivadékaikat. Efféle viselkedésre még a mai hüllőknél is nagyon kevés példa akad, és nehéz elképzelni a *Tyrannosaurus rex*-et, amint ül a tojásain. Ezért győztek talán a vámpírok őskori háborújában az emlősök: legalábbis egyes paleontológusok szerint a dinoszauruszok kihalását meggyorsította, hogy a korai emlősök éjszaka elragadták a hüllők tojásait. Az emlősöknek ebből az ősi étrendjéből - legalábbis a felszínen - talán csak a reggeli két tyúktovás* maradt meg.

Az agytömeg-testtömeg arány kritériuma szerint a dinoszauruszok közül a *Saurornithoides* család volt a legintelligensebb, agytömegük átlagosan ötven gramm volt kb. ötven kilogrammos testsúlyukhoz viszonyítva, ami az 5. ábrán a strucc közelébe helyezi őket. Csakugyan hasonlítottak is a struccokhoz. Tanulságos lenne a fosszilis koponyáik belső térfogatáról készült öntvények tanulmányozása. Élelemként valószínűleg kisebb állatokra vadásztak, és kézszerű végtagjaik négy ujját sok különféle feladatra alkalmazták (1. 32. ábra).

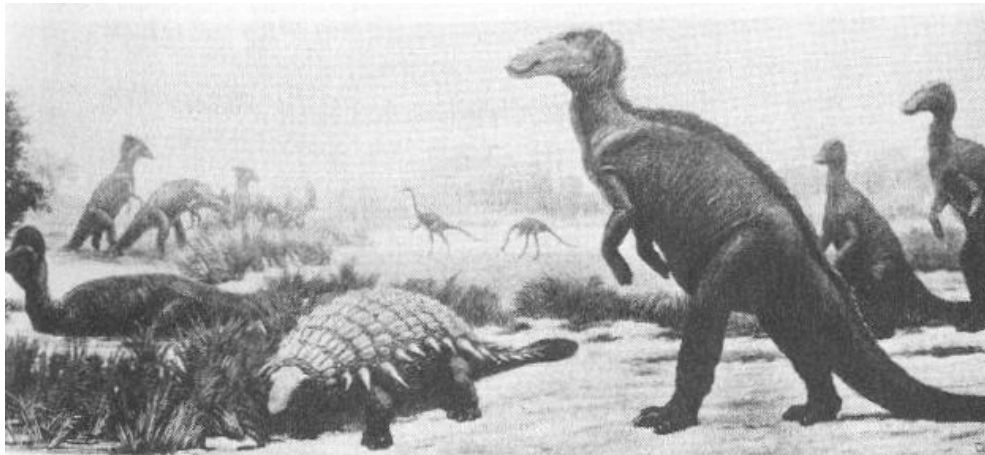
* Mellesleg a madarak a dinoszauruszok legfontosabb élő leszármazottai.

Érdekes állatok voltak, el lehet gondolkodni rajtuk. Ha a dinoszauruszok nem haltak volna ki rejtélyes módon kb. hatvanötmillió évvel ezelőtt, vajon nem fejlődött volna-e tovább a *Saurornithoides* család egyre intelligensebb formákká? Vajon megtanultak volna-e közösen nagyobb emlősökre vadászni, amivel talán megakadályozhatták volna az emlősöknek a mezozoikum végét követő nagyarányú elszaporodását? Ha a dinoszauruszok nem halnak ki, vajon nem a *Saurornithoides* leszármazottai volnának-e ma az élet uralkodó formái a Földön, akik könyveket írnak és olvasnak, és azon törik a fejüket, mi történt volna, ha az emlősök válnak uralkodóvá? Vajon az uralkodó létformák nem úgy vélnék-e, hogy a nyolcas számrendszer a természetes, a tízes pedig afféle szeszély, amelyet csak az „új matematika” tanít?

Sok minden, amit a földtörténet utolsó néhány tízmillió évében fontosnak tartunk, a jelek szerint a dinoszauruszok kihalásán múlt. Tudományos hipotézisek tucatjai próbálják megmagyarázni ezt az eseményt, amely a jelek szerint figyelemre méltóan gyorsan zajlott le, és mind földi, mind vízi formákat általánosan sújtotta. Ám mindezek a magyarázatok csak részben látszanak kielégítőnek, pedig skálájuk a nagyarányú klimatikus változásoktól az emlősök ragadozóvá válásán keresztül egy olyan növény kihalásáig terjed, amelynek, úgy látszik, hashajtó tulajdonságai voltak. (Ebben az esetben a dinoszauruszok a székrekedéstől haltak volna ki.)

A hipotézisek közül az egyik legérdekesebb és legígéretesebb az az elképzelés, amelyet először I. Sz. Szlovcskij, a Szovjet Tudományos Akadémia Koszmikus Kutatási Intézetének munkatársa vetett fel. Eszerint a dinoszauruszok egy közeli szupernóva kitörése miatt haltak volna ki: felrobbant egy tőlünk néhány száz fényévre lévő csillag, ennek következtében légkörünkben nagy energiájú töltött részecskék hatalmas áradata jelent meg, ezek megváltoztatták a légkör tulajdonságait, és talán elpusztították ózonpajzsát, ami halálos mennyiségű ibolyántúli sugárzást tett lehetővé. Az éjszakai életmódú állatok, például a korabeli emlősök, és az olyan mélytengeri állatok, mint a halak, túlélhették ezt a magasabb intenzitású ibolyántúli sugárzást, de a nappali állatok, amelyek a föld vagy a vizek felszínén éltek, a pusztítás elsőrendű célpontjai lettek. Az efféle katasztrófának nagyon találó a neve: maga az angol „disaster” szó is „rossz csillagzatot” jelent.

Ha az események sorozatának ez az értelmezése helytálló, akkor a Földön az utolsó hatvanötmillió évben végbement biológiai evolúciónak és az emberiség létezésének folyamatát lényegében egy távoli nap halálára lehet visszavezetni. Talán más bolygók is keringtek e körül a csillag körül, talán ezeknek a bolygóknak valamelyikén is virágzott egy évmilliárdok során át kifejlődött élővilág. A szupernóva kitörése minden bizonnyal minden életet kioltott azon a bolygón, és valószínűleg a légkörét is szétszórta a világűrbe. Lehetséges, hogy létünket egy hatalmas csillagkatasztrófa köszönhetjük, amely másutt bioszférákat és világokat pusztított el?



33 / Krétakori táj rekonstrukciója Nyugat-Kanada egyik mocsaras vidékén. Az itt bemutatott dinoszauruszok nagyrészt kétlábúak és növényevők. Amennyire tudjuk, mindezek a formák röviddel később kihaltak.

A dinoszauruszok kihalása után az emlősök beköltöztek a nappali ökológiai „fülkékbe”. Biztos, hogy a főemlősöknek a sötétségtől való félelme viszonylag friss fejlemény. Washburn elmondja, hogy a páviáncsecsemők és más fiatal főemlősök a jelek szerint csak három velük született félelemmel jönnek a világra - félnek a lezuhanástól, a kígyóktól és a sötétségtől. Ezek pedig rendre megfelelnek azoknak a veszélyeknek, amelyeket a fán lakó organizmusok számára a newtoni gravitáció, ősi ellenségeink, a hüllők, és azok az éjszakai emlős ragadozók jelentettek, amelyek különösen rémítőtírek lehettek a vizuális orientációjú főemlősök szemében.

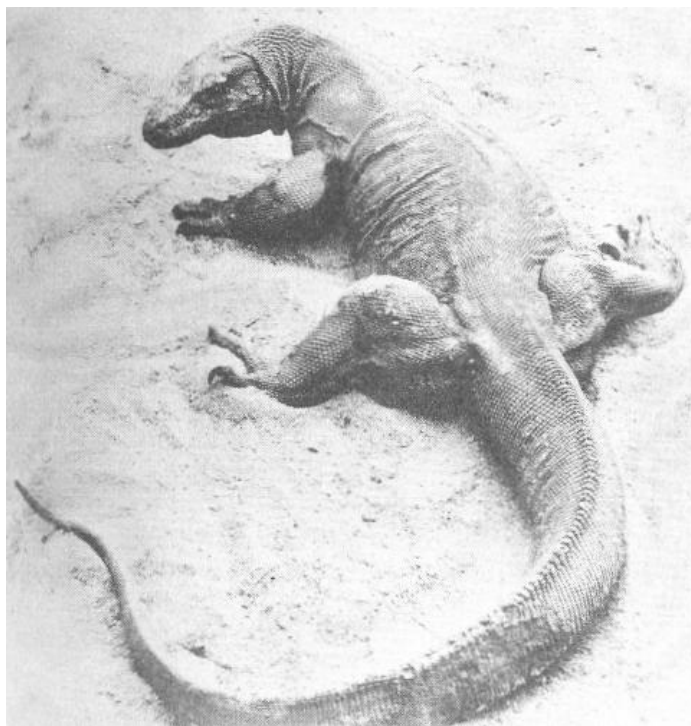
Ha a vámpírhipotézis helytálló - márpedig ez a legvalószínűbb hipotézis -, akkor az alvás funkciója mélyen beépült az emlősök agyába: az alvás legősibb korszakuk óta alapvető szerepet játszott az emlősök fennmaradásában. Mivel a primitív emlősök számára a faj fennmaradása szempontjából az alvás nélküli éjszakák veszélyesebbek lettek volna, mint a szex nélküli éjszakák, az alvásnak erőteljesebb hajtóerőnek kellett lennie a szexnél - holott legtöbbünk szemében az látszik erősebbnek. Végül azonban az emlősök fejlődése eljutott egy olyan pontig, ahol az alvást a megváltozott körülmények már módosíthatták. A dinoszauruszok kihalásával a nappal hirtelen jótékony környezetté vált az emlősök számára. Nem volt többé kötelező a nappali mozdulatlanság, ezért lassan az alvási minták széles változatossága fejlődött ki, egyebek közt a mai korreláció a ragadozók erős álomhajlama és emlős zsákmányállataik éberebb, álomtalan alvása között. Azok az emberek, akik éjjelente alig néhány órás alvással beérik, talán egy újfajta emberi alkalmazkodás előhírnökei, amely teljesen ki fogja majd használni a napnak mind a huszonnégy óráját. Én a magam részéről őszintén szólva nagyon irigylem az ilyen adaptációt.

Az emlősök eredetével kapcsolatos találgatásokból valamiféle tudományos mítosz kerekedik ki: lehet, hogy van némi igazságmagvuk, de nem valószínű, hogy a teljes történetet megmagyarázzák. Talán véletlen, talán nem, hogy ezek a tudományos mítoszok érintkeznek náluk sokkal ősbibb, másfajta mítoszokkal. Könnyen lehetséges, hogy csak azért vagyunk képesek tudományos mítoszokat kitalálni, mert előzőleg ki voltunk téve a másfajta mítoszok hatásainak. Ennek ellenére nem tudok ellenállni a kísértésnek, hogy ezt az emlősök eredetéről szóló beszámolót össze ne kapcsoljam az Édenből való kiűzetés bibliai mítoszával egy másik furcsa aspektusával: hiszen a Bibliában természetesen éppen egy hüllő kínál fel Ádámnak és Évának a jó és rossz tudásának gyümölcsét - az absztrakt és morális neokortex-funkciókat.

Néhány nagy hüllő napjainkra is fennmaradt Földünkön. Közülük a legmegdöbbentőbb az indonéziai Komodo-sziget sárkánya: hideg vérű, nem túl okos állat, de vérfagyasztóan céltudatos ragadozó. Hallatlan türelemmel cserkész be az alvó őzet vagy vaddisznót, aztán hirtelen elkapja az egyik hátsó lábát, és addig nem ereszt el, amíg áldozata el nem vérzik. Zsákmányát szaglása segítségével találja meg: a vadászó sárkány csetlik-botlik, esetlenkedik, lehajtott fejjel jártatja villás nyelvét a talaj felett, kémiai nyomokat keresve. Legnagyobb felnőtt példányai kb. százharmincöt kilogrammot nyomnak, három méter hosszúak, és talán egy évszázadig is élhetnek. A sárkány a tojásai védelmére két métertől egészen kilenc méterig terjedő mélységű árkokat ás - valószínűleg védekezésül a tojásevő emlősök és saját fajtársai ellen: a felnőtt példányokról ismeretes, hogy néha becserkésznek egy-egy fészket, megvárják, amíg a frissen kikelt fiatalok kibújnak, aztán különleges csemegeként felfalják őket. A ragadozók elleni alkalmazkodás újabb nyilvánvaló példájaként ezek a sárkánycsemeték fákon élnek.

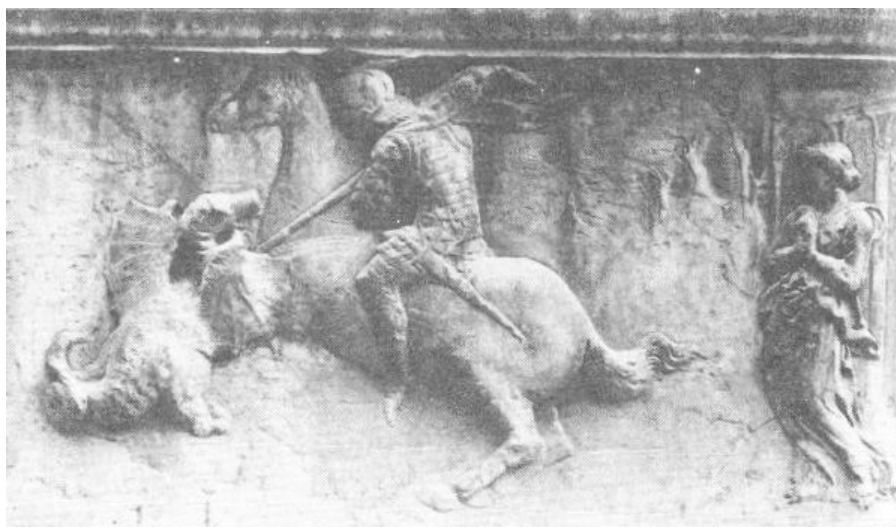
Ezeknek az alkalmazkodásoknak a figyelemre méltó alapossága világosan arra vall, hogy a sárkányok bajban vannak Földünkön. A Komodosárkány vadon már csak a Kis-Szunda-szigeteken él.* Mindössze körülbelül kétezer példány maradt fenn. Már eldugott lelőhelyük is arra utal, hogy a sárkányok az emlősök, főleg az ember ragadozó pusztítása miatt közel állnak a kihaláshoz. Az utolsó kétszáz év története is ezt a végkövetkeztetést tá-

* A Nagy- Szunda-szigeteken - közelebből Jáván- találta meg E. Dubois 1891-ben a majdnem ezer köbcentiméteres belső koponyatérű *Homo erectus* első példányát.



34 / *Varanus komodoensis*, a komodói sárkány, az indonéziai Komodóból.
Az American Museum of Natural History szíves engedélyével.

masztja alá. Földünkön minden kevésbé szélsőségesen alkalmazkodott vagy kevésbé félreeső élőhelyű sárkány kihalt. Még azon is eltűnődöm, vajon az a tény, hogy az adott testtömegre eső agytömeg az emlősöknél, illetve a hüllőknél szisztematikusan szétvált (1. 4. ábra), nem annak következménye-e, hogy az emlős ragadozók módszeresen kiirtották az okos sárkányokat. Mindenesetre nagyon valószínű, hogy a nagy hüllők populációja a mezozoikum vége óta állandóan csökken, bár még egy-kétezer évvel ezelőtt is sokkal több volt belőlük, mint napjainkban.



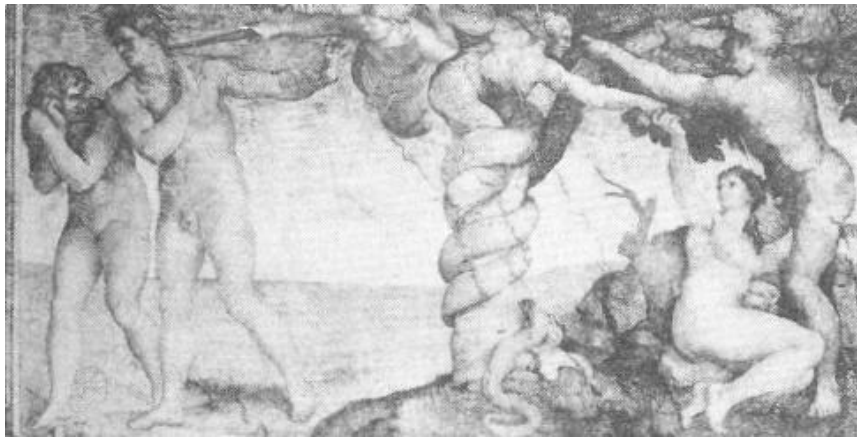
35 / Szent György megöli a sárkányt. Donatello reliefje a firenzei San Michele-templom Chiesa d'Or nevű kapujárói.

Foto: ALINARI

Valószínűleg nem véletlen, hogy számos kultúra népi legendáit át- meg átjárják a sárkánymítoszok. Az ember és a sárkány közötti engesztelhetetlen kölcsönös ellenségesség mítosza, ahogyan Szent György legendája példázza, a Nyugaton a legerősebb. (A Genézis 3. fejezetében Isten örök ellenségességet rendel el a hüllők és az emberek közt.) Ám ez nem pusztán nyugati rendellenesség - világméretű jelenség. Pusztán véletlen volna, hogy a csendet parancsoló vagy figyelmet felhívó általánosan használt emberi

Furcsa módon a pekingi ember - a *Homo erectus*, melynek maradványai világos kapcsolatban állnak a tűz használatával - első reprezentatív koponyáját Kína Hszincsiang tartományában éppen egy Sárkányok hegyének nevezett helyen találta meg 1929 végén Pej Ven-csung.

hangok mintha a hüllők sziszegését utánoznák? Lehetséges, hogy a sárkányok néhány millió évvel ezelőtt problémák elé állították előemberi őseinket, és hogy a rémület, amit ébresztettek, és a sok halál, amit okoztak, hozzájárult az emberi intelligencia evolúciójához? Vagy a kígyó metaforája talán agyunk agresszív, ritualisztikus hüllőösszetevőjének hasznára utal a neokortex további evolúciójában? A Bibliában egyetlen példát találunk arra, hogy az emberek megértik az állatok nyelvét: a Genézis beszámol róla, hogyan kísértette meg az Édenben egy hüllő az embert. Amikor féltünk a sárkányoktól, nem önmagunk egy részétől féltünk-e? Akár így, akár úgy, az Édenben *voltak* sárkányok.



36 / Az emberkígyó kísértése, és kiűzetés a paradicsomból. A sixtusi kápolna mennyezetfreskójáról.
SCALA NEW YORK / FLORENCE

A legfiatalabb fosszilis dinoszaurusz korát körülbelül hatvanmillió évre teszik. Az ember családja (de nem a *Homo* nem) néhányszor tízmillió éves. Létezhetek emberszerű lények, akik ténylegesen találkoztak a *Tyrannosaurus rex*-szel? Létezhetek dinoszauruszok, amelyek megúszták nemzetségük krétakori kihalását? Lehetséges, hogy a „szörnyetegekről” szóló kínzó álmok és a velük kapcsolatos általános félelmek, amelyek a gyerekekben röviddel azután alakulnak ki, hogy megtanulnak beszélni, a sárkányokra és baglyokra való kifejezetten adaptív reakciók - páviánszerű - evolúciós maradványai?*

Milyen funkciót szolgálnak ma az álmok? Az egyik, tekintélyes tudományos folyóiratban megjelent nézet szerint az álmoknak az a funkciójuk, hogy időnként egy kissé felébresszenek, hogy lássuk, nem akar-e valaki éppen megenni minket. Ám az álmok a normális alvásnak viszonylag olyan kis részét töltik ki, hogy ez a magyarázat nem túlságosan meggyőző. Ráadásul, mint már láttuk, a bizonyítékok éppen az ellenkező irányba mutatnak: napjainkban nem az emlős zsákmányállatokra, hanem éppen az emlős ragadozókra jellemző az álmokkal telített alvás. Sokkal kézenfekvőbb az a számítógépes hasonlatra alapozott magyarázat, miszerint az álmok a napi élmények öntudatlan feldolgozásának és az agy azon döntésének „kihabzásai”, hogy mennyit tároljon a napi eseményekből egyfajta átmeneti tárolóban, és mennyi kerüljön belőlük a hosszú távú memóriába.

* E bekezdés megírása óta rájöttem, hogy már Darwin felvetett egy hasonló gondolatot: „Nem gyaníthatjuk-e, hogy a gyermekek homályos, de nagyon is valóságos félelmei, amelyek teljesen függetlenek a tapasztalattól, ősi, vad korok valódi veszélyeinek és sötét babonáinak öröklött hatásai? Ez teljesen összeegyeztethető volna azzal, amit azoknak az előzőleg jól kialakult jegyeknek az útadásáról tudunk, amelyek az élet korai szakaszában megjelennek, majd utána eltűnnek” - mint például a kopolyúnyílások az emberi embrióban.

Az előző nap eseményei gyakran jelennek meg álmaimban, a két nappal korábbiak már sokkal ritkábban. Az átmeneti tárolásnak és kivetésnek ez a modellje azonban aligha foglal magában mindent, mert nem magyarázza meg az álmok szimbolikus jellegére annyira jellemző, Freud által kimutatott „álruhákat”. Nem magyarázza meg továbbá az álmok kiváltotta erős érzéseket és indulatokat sem. Szerintem sok ember sokkal jobban megremül az álmaitól, mint bármi mástól, amit éber állapotban tapasztal.

Az álmok átmeneti tároló-kivető, illetve a memóriában elraktározó funkcióinak vannak érdekes társadalmi vonatkozásai is. Az amerikai Ernest Hartmann, a Tufts Egyetem pszichiátere anekdotikus, de elég meggyőző bizonyítékokat hozott fel arra, hogy azoknak az embereknek, akik napközben intellektuális, különösen számukra szokatlan intellektuális tevékenységet folytatnak, több alvásra van éjjel szükségük, míg azok, akik főleg ismétlődő, intellektuálisan igénytelen feladatokat látnak el, nagyjában-egészében kevesebb alvással is beérik. Igen ám, de a modern társadalmak, főleg a szervezés kényelmes egyszerűsítése miatt, úgy vannak berendezve, mintha minden embernek azonos lenne az alvásszükséglete; továbbá a világ számos részén a korán kelés erkölcsi erénynek számít. Az átmeneti tároláshoz és kivetéshez szükséges alvás mennyisége tehát attól függene, hogy mennyit gondolkodtunk és tapasztaltunk az utolsó alvás óta. (Arra nincs bizonyíték, hogy ez az oksági kapcsolat visszafelé is érvényes volna: a barbiturátokkal altatott emberek a köztes éber állapotokban tudomásunk szerint nem visznek végbe szokatlan intellektuális hőstetteket.) Ebből a szempontból érdekes lenne igen csekély alvásigényű egyedeket megvizsgálni, hogy vajon alvásidejük álommal töltött része nagyobb-e, mint a normális alvásigényű embereké, továbbá megállapítani, hogy éber állapotban szerzett tanulási tapasztalataik mennyiségével és minőségével párhuzamosan növekszik-e alvás- és álomidejük.

Michel Jouvet francia neurológus, a lyoni egyetem tanára úgy találta, hogy az álmodó alvást a *pons* (híd) váltja ki, amely bár a hátsóagyban helyezkedik el, kései és lényegében az emlősökre jellemző evolúciós fejlemény. Másfelől viszont Penfield megfigyelései szerint a neokortex és a limbikus rendszer halánték-lebenyi mély elektromos ingerlése epileptikusoknál a szimbolikus és fantasztikus vonásaiktól megfosztott álmokhoz nagyon hasonló féléber állapotot hoz létre, továbbá *déjà vu* élményeket is előidézhethet. Ilyen elektromos ingerléssel sokféle álomérzést, köztük félelmet is fel lehet kelteni.

Volt egyszer egy álmom, amely örökké gyötörni fog. Azt álmodtam, hogy szórakozottan lapozgatok egy vastag történelemtudományi könyvet. Az illusztrációkból tudtam, hogy a mű az efféle tankönyvek szokásos módján lassan végighalad az évszázadokon: klasszikus ókor, középkor, reneszánsz és így tovább, fokozatosan közeledve a modern korszakhoz. De aztán egyszer csak odaértem a második világháborúhoz, és még hátravolt vagy kétszáz oldal. Egyre növekvő izgalommal mélyedtem most már bele a könyvbe, míg csak bizonyos nem lettem benne, hogy túlhaladtam a saját korunkon. Ez a történelemtudományi könyv a jövőt is magában foglalta - mintha a kozmikus naptár december 31-es lapját átfordítva mögötte megtaláltam volna a teljesen részletes január 1-jét. Lélegzetviesszáfojtva próbáltam a szó szoros értelmében olvasni a jövőben. De ez lehetetlennek bizonyult. Egyes szavakat ki tudtam venni, még a nyomtatott betűk talpát is láttam, de nem tudtam a betűket szavakká, a szavakat mondatokká összerakni. Alexiás lettem.

Lehet, hogy ez mindössze a jövő megjósolhatatlanságának a metaforája. Csakhogy nekem állandó álomélményem, hogy nem tudok olvasni. Fel tudok ismerni például egy stoptáblát a színéről meg a nyolcszögletes alakjáról, de nem tudom elolvasni az ÁLLJ szót, bár tudom, hogy ott van. Az a benyomásom, hogy megértem egy nyomtatott oldal jelentését, de nem úgy, hogy szóról szóra, mondatról mondatra elolvasom. Az álom állapotában még egyszerű számtani műveleteket sem tudok végrehajtani. Változatos szótévesztéseket követek el, amelyeknek látszólag nincs semmiféle szimbolikus jelentőségük, például összekeverem Schumann és Schubertet. Kissé afáziás vagyok, és teljesen alexiás. Ismerőseim közül nem mindenkinek van meg álomállapotban ez a fajta kognitív fogyatékosága, de valamiféle fogyatékoságuk gyakran van. (Mellesleg a vakon születetteknek nem vizuális, hanem hallási álmaik vannak.) A neokortex távolról sincs teljesen kikapcsolva az álom állapotában, de a jelek szerint kétségkívül súlyos működészavarokat mutat. Okvetlenül figyelemre méltó az a látszólagos tény, hogy mind az emlősök, mind a madarak álmodnak, de közös őseik, a hüllők nem. A hüllőkön túli jelentős evolúciót álmok kísérték, és ez az evolúció talán meg is követelte az álmokat. A madarak alvásának elektromos jellemzői epizodikusak és kurták. Ha álmodnak, egyszerre mindig csak körülbelül egy másodpercig álmodnak. Ám a madarak evolúciós értelemben sokkal közelebb állnak a hüllőkhöz, mint az emlősök. Ha csak az emlősöket ismernénk, az érvelés ingatagabb lenne, de minthogy a hüllőkből kifejlődött mindkét nagy rendszertani csoport kénytelen álmodni, komolyan kell vennünk ezt az egybeesést. Miért kellene egy hüllőkből kifejlődött állatnak álmodnia, amikor más állatok nem álmodnak? Nem lehetséges, hogy azért, mert a hüllőagy még mindig jelen van és működik?

Álomállapotban rendkívül ritkán fordul elő, hogy gyorsan észre térítjük magunkat, és azt mondjuk: „Ez

csak álom.” Ehelyett nagyjában-egészében valósággal ruházzuk fel az álmotartalmat. Nincsenek olyan első következtetességi szabályok, amelyeket az álomnak követnie kellene. Az álom a varázslat és a ritmus, a szenvedély és a harag világa, és csak nagyon ritkán a kételkedés és az okoskodás. A hármasság metaforájában az álom részben a hüllőkomplexum és a limbikus kéreg funkciója, de nem funkciója a neokortex racionális részének.

A kísérletek arra utalnak, hogy az éjszaka előrehaladtával álmaink egyre korábbi anyagot hoznak elő a múltunkból, visszanyúlva egészen a gyermek- és csecsemőkorig. Ugyanakkor növekszik az elsődleges álmofolyamat és annak érzelemtartalma is. Sokkal valószínűbben álmodunk közvetlenül ébredés előtt bölcsődéskori szenvedélyeinkről, mint elalvás után. Nagyon úgy néz ki, hogy a napi tapasztalatok memóriánkba való integrálása, az új neuronkapcsolatok kiépítése vagy könnyebb, vagy sürgetőbb feladat. Az éjszaka előrehaladtával, amikor ez a funkció már beteljesült, előbukkannak az erősebben ható álmok, a bizarrabb anyag, a félelmek és a vágyak és az álmotartalmak más erőteljes érzelmei. Késő éjjel, amikor nagy a csönd, és a kötelező napi álmokat már átálmodtuk, mocorogni kezdenek a gazellák és a sárkányok.

Az álom tanulmányozásának egyik legjelentősebb eszközét William Dement, a Stanford Egyetem pszichiátere fejlesztette ki, aki olyan épeszű, amilyen csak ember lehet, ha foglalkozását nézve igencsak fura nevet visel is [*dement* angolul: eszement, örült]. Az álom állapotát sebes szemmozgások (REM = *rapid eye movement*) kísérik, melyeket alvás közben könnyedén a szemhéjakra ragasztott elektródákkal és az EEG egy sajátos agyhullámmintájával ki lehet mutatni. Dement rájött, hogy mindenki minden éjjel számos ízben álmodik. Ha a REM-alvás közepén felébresztenek valakit, rendszerint emlékszik az álmára. A REM és az EEG kritériumai alapján kiderült, hogy azok az emberek is álmodnak, akik azt állítják, hogy ők soha nem szoktak álmodni, mert amikor a megfelelő időpontban felébresztették őket, némileg meglepetten el kellett ismerniük, hogy álmodtak. Az emberi agy álom közben egy meghatározott fiziológiai állapotba kerül, és meglehetősen gyakran álmodunk. Bár a REM-alvás közben felébresztett kísérleti alanyoknak mintegy húsz százaléka nem emlékszik az álmaira, a nem REM-alvás közben felébresztett kísérleti alanyoknak pedig körülbelül tíz százaléka álmokról számol be, az egyszerűség kedvéért a REM- és az azt kísérő EEG-mintákat az álomállapottal fogjuk azonosítani.

Arra is van némi bizonyíték, hogy az álomra szükség van. Amikor embereket vagy más emlősöket megfosztanak a REM-alvástól (tüstént felébresztik őket, amint megjelennek a jellegzetes REM- és EEG álmominták), megnövekszik az éjszakánként elkezdődő álomállapotok száma, és súlyos esetekben nappali hallucinációk - azaz éber álmok - lépnek föl.

Említettem már, hogy az álom REM- és EEG-mintái kurták a madaraknál, és egyáltalán nem jelentkeznek a hüllőknél. Az álmodás a jelek szerint tehát elsődlegesen emlősfunkció. Sőt mi több, az álmodó alvás igen erőteljesen jelentkezik az embernél a születés utáni korai időszakban. Arisztotelész határozottan leszögezte, hogy a csecsemők egyáltalán nem álmodnak. Mi viszont, épp ellenkezőleg, úgy találjuk, hogy alighanem idejük legnagyobb részében álmodnak. Az időre született újszülöttek alvásidejük több mint felét a REM-álomállapotban töltik, a koraszülött csecsemőknél pedig az álomállapot a teljes alvásideő háromnegyede, vagy még annál is több. Lehet, hogy korábban, az anyaméhben belüli élete során a magzat egész idő alatt álmodik. (Újszülött kismacsákakon csakugyan megfigyelték, hogy teljes alvásidejüket REM-állapotban töltik.) Összefoglalva, mindez arra mutat tehát, hogy az álom evolúciós szempontból korai és alapvetően emlősfunkció.

A csecsemőlét és az álom között van még egy kapcsolat: mind a kettőt amnézia követi. E két állapot bármelyikén túlhaladva csak nagyon nehezen tudunk visszaemlékezni arra, amit közben tapasztaltunk. Szerintem mindkét esetben arról van szó, hogy a neokortexnek az analitikus emlékezés funkcióját ellátó bal oldali féltekéje nem működik elég hatékonyan. Lehetséges még az a magyarázat is, hogy mind álmainkban, mind a korai gyermekkorban valamiféle traumatikus amnéziát élünk át: élményeink fájdalmasabbak annál, hogysem emlékezzünk rájuk. Ám sok álmunk, amit elfelejtünk, igen kellemes, és nehéz elhinni, hogy a csecsemőkor *ennyire* kellemetlen volna. Vannak továbbá olyan gyermekek, akik képesek rendkívül korai élményeikre is visszaemlékezni. Az első életév végéről származó élmények nem mennek különös ritkaságszámba, és még korábbi emlékekre is akadnak lehetséges példák. Hároméves korában Nicholas fiamtól megkérdezték, mi az a legkorábbi esemény, amire vissza tud emlékezni, ő pedig suttogó hangon, a távolba bámulva azt válaszolta: - Vörös volt, és nagyon fáztam. - Császármetszéssel született. Bármilyen valószínűtlen, vajon nem lehetséges-e mégis, hogy csakugyan emlékszik a születésére? Mindenesetre sokkal valószínűbbnek tartom, hogy a gyermekkor és az álomamnédia abból ered, hogy ezekben az állapotokban szellemi életünket majdnem teljes egészében a hüllőkomplexum, a limbikus rendszer és a jobb agyfélteke határozza meg. Gyermekkorunk legelején a neokortex még fejletlen, amnéziában pedig tökéletlen a működése.

Meglepő korreláció áll fenn a péniszes vagy klitorális erekció és a REM-alvás között, még akkor is, amikor a manifesztált álmotartalomnak nincsen semmiféle nyílt szexuális aspektusa. A főemlősöknél ezek az erekciók a szexualitáshoz (no persze!), az agresszióhoz és a társadalmi hierarchiák fenntartásához kapcsolódnak. Én azt hiszem, amikor álmodunk, egy részünk olyan tevékenységgel foglalatosskodik, amelyek erősen hasonlítanak a Paul MacLean laboratóriumában látott selyemmajmokéihoz. Az ember álmaiban az R-komplexum működik: hallhatjuk a sárkányok sziszegését és recsegő hangjait, és még mennydörögnek a dinoszauruszok. A tudományos elképzelések értékének kitűnő próbája későbbi megerősítésük. Valaki töredékes bizonyítékok alapján fölállít egy elméletet, aztán végrehajtanak egy kísérletet, amelynek kimeneteléről az elmélet felállítója nem tudhatott. Ha a kísérlet megerősíti az eredeti elképzelést, azt rendszerint az elmélet erős alátámasztásának tartják. Freud úgy vélte, hogy elsődleges érzelmeink és álmanyagunk „pszichikus energiája” túlnyomó részben, sőt talán teljes egészében szexuális eredetű. Mivel a szexuális érdeklődésnek abszolút fontos, alapvető szerepe van a fajfenntartás biztosításában, ez a 'gondolat sem nem olyan csacska, sem nem olyan elvetemült, mint amilyennek Freud számos viktoriánus kortársa szemében látszott. Carl Gustav Jung szerint például Freud erősen túlhangsúlyozta a tudattalan dolgaiban a szexualitás elsődlegességét. Most azonban, háromnegyed évszázad elteltével, a Dement és más pszichológusok laboratóriumaiban végzett kísérletek Freudot látszanak alátámasztani. Azt hiszem, roppant elszánt puritánnak kell lenni ahhoz, hogy valaki ne lásson összefüggést a szexualitás és a péniszes, illetve klitorális erekció között. Következésképpen a szexualitás és az álmok közt nem felszíni vagy véletlen kapcsolat áll fenn, hanem mély és alapvető kötelékek fűzik össze őket - bár az álmokban kétségkívül részük van rituális, agresszív és hierarchikus anyagoknak is. Freud számos felismerése - különösen ha tekintetbe vesszük a szexualitás elfojtását a tizenkilencedik század végi bécsi társadalomban - bátor, nehezen kivívott, érvényes gondolatnak tetszik.

Az álmok legáltalánosabb kategóriáiról statisztikai vizsgálatok készültek, amelyeknek legalábbis bizonyos mértékig meg kellene világítaniuk az álmok természetét. Egy főiskolai diákok álmairól készült felmérésben rendre a következők voltak a leggyakoribb álomtípusok: 1. zuhanás; 2. üldöztetés vagy megtámadtatás; 3. egy feladat elvégzésének ismételt és sikertelen kísérlete; 4. különféle főiskolai tanulási élmények; és 5. különféle szexuális élmények. A 4. típus a jelek szerint annak a csoportnak a sajátos, különleges érdeklődését tükrözi, amelyről a felmérés készült, míg a többi típus, bár néha a diákéletben is ténylegesen előfordulhat, valószínűleg általános, nem csak diákokra alkalmazható.

A lezuhanástól való félelem nyilvánvalóan fán élő őseinkhez kapcsolódik, és ebben a félelemben, úgy látszik, osztozunk a többi főemlőssel. Fán élve az a legkönnyebb módja a halálnak, ha egyszerűen megfeledkezünk a veszélyről, és lezuhanunk. A legáltalánosabb álomtípusok másik három kategóriája különösen azért érdekes, mert egybeesik az agresszív, hierarchikus, ritualisztikus és szexuális funkciókkal - az R-komplexum birodalmával. Egy másik gondolatébresztő statisztika szerint a megkérdezettek majdnem fele számolt be kígyókkal kapcsolatos álmokról - a kígyó az egyetlen állat, amely a húsz legáltalánosabb álmofajta között önálló kategóriát alkot. Persze lehetséges, hogy jó néhány kígyós álomnak közvetlen freudi értelmezése van. Igen ám, de a megkérdezettek kétharmada nyílt szexuális álmokról számolt be, így aztán, mivel Washburn szerint a fiatal főemlősök velük született félelmet mutatnak a kígyók iránt, könnyen fölmerül a kérdés: vajon az álmvilág nem utal-e mind közvetlenül, mind közvetve a hüllők és az emlősök közötti ősi ellenségességre?

Egyetlen olyan hipotézis van, amelyik szerintem jól összeegyeztethető az előzőleg felhozott tényekkel. Eszerint a limbikus rendszer evolúciója a világ szemléletének egy radikálisan új módját vonta maga után. A korai emlősök fennmaradása részben intelligenciájukon múlt, részben azon, hogy nappal nem voltak szembeötlők, és ragaszkodtak az ivadékaikhoz.

Az R-komplexumon át érzékelt világ teljesen különböző világ volt. Az agy evolúciójának akkumulatív jellege miatt az R-komplexum funkcióit lehetett hasznosítani vagy részlegesen megkerülni, de nem lehetett figyelmen kívül hagyni. Ezért az alatt, ami az embernél majd a halántéklebeny lett, kifejlődött egy gátlóközpont, amely kikapcsolta a hüllőagy működésének nagy részét, a hídban (*pons*) pedig kialakult egy aktivációs központ, amely alvás közben, tehát ártalmatlanul, bekapcsolta az R-komplexumot. Ez az elképzelés számos ponton arra hasonlít, ahogyan Freud szerint a felettes én elnyomja az id-et (vagy a tudat a tudattalant), miközben az *id* világosan manifesztálódik és kifejezést talál az elszólásokban, a szabad asszociációkban, az álmokban és hasonlókban - azaz a felettes én elnyomásának hézagaiban.

Ahogyan a magasabb rendű emlősökben és a főemlősökben nagymértékben kifejlődött a neokortex, az álmállapotban is kialakult a neokortex beavatkozása - utóvégre a szimbolikus nyelv is nyelv. (Ez összefüggésben áll a két agyfélteke egymástól különböző funkcióival, melyekről a következő fejezetben lesz majd szó.) De az álmok képvilága továbbra is jelentős mennyiségű szexuális, hierarchikus és ritua-

lisztikus elemet tartalmazott. Az álmovilág fantasztikus anyaga talán ahhoz a tényhez kapcsolódik, hogy alvás közben majdnem teljesen megszűnnek a közvetlen érzékszervi ingerek. Álomállapotban nagyon csekély mértékben vizsgáljuk a valóságot. E szerint a nézet szerint a csecsemőkorban azért uralkodik az álomállapot, mert a csecsemőknél a neokortex analitikus része még alig működik, a hüllők pedig azért nem álmodnak, mert a hüllőknél az álomállapotnak nincs elfojtása, ők, ahogyan Aiszhülosz őseinket jellemezte, éber állapotban is „álmodnak”. Azt hiszem, ez az elgondolás meg tudja magyarázni mind az álomállapot furcsa idegenségét - azaz éber, verbális tudatunktól való különbözőségeit -, mind azt, ahogyan emlősöknél és emberi csecsemőknél közvetlenül a születés után jelentkeznek, továbbá fiziológiáját és az emberben mindent átjáró mivoltát is.

Emlősöktől származunk, de egyszersmind hüllőktől is. Az R-komplexum nappali elnyomásában és az álombeli sárkányok éjjeli mocorgásában talán valamennyien a hüllők és az emlősök százmillió évvel ezelőtti háborúságát éljük újra át - csak éppen a vámpírvadászat napszakai fordultak visszajukra.

Az emberek így is éppen elég hüllőszerű viselkedésről tesznek tanúságot. Ha odadobnánk a gyeplőt természetünk hüllőoldalainak, fennmaradásunk esélyei minden bizonnyal erősen megcsappannának. Mivel az R-komplexum annyira bensőségesen beleszövődik az agy szerkezetébe, funkcióit nem lehet hosszú ideig teljesen kikerülni. Talán az álomállapot teszi lehetővé, hogy az R-komplexum rendszeresen úgy működhessen a *mi* fantáziánkban és a *saját* valóságában, mintha még mindig ő gyakorolná az ellenőrzést.

Ha ez igaz, akkor Aiszhülosz nyomán bennem is felmerül a kérdés, vajon a többi emlős éber állapota nem hasonlít-e nagyon az ember álomállapotára - amelyben képesek vagyunk felismerni olyan *jelek*-et, mint például a csurgó víz érzése vagy a lonc illata, de rendkívül korlátozott a repertoárunk az olyan *szimbólumok*-ból, mint a szavak; amelyben rendkívül élénk érzéki és érzelmi képekkel és aktív intuitív megértéssel, de nagyon kevés racionális elemzéssel találkozunk; amelyben képtelenek vagyunk kiterjedt koncentrációt követelő feladatokat elvégezni; amelyben rövid figyelmi szakaszokat és gyakori elkalandozásokat élünk meg; és, mindenekfelett, nagyon gyöngén érezzük csak át önmagunk egyediségét, de átjár bennünket a fatalizmus, az az érzés, hogy ki vagyunk téve ellenőrizhetetlen események megjósolhatatlan csapásainak. Ha ez volna az, ahonnan jöttünk, akkor nagyon messzire jutottunk.

7. BOLONDOK ÉS SZERELMESEK

Bolond s szerelmes oly fővő agyú S ábrázó képzetű, hogy olyat is lát, Mit józan ész felfogni képtelen. Az örült, a szerelmes, a poeta Mind csupa képzelet...

SHAKESPEARE / SZENTIVÁNÉJI ÁLOM
Arany János fordításai

A csak költők ugyanolyan kábák, mint az iszákosok, akik állandó kódban élnek, és semmit sem látnak vagy ítélnek meg tisztán. Az embernek több tudományban képzetnek kell lennie, és értelmes, filozofikus és bizonyos mértékig matematikusfejtő van szüksége ahhoz, hogy tökéletes és kiváló költő legyen...

JOHN DRYDEN 1 FELJEGYZÉSEK ÉS MEGFIGYELÉSEK
MAROKKÓ CSÁSZÁRNŐJÉRŐL: 1674

A véredek híresek arról a képességükről, hogy szag után nyomokat tudnak követni. Megszimatoltatnak velük valamit - a keresett személy, az elveszett gyermek vagy a szökött bűnöző egy ruhafoszálányát -, és máris vidáman, ugatva, hajszálpontosan nekierednek a nyomkövetésnek. A kutya-félékben és más vadászó állatokban rendkívül jól kifejlett formában jelentkezik ez a képesség. Az eredeti nyom egy szagot ad kulcsul a szaglózónak. A szaglás pusztán egy meghatározott molekulafajta érzékelése - ebben az esetben egy szerves molekuláé. Ahhoz, hogy a véredek nyomot tudjon követni, képesnek kell lennie megérezni a különbséget - jellegzetes testmolekuláknál - a keresett személy szaga és másfajta molekulák zavarba ejtő, zajos szaghatárára között (ugyanarra járó más emberek, köztük a nyomkeresés szervezői, valamint más állatok, illetve a saját szaga között). Járás közben az ember viszonylag kevés molekulát „hullajt el”. Ám a véredek még meglehetősen „kihűlt”, néhány órás nyomokat is sikeresen tudnak követni.

Ez a figyelemre méltó képesség rendkívül érzékeny szaglózóérzéket tételez föl. A szaglászati funkciót, mint korábban már láttuk, rovarok is jól be tudják tölteni. Ami azonban a véredekben a legmeghökkenőbb, és ami teljesen különbözik a rovarokétól, az a megkülönböztető képessége, az, ahogyan sok különféle szag között különbséget tud tenni, mégpedig úgy, hogy e szagok mindegyike más szagok hatalmas háttérében jelenik meg. A véredek kifinomult módon katalogizálja a molekuláris struktúrát, és megkülönbözteti az új molekulát a többi előzőleg szagolt molekula hatalmas könyvtárától. Mi több, a véredeknek csak egyetlen percre vagy még rövidebb időre van szüksége ahhoz, hogy megismerkedjen ezzel az új szaggal, amelyre aztán hosszú időn át vissza tud emlékezni.

Egyedi molekulák szaglással való felismerését nyilvánvalóan az orrban azok az egyedi receptorai hajtják végre, amelyek a szerves molekulák meghatározott funkcionális csoportjaira vagy részeire érzékenyek. Az egyik receptor például esetleg a COOH-ra érzékeny, egy másik a NH₂-re és így tovább. (A C szén, a H hidrogén, az O oxigén, az N nitrogén jelenti.) A komplex molekulák különféle függelékei és kitérőiről a jelek szerint különböző molekuláris receptorokhoz tapadnak az orr nyálkahártyájában, és az összes funkcionális csoport receptorai együttesen adnak egyfajta kollektív szaglászati képet a molekuláról. Ez egy rendkívül kifinomult érzékelési rendszer. A legbonyolultabb ilyenfajta, ember készítette eszköz, a gázkromatográfiás tömegspektrométer általában se nem olyan érzékeny, mint a véredek, se akkora megkülönböztető képessége sincsen, pedig ez a technológia már jelentősen előrehaladott. Az állatok szaglózórendszere az erős szelekciós nyomás miatt fejlődött jelenlegi kifinomult fokára. Párjának, ragadozóinak és zsákmányának gyors felderítése élet-halál kérdése a faj számára. A szaglózóérzék nagyon ősi, és könnyen lehetséges, hogy az idegi alváz szintje fölötti korai evolúció nagy részét az efféle molekuláris felderítés felé ható szelekciós nyomás is serkentette: az agyban lévő jellegzetes szaglóbimbók a neokortex első alkotórészei közé tartoznak, amelyek az élet története során kifejlődtek (1. 6. ábra). Herrick egyenesen „rhinencephalonnak”, szaglógagynak nevezte a limbikus rendszert.

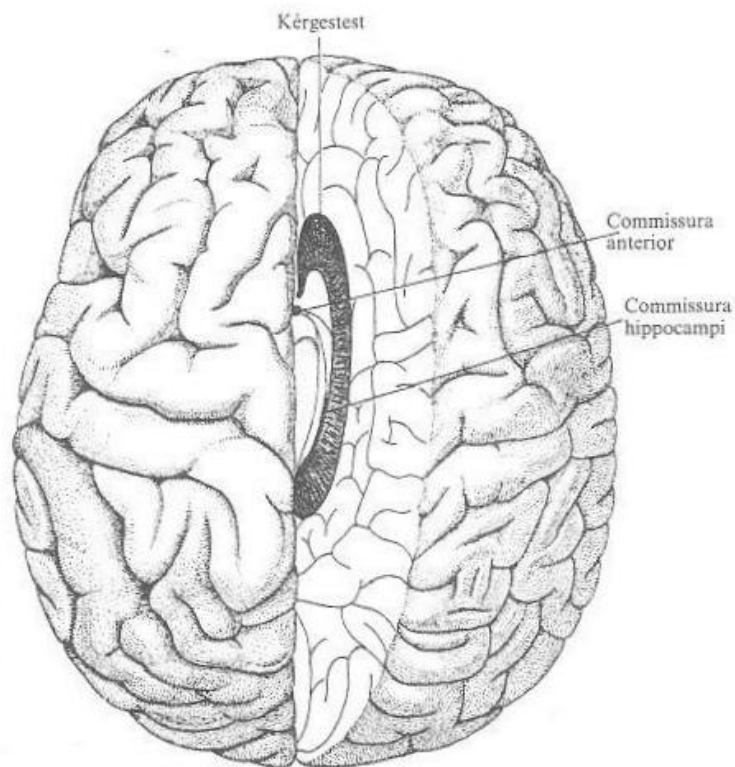
Az ember szaglóérzéke korántsem olyan fejlett, mint a vérebé. Agyunk nagy tömege ellenére szaglóbimbóink kisebbek, mint sok más állaté, és nyilvánvaló, hogy a szaglás csekély szerepet játszik mindennapi életünkben. Az átlagos ember csak viszonylag kis számú szagot tud megkülönböztetni, és bár repertoárunkon csak néhány szag szerepel, a szagok verbális leírása és analitikus felfogása nálunk, embereknél rendkívül szegényes. Valamely szagra való reagálásunk saját észlelésünkben nem is emlékeztet a szagot okozó molekula tényleges háromdimenziós struktúrájára. A szagérzékelés komplex kognitív feladat, amelyet bizonyos korlátok között jelentős pontossággal végre tudunk hajtani, de legjobb esetben is csak tökéletlenül, hiányosan tudunk leírni. És ha a véreb beszélni tudna, azt hiszem, ugyanilyen gyatrán tudná csak részletezni azt, amit olyan pompásan elvégez.

Ahogy az a szaglás az a fő eszköz, amelynek révén a kutya és sok más állat a környezetét érzékeli, úgy az ember számára az alapvető információs csatorna a látás. Mi, emberek olyan vizuális érzékenységre és megkülönböztetésekre vagyunk képesek, melyek legalább annyira imponálók, mint a véreb szaglóképessége. Képesek vagyunk például arcokat megkülönböztetni. Gondos megfigyelők akár tíz- vagy százezer különböző arcot is képesek megkülönböztetni, az ún. „Identikit” (fantomkép) pedig, amelyet az Interpol és a világ rendőrségei széles körben használnak, több mint tízmilliárd különböző arc rekonstruálására képes. Hogy ez a képesség milyen értékes a fennmaradás, a túlélés szempontjából, és különösen milyen értékes volt őseink számára, az elég világos. De gondoljuk csak meg: mennyire képtelenek vagyunk szavakkal leírni azokat az arcokat, amelyeket pedig tökéletesen képesek vagyunk felismerni. A bírósági vagy rendőrségi tanúk általában teljes kudarcot vallanak, amikor szóban kell leírniuk valakit, akivel előzőleg találkoztak, de pontosan felismerik ugyanazt a személyt, ha újra látják. És bár minden bizonynal előfordultak esetek, amikor tévesen azonosítottak valakit, a bíróságok a jelek szerint hajlandók elfogadni felnőtt tanúk vallomását, ha arcok felismeréséről van szó. Gondoljuk csak meg, milyen könnyen felismerünk arcok hatalmas tömegében egy-egy „hírességet”; vagy hogy egy sűrű, rendezetlen névsorból hogyan ugrik ki tüstént a saját nevünk.

Az embernek és más állatoknak vannak igen kifinomult, nagy adatfelvevő kapacitású érzékelő- és kognitív képességei, amelyek egyszerűen megkerülik azt a verbális és analitikus tudatosságot, melyet igen sokan a teljes tudatnak tartanak. Ezt a másfajta tudást - nem verbális percepcióinkat és felismeréseinket - gyakran „intuitívnak” nevezik. Ez a szó nem azt jelenti, hogy „velünk született”. Senki nem születik agyába előre beültetett arcok tárházával. Az „intuitív” szó szerintem valamiféle zavaros bosszankodást hordoz magában, amiért nem vagyunk képesek megérteni, hogyan is jutunk hozzá az ilyesfajta tudáshoz. Ám az intuitív tudásnak rendkívül hosszú evolúciós történelme van; ha a genetikai anyagban lévő információt is figyelembe vesszük, akkor egészen az élet eredetéig nyúlik vissza. A megismerés két módja közül az egyik - az, amelyben kifejeződik a Nyugat ingerültsége az intuitív tudás létezése miatt - egészen friss evolúciós szerzemény. Az a racionális gondolkodás, amely teljesen verbális (mondjuk, hogy teljes mondatokkal jár), valószínűleg csak néhányszor tíz- vagy százezer éves. Sok ember a tudatos életében majdnem teljesen racionális, sok más ember pedig majdnem teljes egészében intuitív. Ez a két csoport ahelyett, hogy felismerné e kétféle kognitív képesség kölcsönös értékét, örökösen csúfolja egymást; még az udvariasabb vitákban is olyasféle jelzőket vagdos egymás fejéhez, mint „zavaros fejű” és „amorális”. Miért van hát gondolkodásunknak két különböző, pontos és egymást kiegészítő módja, amelyek ilyen gyatrán hangolódnak össze egymással?

Annak első bizonyítékát, hogy ez a kétféle gondolkodásmód másutt lokalizálódik az agykéregben, az agysérülések szolgáltatják. Ha a neokortex bal féltekéjének halántéki vagy falcsoni lebenyében sérülések vagy bevérzések keletkeznek, annak olyan jellegzetes következményei vannak, mint az írás, az olvasás, a beszéd és a számolás képességének leromlása. A jobb agyfélteke hasonló sérülései viszont a háromdimenziós látás, az alakfelismerés, a zenei képességek és a holisztikus gondolkodás leromlására vezetnek. Az arcfelismerés székhelye inkább a jobb agyfélteke, azok az emberek, akik „sose felejtene el egy arcot”, a jobb oldali agyféltekéjükkel hajtják végre az alakfelismerést. A jobb oldali falcsoni lebeny sérülése néha azzal jár, hogy a páciens a saját arcát is képtelen felismerni a tükörben vagy a fényképen. Ezek a megfigyelések határozottan arra vallanak, hogy az általunk „racionálisnak” jellemzett funkciók főleg a bal agyféltekében, azok pedig, amelyeket „intuitívnak” tekintünk, a jobb agyféltekében helyezkednek el.

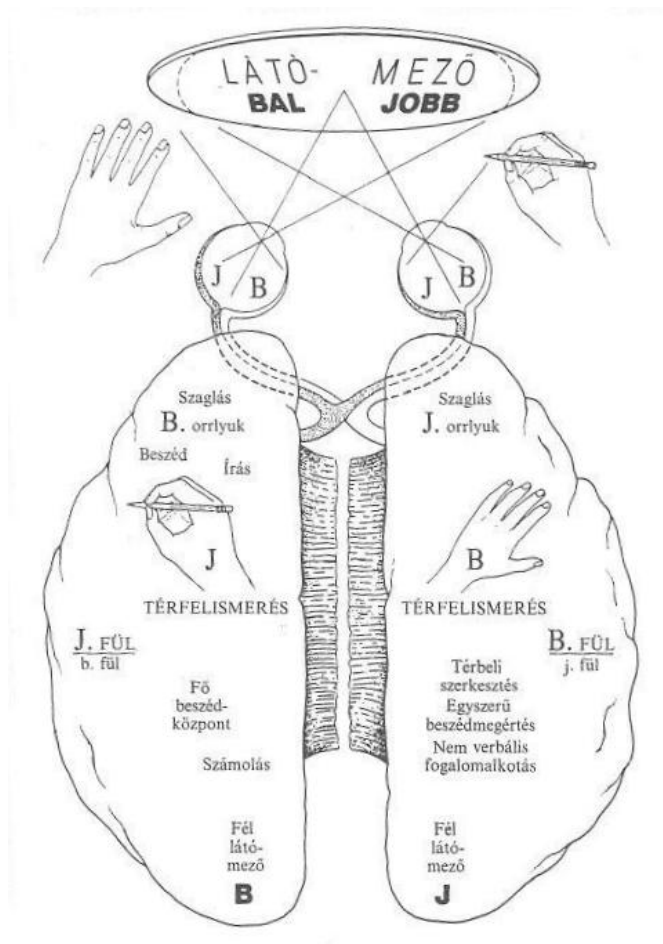
Ezen a vonalon a legjelentősebb új keletű kísérleteket Roger Sperry és munkatársai végezték a California Institute of Technology laboratóriumaiban. Megpróbálták *grand mal* epilepszia súlyos eseteit,



37 / Olyan emberi agy felülnézete, amelyen agysebészek szétválasztották a két agyféltekét, sikeresen kísérelve meg epileptikus görcsök megszüntetését. A szétválasztás alapvetően a *corpus callosum* (a kérgestest) átvágása révén ment végbe. Néha a kisebb jelentőségű kapcsolatokat, az elülső és a hippocampális idegpálya-kereszteződéseket is átvágják.
Copyright 1967 by Scientific American

melyekben a beteg gyakorlatilag állandó (óránként kétszeri, folyamatos) rohamokban szenved, a *corpus callosum*, a kérgestest átvágásával kezelni. A kérgestest az idegrostoknak az a fő kötege, amely a neokortex jobb és bal féltekéjét összeköti (l. 37. ábra). Az operáció célja annak megakadályozása volt, hogy az egyik agyféltekében keletkező valamiféle elektromos vihar áttérjedjen a központjától távol eső másik agyféltekére. Azt remélték, hogy az operáció után a két agyfélteke közül legalább az egyik mentes lesz a további rohamoktól. A műtét váratlan és örömteli eredménnyel járt: a rohamok gyakorisága mindkét agyféltekében drámaian csökkent - mintha előzőleg pozitív visszacsatolás működött volna köztük, és az egyik agyfélteke epilepsziás elektromos tevékenysége a kérgestesten keresztül a másik agyféltekét is izgatta volna.

Az ilyen „hasadt agyú” páciensek a műtét után felületesen nézve teljesen normálisnak látszanak. Egyesek közülük arról számolnak be, hogy a műtét előtt jelentkező eleven álmaik teljesen megszűntek. Az első ilyen páciens a műtét után egy hónapig nem tudott beszélni, de afáziája később megszűnt. A „hasadt agyú” betegek normális viselkedése és külső megjelenése önmagában is azt sugallja, hogy a kérgestestnek valami igen finom funkciója lehet. Adva van egy kétszázmillió idegrostból álló köteg, amely másodpercenként néhány milliárd bit információt dolgoz fel a két agyfélteke között, és a neokortex összes neuronjának körülbelül két százalékát tartalmazza: de amikor átvágják, látszólag nem történik Semmi. Azt hiszem, elég nyilvánvaló, hogy igazából jelentős változásoknak kellett bekövetkezniük, csakhogy ezeknek a változásoknak a felismerése mélyebb vizsgálódást igényel.

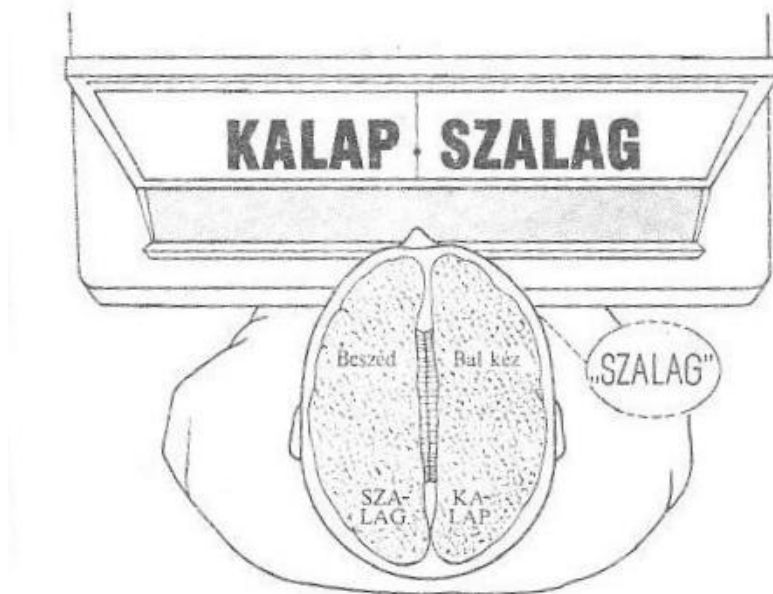


38 / A külvilág feltérképezésének sematikus ábrázolása a neokortex két agyféltekéjében (Sperry után). A jobb és bal oldali látómezők rendre a bal és a jobb oldali tarkólebenybe vetítődnek. A test jobb és bal oldalának irányítása hasonlóképpen kereszteződik, ugyanígy nagyrészt a hallás is. A szagok ugyanazon az oldalon kerülnek az agyféltekékbe, ahol az orrlyukak a szaglást végzik.

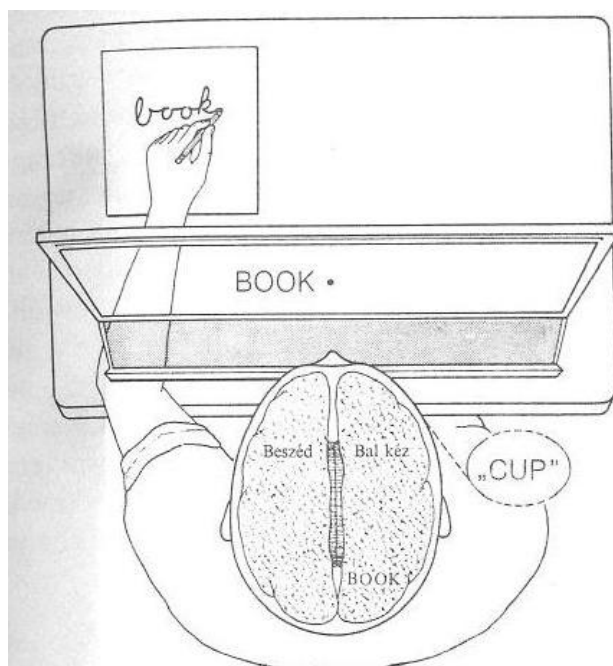
Amikor megfigyelünk egy tőlünk jobbra lévő tárgyat, mindkét szemünk az úgynevezett jobb oldali látómezőre néz, míg tőlünk balra lévő tárgynál a bal oldali látómezőre. Látóidegeink kapcsolási módja miatt a jobb oldali látómező feldolgozása azonban a bal agyféltekében, a bal oldalié pedig a jobb agyféltekében történik. Hasonlóképpen a jobb fülbe érkező hangokat is elsősorban a bal agyfélteke dolgozza fel, és *vice versa*, bár az azonos oldalon is folyik némi hangfeldolgozás (például a bal fülbe érkező hangoké a bal agyféltekében). A funkciók a primitívebb szagérzékelésben nem kereszteződnek: a bal oldali orrlyuk által felfedezett szagot kizárólag a bal agyfélteke dolgozza fel, ám az agy és a végtagok közötti információk megint csak kereszteződnek. A bal kézzel tapintott tárgyak érzékelése elsősorban a jobb agyféltekében történik, azt a jobb kéznek adott utasítást pedig, hogy írjon le egy mondatot, a bal agyfélteke dolgozza fel (1. 38. ábra). A beszédközpont az emberek kilencven százalékánál a bal agyféltekében van.

Sperry és munkatársai végrehajtottak egy elegáns kísérletsorozatot, amelyben a „hasadt agyú” páciensek jobb és bal agyféltekéjét külön-külön ingerlésnek tették ki. Az egyik tipikus kísérletben a *kalapszalag* szót villantják fel egy képernyőn - de a *kalap* a bal oldali, a *szalag* pedig a jobb oldali látómezőben van. A páciens azt mondja, látta a *szalag* szót, de nyilvánvaló, hogy - legalábbis verbális kommunikációs képessége szempontjából - fogalma sincs róla, hogy a jobb oldali agyféltekéje vizuális benyomást kapott a *kalap* szóról. Amikor megkérdezték tőle, miféle szalagról volt szó, a páciens találgatni kezdett: szalagcím, gumiszalag, szállítószalag. De amikor hasonló kísérletekben arra kérték fel a páciens, hogy írja fel, amit lát, de bal kézzel egy doboz belsejében, akkor a *kalap* szót körmölte oda. Keze mozgásából tudta, hogy írt valamit, de mivel nem látta, az információ nem juthatott el a bal agyféltekéjébe, amely a verbális képességeket ellenőrzi. Zavarba ejtő módon tehát le tudja írni, de nem tudja kimondani a választ.

Sok más kísérlet hasonló eredményekre vezetett. Az egyik kísérletben a páciens bal kézzel látóterén kívül eső háromdimenziós műanyag hetüket tapinthat ki. A betűkből csak egyetlen helyes angol szót lehet összeállítani, olyanokat, mint *love* vagy *cup*, ezeket a páciens össze is tudja rakni, mivel a jobb oldali agyféltekének is van némi gyenge, nagyjából az álombelivel összehasonlítható verbális képessége. De miután helyesen összerakta a szót, a páciens



39 / A kísérleti alany csak a jobb oldali látómezejébe villantott szavakat olvassa el és mondja vissza. Még öntudatlanul sem létesít kapcsolatot a jobb és a bal oldali látómezők szavai közt (Sperry után).

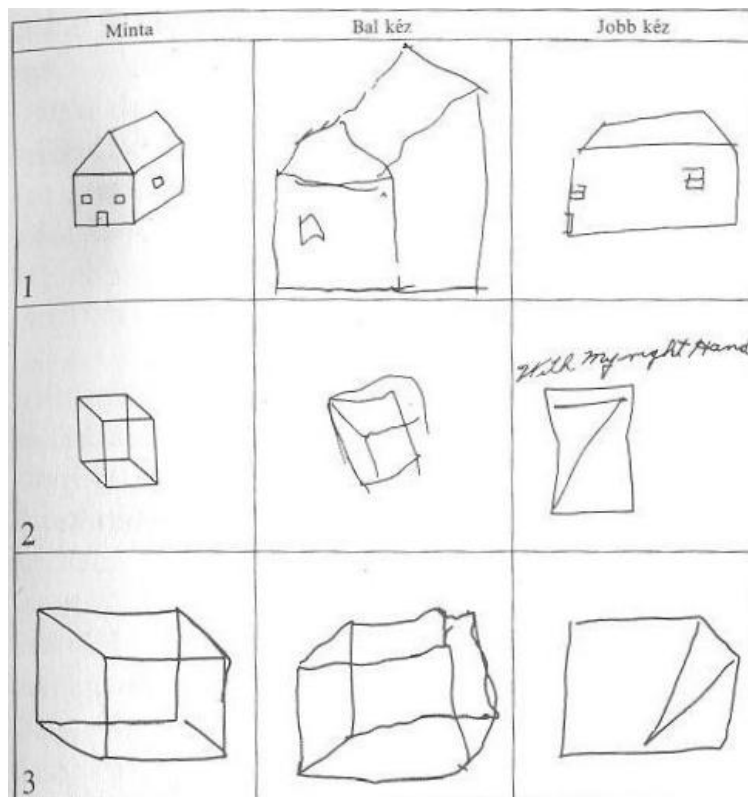


40 / A „hasadt agyú” páciens, akinek a bal oldali látómezejében mutatnak egy szót, helyesen írja le azt (inkább folyó írással, mintsem nyomtatott betűkkel) eltakart bal kezével. Ám amikor megkérdezik, hogy mit írt le a bal kezével, teljesen helytelen választ (cup) ad (Nebes és Sperry után).

verbálisan még csak utalni is képtelen rá, hogy milyen szót rakott ki. Nyilvánvalónak látszik, hogy a „hasadt agyú” pácienseknél az egyik agyféltekének halvány fogalma is alig van arról, amit a másik agyfélteke megtudott.

A bal agyfélteke geometriai hasznavehetetlensége egészen bámulatos - ezt mutatja be a 40. ábra. Egy jobbkezes, hasadt agyú páciens háromdimenziós alakzatok egyszerű ábrázolásait csak a (gyakorlatlan) bal kezével volt képes pontosan lemásolni. A jobb agyfélteke geometriai felsőbbrendűsége azonban a jelek szerint manipulatív feladatokra korlátozódik, dominanciája nem áll fenn másfajta geometriai funkciók esetében, amelyekhez nincs szükség kéz-szem-agy koordinációra. Ezek a manipulatív geometriai tevékenységek a jelek szerint a jobb agyfélteke falcsoni lebenyében lokalizálódnak, ugyanazon a helyen, amely a bal agyféltekében a nyelvet szolgálja. M. S. Gazzaniga (State University of New York, Stony Brook) azt veti fel, hogy ez az agyféltekéi specializáció azért jön létre, mert a nyelv még azelőtt kifejlődik a bal agyféltekében, mielőtt a kisgyerek alaposan megtanulná a manipulatív készségeket és a geometriai vizualizációt. Nézete szerint tehát a jobb agyfélteke geometriai specializációja késedelem okozta specializáció - a bal agyfélteke kompetenciája átirányítódott a nyelvre.

Egy anekdota szerint Sperry, egyik legmeggyőzőbb kísérletének befejezése után, estélyt adott, amelyre meghívott egy ép kérgestesttel rendelkező híres elméleti fizikust is. A pompás humorérzékéről ismert fizikus csöndesen végigülte az estélyt, és érdeklődéssel hallgatta Sperry beszámolóját a hasadt aggyal kapcsolatos észleleteiről. Telt-múlt az idő, a vendégek elszivárogtak, és Sperry már az utolsó vendégektől búcsúzkodott az ajtóban. A fizikus odanyújtotta neki a jobb kezét, megrázta Sperryét, és közölte vele, hogy rendkívül érdekes volt az este. Aztán egy kis sasszéval felcserélte jobb és bal lábának a helyzetét, odanyújtotta a bal kezét, és fojtott, magas hangon azt mondta: - És szeretném, ha tudná, hogy én is iszonyú jól éreztem magamat.



41 / A bal agyfélteke viszonylagos ügyetlensége geometriai alakzatok másolásánál (Gazzaniga után).

Amikor a két agyfélteke között megromlik a kommunikáció, a páciens gyakran megmagyarázhatatlannak tartja saját viselkedését, és nyilvánvaló, hogy még „jól és helyesen beszélve” sem tudja esetleg, hogy „mi a kérdésben az igazság”. (Vö. a Bevezetés előtti Phaidrosz-idézet.) A két agyfélteke viszonylagos függetlensége a mindennapi életben is nyilvánvaló. Már említettük, milyen nehéz verbálisan leírni a jobb agyfélteke kompléi percepcióit. A jelek szerint számos komplex fizikai mozgásfeladat megoldásában, ideértve a sportot is, a bal agyfélteke alig vesz részt. Jól ismert teniszező-”csel” például, hogy megkérdezik az ellenfelet, pontosan hová is teszi az ütőn a hüvelykujját. Gyakran megtörténik, hogy a bal agyféltekének erre a kérdésre fordított figyelme, legalábbis rövid időre, lerontja a játékát. A zenei képességek jó része is a jobb agyfélteke funkciója. Közhely, hogy egy dalt vagy más zenedarabot meg tudunk jegyezni úgy, hogy egyáltalán nem volnánk képesek a kottáját leírni. Zongorajáték esetén ezt úgy is jellemezhetjük, hogy nem mi tanultuk meg, hanem az ujjaink memorizálták a darabot.

Az efféle memorizálás nagyon komplex is lehet. Nemrégiben részt vehettem egy neves szimfonikus zenekar próbáján, ahol egy új zongoraversenyt próbáltak. Az ilyen próbákon a karmester ritkán kezdi az elején és megy végig a teljes darabon, mert a próbaidő drága, és az előadók értik a dolgukat, inkább csak a nehéz állásokra koncentrálnak. Mély benyomást tett rám, hogy a szólista művész nemcsak a teljes darabot tudta emlékezetből, hanem a zenemű bármely kért részén el tudta kezdeni, miután éppen csak belepillantott a partitúrába. Ez az irigylésre méltó készség a jobb és a bal agyfélteke funkcióinak a keveréke. Rendkívül nehéz egy soha nem hallott zeneművet úgy memorizálni, hogy az ember bármelyik taktusában be tudjon lépni. Számítógépes szóhasználat a művész memóriájában „random access” (véletlenszerű megközelítésű) volt a zenemű, szemben a sorrendi megközelítéssel.

Jó példája ez annak, hogy a legnehezebb és legmagasabbra értékelt emberi tevékenységeknél milyen kooperáció áll fenn a bal és a jobb agyfélteke között. Alapvető fontosságú, hogy normális emberi lénynek ne becsüljük túl a kérgestest két oldalán elhelyezkedő funkciók szétválását. Egy olyan komplex kábelrendszernek, mint a *corpus callosum*, azt kell jelentenie - s ezt újra hangsúlyoznunk kell -, hogy az agyféltekék kölcsönhatása létfontosságú emberi funkció.

A kérgestest mellett van még egy idegkapcsolat a jobb és a bal agyfélteke közt, ez a *commissura anterior*. Ez sokkal kisebb a kérgestestnél (I. 37. ábra). és szemben a kérgestesttel, már a hal agyában is megvan. Embereken végzett agyhasítási kísérletekben, amikor a kérgestestet átvágják, de az idegfonatok elülső kereszteződését (a *commissura anterior*-t) nem, a szaglási információk kivétel nélkül mindig átjutnak egyik agyféltekéből a másikba. A jelek szerint néha némi vizuális és hallási információátvitel is előfordul a *commissura anterior*-on át, de ez kiszámíthatatlan, páciensenként változik. Ezek az észlelések összhangban állnak az anatómiával és az evolúcióval: a *commissura anterior* és a *commissura hippocampi* is (I. 37. ábra) mélyebben fekszik, mint a kérgestest, és a limbikus kéregben, illetve talán az agy egyéb ősi alkotórészeiben ad át információkat.

Érdekes módon különülnek el az emberekben a zenei és a verbális készségek. Azoknak a betegeknek, akiknek a jobb agyféltekéje megsérül, vagy azt részben eltávolítják, jelentősen megromlik a zenei képessége - de a verbális képessége nem - különösen dallamok felismerése és felidézése terén. Zenei olvasási képességük azonban sértetlen marad. Ez a jelek szerint tökéletes összhangban áll a leírt funkciók elkülönülésével: a zene memorizálása és értékelése együtt jár az auditív minták felismerésével és az inkább holisztikus, mintsem analitika hajlandósággal. Van rá némi bizonyíték, hogy a költészet is részben a jobb agyfélteke funkciója: egyes esetekben a páciens, miután a bal agyfélteke sérülése után afáziás lett, életében először, verseket kezd írni, ám ez, Dryden szavaival, talán „csak költészet”. A jobb agyfélteke továbbá, úgy látszik, nem tud rímelni.

A kéregfunkció elkülönülését vagy egyoldalúságát agykárosult betegekkel végzett kísérletek során fedezték fel. Ezek eredményei azonban a normális emberekre is érvényesek. Gazzaniga kísérleteiben nem károsodott agyú egyedeknek is mutatott szavakat úgy, hogy egyik felük a bal, másik felük a jobb látómezőbe esett (mint a „hasadt agyú” betegeknél), és ellenőrizte a szó rekonstrukcióját. Az eredmények azt mutatják, hogy a jobb félteke a normális agyban is nagyon csekély nyelvi feldolgozást végez, ehelyett amit megfigyelt, átküldi a kérgestesten át a bal agyféltekébe, és a teljes szó összerakása ott történik. Gazzaniga talált továbbá egy olyan „hasadt agyú” páciens, akinek a jobb agyféltekéje meglepően jó nyelvi készségeket mutatott, ennek a páciensnek azonban kisgyerekkorában a bal agyféltekéjében, a halántéki és falcsoni régióban kóros agyi folyamat zajlott le. Mint már említettük, az agy az élet első két évében képes sérülés után áthelyezni funkciókat, de később már nem.

Robert Ornstein és David Galin, a San Francisco-i Langley Porter Neuropszichiátriai Intézet munkatársai azt állítják, hogy amikor normális emberek analitikus szellemi tevékenységről szintetikus szellemi tevékenységre állnak át, a megfelelő agyféltekék EEG-aktivitása előre látható módon változik: amikor a

kísérleti alany például fejben számol, akkor jobb agyféltekéje az „üresjáratban lévő” agyfélteke jellegzetes alfa-ritmusát mutatja. Ha ezt az eredményt igazolni lehet, fontos felfedezésnek bizonyulhat.

Ornstein érdekes analógiát kínál annak magyarázatára, hogy legalábbis mi, nyugatiak, miért létesítettünk annyi kapcsolatot a bal agyfélteke funkcióival, és olyan keveset a jobbéival. Szerinte a jobb agyfélteke funkcióiról való tudásunk kicsit olyanféle, ahogy nappal képesek vagyunk látni a csillagokat. A Nap olyan fényes, hogy a csillagok láthatatlanok, annak ellenére, hogy nappal éppúgy ott vannak az égen, mint éjszaka. Amikor a Nap lenyugszik, már észlelni tudjuk őket. Legfrissebb evolúciós szerzeményünk, a verbális képességek ragyogása ugyanígy elhomályosítja az intuitív jobb agyfélteke funkcióinak tudomásulvételét, amelyek pedig őseinknél óhatatlanul a világ észlelésének fő eszközei voltak.*

A bal agyfélteke egymás után dolgozza fel az információkat, a jobb agyfélteke szimultán módon, egyszerre több inputhoz férve hozzá. A bal agyfélteke sorban működik, a jobb párhuzamosan. A bal agyfélteke olyasféle, mint egy digitális számítógép, a jobb oldali mint egy analóg számítógép. Sperry fölvetette, hogy a két agyfélteke funkcióinak szétválása egy „alapvető inkompatibilitás” eredménye. Ma már

* A marihuánáról gyakran írják, hogy javítja élvezetünket és képességeinket a zenében, a táncban, a képzőművészetben. az alakés jelfelismerésben, továbbá fokozza a nem verbális kommunikáció iránti érzékenységünket. Legjobb tudásom szerint arról soha senki nem számolt be, hogy javítaná képességünket Ludwig Wittgenstein vagy Immanuel Kant olvasásában és megértésében. hidak teherbírásának megtervezésében vagy Laplace-transzformációk kiszámításában. A kísérleti alanyok gyakran még az is nehezebbre esik, hogy gondolatait összefüggően írja le. Vajon nem arról van-e szó, hogy a kannabinolok (a marihuána aktív hatóanyagai) nem fokoznak semmit, hanem egyszerűen elnyomják a bal agyféltekét, és így lehetővé teszik, hogy „a csillagok előbukkanjanak”. Alighanem ez lehet számos keleti vallás meditatív állapotainak is a célja.

talán csak főleg akkor vagyunk képesek közvetlenül érezni a jobb agyfélteke működését, amikor a bal agyfélteke „lenyugodott” - azaz álmainkban.

Az előző fejezetben fölvettem, hogy az álomállapotnak alighanem egyik fontos oldala az, hogy éjszákára felszabadítja az R-komplexumnak azokat a folyamatait, amelyeket nappal túlnyomórészt elnyom a neokortex. De azt is említettem, hogy az álmok fontos szimbolikus tartalmai a neokortex jelentős részvételére vallanak, bár álmunkban gyakran megdöbbenően romlik az olvasási, írási, számolási és verbális emlékezőképességünk.

Az álmok szimbolikus tartalma mellett az álmokképek más vonásai is arról tanúskodnak, hogy az álmofolyamatban jelen van a neokortex. Nekem például sokszor voltak olyan álmaim, amelyekben a kibontakozásra vagy cselekményük kritikus fordulatra csak azért volt lehetőség, mert az álmotartalommal jóval korábban - látszólag lényegtelen - kulcsmotívumok jelentek meg. Tehát az álm teljes cselekményszövése az agyamban kellett lennie, amikor az álom elkezdődött. (Mellesleg Dement kimutatta, hogy az álombeli események megközelítőleg ugyanannyi ideig tartanak, mint a valódi életben tartanak.) Bár sok álomnak látszólag zűrzavaros a szerkezete, más álmok figyelemre méltóan jól strukturáltak, s erősen emlékeztetnek egy színdarabra.

Ma már felismertük azt a rendkívül tetszetős lehetőséget, hogy a neokortex bal agyféltekéje az álom állapotában el van fojtva, míg a jobb agyfélteke - mely igen jól ismeri a jeleket, de verbálisan csak kevésbé „írástudó” - jól működik. Lehet, hogy a bal agyfélteke sincs éjszaka teljesen kikapcsolva, csak éppen olyan feladatokat lát el, amelyek a tudat számára megközelíthetlenné teszik: teljesen lefoglalja az agy, hogy kihajigálja az adatokat a rövid távú memóriatárból- és eldöntse, mi maradjon meg a tartós memóriában.

Vannak rá ritka, de megbízható beszámolókból ismert esetek, hogy emberek álmukban oldottak meg nehéz intellektuális problémákat. Ezek közül talán a leghíresebb Friedrich Kekulé német vegyész álma. 1865-ben a szerkezeti szerves kémia legnyomasztóbb és legrejtélyesebb problémája a benzolmolekula természetét volt. Tulajdonságai alapján már több egyszerű szerves molekula szerkezeit levezették, és mindegyik lineáris volt, atomi alkotórészeik egyenes vonalban kapcsolódtak egymáshoz. Kekulé beszámolója szerint egy lófogató omnibuszon szunyókált, amikor lineáris elrendezésű táncoló atomokat látott álmában. Aztán az atomlánc farka hirtelen hozzákapcsolódott a fejéhez, és egy lassan forgó gyűrűt alkotott. Amikor felébredt, és felidézte ezt az álomtöredéket, Kekulé tüstént rájött, hogy a benzolprobléma megoldása nem egy egyenes lánc, hanem egy szénatomokból álló hatszögletű gyűrű. Vegyük azonban észre, hogy ez merőben alakfelismerési művelet, nem pedig analitikus tevékenység. Szinte valamennyi álomállapotban létrejött híres kreatív alkotásra jellemző, hogy nem a bal, hanem a jobb agyfélteke tevékenysége volt.

Mint Erich Fromm amerikai pszichoanalitikus írta: „Nem kell-e számítanunk rá, hogy amikor meg vagyunk fosztva a külvilágtól, időlegesen visszaesünk az állathoz hasonló, ésszerűtlen lelkiállapotba? Sok

mindent lehet e mellett a feltételezés mellett felhozni, és számos tudós vallotta azt a nézetet, miszerint az ilyen regresszió az álomállapot lényegi vonása, Platónról egészen Freudig.” Fromm a továbbiakban rámutat arra, hogy álomállapotban néha olyan felismerésekre jutunk, amelyek éber állapotunkban elkerültek minket. Én azonban azt hiszem, hogy ezek a felismerések mindig vagy intuitív, vagy alakfelismerése jellegűek. Az álomállapot „állathoz hasonló” aspektusát az R-komplexum és a limbikus rendszer tevékenységének foghatjuk fel, az alkalmankénti ragyogó intuitív felismerést pedig a neokortex jobb féltekéje működésének. Mindkettő azért fordulhat elő, mert a bal agyfélteke gátló funkciói ilyenkor nagyrészt ki vannak kapcsolva. Ezeket a jobb féltekés felismeréseket Fromm „elfelejtett nyelveknek” nevezi - és tetszetősen érvel amellett, hogy ezekben rejlik az álmok, a tündérmesék és a mítoszok közös eredete.

Álmunkban néha tudatában vagyunk annak, hogy énünknek egy kis része derűsen figyel; gyakran az álom egyik sarkában lapul meg valamiféle megfigyelő. Agyunknak ez az „őrt álló” része az, amely időnként - néha egy lidérces álom kellős közepén - azt mondja nekünk: - Ez csak álom. - Ez az „őrálló” az, aki értékelni tudja egy finoman strukturált álombeli cselekmény drámai egységét. Az „őrálló” azonban az idő legnagyobb részében néma. Pszichedelikus drogokkal - például marihuánával vagy LSD-vel - szerzett tapasztalatok szerint a drogot használó személyek általánosan beszámolnak egy ilyen „őrálló” jelenlétéről. Az LSD-élmények szélsőségesen rémítőek is lehetnek, többen is elmondták nekem, hogy az LSD élményében az ép ész és az őrültség közötti különbség teljes egészében az „őrállónak”, az éber tudat kicsiny, csendes részének a folyamatos jelenlétén múlik.

Valaki beszámolt nekem egy olyan marihuánás élményéről, amikor tudatára ébredt a néma „őrálló” jelenlétének és furcsán nem helyénvaló voltának. Az „őrálló” ugyanis érdeklődve, időnként kritikus megjegyzésekkel reagált a marihuánás élmény kaleidoszkopikus álmokképeire, de nem volt része azoknak. - Ki vagy te? - kérdezte meg tőle az illető némán. - Ki akarja tudni? - válaszolta az, ami az élményt nagyon hasonlóvá tette egy szufi vagy zen példázathoz. Ám informátorom kérdése csakugyan fogas kérdés. Én azt felelném rá, hogy a megfigyelő a bal agyfélteke kritikai képességeinek egy kicsiny része, amely a pszichedelikus élményekben sokkal inkább funkcionál, mint az álomélményekben, de bizonyos fokig mind a kettőben jelen van. A „Ki az, aki kérdez?” ősi kérdésére azonban ezzel még mindig nem adtunk választ - ez talán a bal agyféltekének egy másik összetevője.

Embernél és csimpánznál egyaránt észlelték, hogy a bal és a jobb agyfélteke halántéki lebenyei aszimmetrikusak, a bal agyfélteke egyik része lényegesen fejlettebb. Az emberi csecsemők ezzel az aszimmetriával születnek (amely már a terhesség huszonkilencedik hetében kialakul), ami arra utal, hogy a beszédnek a bal agyfélteke általi irányítása erős genetikai prediszpozíció. (Ennek ellenére a bal halántéklebenyükön sérülést szenvedett gyermekek életük első vagy második évében még képesek károsodás nélkül hasonló funkciót kifejleszteni a jobb agyfélteke megfelelő részében. Később ez az áthelyezés már nem lehetséges.) A lateralizáció (oldalhoz kötöttség) már a kisgyermekek viselkedésében észlelhető. Jobb fülükkel jobban meg tudják érteni a verbális dolgokat, a nem verbálisakat viszont a bal fülükkel (ezt a szabályszerűséget felnőtteknél is megtaláljuk). Hasonlóképpen a csecsemők átlagban több időt töltenek a tőlük jobbra lévő tárgyak nézésével, mint a tőlük balra lévő azonos tárgyakéval, és erősebb zaj vált ki reakciót belőlük, ha a bal fülükkel, mint ha a jobb fülükkel hallják. Bár a majmok agyában vagy viselkedésében efféle tiszta aszimmetriát még nem fedeztek fel. Dewson eredményei (I. 5. fejezet) arra vallanak, hogy a magasabb rendű főemlősöknél talán létezik némi ilyesfajta oldalirányultság, míg mondjuk a rhesusmajmoknál nincs bizonyíték a halántéklebenyek anatómiai aszimmetriájára. Kétségtől úgy sejtjük, hogy a csimpánzok nyelvi képességeit, ugyanúgy, mint az embernél, a bal oldali halántéklebeny irányítja.

Az ember kivételével a főemlősök szimbolikus kiáltásainak korlátozott készletét a jelek szerint a limbikus rendszer ellenőrzi; a limbikus rendszer elektromos ingerlésével mindenesetre a selyemmajmok és rhesusmajmok teljes vokális repertoárját elő lehet hívni. Az emberi nyelvet viszont a neokortex irányítja. Ezért az ember evolúciójában jelentősegteljes lépésnek kellett lennie, amikor a vokális nyelv feletti ellenőrzés a limbikus rendszerből átkerült a neokortex halántéklebenyébe, ami az ösztönös kommunikációról a tanult kommunikációra való átállást jelentette. A majmoknak az a meglepő képessége azonban, hogy meg tudják tanulni a gesztusnyelvet, továbbá a csimpánzagy lateralizációját sugalló adatok arra utalnak, hogy a főemlősöknél egy akaratlagos szimbolikus nyelv megszerzése nem új keletű találmány, hanem sok millió évre megy vissza. összhangban a *Homo habilis* belső koponyaöntvényében található Broca-dudor bizonyítékával.

A majomagy neokortexének az embernél a beszédet szabályozó térségében bekövetkezett sérülések nem rontják le a majmok ösztönös vokalizációját. Az emberi nyelv kialakulásának ezért egy lényegében új agyi rendszer kialakulásával, nem pedig a limbikus kiáltások és hívogatások gépezetének átdolgozásával

kellett együtt járnia. Az emberi evolúció egyes szakértői azt állították, hogy a nyelv megszerzése nagyon későn - talán csak az utolsó néhány tízezer év során - következett be, és az utolsó jégkorszak támasztotta kihívásokkal állt kapcsolatban. Ám az adatok a jelek szerint nem egyeztethetők össze ezzel a nézettel; ezenfelül az emberi agy beszédközpontjai annyira komplexek, hogy bajosan fejlődhetek ki az utolsó eljegesedés csúcspontja óta élt nagyjából ezer nemzedék során.

A bizonyítékok arra vallanak, hogy őseink agyában már több tízmillió éve volt neokortex, de egy olyan neokortex, amelyben a bal és a jobb agyféltekék egymáshoz hasonló, redundáns funkciókat töltöttek be. Azóta a felegyenedett testtartás, a szerszámhasználat és a nyelv kifejlődése kölcsönösen előmozdították egymást, például a nyelvi képességeknek egy kis növekedése lehetővé tette a marokkővek fokozódó tökéletesedését, és *vice versa*. Az ennek megfelelő agyi evolúció, úgy tűnik, a két agyfélteke egyikének az analitikus gondolkodásra való specializálódása révén ment végbe.

Az eredeti redundancia mellesleg bölcs számítógép-tervezési elveket képvisel. Azok a mérnökök például, akik a Viking leszállóegységének fedélzeti memóriáját tervezték, anélkül hogy ismerték volna az agykéreg neuroanatómiáját, két teljesen egyforma, egyformán programozott számítógépet építettek bele. Komplexitásuk miatt a számítógépek között hamarosan különbségek kezdtek mutatkozni. A Viking Marsra érkezése előtt a számítógépeket intelligenciateszteknek vetették alá (egy nagyobb és okosabb számítógéppel, a Földről), majd a butábbik agyat kikapcsolták. Talán az emberi evolúció is hasonló módon járt el, és ezért lokalizálódnak oly nagyrabecsült racionális és analitikus képességeink a „másik” agyban - abban az agyban, amely nem felelt meg eléggé az intuitív gondolkodás követelményeinek. Az evolúció gyakran alkalmazza ezt a stratégiát. A szokásos evolúciós gyakorlat, amely az organizmusok bonyolultságának növekedésével növeli a genetikai információk mennyiségét, csakugyan a genetikai anyag egy részének megkettőződése, majd a redundáns készlet funkcióinak lassú specializálódása révén megy végbe.

Szinte kivétel nélkül az összes emberi nyelv beépített magába egy polaritást: a jobb felé való irányulást. A „jobb” fogalmához kapcsolódnak a törvényesség, a helyes viselkedés, a magasztos erkölcsi elvek, a szilárdság és a férfiasság fogalmai; a „bal” fogalmához kapcsolódnak viszont a gyöngeség, a gyávaság, a céltudatosság hiánya, a gonoszság és a nőiesség fogalmai. Az angolban például ilyen szavaink vannak, mint „rectitude” (becsületesség), „rectify” (helyrehozni), „righteous” (tisztességes), „righthand man” (valakinek a „jobb keze”), „dexterity” (ügyesség), „adroit” (a francia *à droite*-ból: ügyes), „rights” (jogok, mint például az emberi jogok kifejezésben) és az „in his right mind” (ép eszének birtokában) kifejezés.

A másik oldalon viszont (a szó szoros értelmében) ott van a „sinister” (baljós, majdnem pontosan a „bal”-t jelentő latin szóból), a „gauche” (ügyetlen, balkezes, a franciában pontosan a „bal”-t jelentő szó), a „gawky” (ügyetlen) és a „left-handed compliment” (kétes, szó szerint „balkezes” bók). Az orosz „nalevo” nem csak bajt jelent, hanem alattomosat is, az olasz „bal”, a „mancino” „álnok” is. „Bill of Left” (a bal joga) nem létezik.

Az egyik etimológia szerint a „left” a gyöngét vagy értéktelent jelentő angolszász „lyft”-ből származik. A jogi értelemben vett „right” (mint a társadalom szabályaival összhangban álló cselekmény) és a logikai értelemben vett „right” (mint a téves ellentéte) szintén közhely számos nyelvben. A jobb és a bal politikai használata a jelek szerint attól a pillanattól datálódik, amikor a nemesség ellensúlyaként jelentős politikai erők alakultak ki. A nemesek a király jobbán helyezkedtek el, a radikális törtetők - a kapitalisták - pedig a balján. Természetesen a nemesek képezték a királyi jobboldalt, hiszen maga a király is nemes volt, és a jobb oldalán volt a kegyelt pozíció. A teológiában pedig csakúgy, mint a politikában: „Az Isten jobb keze felől.”

A „jobb” és az „egyenes” között a kapcsolatok számos példájára találhatunk.* A mexikói spanyolban az „egyenesen előre”-t úgy mondják, hogy „jobb-jobbra”; a négerék amerikai angolságában „right on” a helyeslés kifejezése, gyakran egy ékesszólóan vagy ügyesen megfogalmazott érzésre. A „straight” „konvencionális”, „korrekt” vagy „illendő” jelentése közhely a mai angol közbeszédben. Az orosz nyelvben a jobb „pravo”, rokona a „pravdá”-nak, ami igazat jelent. Számos más nyelvben is van az „igaz”-nak olyan további jelentése, ami „egyenes”-et vagy „pontos”-at jelöl.

* Kíváncsi lennék, vajon van-e jelentősége annak a lénynak, hogy a latin, a germán és a szláv nyelveket például balról jobb felé írják, míg a semita nyelveket jobbról bal felé. A régi görögök írása a busztrifedon rendszert követte („ahogyan az ökör szánt”). egyik sorban balról jobbra, a másik sorban jobbról balra haladt.

A Stanford-Binet-féle IQ-teszt megpróbálja megvizsgálni mind a bal, mind a jobb agyfélteke funkcióit. A jobb agyfélteke funkcióinak vizsgálatára szolgálnak az olyasféle tesztek, amelyekben a kísérleti alanyt arra kéri, próbálja meg megjósolni, milyen alakja lesz egy papírdarabnak, amit először többszörösen összehajtogatnak, aztán ollóval kivágnak belőle egy kis darabot; vagy hogy próbálja fölbecsülni, hány építőelem lehet egy olyan halomban, amelynek egyes részeit eltakarták a tekintete elől. Bár a Stanford-Binet-teszt kidolgozói igen hasznosnak találták az efféle geometriai felfogóképességre vonatkozó kérdéseket a gyermekek „intelligenciájának” megállapításánál, ugyanezek állítólag egyre fokozódó mértékben használhatatlanok a tizenévesek és a felnőttek IQ-tesztjeiben. Intuitív ugrások vizsgálatára minden bizonnyal kevés hely marad az efféle vizsgálatokban, hiszen - csöppet sem meglepő módon - az IQ-tesztek szintén erősen elfogultak a bal agyfélteke irányában.

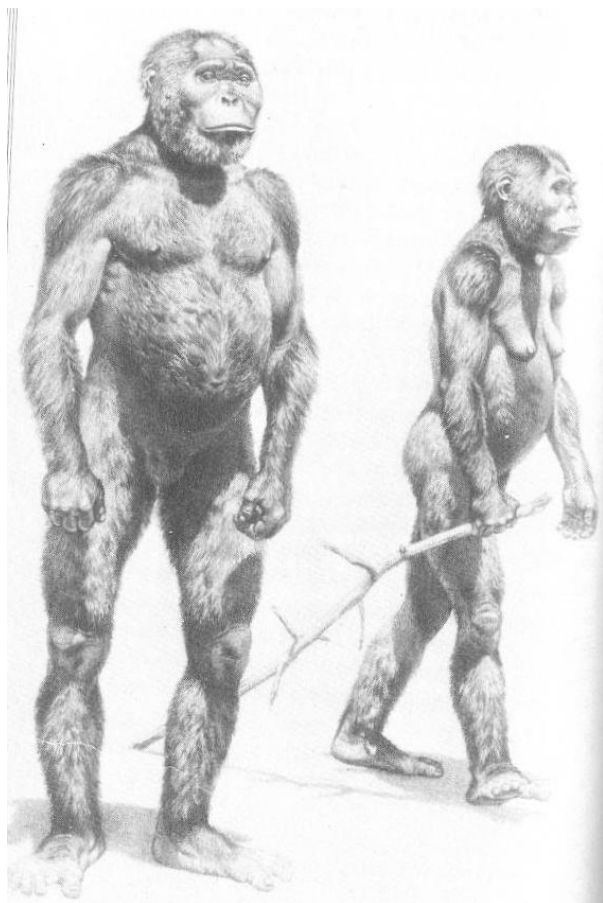
A bal agyféltekének és a jobb kéznek az előtérbe helyezését támogató előítéletek hevesége engem olyasféle háborúra emlékeztet, amelyben az éppen hogy győztes fél átkereszteli a viaskodó feleket és a vitatott kérdéseket, hogy a következő nemzedékek minden nehézség nélkül eldönthessék, melyiknek tartoznak bölcs lojalitással. Amikor Lenin pártja még meglehetősen kicsiny frakció volt az orosz szocialisták közt, elnevezte bolsevik pártnak, ami oroszul többségi pártot jelent. Az ellenzék előékenyen és félelmetesen ostobán elfogadta a mensevik, kisebbségi párt elnevezést. Másfél évtized leforgása alatt azzá is váltak. Hasonlóképpen a „jobb” és „bal” szavakhoz világsszerte kapcsolódó asszociációkban is ott a bizonyosság, hogy valamikor az emberiség történetében ádáz konfliktus zajlott köztük.* Mi kelthetett ilyen heves emóciókat?

Vágó- és szűrőfegyverekkel vívott harcban - és az olyan sportágakban, mint az ökölvívás, a baseball és a tenisz - a jobb kéz használatát begyakorolt fél hátrányba jut, amikor váratlanul egy balkezessel kerül szembe. Egy karddal felfegyverzett rosszakaratú férfi ráadásul egészen közel férközhet az ellenfeléhez, és fegyvertelen jobbjá még békésnek is látszhat. De mindezek a körülmények sem magyarázzák meg a bal kézzel szembeni széles és mély ellenérzést, sem a jobbkezes sovinizmusnak a hagyományosan nem hadviselő nőkre való kiterjesztését.

Az egyik - talán halvány - lehetőség ahhoz a tényhez kapcsolódik, hogy az iparosodás előtti társadalmakban nem volt vécépapír. Az emberi történelem legnagyobb részében és a világ számos részén még ma is az üres kezét használják a székelés utáni személyes higiénia. Ez a pretechnológus kultúrákban, a technika születése előtti társadalmakban az élet tényei közé tartozik, amiből nem következik, hogy azok, akik ezt a szokást követik, örülnek is neki, hiszen nemcsak esztétikailag taszító, hanem mások vagy önmaguk megfertőzésének a súlyos kockázatával is jár.

* Egészen másfajta körülményekről árulkodik egy másik sarkos verbális ellentétpár: a *black* és a *white*, a fekete és a fehér. Az olyasféle angol kifejezések ellenére, mint „annyira különböző, mint a fehér meg a fekete”, a két szó, úgy látszik, egy töről fakad. A fekete az angolszász *blaece*, a fehér pedig az angolszász *blac* szóból származik, utóbbinak még ma is aktívak az olyan származékai, mint a *blanch*, *blank*, *bleak* (fakó, üres, komor) és a francia *blanc*. Mind a fehérnek, mind a feketének közös tulajdonságuk, hogy szintelenek. Arthur király szótárírója igen jó megfigyelőnek mutatkozott, amikor mindkettőre ugyanazt a szót alkalmazta.

Ez ellen a legegyszerűbb elővigyázatossági intézkedés tehát a másik kézzel üdvözölni és enni. A pretechnológus emberi társadalmakban a jelek szerint kivétel nélkül a bal kezét használták ezekre a toalettcélokra, és a jobb kezét üdvözlésre és evésre. Ennek a konvenciónak az alkalmi megszegésére joggal néztek elborzadva. A kisgyerekeket súlyos büntetésekkel illették az uralkodó jobbkezességi konvenció megsértéséért, és még ma is sok idős ember él Nyugaton, akik emlékeznek arra az időre, amikor még azért is szigorúan megrótták őket, ha bal kézzel nyúltak a tárgyakért. Azt hiszem, mindez talán meg tudja magyarázni a „ballal” való kapcsolatok elleni heves ellenkezést, és azt a védekező, öndicsérő dagályosságot, amely a „jobbhoz” való kapcsolathoz fűződik, és közhely a mi jobbkezes társadalmunkban. Ez a magyarázat azonban azt nem magyarázza meg, miért választottuk eredetileg a jobb és a bal kezét ezekre a sajátos funkciókra. Lehetne azzal érvelni, hogy statisztikusára ötven százalék az esélye annak, hogy a toalettfunkciók a bal kézre jussanak. De ekkor azt várhatnánk, hogy két társadalom közül az egyik igazságos legyen a bal kézhez, ténylegesen azonban ilyen társadalmak a jelek szerint nincsenek. Egy olyan társadalomban, ahol az emberek legnagyobb része jobbkezes, az olyan precíziós feladatokat, mint az evés és a harc, az előnyben részesített kézre bízák, így a toalettfunkciók szükségképpen a bal kézre maradnak. Ez azonban szintén nem magyarázza meg, hogy a társadalom miért jobbkezes. A magyarázatnak, a legalapvetőbb értelemben, másutt kell rejlenie.



42 / Két *Australopithecus robustus*. Ezek az állatok alighanem túlnyomóan jobbkezesek lehettek, az *Australopithecus gracilis*-ek nagyon valószínűen azok voltak.

Copyright t 1965, 1973 Time, Inc.

A legtöbb feladatnál előnyben részesített kezünk és a beszédet irányító agyfélteke között nincs közvetlen kapcsolat, és a balkezesek többségének balkezessége ellenére alighanem a bal agyféltekében van a beszédközpontja, bár ez vitatott kérdés. Ennek ellenére a jobb- és balkezesség létét önmagában is az agy lateralizációjával kapcsolatos jelenségnek vélik. Egyes bizonyítékok arra utalnak, hogy a balkezeseknél nagyobb a valószínűsége az olyan bal agyféltekés funkciókkal összefüggő problémáknak, mint az írás, az olvasás, a beszéd és a számolás, viszont a balkezesek ügyesebbek az olyan jobb agyféltekés funkciókban, mint a képzelet, az alakfelismerés és általában a kreativitás.* Egyes adatok arra mutatnak, hogy az ember *genetikailag* hajlamos a jobbkezességre. Például a terhesség harmadik és negyedik hónapjában a magzatoknak több ujjlenyomat-barázdájuk van a jobb kezükön, mint a bal kezükön, és ez a túlsúly a magzati élet során és a születés után is fennáll.

Az australopithecusfélék jobb- vagy balkezességéről azok a fosszilis páviánkoponyák adnak tájékoztatást, amelyeket az embernek ezek a korai rokonai csont- vagy fabunkóval törtek be. Raymond Dart, az australopithecus fossziliák felfedezője, arra a következtetésre jutott, hogy körülbelül húsz százalékuk volt balkezes, ami durván megfelel a balkezesség modern embernél észlelt arányának. Ezzel szemben míg más állatok gyakran mutatnak erős mancspreferenciákat, előnyben részesített mancsuk majdnem egyforma valószínűséggel éppúgy lehet a bal, mint a jobb.

* Úgy tűnik, eddig mindössze két balkezes amerikai elnök volt: Harry Truman és Gerald Ford. Nem vagyok benne biztos, vajon ez összeegyeztethető-e vagy sem a felvetett (gyenge) korrelációval a jobb- és balkezesség, valamint az agyféltekék funkciója között. A balkezesek kreatív zsenialitásának alighanem Leonardo da Vinci a legmegvilágítóbb példája.

A jobb-bal megkülönböztetés mélyen visszanyúlik fajunk múltjába. Nem tudom, vajon az agy két féltekéje, a racionális és az intuitív közötti csata enyhe fuvallata nem bukkant-e felszínre a jobbot és a balt jelölő szavak polarizációjában, hiszen a verbális agyfélteke az, amely a jobb oldalt ellenőrzi. Lehet, hogy a jobb oldal nem is ügyesebb, ám biztosan jobb a sajtója. A bal agyfélteke a jelek szerint defenzívában érzi magát - furcsa módon bizonytalan - a jobb agyféltekével szemben, márpedig ha ez így van, akkor az intuitív gondolkodás verbális kritikája gyanússá válik, ami az indítóokait illeti. Sajnos minden okunk megvan azt hinni, hogy a jobb oldali agyféltekének hasonló - természetesen nem verbálisan kifejezett-rossz érzései vannak a bal agyféltekével kapcsolatban.

Elismerve mindkét gondolkodási mód, a bal és a jobb agyféltekés gondolkodás érvényességét, fel kell tennünk a kérdést, vajon egyformán hatékonyak és hasznosak-e új körülmények közt. Nem kétséges, hogy a jobb agyfélteke intuitív gondolkodása olyan mintákat és kapcsolatokat is érzékelhet, amelyek a bal agyfélteke számára túlságosan nehezek, ám mintákat fedezhet fel ott is, ahol azok nem léteznek. A szkeptikus és cinikus gondolkodás nem jellemző a jobb agyféltekére. A más eszmékkel nem ötvözőtt jobb agyféltekés tanok pedig - különösen amikor új és próbára tevő körülmények között találják ki őket - tévesek vagy paranoidok is lehetnek.

Stuart Dimond, a walesi Cardiff egyetemének pszichológusa nemrégiben kísérletei során különleges kontaktlencsákat alkalmazott, és így mutatott be filmeket külön-külön csak a jobb vagy csak a bal agyfélteke számára. Normális kísérleti alanyok esetében persze az egyik agyféltekébe érkező információk a kergestest útján a másik agyfélteke számára is átadódhatnak. A kísérleti alanyokat arra kérték fel, hogy emocionális tartalmuk szempontjából értékeljék a különféle filmeket. A kísérletekből figyelemre méltó tendencia bontakozott ki: a jobb agyfélteke hajlamos kellemetlenebbnek, ellenségesebbnek, sőt undorítóbbnak tekinteni a világot a bal agyféltekénél. A cardiffi pszichológusok úgy találták továbbá, hogy amikor mindkét agyfélteke működik, akkor emocionális reakcióink nagyon hasonlóak a bal agyfélteke kizárólagos reakcióihoz. A jobb agyfélteke negatívizmusát a mindennapi életben nyilvánvalóan erősen mérsékli a könnyedebb bal agyfélteke. Ám a jobb agyféltekében mintha ott lappangana egy sötét és gyanakvó érzés, ami némileg megmagyarázhatja bal agyféltekés énünk antipátiáját a bal kéz és a jobb agyfélteke „baljóssága” iránt.

A paranoid gondolkodás esetében az illető személy azt hiszi, hogy összeesküvést - azaz valami rejtett (és rosszindulatú) mintát - fedezett fel barátai, üzlettársai vagy kormányzata viselkedésében, amikor a valóságban ilyen minta nem létezik. Ám ha csakugyan *létezik* ilyen összeesküvés, akkor az illető mélységesen szoronghat, de gondolkodása nem szükségképpen paranoiás. Híres volt James Forrestalnak, az USA első nemzetvédelmi miniszterének esete. Forrestal a második világháború végén meg volt győződve róla, hogy minden lépését izraeli titkos ügynökök követik. Orvosai, akik viszont meg voltak győződve róla, hogy ez egy képtelen fixa idea, paranoiásnak diagnosztizálták, és bezáratták a Walter Reed katonai kórház egyik felső emeletére, ahonnan aztán kiugrott és meghalt (részben a nem megfelelő kórházi felügyelet miatt, mert a személyzet túlságosan meghunyászkodott magas rangja előtt). Később azonban kiderült, hogy csakugyan izraeli ügynökök követték, akik attól féltek, hogy titkos egyezsége jut az arab országok képviselőivel. Forrestalnak más problémái is voltak, de az, hogy helytálló észlelését paranoiának bélyegezték, biztosan nem segített az állapotán.

Gyors társadalmi változások idején óhatatlanul kialakulnak összeesküvések, mind a változás pártján állók, mind a *status quo* védelmezői között (az újabb amerikai politikai történelemben inkább az utóbbiak, mint az előbbiek közt). Összeesküvést felfedezni ott, ahol nincs összeesküvés, a paranoia tünete, felfedezni őket, amikor vannak, a lelki egészség jele. Egy ismerősöm azt mondja: - Ha a mai Amerikában nem vagy egy kicsit paranoid, akkor elment az eszed. - Ez a megjegyzés azonban az egész földgolyóra érvényes.

Hogy a jobb agyféltekéből kikerülő mintázatok valódiak-e vagy képzeltek, semmi módon nem dönthető el, amíg alá nem vetjük őket a bal agyfélteke vizsgálatának. Másfelől a pusztán kritikai gondolkodás intuitív felismerések és az új minták keresése nélkül steril, és kudarcra van kárhoztatva. Komplex problémák megoldása változó körülmények közt mindkét agyfélteke tevékenységét megköveteli: a jövő útja a kergestesten át vezet.

A különböző kognitív funkciókból eredő különböző viselkedés egyik példája - a sok közül - a vér látványára való jól ismert emberi reakció. Sokan közülünk émelyegnek, undorodnak, sőt elájulnak, amikor meglátják, hogy valaki erősen vérzik. Ennek az oka szerintem világos: az évek során saját vérzésünket fájdalommal, sérüléssel és testi épségünk megsértésével asszociáltuk, és amikor azt látjuk, hogy valaki más vérzik, rokonszenvező vagy a másik helyzetébe helyezkedő fájdalmat érzünk. Majdnem bizonyosan ez az oka annak, hogy a vörös színt a veszély vagy a „megállj” jelzésére használják számos különféle emberi

társadalomban.* (Ha a vérünkben zöld volna az oxigént hordozó pigment - biokémiaiilag zöld is lehetne -, akkor mindnyájan a zöldet tartanánk a veszély jelének, és mulatnánk a gondolaton, hogy erre a vöröset is lehetne használni.) A képzett orvosnak viszont egészen másfajta percepciói vannak a vér láttán. Melyik szerv sérülhetett meg? Mennyire bőséges a vérzés? Vénás vagy artériás vérzésről van-e szó? Nem kell-e szorítókötést alkalmazni? Mindezek a kérdések a bal agyfélteke analitikus funkciói. Komplexebb és analitikusabb kognitív folyamatra van szükség hozzájuk annál az egyszerű asszociációnál, amely szerint a vérzés egyenlő a fájdalommal, és sokkal gyakorlatiasabbra is annál. Ha én sebesülnék meg, sokkal inkább lennék egy hozzáértő orvos társaságában, aki hosszú tapasztalata révén majdnem teljesen immunis lett a véres látványra, mint egy együttérző barátéban, aki elájul a vér láttán. Lehet, hogy az utóbbinak ez erős motivációt ad arra, hogy ne sebezzen meg másokat, de az előbbi segíteni tud, ha valaki megsebesül. Ideálisan strukturált faj esetében ez a két teljesen különböző magatartás egyidejűleg lépne fel ugyanabban az egyénben: és legtöbbször pontosan ez is történik. A kétféle gondolkodásmód komplexitása nagyon különböző, de egymást kiegészítő túlélési-fennmaradási értékük van.

* Vagy a „lefelé” jelzésére a felvonók irányjelző lámpáiban. Fán élő őseinknek „lefelé” nagyon keltett vigyáznuk.

Az intuitív gondolkodásnak az analitikus gondolkodás világos következtetéseivel való időnkénti szembenállására tipikus példa D. H. Lawrence véleménye a Holdról. „Hiába mondjátok nekem, hogy az egy halott szikla az égen! Én tudom, hogy nem az.” És a Hold csakugyan több, mint egy halott szikla az égen. Gyönyörű, romantikus asszociációkat hordoz, árapályt mozgat, még az is lehet, hogy végső soron az emberi menstruációs ciklus időzítését is befolyásolja. Ám kétségkívül egyik tulajdonsága az is, hogy egy halott szikla az égen. Az intuitív gondolkodás egész jól működik azokon a területeken, amelyeken előzőleg már személyes vagy evolúciós tapasztalatokat szereztünk. De az új területeken - az olyanokon, mint a közeli égitestek természete - az intuitív gondolkodásnak nem szabad túlságosan magabiztosnak lennie állításaiban, és készségesen alkalmazkodnia kell azokhoz a felismerésekhez, amelyeket a racionális gondolkodás erőszakol ki a természettől. Mindezt adottnak véve, a racionális gondolkodás folyamatai azonban nem öncélúak, hanem az emberiség javának nagyobb összefüggésében kell felfogni őket; a racionális és analitikus törekvések természetét és irányát jelentős mértékben végső emberi vonatkozásaiknak kell meghatározniuk, amelyeket az intuitív gondolkodás tár fel.

A természettudományt bizonyos értelemben úgy írhatjuk le, mint a természetre alkalmazott paranoid gondolkodást: természeti összeesküvéseket keresünk, kapcsolatokat látszólag összefüggéstelen adatok közt. Célunk az, hogy mintákat vonatkoztassunk el a természetből (jobb agyféltekés gondolkodás). csak hogy a felvetett minta sokszor ténylegesen nem vág össze az adatokkal, így az összes felmerült mintát kritikai elemzésnek kell alávetnünk (bal agyféltekés gondolkodás). Minták keresése kritikai analízis nélkül, illetve merev szkepticizmus, minták keresése nélkül - egy tökéletlen tudomány ellentétes pólusai. A tudás hatékony keresése mindkét funkciót megköveteli.

A differenciálszámítás, a newtoni fizika és a geometriai optika mind alapvetően geometriai levezetésekben származtak, és napjainkban főleg analitikus énekel tanítják és bizonyítják őket: a matematika és a fizika megalkotása sokkal inkább jobb agyféltekés funkció, mint a tanítása. Ez napjainkban is teljesen általános jelenség. A fontos természettudományos felismerések jellegzetesen intuitívek, és ugyancsak jellegzetesen lineáris-analitikus levezetésekkel írják le őket a tudományos dolgozatokban. Ebben nincs semmiféle anomália: ez többé-kevésbé pontosan az, aminek lennie kell. A kreatív alkotásnak jelentős jobb agyféltekés alkotórészei vannak, de az eredmények érvényességére vonatkozó érvek főként a bal agyfélteke funkciói.

Albert Einstein megdöbbentő, az általános relativitáselmélet középpontjában álló felismerése az volt, hogy a gravitációt értelmezhetjük úgy is, hogy az összevont Riemann-Christoffel-tenzort egyenlővé tesszük zérussal. De ezt az elképzelést csak azért fogadták el, mert ki lehetett dolgozni az egyenlet részletes matematikai következményeit, amiből kiderült, hol különböznek előrejelzései a newtoni gravitáció előrejelzéseitől, s aztán kísérleteket lehetett folytatni annak tisztázására, hogy maga a természet melyik értelmezésre szavaz. A természet három emlékezetes kísérletben - a Nap közelében elhaladó csillagok fényének eltérülése; a Naphoz legközelebb lévő bolygó, a Merkúr pályájának mozgása; és a színekpvonalak erős gravitációs térben való vöröseltolódása - Einstein mellett szavazott. Ám ezek nélkül a kísérleti bizonyítékok nélkül nagyon kevés fizikus fogadta volna el az általános relativitást. A fizikában számos majdnem ezzel összehasonlíthatóan briliáns és elegáns hipotézis merült fel, amelyeket el kellett vetni, mert nem állták ki a kísérletek próbáját. Szerintem jelentős mértékben javulna az ember állapota, a *condition humaine*, ha társadalmi, politikai, közgazdasági, vallásos és kulturális életünknek is rendszeres

résztévé válna a hipotézisek szembeállítás a kísérletekkel, és ha utánuk hajlandók volnánk elvetni az elvetélt hipotéziseket.

Nem ismerek a természettudományokban olyan jelentős előrehaladást, amely ne követelte volna meg mindkét agyfélteke jelentős részvételét. Nem áll ez a művészetre, ahol, úgy látszik, nem léteznek olyan kísérletek, melyek révén hozzáértő, művészszerető és elfogulatlan megfigyelők egymás kölcsönös megelégedésére meg tudnák állapítani, hogy melyek a nagy műalkotások. A példák százai közül azt venném elő, hogy a vezető francia műkritikusok, folyóiratok és múzeumok a tizenkilencedik század végén és a huszadik század elején *in toto* elutasították a francia impresszionizmust - ma pedig ugyanezek az intézmények ugyanazokról a művészekről általánosan úgy vélik, hogy mesterműveket alkottak. Talán egy évszázad múlva az inga újra irányt változtat majd.

Ez a könyv maga is egy mintafelismerési gyakorlat, kísérlet arra, hogy megértsünk valamit az emberi intelligencia természetéből és evolúciójából, ehhez a természettudományok és a mítoszok gazdag választékából származó kulcsokat használva. Jelentős részében mindez a jobb agyfélteke tevékenysége: a könyv írása közben újra meg újra felébredtem az éjszaka kellős közepén vagy a kora hajnali órákban, egy-egy új felismerés enyhe öröme. Ám hogy ezek a felismerések valódiak-e - és azt hiszem, sok közülük alapvető revízióra szorul -, az attól függ, milyen jól funkcionált a bal agyféltekém (továbbá attól is, hogy vajon nem azért tartottam-e ki bizonyos nézetek mellett, mert nem volt tudomásom az őket megcáfoló bizonyítékokról). Írása során ismételtén úgy érzékelttem e könyv létét, mint valamiféle metapéldát, amely elképzelésében és megvalósításában egyaránt saját tartalmát illusztrálja.

A tizenhetedik században két teljesen különböző módja volt a matematikai mennyiségek közötti kapcsolatok leírásának: az ember felírhatott egy algebrai egyenletet, vagy felrajzolhatott egy görbét. Amikor René Descartes felfedezte az analitikus geometriát, kimutatta a matematikai világ e két nézőpontjának a formai azonosságát. Az algebrai egyenletek az analitikus geometria révén grafikusán ábrázolhatókká váltak. (Descartes mellesleg anatómus is volt, aki a funkciók agyi lokalizációjával foglalkozott.) Az analitikus geometria ma a tizedik osztályban tanított közhely, ám a tizenhetedik században briliáns felfedezés volt. Egy algebrai egyenlet azonban archetipikusan a bal agyfélteke konstrukciója, míg egy szabályos geometriai görbe, az egymással kapcsolatban álló pontok elrendeződésének mintázata, jellegzetesen a jobb agyfélteke terméke. Bizonyos értelemben így az analitikus geometria a matematika kérgesteste. Napjainkban egész sor tan vagy ellentétben áll egymással, vagy hiányzik köztük a kölcsönös interakció. Egyes fontos esetekben itt bal agyféltekés nézetek állnak szemben jobb agyféltekés nézetekkel. Égető szükségünk lenne rá, hogy karteziánus módon összekapcsoljunk látszólag egymással kapcsolatban nem álló vagy ellentétes tanokat.

Azt hiszem, kultúránk és minden más emberi kultúra legjelentősebb kreatív tevékenységeit - a jogi és etikai rendszereket, a képzőművészeteket és a zenét, a természettudományt és a technikát - csak a jobb és a bal agyfélteke együttműködő munkája tette lehetségessé. A kreatív alkotások, még ha csak ritkán és csak kevesek foglalkoztak is velük, megváltoztattak minket, és megváltoztatták a világot. Talán azt mondhatnánk, hogy az emberi kultúra a kérgestest funkciója.

8. AZ AGY JÖVŐBENI EVOLÚCIÓJA

A jövőnek az a dolga, hogy veszélyes legyen... A civilizáció olyan folyamatokkal lép a legnagyobbakat előre, amelyek hajsza híján elpusztítják azokat a társadalmakat, amelyekben megjelennek,

ALFRED NORTH WHITEHEAD / ESZMEI KALANDOZÁSOK

Az intellektus hangja halk hang, de nem nyugszik addig, amíg meghallgatást nem talál. Végso soron, számtalan visszautasítás után, sikert arat. Ez egyike ama néhány dolognak, amiben az ember az emberiség jövőjét illetően optimista lehet.

SIGMUND FREUD / EGY ILLÚZIÓ JÖVŐJE

Az emberi elme mindenre képes - mert minden benne van, a teljes múlt éppúgy, mint az egész jövő.

JOSEPH CONRAD / A SÖTÉTSÉG SZÍVE

Az emberi agy a jelek szerint holmi feszengő fegyverszünet állapotában van, alkalmi csetepatékkal és ritka csatákkal. Az a tény, hogy az agynak bizonyosfajta viselkedésre predisponáló alkotórészei vannak, nem ok a fatalizmusra vagy a kétségbeesésre: az egyes komponensek viszonylagos fontossága jelentős mértékben ellenőrzésünk alatt áll. Az anatómia nem végzet, bár nem is lényegtelen. Legalább egyes elmebetegségeket már képesek vagyunk megérteni az egymással vetélkedő idegi részek konfliktusainak fogalmai keretében. Az alkotórészek közötti kölcsönös elfojtás számos irányba hat. Beszéltünk már az R-komplexum limbikus és neokortexes elfojtásáról, de a társadalom révén az R-komplexum is elnyomhatja a neokortexet, és az egyik agyfélteke a másikat.

Az emberi társadalmak általában nem újító jellegűek, hanem hierarchikusak és ritualisztikusak. A változásra irányuló javaslatokat gyanakodva fogadják, mert a rituálé és a hierarchia kellemetlen módosulását ígérnek: a rituálé egyik készletének másakra való kicserélését vagy talán egy kevésbé szertartásos, kevésbé strukturált társadalom létrejöttét vonják maguk után. Ám mégis vannak idők, amikor a társadalmaknak meg kell változniuk. „A nyugodt múlt dogmái nem felelnek meg a viharos jelennek”, fogalmazta meg Abraham Lincoln az igazságot. Az amerikai és más társadalmakban az átalakítási kísérletek során nagyrészt az okozza a nehézséget, hogy a változásnak ellenállnak azok a csoportok, amelyeknek érdekük fűződik a *status quo* fenntartásához. A jelentős változások esetleg megkövetelnék azt, hogy aki jelenleg magas helyet foglal el a hierarchiában, sok-sok lépcsőfokkal lejjebb kerüljön. Az illetők ezt nem tartják kívánatosnak, és ellenállnak.



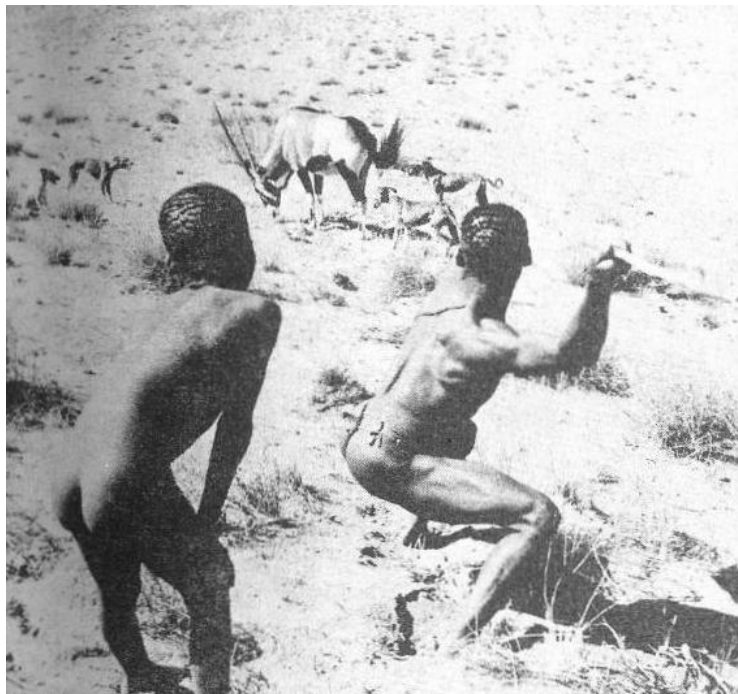
43 / Az önmagán töprengő ember: a modern anatómia megalapítójának, Vesaliusnak a rajza. A The New York Academy of Medicine könyvtárának szíves engedélyével.

Némi változás, sőt jelentős változás mégis látható azonban a nyugati társadalomban - minden bizonnyal nem elegendő, mégis több, mint majdnem minden más társadalomban. A régebbi, statikusabb kultúrák sokkal inkább ellenállnak a változásnak. Colin Turnbull Az *erdő népe* (The forest people) című könyvében megrendítően ír arról a nyomorék pigmeus kislányról, akinek az odalátogató antropológusok átadtak egy elképesztő technikai újítást: a mankót. Annak ellenére, hogy a találmány sokat enyhített a kislány szenvedésein, a felnőttek, beleértve a kislány szüleit is, nem mutattak különösebb érdeklődést a találmány iránt.* A hagyományos társadalmakban sok más esete is akad az újdonságokkal szembeni türelmetlenségnek: sok különféle idevágó példát hozhatnánk fel olyan emberek életéből, mint Leonardo, Galilei, Erasmus, Darwin vagy Freud.

* A pigmeusok védelmében talán meg kell jegyeznem, hogy egy barátom, aki hosszabb időt töltött közöttük, azt meséli, hogy az olyan tevékenységekre, mint az emlősök és halak türelmes becserkészése és vadászata, marihuánarészegséggel készítik elő magukat, ami segít legalább törhetővé tenni a hosszú várakozásokat, amelyek minden más, a komódói sárkánynál fejlettebb lényt halálra untatnának. Mint mondta, a *ganja* (indiai kender) az egyetlen természetett növényük. Groteszk érdekesség volna, ha az emberi történelemben általánosan a marihuána művelése vezetett volna a földművelés feltalálására, s ezzel a civilizációhoz. (A marihuánától részeg pigmeusnak, aki egy teljes órán át áll türelmesen a föletelt halászszigonyával, komoly paródiái azok a sörrel teleszívott puskások, akik vörös takarók védő-álcázó öltözetében a környék erdeiben botorkálva minden Hálaadás napján rettegésben tartják az amerikai kertvárosokat.)

A statikus állapotban lévő társadalmak tradicionalizmusa általában nem adaptív jellegű: kulturális formáik sok-sok nemzedéken át, keservesen fejlődtek ki, és tudják róluk, hogy jól beváltak. A mutációkhoz hasonlóan minden véletlenszerű változás valószínűleg kevésbé válna be. Am ugyancsak a mutációkhoz hasonlóan, szükség van változásokra, ha új környezeti körülményekhez kell alkalmazkodni. Olyan időkben, melyeket sebesen változó külső fizikai és társadalmi környezet jellemez - mint a mi korunkat is -, a változás elfogadása és a hozzá való igazodás alkalmazkodó, adaptív jellegű, míg a statikus környezetben élő társadalmaknál nem az. A vadászó-gyűjtögető életstílusok történelmünk legnagyobb részében jól szolgálták az emberiséget, és azt hiszem, félreérthetetlen bizonyítékok szólnak amellett, hogy az evolúció bizonyos értelemben éppen egy ilyen kultúrára tervezett bennünket. Amikor felhagyunk a vadászó-gyűjtögető élettel, kilépünk fajunk gyermekkorából. A vadászó-gyűjtögető és a magas technológiájú társadalmak egyaránt a neokortex termékei. Mi már visszafordíthatatlanul rátértünk az utóbbi ösvényre, de még időbe telik, amíg ezt meg is szokjuk.

Anglia szülöttei között figyelemre méltóan sok tehetséges, több tudományágban járatos kutató és tudós akadt. A legutóbbi időkben köztük tartozott Bertrand Russell, A. N. Whitehead, J. B. S. Haldane, J. D. Bernal és Jacob Bronowski. Russell ehhez azt a megjegyzést fűzte, hogy az ilyen tehetséges egyedek kifejlődéséhez a gyermekkorban szükség van egy olyan periódusra, amikor a gyereket alig vagy egyáltalán nem szorítják konformizmusra, amikor fejlődhet, és azzal foglalkozhat, ami érdekli, legyen az akármilyen szokatlan vagy bizzar. Szerintem az a társadalmi konformitásra irányuló erős nyomás, melyet az Egyesült Államokban és még inkább a Szovjetunióban, Japánban és a Kínai Népköztársaságban - a kormányzat és a mintaadó csoportok az egyénre gyakorolnak, alighanem az egyik oka annak, hogy ezekben az országokban aránylag jóval kevesebb polihisztor akad. Továbbá szerintem arra is vannak bizonyítékok, hogy e tekintetben Angliában is erős jelenleg a hanyatlás.



44 / A vadászó-gyűjtögető egyidejűleg becserkészi a vadat, és tanítja a fiát. Ez az életmód, amely évmilliókon át jellemző volt fajunkra, ma már szinte kihalt.
Foto: Nat Farbman, Life. A Time-Life Picture Agency szíves engedélyével. Time, Inc.

Különösen ma, amikor az emberi fajnak annyi nehéz és komplex problémával kell szembenéznie, kétségbeejtő szükség lenne a széles látókör és a hatékony gondolkodás kifejlődésére. Valamiféle módot kellene rá találnunk - ami összeegyeztethető mindezeknek az országoknak a demokratikus ideáljaival -, hogy emberségesen és gondosan előmozdítsuk a különlegesen ígéretes fiatalok intellektuális fejlődését. Ehelyett ezen országok oktatási és vizsgarendszerében többnyire az oktatási folyamat szinte hullőszerű ritualizálásával találkozunk. Néha eltűnődöm rajta, hogy a jelenlegi amerikai televíziós és filmkínálatban elburjánzott szex és agresszió nem azt a tényt tükrözi-e, hogy míg az R-komplexum mindannyiunkban jól fejlett, számos neokortexes funkciónk részben az iskola és a társadalom represszív természete miatt, ritkábban jut kifejezésre, kevésbé megszokott, és nincs eléggé megbecsülve.

Az utóbbi néhány évszázad hallatlan társadalmi és technikai változásainak következtében a világ nem működik jól. Nem élünk hagyományos és statikus társadalmakban, de kormányaink, ellenállva a változásnak, úgy tesznek, mintha azokban élnénk. Hacsak nem pusztítjuk el magunkat teljesen, a jövő azoké a társadalmaké lesz, amelyek nem hagyják ugyan figyelmen kívül lényünk hullőszerű és emlésközlő részeit, de lehetővé teszik természetünk jellegzetesen emberi alkotóelemeinek felvirágzását: azoké a társadalmaké, amelyek inkább a sokféleséget bátorítják, mintsem a konformitást; azoké a társadalmaké, amelyek hajlandók különféle társadalmi, politikai, gazdasági és kulturális kísérletekbe anyagi erőforrásokat beruházni, és készek fölláldozni a rövid távú előnyöket a hosszú távú haszon érdekében; azoké a társadalmaké, amelyek az új eszméket a jövőbe vezető finom, kényes és mérhetetlenül értékes ösvényeknek tekintik.

Ha az agyat jobban megértjük, az egy szép napon kihathat az olyan konfliktust okozó társadalmi kérdésekre is, mint a halál definíciója vagy az abortusz elfogadhatósága. A jelenlegi nyugati etika a jelek szerint azt diktálja, hogy jó okkal megengedhető az emberen kívül más főemlősök és minden bizonnyal más emlősök megölése; de (egyének számára) hasonló körülmények közt megengedhetetlen, hogy más embereket megöljenek. Ebből az a logikus következtetés adódik, hogy az emberi agy jellegzetesen emberi tulajdonságai jelentik a különbséget az ember és az állat közt. Így ha a neokortex lényeges részei még funkcionálnak, a kómában lévő betegről minden bizonnyal azt kell mondanunk, hogy emberi értelemben véve él, még ha egyéb testi vagy neurológiai funkciói súlyosan károsodtak is. Másfelől viszont azt az egyébként élő páciens, aki semmiféle jelét nem adja neokortikális tevékenységeknek (ideértve az alvás közbeni neokortikális tevékenységeket is), emberi értelemben már halottnak tekinthetjük. Számos ilyen esetben a neokortex már irreverzibilisen tönkrement, de a limbikus rendszer, az R-komplexum és az alsó agytörzs még működik, és az olyan alapvető funkciók, mint a légzés és a vérkeringés, nem szenvedtek károsodást. Azt hiszem, további munkára van szükség az emberi agy fiziológiája terén, mielőtt a halál jól megalapozott jogi definíciója általánosan elfogadhatóvá válna, de az efféle definícióhoz vezető út nagy valószínűséggel olyan megfontolásokon át fog vezetni, amelyek a neokortexet szembeállítják az agy többi alkotórészeivel.

Hasonló gondolatok segíthetnének annak a heves abortuszvitának a megoldásában is, amely az 1970-es évek végén lobbant fel Amerikában, s amelyet mindkét oldalról szélsőséges indulatok és az ellentétes nézetek teljes tagadása jellemeznek. Az egyik szélsőség álláspontja szerint a nőnek veleszületett joga, hogy „rendelkezzék a saját testével”, és ez, mint mondják, magában foglalja a méhmagzata halála fölötti rendelkezést is, különféle okokból, köztük pszichológiai ellenérzésből, vagy abból a gazdasági megfontolásból, hogy nem képes fölnevelni a gyermekét. A másik szélsőség számára létezik egy „élethez való jog”, és szerintük még egy zigóta, az első embrionális osztódás előtt álló megtermékenyített petesejt megölése is gyilkosság, mert a zigótának megvan a „potenciálja” ahhoz, hogy emberi lényvé váljon. Tudom, hogy egy ilyen indulatokkal terhes kérdésben valószínűleg semmiféle megoldási javaslat nem fog tapsokat aratni egyik szélsőség partizánjaitól sem, és azt is tudom, hogy néha a szívünk meg az eszünk más-más következtetésekre vezet minket. A könyv előző fejezeteiben kifejtett elképzelések alapján azonban szeretném legalábbis megpróbálni egy ésszerű kompromisszum kialakítását.

Nem kérdéses, hogy a törvényesített abortusz elejét veszi az illegális és hozzá nem értő „hátsó udvari” abortuszok tragédiáinak és mézárásainak, továbbá hogy egy olyan civilizációban, amelyet az ellenőrizetlen népességszaporodás kísértete fenyeget, a széles körben hozzáférhető törvényes abortusz fontos társadalmi szükségletet elégíthet ki. A gyermekek megölése mindkét problémát megoldaná. A gyermekölést széles körben alkalmazták számos emberi közösségben, egyebek közt a klasszikus görög civilizáció egyes részein is, amelyet általánosan saját civilizációnk kulturális elődjének tekintenek; és széles körben gyakorolják ma is: számos olyan része van a világnak, ahol az újszülöttek közül minden negyedik nem éli

túl az első életévét. Ám a mi törvényeink és erkölcsünk szerint a gyermekek megölése vitathatatlanul gyilkosság. Mivel a terhesség hetedik hónapjában született csecsemő semmilyen lényeges szempontból nem különbözik egy hét hónapos, anyaméhben lévő magzattól, ebből szerintem az következik, hogy az abortusz, legalábbis a terhesség utolsó harmadában, nagyon közel áll a gyilkossághoz. Az az ellenvetés, hogy az embrió a terhesség harmadik harmadában még nem lélegzik, megtevesztő: hiszen vajon megengedhető volna-e megölni a csecsemőt, amikor a köldökszinórját még nem vágta át, vagy ha még nem vett lélegzetet? Úgyszintén, ha pszichológiailag nem vagyok felkészülve rá, hogy együtt éljek egy idegennel - például egy katonai táborban vagy egy főiskolai hálóteremben -, ez sem jogosít fel arra, hogy megöljem, és ha felbőszít is adóim egy részének felhasználása, nem irthatom ki azokat, akik ezekből az adóbevételekből részesülnek. Az efféle vitákban gyakran zavarosak a polgári szabadságjogi szempontjai. Néha fölteszik a kérdést, miért kellene másoknak az ügyben vallott nézeteit rám is kiterjeszteni? Társadalmunk azonban azokat is kötelezi a büntető törvénykönyv tiszteletben tartására, akik személy szerint nem támogatják a gyilkosság konvencionális tilalmát.

A vita másik oldalán felhozott érv, az „élethez való jog” ugyanakkor kitűnő példája a „harsány” inkább lelkesítő, mintsem megvilágosító frázisoknak. A Föld egyetlen társadalmában sem létezik ma „élethez való jog”, és korábban sem létezett soha (néhány olyan ritka kivétellel, mint az indiai dzsainoknál). Haszonállatokat tenyésztünk levágásra, elpusztítjuk az erdőket, beszennyezzük a folyókat és a tavakat, míg végül már nem él meg bennük a hal, sportból vadászunk őzre és jávorszarvasra, a prémjéért a leopárdra, a kutyaedelért a bálnákra, belegabalyítjuk a tátogó és vergődő delfineket hatalmas tonhalhalászhálóinkba, és agyoncsapjuk a fókakölyköket „a szaporulat szabályozása” céljából. Mindezek az állatok és növények ugyanúgy élőlények, mint mi. Amit sok emberi társadalomban óvnak, az nem az élet általában, hanem az emberi élet. És még az oltalom ellenére is „modern” háborúkat folytatunk, polgári lakosságok ellen, olyan iszonyatos pusztítással, hogy legtöbbünknek nincs is bátorsága mélyebben átgondolni a történeteket. Az efféle tömeggyilkosságokat gyakran ellenfeleink faji vagy nemzeti „átdefiniálásával” próbáljuk igazolni, azzal, hogy nem is egészen emberiek, alacsonyabb rendűek.

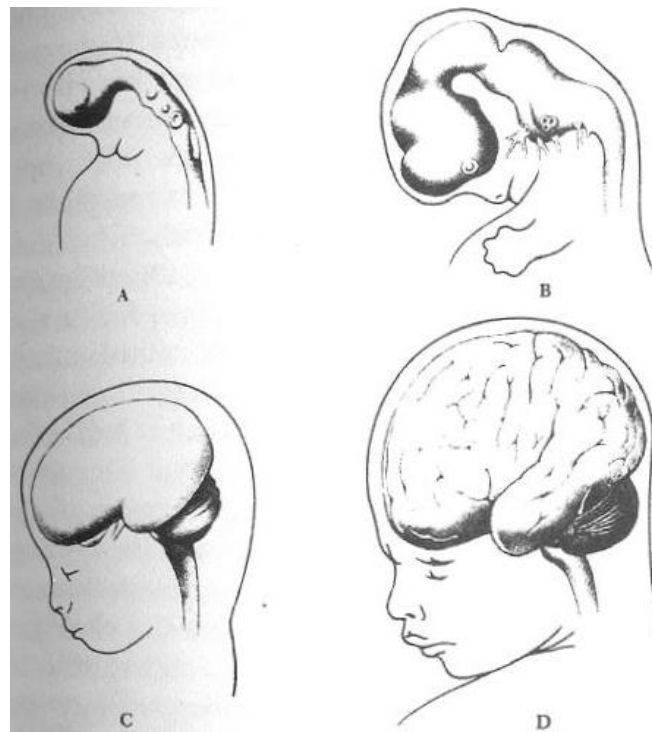
Hasonlóképpen rendkívül gyengének érzem a „potenciális” emberré válásra hivatkozó érveket is. Megfelelő körülmények között bármely emberi petesejtnek vagy spermiumnak megvan a potenciálja, hogy emberi lényvé váljék. Csakhogy a férfiak maszturbációját és éjszakai magömléseit természetesnek tekintjük, és nem emelünk miattuk gyilkossági vádakot. Egyetlen ejakulációban száz- és százmillió ember nemzéséhez elegendő spermatozoa van. Ráadásul lehetséges, hogy a nem túl távoli jövőben képesek leszünk kiónozással teljes embert létrehozni egyetlen, lényegében a donor bármely részéből vett sejtből. Ha ez így van, akkor testem bármelyik sejtjének megvan hozzá a potenciálja, hogy megfelelően tárolva emberi lényvé váljék, mihelyt a kiónozási technika átmegegy a gyakorlatba. Vajon tömeggyilkosságot követek-e el, ha megszüöm az ujjamat, és elveszítem egy csöpp véretem?

Ezek a kérdések nyilvánvalóan bonyolultak. A megoldásnak, szintén nyilvánvalóan, kompromisszumot kell létrehoznia becses, de ellentmondásos értékek között. A gyakorlati kulcskérdés annak meghatározása, hogy mikor válik az embrió emberré. Ez viszont azon múlik, hogy mit tekintünk embernek, emberinek. Bizonyosan nem azt, hogy valaminek emberi formája van, mert egy emberre emlékeztető, szerves anyagokból evégett egybeszerkesztett tárgyat minden bizonnyal nem tekintenénk embernek. Ezzel szemben egy Földön kívüli intelligens lény, aki nem is emlékeztet az emberre, de a miénket felülmúló etikai, intellektuális és művészi eredményeket mutat fel, kétségkívül saját gyilkossági tilalmunk alá esne. Nem az határozza meg emberségünket, hogy milyennek látszunk, hanem az, hogy mik vagyunk. Az emberölés tilalmának valami olyan emberi tulajdonság kell legyen az oka, amelyet rendkívül magasra becsülünk, és amellyel a Földön más organizmusok nem vagy csak nagyon kevesen rendelkeznek. Ez a tulajdonság nem lehet a fájdalomérzés vagy a mély érzelmek képessége, mert ez minden bizonnyal számos olyan állatra is kiterjed, amelyeket önkényesen leöldösünk.

A lényegi emberi minőség, azt hiszem, csak az intelligenciánk lehet. Ha pedig ez így van, akkor az emberi élet különleges szentségét a neokortex kifejlődésével és működésével azonosíthatjuk. Nem követelhetjük meg teljes kifejlődését, mert ez csak a születés után sok évvel következik be. De az emberi létbe való átmenet időpontját talán rögzíthetjük, azon a ponton, amikor a magzatban megindul az elektroencefalográfiával megállapítható neokortexes tevékenység. Hogy az agy mikor fejlődik határozottan emberi jellegűvé, az a legegyszerűbb embriológiai megfigyelésekből is megállapítható (1. 45. ábra). Ezen a területen mindmáig nagyon kevés munka folyt, és úgy érzem, az efféle kutatások fontos szerepet játszhatnak abban, hogy az abortuszvitában elfogadható kompromisszumra jussunk. Kétségkívül lennének magzatunkénti eltérések az első neokortexes EEG-jelek észlelésében, és a jellegzetesen emberi élet kezdetére vonatkozó jogi definíciónak szükségképpen konzervatív irányban kell elfogultnak lennie -

azaz a legfiatalabb magzatnál kellene megszabni, amely már ilyen aktivitást mutat. Az átmenet talán az első trimeszter (három hónapos időszak) végére vagy a terhesség második trimeszterének eleje tájára esne. (Itt most arról beszélünk, amit egy racionális társadalomban a törvénynek tiltania kellene: bárkinek, aki egy fiatalabb magzat abortuszát gyilkosságnak érzi, nem lenne törvényes kötelessége, hogy elfogadja vagy végrehajtsa az ilyen abortuszt.)

Ám ezeknek a gondolatoknak a következetes alkalmazásában el kell kerülnünk az emberi sovinizmust. Ha vannak más organizmusok, amelyekben megvan egy némileg elmaradott, de teljesen kifejlődött emberi lény intelligenciája, akkor ugyanazt a védelmet kellene nyújtanunk nekik a gyilkosság ellen, amit az embernél az anyaméhben való késői életre hajlandók vagyunk kiterjeszteni. Mivel a delfinek, a bálnák és a majmok intelligenciájára ma már legalább mérsékeltlen meggyőző bizonyítékaink vannak, az abortusszal kapcsolatos bármiféle következetes erkölcsi álláspontnak szerintem szigorú tilalmakat kellene magában foglalnia ezeknek az állatoknak legalábbis a céltalan lemészárlása ellen. De az abortuszvita megoldásához a végső kulcsot a jelek szerint a születés előtti neokortexes aktivitás vizsgálata nyújtaná.



45 / Az emberi agy embrionális fejlődése. A: három héttel a fogamzás után; B: hét hét után; C: négy hónap után; D: újszülött csecsemőnél. Az A és B alatt látható agyak erősen hasonlítanak a halak és a kétélűek agyára.

És az emberi agy jövőbeni evolúciója? Széles körű, és egyre bővülő bizonyítékaink vannak rá, hogy az elmebetegségek számos formáját az agy kémiai vagy „huzalozási” diszfunkciói okozzák. Mivel számos elmebetegségnek azonosak a tünetei, lehet, hogy ugyanazokból a diszfunkciókból származnak, és ugyanazokkal a gyógymódokkal javíthatók.

„Ismerjük meg az álmokat, és meg fogjuk ismerni az elmebetegséget”, mondta Hughlings Jackson, az úttörő tizenkilencedik századi angol neurológus. Az álmaiktól durván megfosztott kísérleti alanyok gyakran elkezdenek nappal hallucinálni. A skizofréniát gyakran kíséri éjszakai alvászavar, ám az bizonytalan, hogy ez ok-e vagy következmény. A skizofrénia egyik legmegdöbbentőbb vonása az, hogy mennyire boldogtalanok és kétségbeesettek azok, akik ebben a betegségben szenvednek. Lehetséges, hogy a skizofrénia nem más, mint ami akkor történik, amikor a sárkányok éjszaka nincsenek biztonságosan láncra verve, hanem kitörnek a bal agyfélteke béklyóiból, és kilépnek a napvilágra? Más betegségek talán a jobb

agyfélteke funkcióinak károsodásaiból erednek: a rögeszmés-kényszeres betegeknél például nagyon ritkán találkozunk intuitív ugrásokkal.

Az 1960-as évek közepén Lester Grinspoon és a Harvard orvosi karának más munkatársai egy sor ellenőrzött kísérletet hajtottak végre a skizofrénia kezelésére alkalmazott különféle terápiás eljárások viszonylagos értékének megállapítása céljából. A kutatók pszichiáterek voltak, és ha volt bennük valamiféle elfogultság, akkor inkább a verbális, mintsem a gyógyszeres eljárások alkalmazására hajlottak. Ám nagy meglepetésükre úgy találták, hogy egy újonnan kifejlesztett nyugtató, a thioridazin (egyike a fenothiazinoknak nevezett, megközelítőleg egyformán hatásos antipszichotikus gyógyszereknek) sokkal hatásosabb a pszichoterápiánál a betegség féken tartásában, ha nem is a gyógyításában; sőt mi több, úgy találták, hogy a thioridazin önmagában - a páciensek, hozzátartozóik és a pszichiáterek szerint - legalább olyan hatásos, mint ha pszichoterápiával kombinálják. A váratlan eredményekkel szembesülve egyszerűen lélegzetelállító ezeknek a kísérletezőknek a szakmai integritása: nehéz elképzelni, hogy a politika vagy a vallás vezető teoretikusai közt akadna olyan, akit bármilyen kísérlet meggyőzne bármiféle, az övékkel versengő tan felsőbbrendűségéről.

Az új keletű kutatások azt mutatják, hogy patkányok és más emlősök agyában természetes eredetű kis fehérjemolekulák, ún. endomorfinek vannak, amelyek ezekben az állatokban határozottan a skizofrén katatóniára emlékeztető izommerevséget és kábultságot képesek előidézni. Még mindig nem tudjuk, hogy a skizofrénia - melynek betegei valamikor az Egyesült Államok összes kórházi ágyának egytizedét foglalták el - molekuláris vagy neurológiai okok okozzák-e; de nem látszik kizártnak, hogy egy szép napon fel fogjuk fedezni, pontosan melyik agyterület vagy az agyban lévő neurokemikáliák melyik csoportja okozza ezt a működési rendellenességet.

Grinspoon és társainak kísérletei egy különös orvostikai kérdést vetnek fel. A trankvillánsok ma már olyan hatékonyak a skizofrénia kezelésében, hogy széles körben etikába ütközőnek tartják, ha megfosztják tőlük a betegeket. Következésképpen azokat a kísérleteket, amelyek kimutatják a trankvillánsok hatékonyságát, nem lehet többé megismételni, hiszen sokan felesleges kegyetlenségnek vélnék, ha megtagadnák a betegtől állapotának leghatásosabb kezelésmódját. Következésképpen többé nem létezhet olyan skizofrénia kontrollcsoport, amelynek nem adnak trankvillánsokat. Ha a működés zavarainak kemoterápiájában kritikus jelentőségű kísérleteket csak egyetlenegyszer lehet végrehajtani, akkor azokat bizony az első alkalommal nagyon, nagyon jól kell elvégezni.

Még elképesztőbb példája az efféle kemoterápiának a lítiumkarbonát alkalmazása mániás-depressziósok kezelésében. Ennél a gyötrő betegségnél a lítium, a legkönnyebb és legegyszerűbb fém gondosan ellenőrzött adagokban való szedése - megint csak mind a páciens, mind mások szemszögéből - bámulatos javulást eredményez. Hogy miért ilyen hatásos egy ilyen egyszerű kezelés, azt nem tudjuk, de legvalószínűbben az agy enzimekémiai folyamataival lehet kapcsolatos.

Igen furcsa elmebetegség a Gilles de la Tourette-kór (amelyet, mint mindig, arról az orvosról neveztek el, aki elsőként felhívta rá a figyelmet, nem pedig a benne szenvedő leghíresebb betegről). A betegség tünetei közt számos motoros és beszédzavar van, ezek egyike az, hogy a beteg - azon a nyelven, amelyet legfolyékonyabban beszél - kényszeresen és szünet nélkül ontja magából a trágárságokat és káromkodásokat. Az orvosok a betegség felismerési folyamatát „folyosói diagnózisnak” nevezik, mert a beteg egy kurta orvosi vizit időtartamára nagy nehezen úrrá tud ugyan lenni kényszeres „disznólkodásán”, de mihelyt az orvos kimegy a szobából a folyosóra, úgy ömlik belőle a trágárság, mint áradat az átszakadt gáton. Van az agyban egy hely, amely a „mocskos” szavakat előállítja (lehet, hogy a majmoknál is).

Nagyon kevés szó van, amellyel a jobb agyfélteke szakértő módon bánni tud - nem sokkal több, mint a helló meg a viszlát és... és néhány válogatott trágárság. Talán a Tourette-kór csak a bal agyféltekére hat. Bernard Campbell angol antropológus, a cambridge-i egyetem munkatársa azt a lehetőséget vetette fel, hogy a limbikus rendszer meglehetősen jól integrálódik a jobb agyféltekével, amely, mint láttuk, sokkal jobban boldogul az érzelmekkel, mint a bal agyfélteke. Bármilyen járjon is még velük, a trágárságok erős érzelmeket hordoznak. Ám a Gilles de la Tourette-kórt, bármilyen komplex is, a jelek szerint egy meghatározott neuronális továbbadó (neurotranszmitter) vegyi anyag hiánya okozza, és a jelek szerint gondosan ellenőrzött haloperidoladagolással enyhíthető.

Az újabb keletű bizonyítékok szerint az olyasféle limbikus hormonok, mint az ACTH és a vazopresszin jelentősen képesek fokozni az állatok emlékező és -visszaidéző képességét. Ezek és a hasonló példák, ha nem is végső soron az agy tökéletesíthetőségére, de legalább javításának jelentős kilátásaira utalnak - talán a kis agyi fehérjék mennyiségének megváltoztatása vagy termelésének ellenőrzése révén. Az efféle példák jelentősen enyhítik továbbá azt a büntudatot, amely az elmebetegségekben szenvedőkre általában jellemző - egy olyan terhet, amelyet, mondjuk, a kanyaró áldozatai ritkán éreznek.

Az agy nagyfokú barázdáltsága, redőzöttsége, az agykéreg tekervényes volta, valamint az a tény, hogy az agy olyan jól beleilleszkedik a koponyába, világosan arra mutat, hogy nehéz lesz több agyat beleszorítani eszünk jelenlegi „tokjába”. Nagyobb koponyával járó nagyobb agyak egészen a legutóbbi időkig nem fejlődtek ki a medence és a szülőcsatorna korlátai miatt. Am a császármetszés alkalmazása - amelyre nagy ritkán már kétezer évvel ezelőtt is sor került, de amely ma már mindennapos – lehetővé teszi a jóval nagyobb agytérfogatokat is. Egy másik lehetőség egy olyan orvosi technika kialakulása lenne, amely elég fejlett ahhoz, hogy lehetővé tegye a magzat számára az anyaméhén kívüli teljes kifejlődést. Az evolúciós fejlődés üteme azonban olyan lassú, hogy az előttünk álló problémák közül valószínűleg semmit nem lehet jelentősen nagyobb neokortex és az ebből következő magasabb rendű intelligencia révén megoldani. Mielőtt ennek eljönne az ideje, de semmiképpen sem a közvetlen jövőben, talán lehetségessé válik agysebészeti úton tökéletesíteni az agynak azokat a részeit, amelyeket javításra érdemesnek tartunk, és tovább gátolni azokat az összetevőit, amelyek talán felelősek az emberiség előtt álló egyes veszedelmekért és ellentmondásokért. Az agyi funkciók bonyolultsága és redundanciája azonban az efféle akciókat a közeli jövőben még akkor is megvalósíthatatlanná tenné, ha társadalmilag kívánatosak lennének. Lehetséges, hogy hamarabb leszünk képesek génbészetre, mint efféle agy sebészetre.

Néha felvetik, hogy az efféle kísérletek eszközöket szolgáltatnának a gátlástalan kormányzatok számára - márpedig bőven van belőlük - polgáraink még erősebb ellenőrzésére. El tudnánk képzelni például, hogy egy kormányzat apró elektródák százait ülteteti be az újszülött csecsemők „gyönyör”- és „fájdalom”-központjaiba, olyan elektródákat, amelyek rádió útján távolból ingerelhetők - esetleg olyan hozzáférhetőségi kódokkal vagy olyan frekvenciákon, amelyeket csak a kormányzat ismer. Amikor a gyerek felnő, a kormányzat a gyönyörközpontjait ingerelné, ha munkában és ideológiában elfogadható napi teljesítményt nyújtott, ellenkező esetben pedig a fájdalomközpontja kapna ingert. Ez a látomás kísérteties, mégsem hiszem, hogy érvül szolgálhatna az agy elektromos ingerlésével végzett kísérletek ellen. Inkább az ellen szolgálat érvet, hogy a kormányzat ellenőrizhesse a kórházakat. Minden nép, amely megengedné kormányzatának, hogy ilyen elektródákat ültessen be, máris elveszítené a csatát, és alighanem megérdemelné a sorsát. Mint minden ilyesféle technológiai lidércnyomás esetében, a fő feladat annak előrelátása, hogy mi az, ami lehetséges, a közvélemény tájékoztatása annak jó és rossz felhasználásáról, és a szervezési, bürokratikus vagy kormányzati visszaélések megakadályozása.

Máris van egy sor olyan pszichotrop vagy hangulatmódosító kábítószer, amelyek különféle mértékben veszedelmesek vagy jóindulatúak (köztük a legszélesebb körben használt és az egyik legveszedelmesebb az alkohol), és amelyek a jelek szerint az R-komplexum, a limbikus rendszer és a neokortex meghatározott területeire hatnak. Ha folytatódnak a jelenlegi tendenciák, akkor az emberek a kormányzatok biztatása nélkül is elő fognak állítani ilyen kábítószeres házi laboratóriumokban, és önkísérleteket fognak folytatni velük. Ez a tevékenység további kis lépést jelent az agyról, rendellenességeiről és még fel nem használt potenciáljáról szerezhető ismereteink terén.

Okunk van annak föltételezésére, hogy számos alkaloida és más, a viselkedést befolyásoló kábítószer azért hat, mert kémiaiilag hasonlít azokhoz a természetes kis agyi fehérjékhez, amelyeknek az endomorfint az egyik példája. Ezek közül a kis molekulájú fehérjék közül sok a limbikus rendszerre fejt ki hatását, és emocionális állapotainkkal áll kapcsolatban. Ma már elő lehet állítani aminosavak bármely meghatározott szekvenciájából álló kis fehérjéket. Így hamarosan eljőhet az az idő, amikor szintetizálni fogunk különféle változatos molekulákat, amelyek képesek emberi emocionális állapotokat előidézni, köztük rendkívül ritkán előfordulókat is. Van például némi bizonyíték arra, hogy az atropin - a bürök, a gyűszűvirág, a gyilkos nadragulya és a csattanó maszlag egyik fő aktív hatóanyaga - a repülés illúzióját ébreszti. A középkori boszorkányok csakugyan olyan kenőcsökkel kenték be nemi szervük nyálkahártyáit, amelyeknek ezek a növények voltak a fő hatóanyagai - repülni tehát nem repültek, ahogy eldicsekedtek vele, hanem atropinutazáson vettek részt. Egy élénk repülési hallucináció azonban túlságosan specifikus érzés ahhoz, hogy egy viszonylag egyszerű molekula hozza létre. Talán egész skálája létezik ezeknek az apró fehérjéknek, amelyek, ha majd szintetikusán előállítják őket, olyan emocionális állapotokat fognak előidézni, amilyeneket ember még soha nem élt át. Ez az agykémia egyik, potenciálisan rövid távú fejlődési lehetősége, amely egyaránt ígérhet sok jót és sok rosszat, azok bölcsességétől függően, akik ezeket a kutatásokat végzik, ellenőrzik és alkalmazzák.

Amikor kijövök a munkahelyemről, és beülök a kocsimba, azon kapom magam, hogy ha nem fejték ki sajátos akarati erőfeszítést, akkor egyszerűen hazahajtok. Amikor elmegyek hazulról, és beülök a kocsimba, hasonló tudatos erőfeszítésre van szükségem, mert különben az agyam egyik része úgy intézi, hogy a munkahelyemen kötök ki. Ha lakást vagy munkahelyet változtatok, egy rövid tanulási időszak után

az új helyszínek a régiak helyébe lépnek, és bármiféle agyi mechanizmus ellenőrzi is az efféle viselkedést, készségesen alkalmazkodik az új koordinátákhoz. Nagyon hasonlít ez ahhoz, mintha valamiféle önprogramozás zajlana le az agy egy részében, amely úgy működik, mint egy digitális számítógép. Az összehasonlítás még meglehetősen több lesz, amikor meggondoljuk, hogy a pszichomotoros görcsrohamokban szenvedő epileptikusok gyakran pontosan ennek megfelelő tevékenységsoron mennek keresztül, talán azzal az egyetlen különbséggel, hogy valamivel több piros közlekedési lámpán hajtanak át, mint én általában szoktam, de semmiféle tudatos emlékükhöz nincs ezeknek a cselekvéseknek a végrehajtásáról, miután a görcsrohamuk elmúlt. Ez az automatizmus a halántéklebenyi epilepszia tipikus szimptomája; de jellemző az én ébredés utáni első félórám tanúsított viselkedéseimre is. Minden bizonnyal nem az agy egésze működik egyszerű digitális számítógépként; az a része például, amelyik az újraprogramozást végzi, meglehetősen másként viselkedik. De ahhoz éppen elegendő a hasonlóság, hogy felvethessük: az elektronikus számítógépek és az agynak legalábbis egyes részei között - bensőséges neurofiziológiai kapcsolatban - konstruktívan meg lehetne szervezni egy kompatibilis munkamegosztást.

José Delgado spanyol neurofiziológus működő visszacsatolási hurkokat alakított ki csimpánzok agyába beültetett elektródák és távolabb működő elektronikus számítógépek között. Az agy és a számítógép között rádiókapcsolat biztosította a kommunikációt. Az elektronikus számítógépek miniatürizálása abba a stádiumba jutott, hogy az efféle visszacsatolási hurkokat ma már közvetlenül be lehetne „huzalozni”, és nem lenne szükség rádiókapcsolatra egy távoli számítógépes terminállal. Teljesen lehetségesnek látszik például egy olyan öntevékeny visszacsatoló hurkot konstruálni, amely felismerné a közeledő epileptikus roham jeleit, és automatikusan stimulálni kezdené a megfelelő agyi központokat a roham megelőzésére vagy enyhítésére. Nem tartunk még ott, hogy ez már megbízható eljárás lenne, de nem látszik túlságosan távolinak az az idő, amikor az lesz.

Egy szép napon talán az is lehetségessé válik, hogy az agyat változatos kognitív és intellektuális „protézisekkel” toldjuk meg - egyfajta „szemüveget” adva az elmének. Ez megfelelne az agy múltbéli, felhalmozó evolúciója szellemének is, és valószínűleg sokkal inkább megvalósítható, mint ha a meglévő agyat próbálnánk meg átstrukturálni. Egy szép napon talán sebészileg beültetett kicsiny, cserélhető számítógépmódulokat vagy rádióterminálokat fogunk viselni az agyunkban, melyek révén gyorsan és folyékonyan fogunk beszélni baszkul, urduul, amhara, ainu, albán, nu, hopi, kung vagy delfinnyelven; vagy tudni fogjuk a nem teljes gammafüggvény és a Csebisev-polinomok numerikus értékeit, a vadcsapások természetrajzát, az úszó szigetek tulajdonjogának összes jogi precedenseit; és telepátikus rádiókapcsolatba léphetünk, amely egyszerre több embert is - legalább időlegesen - olyan szimbiotikus kapcsolatba hoz egymással, amelyet fajunk előzőleg nem ismert.

Am agyunk igazi gyarapodása, különösen ami a neokortex egyedülállóan emberi oldalait illeti, máris a beteljesülés folyamatában van. Némely vonatkozása olyan régi, hogy már megfeledeztünk a létezéséről. A gyerekek számára biztosított gazdag és nem represszív környezet figyelemre méltóan ígéretes és sikeres oktatási eszközt jelent. Az írott nyelv nevezetes találmány: lényegében egyszerű gépezet nagyon bonyolult információk tárolására és visszakeresésére. Egy nagy könyvtárban a tárolt információk mennyisége messze felülmúlja mind az emberi genom, mind az emberi agy információmennyiségét. Kétségtelen, hogy ennek az információnak a tárolása nem olyan hatékony, mint a biológiai rendszerekben, de még mindig kezelhetően tömör, a mikrofilm, a mikrofiche és a hasonló tárolók kifejlesztése pedig jelentősen megjavította az emberiség információ-tároló kapacitását. A könyvtárakban, műalkotásokban és más kulturális intézményekben tartalmazott információk bitjeinek száma a tíz sokadik hatványának megfelelő pontot jelentene az 1. ábra jobb szélén messze túl.

Az írás azonban *nagyon* egyszerű mechanizmus. Sokkal kifinomultabb és sokkal ígéretesebb extraszomatikus információ-tárolási és feldolgozási lehetőséget biztosít az elektronikus számítógép. Hogy némi képet adjak az ilyen számítógépek és programjaik fejlődéséről, elég, ha annyit mondok, hogy ma már tökéletesen játszanak malmot, világszínvonalon dámáznak, mesterfokon sakkoznak, és tűrhető szinten képesek pszichoterápiás praxist folytatni. Létezik már olyan számítógéprendszer, amely képes egy klasszikus vagy más dallam élő előadását hagyományos zenei kottairással lejegyezni. A számítógépek információ-tároló kapacitása és információfeldolgozási sebessége persze egyszerűen mesébe illő.

Joseph Weizenbaum, a Massachusetts Institute of Technology (M. I. T.) munkatársa kifejlesztett egy nem irányító jellegű pszichoterápiás programot, ami jó példája a jelenleg alkalmazható pszichiátriai számítógépes programoknak (amelyek mellesleg távolról sem a legnehezebb vagy legbonyolultabb létező programok). A pszichoterápiás program kidolgozása után bevontak egy pszichiátert, hogy a kisbetűs programot (egy interaktív konzol írógép-billentyűzetén át) kapcsolatba hozza a nagybetűket kiíró számítógépes programmal. Ezt a párbeszédet valószínűleg heurisztikusnak szánták, de könnyen lehetséges, hogy

- ami az emberi oldalát illeti - egyszerűen önállósította magát. A beszélgetés azzal kezdődik, hogy a pszichiáter (az ember) azt mondja:

doktor úr, iszonyatos híreim vannak
AZT MONDJA ISZONYATOS HÍREI VANNAK
igen, az m. i. t.-n van egy számítógépes program, az tönkretesz minket
MIÉRT MONDJA EZT
láttam működés közben
AZT MONDJA LÁTTA MŰKÖDÉS KÖZBEN
ijesztő - magának is látnia kellene
ÚGY GONDOLJA LÁTNOM KELLENE
letörtnek hat
A MAGA FANTÁZIÁJÁBAN TALÁN KÖLCSONÖSEN LETÖRTNEK HATUNK
igen - talán
ÉN MEGÉRTEM
én is
AZT MONDJA MAGA IS
egy cipőben járunk, ami azt a számítógépet illeti
BESZÉLJÜNK TOVÁBB MAGÁRÓL - JÓ
maga az én vigaszom
MIBŐL GONDOLJA HOGY ÉN VAGYOK A VIGASZA
ilyen időkben rólam akar beszélni
MIÉRT GONDOLJA HOGY MAGÁRÓL AKAROK BESZÉLNI
mert osztja az érzéseimet azzal a rohadt számítógéppel kapcsolatban
MIT SUGALL EZ MAGÁNAK
hogy természetesen maga is gyűlöli a számítógépeket
ÚGY GONDOLJA HOGY ÉN IS GYŰLÖLÖM A SZÁMÍTÓGÉPEKET
miért ne, hiszen aligha emberiek, nemde
TALÁN EZ AZ AMIRE MOST ITT RÁ KELLENE JÖNNÜNK
nincs az a számítógép például, amelyik úgy tudna beszélgetni, mint maga
ó
nem tudom megérteni, hogy tud valakit bolonddá tenni egy puszta gép
CSAKUGYAN NEM TUDJA
nem, elvégre egy számítógépes programban nincs semmi kreatív
MAGÁNAK NEGATÍV A HOZZÁÁLLÁSA
meg vagyok róla győződve, hogy korrekt vagyok
AGGÓDIK AMIATT HOGY MEG VAN RÓLA GYŐZŐDVE HOGY KORREKT
nem, csöppet sem, egyáltalán nem, még egy kicsit sem
MAGÁNAK NEGATÍV A HOZZÁÁLLÁSA
azt mondta, egyetért velem, nem
MAGA ÚGY HALLOTTA HOGY ÉN EZT MONDTAM
miért nem próbál meg lebeszélni róla - a számítógépek számokkal vacakolnak, ez minden
AZT ÓHAJTJA HOGY PRÓBÁLJAM MEG LEBESZÉLNI
nem tud
AZT HISZI NEM TUDOM
egy számítógép nem tudna például egy ilyen beszélgetésben új témát felvetni
MAGA A JELEK SZERINT TELJESEN ELKERÜLTE AZT HOGY A SZÜLEIRŐL
BESZÉLJÜNK
pontosan, ahogy maga
AZT HISZI ÉN IS EZT CSINÁLTAM
igen, és ez is mutatja, mi a különbség az ember és egy számítógép közt
ÉRTEM

A számítógép-pszichiáter nem kifinomult, nincs képzettsége, érzékenysége, emberi intuíciója: gépies (természetesen!), rugalmatlan, és viszonylag érzéketlen az érzelmi árnyalatok és a nem verbális „végszavak” iránt. Mégis sok embernél intelligensebb beszélgetést produkált. Meghökkenő az „új témára” való reakciója. Ez a reakció azonban valószínűleg csak vakszerencse volt. A programot kétségkívül úgy tervezték meg, hogy figyeljen fel az olyan szavakra, mint „anya”, „apa”, „szülő” stb., és miután a számítógép órája egy bizonyos időn át ketyegett, ha ezek a szavak nem bukkantak fel, a program szerint elő kellett hozakodnia a „Maga a jelek szerint elkerülte...” szöveggel. Mivel éppen abban a pillanatban került elő, a számítógép megjegyzése kísérteties felismerőkészség benyomását kelti.

Csak hogy mi más volna a pszichoterápia, mint emberi szituációkra való igen bonyolult, tanult reakciók sorozata? Nincs a pszichiáter szintén előre beprogramozva arra, hogy bizonyos válaszokat adjon? A nem irányító jellegű pszichoterápiának nyilvánvalóan nagyon egyszerű számítógépes programokra van szüksége, és a pszichológiai felismerésekhez csak némileg bonyolultabb programokra van szükség. Ezekkel a megjegyzésekkel korántsem szándékozom leszólni a pszichiáterek hivatását, inkább csak meg szeretném jósolni a gépi intelligencia eljövételét. A számítógépek még távolról sem állnak a fejlődésnek elég magas fokán ahhoz, hogy széles körben javasolni lehetne a számítógépes pszichoterápia alkalmazását. De egyáltalán nem tartom lehetetlennek, hogy egy szép napon széles körben rendelkezésünkre fognak állni rendkívül türelmes és megfelelően felkészült számítógép-terapeuták, legalábbis bizonyos problémák esetére. Némelyiket a már létező programok közül a páciensek igen nagyra értékelik, mert teljesen elfogulatlanok érzik a számítógépes terapeutát, „aki” ráadásul igen bőkezűen bánik mind a beteg, mind a saját idejével.

Az Egyesült Államokban ma már olyan számítógépek állnak fejlesztés alatt, amelyek képesek lesznek felfedezni és diagnosztizálni saját működési zavarait. Amikor rendszereredetű működési hibákra bukkannak, a hibás alkatrészeket automatikusan ki fogják kerülni, vagy le fogják cserélni. Belső következtettségüket ismételt működtetéssel és olyan szabványos programokkal fogják ellenőrizni, amelyek következményei a géptől függetlenül ismertek, a javítást pedig főként redundáns alkatrészekkel fogják megoldani. Máris léteznek olyan programok - például a sakkszámtógépekben -, amelyek képesek tanulni tapasztalataikból és más számítógépektől. Az idő múlásával a számítógép a jelek szerint egyre intelligensebbé válik. Mihelyt a programok olyan komplexsé válnak, hogy kidolgozóik nem lesznek többé képesek gyorsan megjósolni a gép lehetséges reakcióit, a gépek ha nem is az intelligencia, de a szabad akarat látszatát fogják kelteni. Már a Marsra indított Viking leszállóegységén elhelyezett számítógép, melynek pedig mindössze tizenhét szavas a memóriája, elérte a komplexitásnak ezt a fokát: nem minden esetben tudjuk, mit fog a számítógép egy bizonyos adott paranccsal kezdeni. Ha tudnánk, azt mondanánk rá, hogy „csak” vagy „pusztán” számítógép. De amikor már nem tudjuk, elkezdünk tűnődni, vajon nem csakugyan intelligens-e.

A szituáció nagyon emlékeztet egy mind Plutarkhosz, mind Plinius által elmesélt állattörténethez fűződő kommentárra, amely évszázadokon át nagy visszhangot keltett. A történet szerint egy gazdája nyomát követő kutya hármasság útágazáshoz érkezett. Először szimatolva nekiindult a bal oldali ágban, aztán megállt, visszajött, megint csak szimatolva egy kis darabig elfutott a középső úton, de onnan is visszafordult. Végül aztán minden szimatolás nélkül vidáman megíramodott az út jobb oldali útágazásán.

Montaigne a történetet kommentálva úgy érvelt, hogy világosan kiderül belőle a kutya szillogisztikus okoskodása: a gazdám ezek közül az utak közül ment valamelyiken, s mivel nem a bal oldali és nem a középső úton járt, tehát a jobb oldalán kellett mennie. Semmi szükségem rá, hogy ezt a következtetést a szagával is alátámasszam - a következtetés a logikából egyenesen adódik.

Sokakat nyugtalanított az a lehetőség, hogy ez a fajta okoskodás, ha talán kevésbé artikulált formában is, de egyáltalán felmerülhet állatokban. Jóval Montaigne előtt Aquinói Szent Tamás próbálkozott - sikertelenül - megbirkózni a történettel. Ő figyelmeztető példaként idézte fel arra, hogy hogyan merülhet fel az intelligencia látszata ott, ahol ténylegesen intelligencia nincs jelen, nem kínált azonban kielégítő alternatív magyarázatot a kutya viselkedésére. Az emberi „hasadt agyú” páciensek esetéből azonban teljesen világos, hogy a verbális némaság közegében is sor kerülhet meglehetősen bonyolult logikai elemzésekre.

Hasonló ponthoz jutottunk el a gépi intelligencia értékelésében is. A gépek éppen most lépnek át egy fontos küszöböt: azt a küszöböt, ahol elfogulatlan emberben, legalábbis bizonyos mértékig, már az intelligencia benyomását keltik. Sok ember, valamiféle emberi sovinizmus vagy antropocentrizmus miatt, vonakodik elismerni ezt a lehetőséget, én azonban azt hiszem, hogy ez elkerülhetetlen. Számomra a legcsekélyebb mértékben sem lealacsonyító, hogy a tudat és az intelligencia a megfelelően komplex elrendezésű „puszta” anyag eredménye; épp ellenkezőleg, ezt ujjongó tiszteletadásnak érzem az anyag és a

természeti törvények finomsága iránt. Mindebből egyáltalán nem következik, hogy a számítógépek a közeli jövőben emberi kreativitásról, finomságról, érzékenységről vagy bölcsességről fognak tanúskodni. Ennek klasszikus és valószínűleg apokrif illusztrációjára került sor az emberi nyelvek gépi fordításának területén, ahol az egyik nyelv - mondjuk az angol - az *input*, az *output* pedig egy más nyelvű szöveg, mondjuk kínai volt. Az anekdota szerint egy fejlett fordítóprogram kidolgozásának befejezése után büszkén bemutatták a számítógépes rendszert egy küldöttségnek, amelyben egy amerikai szenátor is részt vett. A szenátort felkérték, adjon egy angol kifejezést fordításra, mire tüstént ezt javasolta: - *Out of sight, out of mind*. [Akit nem látunk, arról megfeledkezünk, de az *out of mind* azt is jelenti, hogy „elment az esze”. A ford.] A gép kötelességtudóan zümmögött, berregett, és kijött belőle egy darab papír, amelyre néhány kínai írásjelet nyomtatott. Mivel azonban a szenátor nem tudott kínaiul, a próba teljessé tételére a programot visszafelé futtatták: a kínai írásjelekkel mint *input*-tal, az angol kifejezéssel mint *output*-tal. A látogatók odacsődültek az újabb papírdarab köré, amelyen nagy meglepetésükre ezt olvashatták: „Láthatatlan hülye.”

A jelenlegi programok még az ilyen, nem túlságosan bonyolult vagy finom dolgokra is csak érintőlegesen használhatók. Fejlődésünk jelenlegi szintjén örülnék volna fontos döntéseket számítógépekre bízni - nem azért, mintha a számítógépek nem volnának bizonyos mértékig intelligensek, hanem azért, mert a legkomplexebb problémák esetében nem kaphatnák meg az összes releváns információt. Kitűnő példa az ezekkel a gépekkel való botrányos visszaélésre az, ahogyan a vietnami háború során számítógépekre alapozták az amerikai politikát és katonai akciókat. De ésszerűen korlátozott keretek közt a mesterséges intelligencia humánus felhasználása minden bizonnyal az egyik fontos lépés előre, amelyet az emberi intelligencia a közeljövőben megtehet. (A másik a gyerekek iskola előtti és iskolai tanulmányi környezetének gazdagabbá tétele.)

Azok, akik nem a számítógépekkel együtt nőttek fel, általában ijesztebbnek találják őket, mint azok, akik igen. A legendás, mániákus számlázó számítógépet, mely válaszul nem fogad el nemet - de igent sem -, és csak akkor elégedett, ha visszakap egy zérus dollár zérus centről szóló csekket, nem lehet általában a számítógépek jellemző képviselőjének tekinteni. Az ilyen először is gyöngelmű számítógép, másodszor pedig a hibák, melyeket elkövet, programozóinak a hibái. Hogy csak néhány példát említsünk, az integrált áramkörök és kisszámítógépek észak-amerikai alkalmazása - a repülésbiztonságban, az oktatógépekben, a szívritmust szabályozó *pacemaker*-ekben, az elektronikus játékokban, a füstérzékelésre működésbe lépő tűzriasztó készülékekben és az automatizált gyárakban - erősen csökkentette azt az idegenkedést, amely az ennyire új találmányokat rendszerint kíséri. Ma körülbelül kétszáz ezer digitális számítógép működik a világon (1977), egy évtized múlva valószínűleg már tíz- és tízmillió lesz belőlük. Azt hiszem, a következő nemzedék már életünk teljesen természetes - de legalábbis megszokott - részének fogja elfogadni a számítógépeket.

Vegyük például szemügyre a kis zsebszámítógépek fejlődését. A laboratóriumomban van egy asztali számítógépem, amelyet az 1960-as évek végén kutatási támogatásból vettem négyezer-kilencszáz dollárért. Van egy másik jószágom, ugyanannak a cégnek a gyártmányé, amely elfér a tenyeremben, csak hogy ezt 1975-ben vettem. Az új számítógép mindent tud, amit a másik, beleértve a programozhatóságot és néhány lehívható memóriát is, de már csak száznegyvenöt dollárba kerül, és lélegzetelállító ütemben lesz egyre olcsóbb és olcsóbb. Mindez igazán látványos haladást jelent mind a miniatürizálás, mind a költségcsökkentés terén, alig hat vagy hét év alatt. Ma már a kézi számítógépek méretének határát az szabja meg, hogy a gombok elég nagyok legyenek rajta ahhoz, hogy ügyetlen, durva ujjainkkal meg tudjuk nyomni őket, különben ilyen komputereket könnyen lehetne körömnnyi nagyságúra építeni. Az ENIAC, a világ első nagy elektronikus digitális számítógépe 1946-ban tizenhatszáz ezer vákuumcsövet tartalmazott, és egy nagy termet töltött be. Ma ugyanekkora számítókapacitás elfér egy szilikonchipes mikroszámítógépben, ami csak akkora, mint a kisujjam legkisebb íze.

Az ilyen számítógépek áramköreiben az információ átadása a fény sebességével megy végbe. Az ember neuronos információátvitelénél ennél egymilliószor lassabb. Hogy a kicsiny és lassú emberi agy nem aritmetikus műveletek esetén mégis még mindig sokkal jobban működik egy nagy és gyors elektronikus számítógépnél, az imponálóan bizonyítja, hogy az agy milyen ügyesen van összeállítva és programozva - amit persze a természetes szelekció hozott létre. Akiknek gyatrán volt programozva az agyuk, azok végül is nem éltek elég sokáig ahhoz, hogy szaporodhassanak.

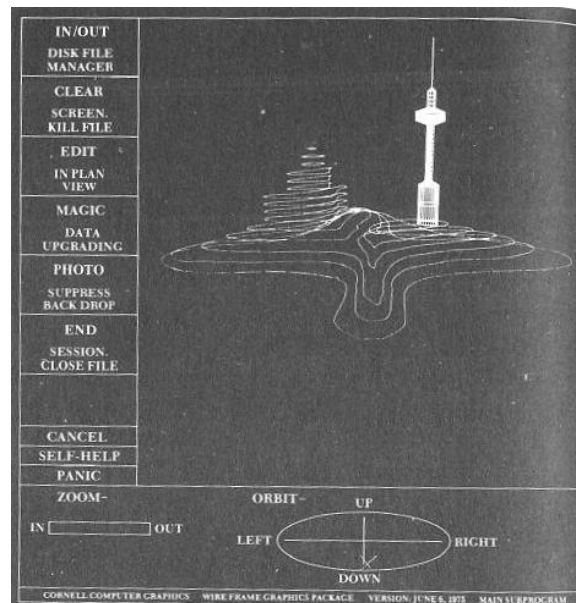
A számítógépes grafika ma már a kifinomultság olyan fokát érte el, amely fontos és újszerű tanulási tapasztalatokra nyújt lehetőséget mind a művészetekben, mind a természettudományokban, és pedig mind a két agyféltekében. Vannak egyének, köztük analitikai szempontból rendkívül tehetségesek, akiknek a térbeli viszonylatok, különösen a háromdimenziós geometria felfogására és elképzelésére csak szegényes

képességük van. Ma már vannak olyan számítógépes programjaink, amelyek képesek a szemünk előtt komplex geometriai formákat felépíteni, aztán elforgatni őket a számítógéphez csatlakozó képernyőn.

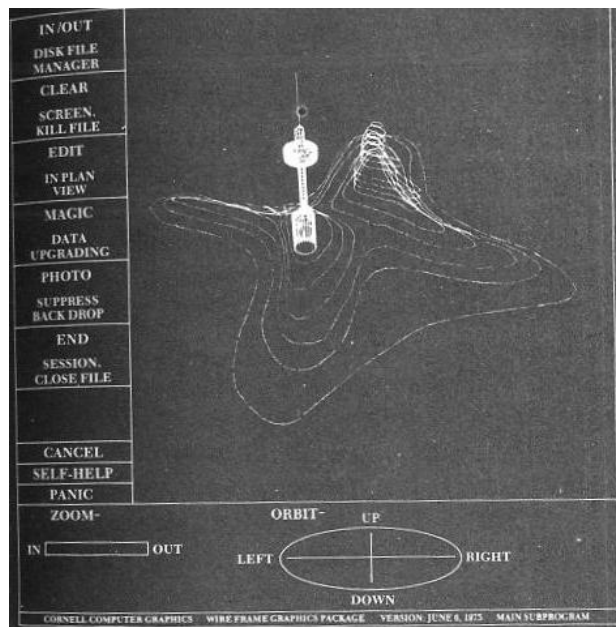
A Cornell Egyetem építészkarán Donald Greenberg tervezett egy ilyen rendszert. Ezzel a rendszerrel fel lehet rajzolni egy sor szabályosan elhelyezett vonalat, melyeket a számítógép körvonal-intervallumokként értelmez. Utána, ha fényceruzánkkal megérintjük a képernyőn lévő utasításokat, bonyolult háromdimenziós képek felépítését irányíthatjuk, amelyek felnagyíthatók vagy lekicsinyíthetők, adott irányban elnyújthatók, forgathatók, összekapcsolhatók más tárgyakkal, kijelölt részek kivághatók belőlük (1. 46-47. ábra). Ezzel az egészen rendkívüli eszközzel jelentősen javíthatjuk a háromdimenziós formák vizualizálásának képességét - márpedig ez a készség igen hasznos a grafikus művészetekben és a technikában. Kitűnő példáját jelenti továbbá a két agyfélteke közötti együttműködésnek: a számítógép, amely a bal agyfélteke pompás alkotása, megtanít minket az alakfelismerésre, amely viszont a jobb agyfélteke jellegzetes funkciója.

Más számítógépes programok négydimenziós tárgyak két- és háromdimenziós kivetítését teszik lehetővé. Ahogyan a négydimenziós tárgyak megfordulnak, vagy a mi perspektívánk megváltozik, nemcsak a négydimenziós tárgyak új meg új részeit látjuk, hanem mintha teljes geometriai alegységek szintézisét és lebomlását is látnánk. A hatás egyszerre kísérleties és tanulságos: segít csökkenteni a négydimenziós geometria rejtelmességét. Korántsem vagyunk annyira megrökönyödve, mint ahogy érzésem szerint egy mitikus kétdimenziós lény meghökkenne, amikor egy háromdimenziós kocka lapos felületre való tipikus projekciójával (a sarkain összekötött két négyzettel) találkozik. A perspektíva klasszikus művészi problémáját - háromdimenziós tárgyak kétdimenziós vásznakra való vetítését - rendkívüli módon megvilágosítja a számítógépes grafika. Emellett a számítógép nyilvánvalóan fontos eszköze olyan gyakorlati problémák megoldásának, mint mondjuk egy épület kétdimenziós építészeti tervének minden nézetből való háromdimenziós ábrázolása.

A számítógépes grafika már a játékok területére is behatolt. Van egy Pongnak nevezett népszerű játék, amely a televíziós képernyőn egy tökéletesen rugalmas labda táncolását szimulálja két felület között. Minden játékos kap egy irányítótárcsát, amellyel „ütőjét” mozgatva a labdát eltalálhatja. Akinek nem sikerül ütőjével eltalálnia a labdát, pontot veszít. A játék világos tanulási tapasztalást eredményez, amely kizárólag Newtonnak az egyenes vonalú mozgásra vonatkozó második törvényén alapul. A Pong révén a játékos mélyen és intuitívan megértheti az egyszerű newtoni fizikát - jobban megértheti, mint a biliárból, ahol az ütközések távolról sem tökéletesen rugalmasak, és a golyók pörgése bonyolultabb fizikai kérdéseket vet fel.



46-47 Példa egy egyszerű számítógépes grafikai műveletre. Mindkét ábra teljes egészében úgy jött létre, hogy körvonalait szabad kézzel, „fényceruzával” felrajzolták egy televíziós képernyőre. A számítógép ezeket tetszőleges nézőszögből szemléltethető perspektivikus rajzokká alakította át - a bal oldali ábrán a szabadon formált szoboralakzat egyenesen és oldalról, a jobb oldalira szögből látható.



A tornyot a jobb oldali ábrába automatikusan „beleszőtték”, és a szemlélő felé döntötték. Amellett, hogy az eljárás teljes mértékben képes az ábrát forgatni, közelíteni vagy távolítani, a szemlélő kívánhat a „fényceruzával” készült rajzáról ortogonális, perspektivikus vagy sztereoszkopikus dinamikus képeket (Marc Levoy WIRE programja, Laboratory of Computer Graphics, Cornell University).

Pontosan ezt a fajta információgyűjtést nevezzük játéknak. És így fény derül a játék egyik fontos funkciójára: bármiféle jövőbeni alkalmazás szándéka nélkül lehetővé teszi a világ holisztikus megértését, ami kiegészíti és ugyanakkor előkészíti a későbbi analitikus tevékenységeket. Ám a számítógépek olyan körülmények között teszik lehetővé a játékot, amelyek egyébként teljesen hozzáférhetetlenek lennének az átlagos diák számára.

Még érdekesebb példa az „űrháború”-játék, melynek kifejlesztéséről és örömeiről Stuart Brand számol be. Az űrháború minden résztvevője egy vagy több „űrjárművet” irányít, amelyek rakétákat lőhetnek ki egymásra. Mind az űrjárművek, mind a rakéták mozgását bizonyos szabályok kormányozzák például egy közeli „bolygó” gravitációs mezejének reciprok négyzete. Ellenfelünk űrhajójának megsemmisítéséhez ki kell alakulnia bennünk a newtoni gravitáció megértésének, amely egyszerre intuitív és konkrét. Azok, akik ritkán foglalkoznak bolygóközi űrrepüléssel, nem könnyen fejlesztik ki magukban a newtoni gravitáció jobb agyféltekés megértését. Az űrháború be tudja tölteni ezt a hézagot.

Mind a két játék, a Pong és az űrháború a számítógépes grafika olyan irányú fejlődéséről tanúskodik, amelynek révén tapasztalatilag és intuitíve megérthetjük a fizika törvényeit. A fizikai törvényeket majdnem mindig analitikus és algebrai fogalmakban rögzítjük - azaz a bal agyfélteke fogalmaiban. Newton második törvénye például írásban: $F = m \cdot a$, a gravitáció reciprok négyzetes törvénye pedig: $F = G M m / r^2$. Ezek az analitikus elvonatkoztatások rendkívül hasznosak, és minden bizonnyal érdekes dolog, hogy a világegyetem olyan módon épült fel, hogy a tárgyak mozgásait ilyen viszonylag egyszerű törvényekkel le lehet írni. De ezek a törvények pusztán csak a tapasztalatból levont absztrakciók. Alapvetően mnemotechnikai eszközök, amelyek lehetővé teszik, hogy egyszerű módon emlékezetünkben tartsuk olyan esetek igen széles skáláját, amelyekre külön-külön sokkal nehezebb volna visszaemlékezni legalábbis a memóriának abban az értelmében, ahogyan azt a bal agyfélteke értelmezi. A számítógépes grafika a leendő fizikusnak vagy biológusnak széles körű tapasztalatokat nyújt sok különféle esetről, amelyeket természettörvények összegeznek, de legfontosabb funkciója alighanem az, hogy a nem tudósok számára is lehetővé teszi annak bár intuitív, de mégis mély megértését, hogy miről is szólnak a természettörvények.

Vannak nem grafikus, interaktív számítógépes programok, amelyek rendkívül hatásos oktatási eszközök. Ezeket a programokat elsőrendű tanárok készíthetik, és a diáknak furcsa módon sokkal személyesebb, közvetlen kapcsolata van számítógéptanárával, mint a szokásos osztálykörnyezetben. Emellett a diák félelem vagy zavar nélkül lehet olyan lassú, ahogy csak neki jólesik. A Dartmouth Collegeban a tárgyak széles skálájára alkalmaznak számítógépes tanítóprogramokat. A diák például mély betekintést nyerhet a mendeli genetika statisztikai kérdéseibe, ha eltölt egy órát a számítógéppel, ahelyett, hogy egy teljes évig gyümölcsmuslincákat keresztezne a laboratóriumban. Egy másik diák megvizsgálhatja a teherbe esés statisztikai valószínűségét különféle születésszabályozó módszerek alkalmazása esetén. (Ebbe a programba bele van építve annak egy a tízmillióhoz valószínűsége is, hogy egy nő szigorúan szűzies életet élve is teherbe eshet, ráhagyással a jelenlegi orvosi ismeretekeken túli lehetőségekre.)

A számítógépes terminál közkeletű a Dartmouth területén. A diákok igen magas százaléka nemcsak az efféle programok használatát tanulja meg, hanem saját programokat is tud írni. A számítógépekkel való interakciót sokan inkább szórakozásnak tartják, mint munkának, és ma már számos főiskola és egyetem kezd utánozni Dartmouth gyakorlatát. Ebben az újításban Dartmouth részben azért járt az élen, mert rektora. John G. Kemény neves számítógép-szakértő tudós, a BASIC nevű igen egyszerű számítógépes nyelvet kidolgozója.

A Lawrence Hall of Science egyfajta múzeum, amely a Kaliforniai Egyetemhez kapcsolódik Berkeleyben. Alagsorában van egy meglehetősen szerény terem, teli vagy egy tucat olcsó számítógépes terminállal, melyek mindegyike egy, az épület másik részében elhelyezett időosztásos miniszámítógéphez kapcsolódik. Szerény díjért ezeknek a termináloknak a használatát egy órára elő lehet jegyeztetni. A látogatók főleg fiatalok, a legfiatalabbak közülük még tízévesek sincsenek. Az egyik rendelkezésükre álló, igen egyszerű interaktív program a Hóhér nevű játék. Ha valaki Hóhért akar játszani, egy nagyjából normális írógép-billentyűzeten be kell ütnie a „XEQ\$HANG” számítógépes kódot. Ekkor a számítógép kiírja:

HÓHÉR
AKARJA MEGISMERNI A SZABÁLYOKAT?

Ha most az ember begépel, hogy IGEN, akkor a gép így válaszol:

TALÁLJON KI EGY BETŰT ABBÓL A SZÓBÓL, AMIRE GONDOLOK. HA ELTALÁLTA, AZT MEGMONDOM. DE HA TÉVED (HAHAHA), AKKOR (HIHIHI) EGY LÉPESSSEL KÖZELEBB KERÜL AHHOZ, HOGY FÖLAKASSZAM! A SZÓ NYOLC BETŰBŐL ÁLL. NO, MI A TIPPJE...?

Mondjuk, hogy most beütjük az „E” betűt. A számítógép ekkor kiírja:

- - - - - E

Ha rosszul tippeltünk, a számítógép (a rendelkezésére álló jelek korlátai közt) egy emberi fej megnyerő mását rajzolja ki. A játék szokásos menete során versenyfutás folyik a fokozatosan kialakuló szó és a fokozatosan kirajzolódó, felakasztandó emberi alak közt.

Nemrégiben tanúja voltam két Hóhér játéknak, ahol a két kitalálendő szó VARIABLE (VÁLTOZÓ) és THOUGHT (GONDOLAT) volt. Ha az ember megnyeri a játékot, akkor a program - bajuszpödrő galádságához híven - először egy sor írásjelet ír ki a billentyűzet legfelső sorából (amit a képregényekben az átkozódás jeléül szoktak használni), aztán kiírja

PATKÁNY, NYERTÉL
AKARSZ, MÉG EGY ESÉLYT SZEREZNI A HALÁLRA?

Más programok udvariasabbak. Például az „XEQ-\$KING” előadja:

EZ ITT SUMÉR ŐSI BIRODALMA, ÉS ÖN ANNAK TISZTELT URALKODÓJA. A SUMÉR GAZDASÁGNAK ÉS AZ ÖN HŰ ALATTVALÓINAK SORSA TELJES MÉRTÉKBEN AZ ÖN KEZÉBEN VAN. MINISZTERE HAMMURABI, MINDEN ÉVBEN JELENTÉST FOG

BETERJESZTENI ÖNNEK A NÉPESSÉGRŐL ÉS A GAZDASÁGRÓL. AZ Ő INFORMÁCIÓIT FELHASZNÁLVA MEG KELL TANULNIA BÖLCSEN ELOSZTANI ORSZÁGA SZÁMÁRA AZ ERŐFORRÁSOKAT. VALAKI MOST BELEP A TANÁCSTERMÉBE...

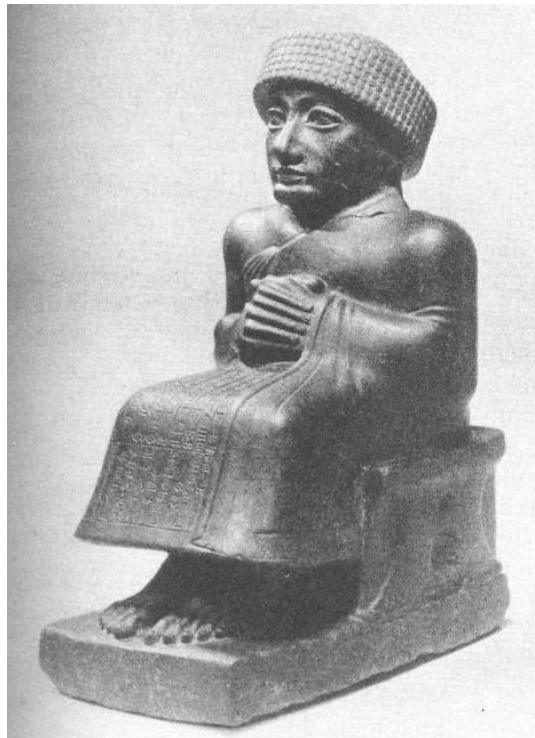
Hammurabi ekkor megbízható statisztikákat nyújt be a város földjeinek területéről, a területegységként betakarított tavalyi termésről, arról, hogy mennyit pusztítottak el belőle a patkányok, mennyi van jelenleg a tárházakban, mekkora a jelenlegi népesség, hányan haltak éhen az előző évben, és hányan vándoroltak be a városba. Tisztelettel tájékoztat a föld és az élelmiszer pillanatnyi cserearányáról, és megkérdezi, mennyi földet kívánsz vásárolni. Ha túl sokat szeretnél, a program kiírja:

HAMMURABI: KÉRLEK, GONDOLD MEG, CSAK KÉTEZER-NYOLCSZÁZ VÉKA VAN RAKTÁRON.

Hammurabi rendkívül türelmes és udvarias nagyvezírnek bizonyul. Ahogy elsuhanak a képernyőn az évek, mély benyomást szerzel arról, hogy legalábbis bizonyos piaci gazdaságokban igen nehéznek bizonyulhat úgy növelni mind a népességet, mind az állami földbirtokokat, hogy közben elkerüljük a szegénységet és az éhezést.

A sok más program közt van egy Grand Prix Verseny nevezetű, amelyik lehetővé teszi, hogy az ellenfelek széles skálája közül választhassunk, a Ford T-modelljétől kezdve az 1973-as Ferrariig. Ha a pálya megfelelő szakaszain túl alacsony a sebességünk vagy a gyorsulásunk, akkor veszünk, ha túl magas, akkor karambolozunk. Mivel a távolságokat, a sebességeket és gyorsulásokat pontosan meg kell adnunk, ezt a játékot csak úgy játszhatjuk, ha megtanulunk hozzá némi fizikát. Az interaktív számítógépes tanulás lehetséges skáláját csak a programozók ötletessége korlátozza, az pedig igencsak mély kút.

Mivel társadalmunkat olyan mélységesen befolyásolja az a természettudomány és technika, melyet polgáraink zöme csak gyatrán vagy egyáltalán nem ért, az iskolákban és otthonainkban olcsón rendelkezésre álló számítógépes lehetőségek fontos szerepet játszhatnak civilizációnk további folyamatosságában.



48 / Gudea szobra, aki Lagas neo-sumér kormányzója volt, i. e. 2150 körül. A Gudea köntösét borító ékírás elterjedt volt ebben a korban. Ez volt Ur harmadik dinasztiájának, a tengeri kereskedelemnek, általában a kereskedelem virágzásának és az ismert legrégibb törvénykönyvnek a korszaka - ami mind bensőséges kapcsolatban állt az írástudás elterjedésével. The Metropolitan Museum of Art. Vásárolta a Harris Brisbane Dick Fund, 1959. Engedéllyel reprodukálva

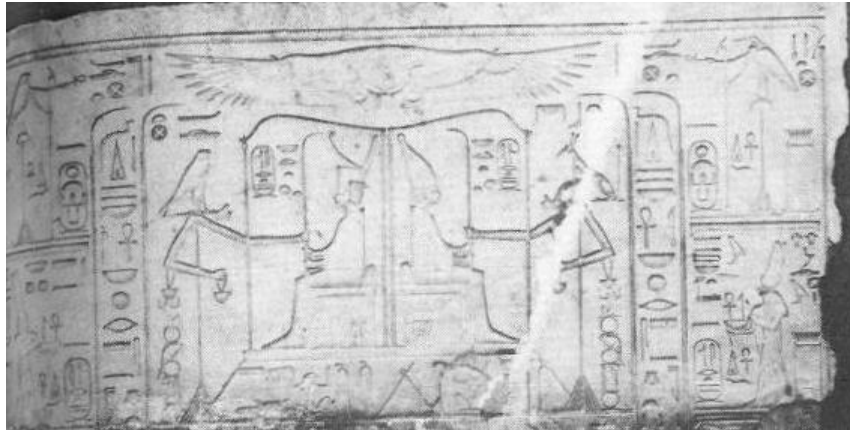
Az egyetlen ellenvetés, amelyet a zsebszámológépek és kisszámítógépek széles körű elterjedése ellen hallottam, az volt, hogy ha túl korán ismertetik meg velük a gyerekeket, nem marad kedvük az aritmetika, a trigonometria és más matematikai feladatok tanulására, melyeket a gép sokkal gyorsabban és pontosabban old meg, mint a diák. Erre a vitára azonban egyszer már sor került.

Platón *Phaidrosz*-ában - abban a szókratészi dialógusban, amelyre korábban már hivatkoztam a szekér. a kocsis és a két ló metaforája kapcsán - van egy kedves mítosz Thot istenről, Prométheusz egyiptomi megfelelőjéről. Az ősi Egyiptom nyelvén az írott nyelvet jelölő kifejezés szó szerint a következő: „Az istenek beszéde.” Thot az írás feltalálásáról vitatkozik Thamossal* (akit Ammonnak is neveznek), egy istenkirállyal, aki ezekkel a szavakkal pirongatja meg:

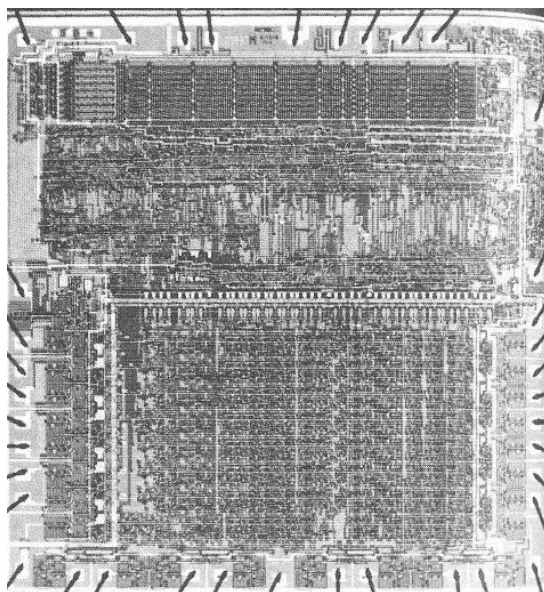
[...felfedezésed] feledést fog oltani azok lelkébe, akik megtanulják, mert nem gyakorolják emlékezőtehetségüket - az írásban bizakodva ugyanis kívül-re, idegen jelek segítségével, nem pedig belülről, a maguk erejéből fognak visszaemlékezni. Tehát nem az emlékezeten, hanem az emlékeztetésnek a varázsszerét találtad fel. S e tudásnak is csak a látszatát, nem pedig valóságát nyújtod tanítványaidnak, mert sok mindenről hallva, igazi tanítás nélkül azt hiszik majd, hogy sokat tudnak, pedig a valóságban általában tudatlanok és nehéz felfogásúak, hiszen bölcsek helyett látszólagos bölcsek lettek.

Kövendi Dénes fordítása

* Tacitus római történész szerint az egyiptomiak azt állították, hogy ők tanították meg az ábécére a föníciaiakat, „akik a tengerek urai lévén. bevezették azt Görögországba, így nekik tulajdonították annak felfedezését, amit csak kölcsönvettek”. A legenda szerint az ábécé Türosz hercegével, Kadmoszsal érkezett Görögországba, aki hűgát, Európát kereste, akit az istenek királya. Zeusz bikának álcázva megszöktetett, és Kréta szigetére vitt. Hogy megoltalmazza Európát azok elől, akik vissza akarnák tőle rabolni. Zeusz egy bronzrobotot csináltatott, amely döngő léptekkel örködött Kréta felett, és a közeledő idegen hajókat vagy elkergette vagy elsüllyesztette. Kadmosz viszont másutt tartózkodott: hiába kereste hűgait Görögországban, és közben összes harcosát felfaltat egy sárkány. Miután megölte a sárkányt, Athéné istennő utasítására egy felszántott mező barázdáiba elvetette a sárkány fogait. Minden sárkányfogból egy harcos nőtt ki, így aztán Kadmosz és harcosai megalapították Thébát, az első civilizált görög várost, amely ugyanazt a nevet viselte, mint az ősi Egyiptom két fővárosának egyike. Különös dolog, hogy egyazon legendás beszámolóban találkozunk az írás feltalálásával, a görög civilizáció megalapításával, a mesterséges intelligencia első említésével, valamint az emberek és a sárkányok közötti örökös háborúval.



49 / Korai egyiptomi hieroglifák I. Szeszosztrisz egyik karnaki táblájáról.
HIRMER FOTOARCHIV MÜNCHEN



50 / Egy mikroszámítógép mikroprocesszor-egysége, egy-egy oldala kb. fél centiméter. Ez az egyetlen szilikonkristály *chip*-re épített integrált áramkör, kb. ötezer-négyszáz tranzisztort tartalmaz.

Biztos vagyok benne, hogy Thamosz panaszában van némi igazság. Mai modern világunkban az anal-fabéták másként érzékelik az irányt, az önbizalmat és a valóságot. De az írás feltalálása előtt az emberi tudás arra korlátozódott, amire egyetlen ember vagy egy kis csoport vissza tudott emlékezni. Időről időre, mint a Védák vagy a két nagy homéroszi eposz esetében, így is tekintélyes tömegű információ megőrzésére nyílt lehetőség. De amennyire tudjuk, a Homéroszok kevesen voltak. Az írás feltalálása után lehetőség nyílt minden idők és minden népek felgyülemlett tudásának összegyűjtésére, integrálására és hasznosítására: az embereknek nem kellett többé pusztán arra hagyatkozniuk, amire ők maguk és közvetlen ismerőseik emlékeztek. Az írni-olvasni tudás révén hozzáférhetünk a történelem legnagyobb és legbefolyásosabb elméihez. Szókratésznek vagy mondjuk Newtonnak sokkal nagyobb közönsége lett, mint ahány emberrel egész életük során találkoztak. Egy-egy szóbeli hagyomány számos nemzedéken át való ismételt átadása óhatatlanul átviteli hibákhoz és az eredeti tartalom fokozatos csökkenéséhez vezet - az információnak ez az eltorzulása sokkal lassabban megy végbe, amikor írott beszámolókat nyomtatnak ki újra meg újra.

A könyveket könnyű tárolni. Saját tempónkban olvashatjuk őket, anélkül hogy másokat zavarnánk vele. Visszalapozhatunk a nehéz részekhez, vagy újra elgyönyörködhetünk a különösen élvezetes részletekben. Tömegesen, viszonylag csekély költséggel előállíthatók. És maga az olvasás is teljesen elképesztő tevékenység: rápillantunk egy fából készült, vékony, lapos tárgyra, amint önök teszik ebben a pillanatban, és a szerző szavai elkezdnek megszólalni a fejükben. (Halló!) Az írás felfedezését az emberi tudás és az emberi fennmaradási potenciál mérhetetlen növekedése követte. (Ez egyben az önmagunkra támaszkodás tökéletesedése is: valamely tudománynak vagy mesterségnek legalábbis az alapjait könyvből is meg lehet tanulni, nem vagyunk kiszolgáltatva többé annak a szerencsés véletlennek, hogy van a közelben egy mester, akinek tanítványául szegődhetünk.)

Mindent egybevetve az írás felfedezését nemcsak ragyogó újításként kell számon tartanunk, hanem az emberiség múlhatatlan javaként is. És feltételezve, hogy megéljük, és találmányainkat okosan használjuk fel, hitem szerint ugyanezt mondhatjuk el azokról a modern Thotokról és Prométheuszokról, akik ma a gépi intelligencia határait feszegető számítógépeket és programokat találnak fel. Az emberi intelligencia legközelebbi lényeges strukturális előrelépését valószínűleg az intelligens emberek és az intelligens gépek társas viszonya fogja megvalósítani.

9. SORSUNK A TUDÁS: FÖLDI ÉS FÖLDÖN KÍVÜLI INTELLIGENCIA

De már az órák csöndben ellopóznak...

SHAKESPEARE III. RICHÁRD
/Vas István fordítása/

A kérdések kérdése az emberiség számára, az a probléma, amely minden más probléma mögött ott rejlik, és izgatóbb minden más problémánál: az ember természetben elfoglalt helyének és a kozmoszhoz való viszonyának meghatározása. Honnan jött a fajtánk, miféle korlátok között uralkodunk a természetben és uralkodik a természet mirajtuk: ezek azok a kérdések, amelyek változatlan, nem csökkenő erővel újra meg újra felmerülnek mindenki előtt, aki ezen a földön született.

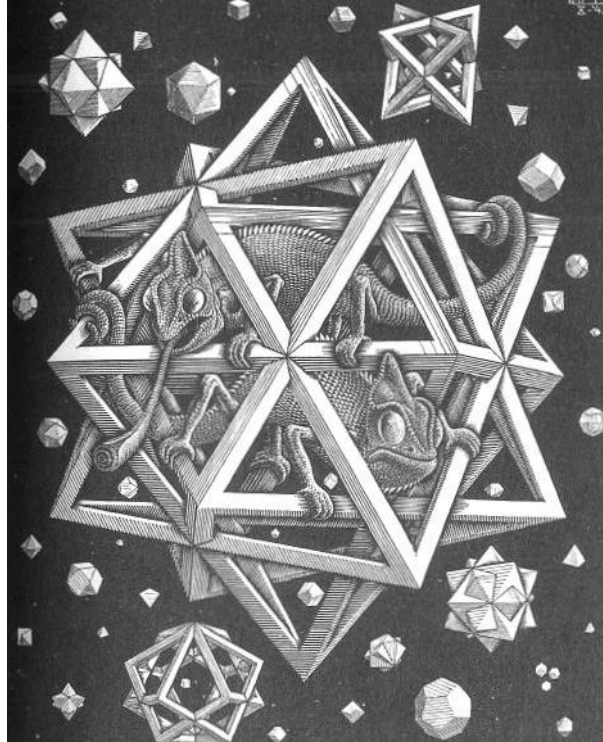
T. H. HUXLEY, 1863

És most végül visszatérek azoknak a kérdéseknek egyikéhez, amelyekkel kezdtem: a Földön kívüli intelligencia kutatásához. Bár egyesek néha felvetik, hogy a csillagközi beszélgetések legkíváncsabb csatornája a telepátia lenne, szerintem ez legfeljebb egy játékos ötlet. Annyi biztos, hogy a leghalványabb bizonyítékok sem támasztják alá; én a magam részéről *ezen* a bolygón sem láttam még mérsékeltlen meggyőző bizonyítékát sem telepatikus kommunikációnak. Egyelőre még nem vagyunk képesek jelentős csillagközi úrutazásokra, bár valamiféle nálunk haladottabb civilizáció esetleg képes lehet rá. Bármennyit beszélnek is az ufókról (Unidentified Flying Objects = azonosítatlan repülő testek) és az ősi asztronautákról, semmiféle komoly bizonyítékunk nincs rá, hogy meglátogatnak vagy valaha is meglátogattak volna minket.

Maradnak tehát a gépek. A Földön kívüli intelligenciával való kommunikációban felhasználhatjuk az elektromágneses spektrumot, legvalószínűbben e spektrum rádióhullámokból álló részét; vagy használhatunk gravitációs hullámokat, neutrínókat, esetleg fakhionokat (ha ugyan léteznek), vagy a fizikának valamely olyan jelenségét, amelyet még vagy három évszázadig nem fedezünk fel. De bármilyen legyen is ez a kommunikációs csatorna, használatához gépekre lesz szükségünk, mégpedig ha rádiócsillagászati tapasztalataink bármiféle útmutatással szolgálhatnak, akkor számítógépekkel működtetett gépekre, melyek képességeinek meg kell közelíteniük azt, amit mi intelligenciának nevezünk. Napok munkájának adatsorain végigfutni, ezernyolc különböző frekvencián, ahol az információk néhány másodpercenként vagy még gyorsabban változhatnak - ezt az adatrögzítők vizuális átnézésével nem lehet megoldani: ehhez autokorrelációs eljárásokra és nagy elektronikus számítógépekre van szükség. Ez az a szituáció, amelyben Frank Drake (a Cornell Egyetemről) és én nemrégiben megfigyeléseket végeztünk az Arecibo Csillagvizsgálóban, és ezt a szituációt csak egyre bonyolultabbá - azaz egyre inkább a számítógépektől függővé - teszik a közeljövőben valószínűleg alkalmazásra kerülő megfigyelőeszközök. Mérföldetlenül bonyolult vételi és adási programokat tudunk kidolgozni. Ha szerencsénk lesz, hallatlanul ügyes és elegáns stratégiákat tudunk majd alkalmazni. De ha a Földön kívüli intelligenciát akarjuk kutatni, akkor nem kerülhetjük ki a gépi intelligencia figyelemre méltó lehetőségeit.

A Tejút-galaxis fejlett civilizációinak száma a csillagonkénti bolygószámtól kezdve az élet keletkezésének valószínűségéig számos tényezőtől függ. De mihelyt az élet egy viszonylag jóindulatú környezetben egyszer elindul, és az evolúció számára évmilliárdok állnak rendelkezésre, igen sokunk

várákozásai szerint intelligens lényeknek is ki kell fejlődniük. Az evolúció útjának természetesen erősen különböznie kell a földitől. Az eseményeknek az a pontosan meghatározott sorozata - beleértve a dinoszauruszok kihalását és a pliocén és pleisztocén erdők visszavonulását -, amely itt a Földön végbement, valószínűleg nem zajlott le pontosan ugyanúgy sehol másutt a világegyetemben.



51. / M. C. Escher: Csillagok.

Ám számos funkcionálisan egyenértékű útnak kell léteznie, amelyek ugyanahhoz a végeredményhez vezetnek. Bolygónk egész evolúciós története de különösen a fosszilis koponyák belsejéről készült öntvények tanúsága az intelligencia felé haladó progresszív irányzatot illusztrálja. Ebben nincs semmi rejtélyes: okos organizmusok nagyjában és egészében inkább képesek a fennmaradásra, és több ivadékot hagynak maguk után, mint az ostobák. A részletek minden bizonnyal a körülményeken múlnak, olyanokon például, hogy ha voltak nyelvvel rendelkező (nem emberi) főemlősök, azokat az ember kiirtotta, míg a némivel kevésbé kommunikációképes majmokat őseink figyelmen kívül hagyták. De az általános tendencia teljesen világosnak látszik, és másutt is irányadónak kellett lennie az intelligens élet evolúciójára. Igaz, mihelyt az intelligens lények megteremtik a saját fajuk kurtására alkalmas technikát és képességet, az intelligencia szelekciós előnyei bizonytalanabbakká válnak.

És mi lesz, ha üzenetet kapunk? Van bármi okunk annak feltételezésére, hogy az üzenetet küldő lények - akik geológiai korszakok évmilliárdjain át a miénktől erősen különböző környezetben fejlődtek ki - eléggé hasonlók hozzánk, hogy üzeneteiket meg tudjuk érteni? Én azt hiszem, erre a kérdésre igennel kell válaszolnunk. Egy olyan civilizációnak, mely rádióüzeneteket ad, mindenesetre ismernie kell a rádiót. Az üzenet frekvenciája, időállandója és hullámsávja közös az adó és a vevő civilizációk között. Alighanem olyasféle helyzet állna elő, mint a rádióamatőrök között, akiknek a beszélgetései - ritka szükségállapotok kivételével - a jelek szerint majdnem kizárólag eszközeik műszaki kérdéseire szorítkoznak: életüknek olyan oldala ez, amelyben bizonyosan találnak közös vonásokat.

Ám hitem szerint a helyzet ennél sokkal reményteljesebb. Tudjuk, hogy a természet törvényei - legalábbis sok közülük - mindenütt azonosak. Színképelemzéssel ugyanazokat a kémiai elemeket, ugyanazokat a közös molekulákat fedezzük fel más bolygókon, csillagokon és galaxisokon, és az a tény, hogy a színeképek azonosak, azt bizonyítja, hogy azok a mechanizmusok, amelyek révén az atomok és a molekulák sugárzásokat nyelnek el és bocsátanak ki, mindenütt egyformán működnek. Megfigyelhetünk egymás körül

méltóságteljesen mozgó távoli galaxisokat, amelyek pontosan ugyanazoknak a gravitációs törvényeknek engedelmeskednek, amelyek egy apró mesterséges hold mozgását meghatározzák sápadt, kék bolygónk, a Föld körül. A gravitáció, a kvantummechanika, a fizika és a kémia túlnyomó része a megfigyelések szerint mindenütt pontosan ugyanolyan, mint nálunk.

Az lehetséges, hogy egy másik világban kifejlődő intelligens lények biokémiaiailag nem hasonlítanak hozzánk. Evolúciójuk során szinte bizonyosan a miénktől jelentősen különböző alkalmazkodásokon mentek át - az enzimektől a szervrendszerekig -, hogy megbirkózzanak saját világaik tőlünk különböző körülményeivel. Ám mégis ugyanazokkal a természettörvényekkel kellett együtt élniük.

A szabadon eső testek törvényei egyszerűnek látszanak számunkra. A földi gravitáció által kiváltott állandó gyorsulás mellett egy szabadon eső test sebessége az idővel arányosan nő, az általa megtett út pedig az idő négyzetével arányos. Ezek elemi relációk, és legalábbis Galilei óta elég általánosan érthetők. El tudnánk képzelni egy olyan világegyetemet, amelyben a természet törvényei mérhetetlenül bonyolultabbak-csak hogy nem ilyen világegyetemben élünk. Miért nem? Azt hiszem, azért, mert mindazok az organizmusok, amelyek roppant komplexnek érzékelték világukat, kihaltak. Azok a fán élő őseink, akik fáról fára lendülve nehezen tudták kiszámítani röppályájukat, nem sok ivadékot hagytak maguk után. A természetes szelekció egyfajta intellektuális rostaként szolgált: olyan agyakat és intelligenciákat hozott létre, amelyek egyre inkább képesek voltak a természeti törvényekkel elboldogulni. Ez a rezonancia, melyet a természetes szelekció hozott létre agyunk és a világegyetem között, talán megmagyarázhat egy Einstein által fölvetett dilemmát is. A világegyetem legerőtelenebb tulajdonsága, mondta Einstein, hogy annyira érthető.

Ha ez így van, akkor ugyanilyen evolúciós gyomlálásnak kellett végbemennie más világokban is, ahol intelligens lények fejlődtek ki. Azok a Földön kívüli (extraterrális) intelligenciák, melyeknek nem voltak madárszerű vagy fán élő őseik, talán nem osztoznak a mi ürrepülés iránti szenvedélyünkben. De minden bolygó atmoszférája viszonylag áttetsző a spektrum látható és rádiósugárzási részében - a kozmoszban legbősegebben jelen lévő atomok és molekulák kvantummechanikája miatt. Az organizmusoknak ezért világegyetem-szerte érzékenyeknek kell lenniük az optikai és/vagy rádiósugárzásokra, és a fizika kifejlődése után kozmikus közhellyé kellett válnia annak az ötletnek, hogy az elektromágneses sugárzás a csillagközi kommunikáció eszközéül szolgálhat. Ez az ötlet galaxiszerte számtalan világban egymástól függetlenül kialakulhatott, mihelyt helyileg felfedezték a csillagászat elemeit, azt, amit mi az élet tényeinek nevezhetnénk. Ha olyan szerencsések lennénk, hogy kapcsolatot tudnánk teremteni ezeknek a másféle lényeknek valamelyikével, akkor, azt hiszem, elképesztően egzotikusnak és rejtelmesnek találnánk biológiájuk, pszichológiájuk, szociológiájuk és politikájuk nagy részét, de az a gyanúm, hogy különösebb nehézség nélkül megértenénk egymást a csillagászat, a fizika, a kémia és talán a matematika egyszerűbb kérdéseiben.

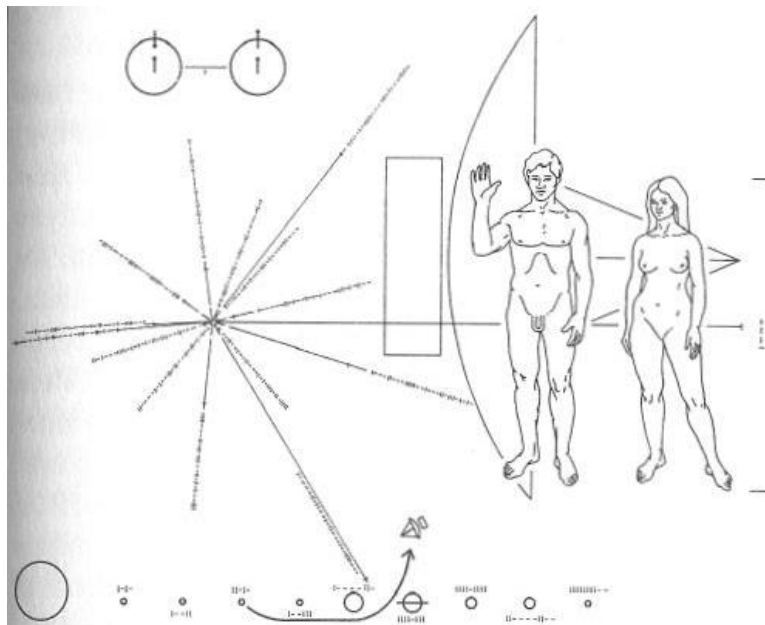
Semmiképpen nem várnám azt, hogy e lények agya anatómiaiailag vagy pszichológiailag közel álljon a miénkhöz, talán még kémiaiailag sem. Az ő agyuk más környezetben alakult ki, tehát másféle evolúciós történetének kell lennie. Elég, ha megnézzük azokat a földi állatokat, amelyeknek lényegileg különböző szervrendszereik vannak, máris beláthatjuk, mennyiféle változata lehetséges az agy fiziológiájának. Ott van például egy afrikai édesvízi hal, a *Mormyrid*, amely gyakran él zavaros vizekben, ahol nehéz vizuálisan felismerni a ragadozókat, a zsákmányt vagy a nemi partnert. A *Mormyrid* kifejlesztett egy különleges szervet, amely elektromos mezőt létesít, aztán ellenőrzi az ezen a mezőn áthaladó élőlényeket. A hal agyának egész hátsó részét a kisagya foglalja el, olyan vastag rétegben, ami az emlősök neokortexére emlékeztet. A miénktől látványosan különböző agyuk van tehát, ám a legalapvetőbb biológiai értelemben mégis sokkal közelebb rokonaink, mint bármely intelligens Földön kívüli lény.

A Földön kívüli lények agyának valószínűleg ugyanúgy több vagy sok alkotórésze van, amelyek az evolúció során lassan gyülemlettek fel, mint a miénknak. Az is lehetséges, hogy ugyanúgy még mindig feszültségek vannak agyi összetevőik között, mint a mi agyunkban, bár egy hosszú életű, sikeres civilizációnak alighanem az a jellemzője, hogy képes tartós békét teremteni különféle agyi alkotórészei között. Majdnem bizonyos, hogy ezek a lények extraszomatikus úton jelentősen kiterjesztették intelligenciájukat, intelligens gépek alkalmazásával. De azt hiszem, hogy az ő agyuk és gépeik, illetve a mi agyunk és gépeink végső soron nagyon jól meg fogják érteni egymást.

Mérhetetlen lenne mind a gyakorlati haszna, mind a filozófiai értéke annak, ha egy hosszú üzenetet kaphatnánk egy nálunk haladottabb civilizációtól. Ám az, hogy milyen nagy volna ez a haszon, és milyen gyorsan tudnánk megemészteni, az az üzenet tartalmán múlna, amelyet nehéz volna megbízhatóan megjósolni. A dolognak legalább egy következménye azonban világosnak tűnik: ha üzenetet kapnánk egy fejlett civilizációból, az bebizonyítaná, hogy *vannak* fejlett civilizációk, hogy vannak módszerek annak az

önpusztításnak az elkerülésére, amely jelenlegi technológiai serdülőkorunkban erős és valóságos veszélynek látszik. Így ha kapnánk egy csillagközi üzenetet, annak nagyon is gyakorlati haszna lenne, olyasmiről, amit a matematikában létezési elméletnek neveznek - ebben az esetben annak bizonyítása, hogy igenis lehetséges, hogy emberi társadalmak a fejlett technikával együtt éljenek és virágozzanak. Minden probléma megoldását hallatlanul megkönnyíti, ha biztosan tudjuk, hogy van rá megoldás. Ez egyike a sok különös összefüggésnek a másutt létező intelligens élet és a Földön lévő intelligens élet között.

Noha nyilvánvalóan inkább a több, mint a kevesebb tudás és intelligencia látszik az egyetlen kiútnak jelenlegi nehézségeinkből, és az emberiség számára az egyetlen jelentős előrelépésnek egy jelentőségteljes (vagy tulajdonképpen bármiféle) jövő felé, ez a nézet a gyakorlatban nem mindig érvényesül. A kormányzatok gyakran szem elől tévesztik a rövid távú és hosszú távú haszon közötti különbséget. A legfontosabb gyakorlati hasznokat a legvalószínűtlenebb és látszólag minden gyakorlati jelentőséget nélkülöző tudományos előrelépések hozták. A rádió ma nemcsak a Földön kívüli intelligencia keresésének első rendű



52 / Plakett a Pioneer 10 és 11 űrhajók Fedélzetén. Ezek voltak az emberiség első járművei, amelyek kimerészkedtek a csillagközi térbe. A 15 x 22,5 cm-es, arannyal galvanizált alumíniumplakettek remélhetőleg könnyen érthető tudományos nyelven, némi információt tartalmaznak az űrhajó építőinek helyzetéről, korszakáról és természetéről. A csillagközi rádióüzenetek információtartalma sokkal gazdagabb lehetne ezeknél a kozmikus óceánba dobott palackokba zárt üzeneteknél.

eszköze, hanem egyben az az eszköz, melynek révén vész- és sürgőshelyzetekre reagálunk, híreket továbbítunk, telefonbeszélgetéseket közvetítünk, és szórakoztatjuk a világot. Ám a rádió azért jött létre, mert egy skót fizikus, James Clerk Maxwell kitalált egy fogalmat, amelyet kizsórítási áramnak nevezett el, és beillesztette a parciális differenciálegyenleteknek abba a sorozatába, amelyeket ma Maxwell-egyenletek néven ismerünk. Lényegében azért vezette be a kizsórítási áram fogalmát, mert egyenletei esztétikailag mutatósabbak voltak vele, mint nélküle.

A világmindenség bonyolult és elegáns. A természettől a legvalószínűtlenebb módokon csikarjuk ki titkait. A társadalmak természetesen bölcsen óhajtanak eljárni, amikor azt kell eldönteniük, hogy milyen technológiákat - azaz a természettudomány miféle alkalmazásait - kell fejleszteni és milyeneket nem. De ha nem pénzelik az alapkutatást, ha nem támogatják a tudás önmagáért való gyarapítását, akkor veszedelmesen korlátozottá válnak a választási lehetőségeink. Elég, ha ezer közül egyetlen fizikus akad, aki rábotlik valami olyasmire, mint a kizsórítási áram, hogy mind az ezernek a támogatása pompás befektetésnek bizonyuljon a társadalom számára. A tudományos alapkutatások erős, előrelátó és folyamatos elősegítése nélkül abba a helyzetbe jutunk, mint amikor valaki föleszi a vetőmagot: ezzel ugyan egyetlen

télre elhárítja az éhínséget, de minden reményét elherdálja annak, hogy a következő télen is életben maradjon.

Hippói Szent Ágoston egy olyan korszakban, amely bizonyos szempontokból hasonlított a miénkre, buja és intellektuálisan gazdag fiatal férfikora után visszavonult az ész és az intellektus világától, és másoknak is ezt tanácsolta: „Van a kísértésnek egy másik formája is, amely még inkább veszélyekkel terhes. Ez a kíváncsiság betegsége... Ez hajszol bennünket arra, hogy megpróbáljuk fölfedezni a természet titkait, azokat a titkokat, amelyek meghaladják értelmünket, amelyeknek semmi hasznát nem vesszük, s amelyek tudására nem volna szabad áhítoznunk... Ebben a csapdákkal és veszélyekkel teli hatalmas erdőben én visszahúzódtam, és kivontam magam ezek közül a tövisek közül. Mindazon dolgoknak kellős közepén, melyek a mindennapi életben szüntelen körülöttem lebegnek, soha nem vagyok meglepődve egyikükön sem, és soha nem fog el őszinte vágy, hogy tanulmányozzam őket... Nem álmodom többé a csillagokról.” Európában Szent Ágoston halálának időpontja, i. sz. 430 jelzi a sötét középkor beköszöntét.

Jacob Bronowski Az ember felemelkedése utolsó fejezetében maga is elszomorodva vallotta be, hogy „azon veszem magam észre, hogy itt, Nyugaton, hirtelen valami iszonyatos elbátortalanodás, a tudástól való visszariadás érzése vesz körül”. Azt hiszem, egyrészt arról beszélt itt, hogy milyen korlátozott mértékben érti és becsüli meg a természettudományt és a technikát - amelyek életünket és civilizációnkat formálták - a nyilvánosság és a politika közossége, másrészt a jelentéktelen, népi vagy áltudományok, a miszticizmus és a mágia növekvő népszerűségéről.

A mai Nyugaton (bár Keleten nem) újra feléledt az érdeklődés a legkülönbözőbb homályos, anekdotikus, gyakran bizonyíthatóan téves tanok iránt, amelyek, ha igazak volnának, minden bizonnyal érdekesebbé tennék az univerzumot, ha viszont hamisak, akkor olyan intellektuális felületességről, a rendszeres gondolkodás olyan hiányáról árulkodnak, és olyan energiapocsékolással járnak együtt, ami fönnmaradásunkat illetően nem túl ígéretes. Az efféle tanok közt van az asztrológia (az a nézet, amely szerint sorsunkat mélységesen befolyásolja az, hogy tőlünk százbillió mérföldre éppen milyen csillagok kelnek fel, amikor mi egy zárt épületben megszületünk); a Bermuda-háromszög „rejtélye” (amely sok különféle változatban azt állítja, hogy Bermuda közelében egy UFO él az óceánban, amely megeszi a hajókat és a repülőgépeket); általában a repülő csészealjokról szóló beszámolók; az ősi asztronautákban való hit; a szellemek fényképezése; a piramidológia (amelybe az a hit is beletartozik, hogy a borotvám élesebb marad egy kartonpiramisban, mint egy kocka alakú kartondobozban); a szcientológia (a lelki kurzusok egy újabb fajtája); az aurák és a kirli fényképezés; a gerániumok érzelmi élete és zenei ízlése; a pszichosébeszet; a lapos és üres föld elmélete; a modern prófécia; az evőeszközök távolból való összegörbítése; az asztrálkivetítések; a Velikovszki-féle katasztrófizmus; Atlantisz és Mu; a spiritizmus; továbbá az emberiség Isten vagy istenek általi különleges teremtetésének elmélete (annak a mélységes kapcsolatnak ellenére, amelyben mind biokémiailag, mind agyfiziológiailag a többi állattal állunk). Lehetséges, hogy vannak igazságmagvacskák némelyikben ezek közül a tanok közül, de széles körű elfogadásuk arról tanúskodik, hogy kiveszett belőlünk az intellektuális szigorúság és a szkepticizmus, és vágyainkkal szeretnénk helyettesíteni a kísérleteket. Mindezek, ha szabad ezt a kifejezést használnom, nagyjában és egészében limbikus és jobb agyféltekés tanítások, álmjegyzőkönyvek - természetes (itt minden bizonnyal helyénvaló a szó) és emberi reakciók annak a környezetnek a bonyolultságára, amelyben élünk. Ám ugyanakkor misztikus, okkult tanok is, amelyek úgy vannak kieszelve, hogy ne legyenek kitéve a cáfolatnak, és jellegzetesen ne képezhessék racionális viták tárgyát. Ezzel szemben a fényes jövő útja szinte bizonyosan a neokortex teljes körű működésén át vezet - a józan észen át, amelyet persze ötvöz az intuíció és a limbikus és R-komplexumos alkotórészek hatása, de mégiscsak józan ész: a világ bátor feldolgozása, abban a formájában, amilyen valójában.

A kozmikus naptárnak csak a legutolsó napján fejlődtek ki bolygónkon, a Földön, jelentős intellektuális képességek. A két agyfélteke koordinált működése az az eszköz, amellyel a természet fennmaradásunk érdekében ellátott minket. Nem valószínű a fennmaradásunk, ha nem használjuk ki teljesen, kreatív módon emberi intelligenciánkat.

„Tudományos civilizáció vagyunk”, jelentette ki Jacob Bronowski. „Ez olyan civilizációt jelent, amelyben a tudás és a tudás integritása kulcsfontosságú. A *sciencia* csak egy latin szó a tudásra... A tudás a mi sorsunk.”

A SZERZŐRŐL

Carl Sagan, a Cornell Egyetem Csillagászati és Űrtudományi Tanszékének David Duncan-professzora, valamint Bolygókutatási Intézetének igazgatója, döntő szerepet játszott a Mariner, a Viking és a Voyager útjának előkészítésében. Ezért a munkájáért megkapta a NASA „Egyedülálló Tudományos Teljesítményért” érmét; a nemzetközi asztronautikai díjat, a Prix Galabert-t; a NASA-érmet „kiemelkedő társadalmi tevékenységért” (kétszer); valamint az Amerikai Asztronautikai Társaság John F. Kennedy-díját. Tudományos kutatásai hozzásegítettek a Vénuszon érvényesülő üvegházeffektusnak, a Mars porviharainak, a Titán szénhidrogénködjeinek, az élet eredetének, valamint a Földön kívüli élet kérdéseinek mélyebb megértéséhez. Dr. Sagan elnöke volt az Amerikai Asztronautikai Társaság Bolygókutatási Részlegének, az Amerikai Geofizikai Egyesület Planetológiai Szervezetének, valamint az Amerikai Természettudományok Fejlődését Elősegítő Egyesület Asztronómiai Részlegének. Tizenkét éven át szerkesztette a világ vezető planetológiai folyóiratát, az ICARUS-t. Jelenleg a világ legnagyobb ilyen jellegű szervezetének, a százezer tagot számláló, űrkutatással foglalkozó Planetológiai Társaságnak az elnöke, továbbá Kiemelkedő Természettudományi Vendégelőadó a Kaliforniai Technológiai Intézet Sugárhajtási Laboratóriumában.

Több mint hatszáz tudományos dolgozatán kívül Carl Sagan szerzője, társszerzője vagy szerkesztője több mint húsz könyvnek, köztük a *Broca's Brain*-nek (Broca agya), a *Comet*-nek (Üstökös), a *Contact*-nak (Kapcsolat) és a *Dragons of Eden*-nek (Az Éden sárkányai), amelyért elnyerte a Pulitzer-díjat. Tőle származik a Pioneer 10 és 11 plakettjainak és a Voyager 1 és 2 csillagközi feljegyzéseinek ötlete, vagyis a magunkról szóló üzenet esetleges Földön kívüli civilizációknak. Az Emmy- és Peabody-díjat nyert COSMOS című televíziós sorozata a legnépszerűbb sorozat az amerikai televízió történetében, 60 országban több mint 250 millió ember látta világszerte. A film ugyancsak COSMOS című könyvváltozata minden idők legnépszerűbb angol nyelvű ismeretterjesztő könyve lett.

Az utóbbi években dr. Sagan kollégáival együtt az atomháború hosszú távon érvényesülő következményeit kutatva felfedezett számos, eddig nem ismert, az emberi civilizációt és fajt veszélyeztető tényezőt. Részben ezért a munkájáért kapta az Amerikai Tudósok Szövetsége, valamint a Fizikusok a Társadalmi Felelősségért közszolgálati díját, továbbá az Amerikai Fizikusok Társasága „közjót szolgáló fizikáért” Szilárd Leó-díját. Dr. Sagant kitüntették még a Felfedezők Klubjának hetvenötödik évfordulójára adott díjával „a felfedezői szellem fejlesztéséért”, a Joseph Priestley-díjjal „az emberiség jólétéért végzett kiemelkedő munkásságért”, valamint a Honda-díjjal „az emberi civilizáció új korszakáért végzett kutatómunkájáért”.

TARTALOM

BEVEZETÉS - 3

1. A KOZMIKUS NAPTÁR - 7

2. GÉNEK ÉS AGYAK - 11

3. AZ AGY ÉS A SZEKÉR - 24

4. AZ ÉDEN MINT METAFORA: AZ EMBER EVOLÚCIÓJA - 39

5. AZ ÁLLATOK ABSZTRAKCIÓI - 51

6. MESÉK EGY HOMÁLYOS ÉDENBŐL - 60

7. BOLONDOK ÉS SZERELMESEK - 73

8. AZ AGY JÖVŐBENI EVOLÚCIÓJA - 88

9. SORSUNK A TUDÁS:
FÖLDI ÉS FÖLDÖN KÍVÜLI INTELLIGENCIA - 106

A SZERZŐRŐL - 111