

Richard Dawkins

AZ ÖNZŐ GÉN



Richard Dawkins AZ ÖNZŐ GÉN

([Tartalom](#))

Előszó

Ezt a könyvet szinte tudományos fantasztikus regényként kell olvasni. Célja az, hogy megmozgassa a képzeletet. De mégsem tudományos fantasztikus regény: tudomány. Sablon vagy sem, számomra az igazság „különösebb a fantasztikumnál”. Túlélőgépek vagyunk – programjukat vakon követő robotszerkezetek, akiknek az a dolguk, hogy megőrizzék a géneknek nevezett önző molekulákat. Ez a felismerés még mindig megdöbbenéssel tölt el. Noha már évek óta tudom, valójában még nem tudtam teljesen elfogadni. Remélem, sikerül másokat is meghökkentenem.

Három képzeletbeli olvasó kukucskált a vállam fölött, miközben írtam, s a könyvet most nekik ajánlom. Az első a laikus olvasó. Az ő kedvéért szinte teljesen elkerültem a szakkifejezéseket, ahol pedig szakszavakat kellett használnom, definiáltam őket. Ma már csodálkozom, hogy miért nem húzzuk ki a zsargon java részét szakfolyóiratainkból is. Feltételeztem, hogy a laikusnak nincs szaktudása, de nem abból indultam ki, hogy ostoba. Túlegyszerúsítéssel bárki népszerűsítheti a tudományt. Nagyon igyekeztem, hogy bizonyos finom és bonyolult

gondolatokat nem matematikai nyelven, mégis úgy népszerűsítsek, hogy lényegük ne vesszen el. Nem tudom, ez mennyire sikerült, mint ahogy azt sem tudom, mennyire valósult meg egy másik törekvésem: a könyv olyan szórakoztató és magával ragadó legyen, amennyire tárgya megérdemli. Már régóta úgy érzem, hogy a biológiát izgalmas és rejtelmes történetként kellene számon tartanunk, a biológia ugyanis valóban az: rejtelmes történet. Nem is merem remélni, hogy a téma izgalmasságából egy kicsiny töredéknél többet sikerült érzékeltetnem.

Második számú képzeletbeli olvasóm a szakember volt. Kemény kritikus, aki visszafojtott lélegzettel figyelte némely analógiámat és szóképemet. „Kivéve”, „másfelől viszont” és „hm” voltak kedvenc kifejezései. Figyelemmel hallgattam, sőt egy fejezetet teljesen újraírtam a kedvéért, de a történetet végül is a magam módján kellett elmondanom. A szakember továbbra sem lesz teljesen megelégedve azzal, ahogy a dolgokat megragadtam. Mégis, leginkább azt remélem, hogy még ő is fog találni benne valami újat; talán feltűnik neki az új látásmód; sőt talán új gondolatai is támadnak; s ha ez túlságosan nagyratörő vágy, remélhetem legalább, hogy szórakoztató úti olvasmány lesz számára a vonaton?

A harmadik olvasó, aki szemem előtt lebegett, a diák volt, aki éppen átalakulóban van laikusból szakemberré. Ha még nem határozta el, hogy milyen területen akar szakember lenni, remélnem, arra bátorítom, hogy vessen még egy pillantást az én területemre, az állattanra. Mert jobb oka is van az állattan tanulmányozására, mint annak

esetleges „haszna”, és az állatok szeretetre méltó volta. Ez az ok pedig az, hogy mi, állatok, az ismert világegyetem legbonyolultabb és legtökéletesebben megtervezett gépezetei vagyunk. Ha így fogalmazunk, nehéz belátni, hogy miért tanulmányoz bárki is valami mást! Remélem, könyvem tanulságos lesz az olyan diák számára is, aki már eljegyezte magát az állattannal. Neki át kell rágnia magát azokon az eredeti cikkeken és szakkönyveken, amelyeken értekezésem alapul. Ha úgy találja, hogy az eredeti művek nehezen emészthetők, az én nem matematikai értelmezésem bevezetésként talán segítségére lehet.

Nyilvánvaló veszélyek rejlenek abban, hogy három különböző típusú olvasóhoz próbálok szólni. Csak azt mondhatom, hogy nagyon is tudatában voltam e veszélyeknek, de úgy gondoltam, próbálkozásom előnyei bőven ellensúlyozzák azokat.

Etológus vagyok, s ez a könyv az állati viselkedésről szól. Nyilvánvalóan adósa vagyok annak az etológiai hagyománynak, amelynek szellemében képzésemet kaptam. Niko Tinbergen például nem is tudja, hogy mekkora hatással volt rám az alatt a tizenkét év alatt, amíg mellette dolgoztam Oxfordban. A „túlélőgép” kifejezés éppenséggel származhatna tőle is, noha ténylegesen nem az övé. Ám az etológiába újabban nagy pezsgést hozott, hogy friss gondolatok árasztották el olyan forrásokból, melyeket hagyományosan nem tekintettek etológiaiainak. E könyv nagyrészt ezekre az új gondolatokra épít. Szerzőikre a szöveg megfelelő helyein hivatkozom; főként G. C. Williams, J. Maynard Smith, W. D. Hamilton és R. L. Trivers

munkáira gondolok.

Sokan javasoltak címet e könyvhöz, s a javaslatokat hálásan felhasználtam fejezetcímeiként: „Halhatatlan spirál” – John Krebs; „A géngép” – Desmond Morris; „A génkedés művészete” (Genes manship) – Tim Clutton-Brock és Jean Dawkins, egymástól függetlenül, és bocsánatot kérve Stephen Pottertól.

A képzeletbeli olvasó lehet jámbor óhajok és törekvések célpontja, de kevesebb a gyakorlati haszna, mint a valódi olvasóknak és kritikusoknak. Szenvedélyes újraíró vagyok, és Marian Dawkinsnak minden egyes oldal számtalan kéziratát és átíratát kellett elolvasnia. Lényeges segítséget jelentett számomra számottevő jártassága a biológiai szakirodalomban és az elméleti kérdések iránti érzéke, valamint szüntelen bátorítása és erkölcsi támogatása. John Krebs is elolvasta az egész könyvet, még kézirat formában. Ő többet tud a tárgyról, mint én, és nagylelkűen ontotta tanácsait és javaslatait. Glenys Thomson és Walter Bodmer finoman, de határozottan kritizálták azt a módot, ahogy a genetikai kérdéseket kezelem. Félek, az átdolgozással még mindig nem teljesen elégedettek, de remélem, valamivel jobbnak találják majd. Rendkívül hálás vagyok a könyvnek szentelt idejükért és türelmükért. John Dawkins tévedhetetlenül csapott le a félrevezető megfogalmazásokra, és kiváló konstruktív javaslatokat tett újrafogalmazásukra. Maxwell Stampnél alkalmasabb „művelt laikust” nem is kívánhattam volna. Nagyon sokat tett a végső változatért, amikor éles szemmel egy fontos általános hibát fedezett fel az első kézirat stílusában.

Bonyos fejezetek megírását építő kritikáikkal segítettek vagy egyéb szakmai tanácsokat adtak John Maynard Smith, Desmond Morris, Tom Maschler, Nick Blurton Jones, Sarah Kettlewell, Nick Humphrey, Tim Clutton-Brock, Louise Johnson, Christopher Graham, Geoff Parker és Robert Trivers. Pat Searle és Stephanie Verhoeven nemcsak kitűnően gépeltek, hanem azzal is bátorítottak, hogy látszólag élvezettel tették. Végül köszönetet szeretnék mondani Michael Rodgersnak, az Oxford University Press munkatársának, aki amellet, hogy hasznos kritikával illette a kéziratot, kötelességén jóval túlmenően is minden szempontból figyelemmel kísérte e könyv keletkezését.

Richard Dawkins

I. Miért vannak emberek?

Az értelmes élet egy bolygón akkor éri el nagykorúságát, amikor első ízben dolgozza ki saját létének indoklását. Ha magasabbrendű élőlények az űrből valaha is meglátogatják a Földet, civilizáciánk szintjének felmérése céljából legelőször azt fogják megkérdezni, hogy felfedeztük-e már az evolúciót. Már több mint hárommilliárd éve léteztek élő szervezetek a Földön anélkül, hogy tudták volna miért, amikor végül is egyikük számára megvilágosodott az igazság. Az illetőt Charles Darwinnak hívták. A méltányosság kedvéért hozzá kell tennünk, hogy másoknak is voltak sejtéseik, de Darwin volt az, aki először adta létünk összefüggő tudományos magyarázatát. Darwin tette lehetővé, hogy értelmes választ adjunk annak a

kíváncsi gyermeknek, aki a címbeli kérdést teszi föl. Többé nem kell babonához menekülnünk, amikor olyan nehéz kérdésekkel nézünk szembe, mint: Van-e az életnek értelme? Mi végre vagyunk? Mi az ember? A kiemelkedő zoológus, G. G. Simpson, ez utóbbi kérdéshez a következő megjegyzést fűzte: „Hangsúlyozni szeretném, hogy a kérdés megválaszolására tett 1859 előtti kísérletek semmit sem érnek, és jobban járunk, ha teljesen figyelmen kívül hagyjuk őket.”

Ma az evolúció elmélete nagyjából annyira lehet kétséges, mint az az elmélet, hogy a Föld kering a Nap körül, ám a darwini forradalom összes következményét máig sem ismertük fel. Az állattan még ma is elhanyagolt szaktárgy az egyetemeken, s a kevesek, akik ezt választják, gyakran anélkül döntenek így, hogy felmérnék mély filozófiai jelentőségét. A filozófiát és a „bölcészettudományoknak” nevezett tárgyakat még mindig majdnem úgy tanítják, mintha Darwin sohasem élt volna. Nem kétséges, hogy ez idővel meg fog változni. Bárhogy is van, nem az a szándékom, hogy általában a darwinizmust pártfogoljam ebben a könyvben.

Az evolúciós elmélet következményeit veszem benne szemügyre egy konkrét kérdés szempontjából. Célom az, hogy megvizsgáljam az önzés és önzetlenség biológiáját. Szaktudományos érdekességétől eltekintve, e tárgy emberi jelentősége is nyilvánvaló. Érinti társas létünk minden oldalát – hogy szeretünk és gyűlölünk, harcolunk és együttműködünk, adunk és lopunk, kapzsis és nagylelkűek vagyunk. Mindezekről látszólag számot adnak Konrad

Lorenz: Az agresszióról (On Agression), Robert Ardrey: A társadalmi szerződés (The Social Contract és Eibl-Eibesfeldt: Szeretet és gyűlölet (Love and Hate) című könyvei is. A baj ezekkel a könyvekkel az, hogy szerzőik teljesen és végletesen félreértették az evolúció működését. Az a feltevésük hibás, hogy az evolúcióban a faj (vagy a csoport) s nem az egyén (vagy a gén) java a fontos. Ironikus, hogy éppen Ashley Montagu illesse Lorenzet azzal a kritikával, hogy „a »foggal és körömmel küzdő természet« felfogását valló XIX. századi gondolkodók egyenes leszármazottja...” Ahogy én értem Lorenz nézeteit az evolúcióról, Montaguval nagyon is egybehangzóan vetné el Tennyson híres mondatának implikációit. Én mindkettőjüktől eltérően úgy gondolom, hogy a természetes szelekció modern felfogását nagyszerűen foglalja össze a „foggal és körömmel küzdő természet” megfogalmazás.

Mielőtt belekezdenék a magam érveinek kifejtésébe, röviden tisztázni szeretném, hogy mi az, amiről szólni kívánok, s mi az, amiről nem beszélek. Ha megtudnánk valakiről, hogy hosszú és sikeres életet élt le a chicagói gengszterek világában, joggal volnának sejtelmeink arról, hogy miféle ember lehetett. Számíthatnánk bizonyos tulajdonságaira: rámenős volt, gyorsan kezelte a pisztolyt, és megvolt az a képessége, hogy megbízható barátokat szerezzen. Véleményünk nem volna megingathatatlan, de tény, hogy levonhatunk bizonyos következtetéseket egy ember jelleméről, ha tudunk valamit azokról a körülményekről, melyek között életben maradt és boldogult. E könyv azt fejt ki, hogy mi magunk és minden más állat

génjeink alkotta gépek vagyunk. Génjeink sikeres chicagói gengszterekhez hasonlóan – fennmaradtak, bizonyos esetekben évmilliókon át, egy olyan világban, amelyben nagy a konkurencia. Ez feljogosít bennünket, hogy génjeinkről feltételezzünk bizonyos tulajdonságokat. Ki fogom fejteni, hogy a sikeres gén egyik meghatározó tulajdonsága a könnyörtelen önzés. A gén önzése rendszerint önző egyéni viselkedésben is megnyilvánul. Ám mint látni fogjuk, vannak olyan sajátos körülmények, amikor a gén saját önző céljait legjobban azáltal érheti el, hogy elősegíti az önzetlenség bizonyos korlátozott formáját az egyedi állatok szintjén. A „sajátos” és a „korlátozott” fontos szavak az utóbbi mondatban. Bármennyire szeretnénk is az ellenkezőjét hinni, az egyetemes szeretet és a faj egészének érdeke olyan fogalmak, melyek evolúciós szempontból egyszerűen értelmetlenek.

Ezzel eljutottam az első olyan dologhoz, amiről ez a könyv nem szól. Nem hirdetek evolúcióra épített erkölcsöt. Nem arról beszélek, hogy nekünk, embereknek, hogyan kellene erkölcsösen viselkednünk. Ezt azért hangsúlyozom, mert tudom, hogy félreértés veszélye fenyeget azon túlságosan is nagyszámú embertársaim részéről, akik megfélemlenek róluk, hogy más vélekedni a dolgok állásáról, és megint más kardoskodni amellett, hogy a dolgoknak hogyan kéne lenniük. Szerintem is nagyon visszataszító volna olyan emberi társadalomban élnünk, amely pusztán a gén egyetemes, könnyörtelen önzésének törvényén alapul. De sajnos, bár mennyire fájlalunk is valamit, attól az még igaz marad. Szándékom szerint

ismeretterjesztő könyvet írtam, de ha az olvasó erkölcsi tanulságot akarna levonni belőle, akkor olvassa figyelmeztetésként. Figyelmeztessen arra, hogy ha olyan társadalmat szeretnénk felépíteni, melyben az egyének nagylelkűen és önzetlenül együttműködnek a közjó érdekében, kevés segítségre számíthatunk a biológiai természettől. Próbáljuk megtanítani a nagylelkűséget és az önzetlenséget, mert önzőnek születünk. Értsük meg, miben mesterkednek saját önző génjeink, mert akkor legalább esélyünk lehet arra, hogy keresztülhúzzuk a számításukat, s ez olyasmi, amire egyetlen más faj sem törekedett soha.

A tanításra vonatkozó megjegyzéseimmel összefüggő hiba mellesleg nagyon gyakori hiba – azt feltételezni, hogy a genetikai úton öröklött tulajdonságok eleve rögzültek és módosíthatatlanok. Génjeink utasíthatnak arra, hogy legyünk önzők, de nem feltétlenül kell egész életünkben engedelmesskednünk nekik. Talán egyszerűen csak nehezebb megtanulnunk az önzetlenséget, mint ha genetikai programunk szerint volnánk önzetlenek. Az állatok közül az embernél egyedülállóan nagy szerepe van a kultúrának, a tanult és hagyományozott hatásoknak. Némelyek azt állítják, hogy a kultúrának oly nagy a jelentősége, hogy a gének, akár önzők, akár nem, gyakorlatilag érdektelenek az emberi természet megértése szempontjából. Mások nem értenek ezzel egyet. Minden azon múlik, hogy ki-ki melyik oldalon áll a vitában afölött, hogy a természet vagy a nevelés határozza-e meg az ember tulajdonságait. S itt a második dolog, amiről ez a könyv nem szól: nem foglalok állást a természet-nevelés

(nature or nurture) vitában. Természetesen nekem is van véleményem, de nem fogom kifejteni, legfeljebb amennyiben burkoltan benne van a kultúráról alkotott felfogásomban, melyről az utolsó fejezet szól. Ha valóban kiderülne, hogy a géneknek semmi közük sincs a mai ember viselkedéséhez, ha valóban egyedülállóak volnánk e tekintetben az állatok között, akkor is érdemes volna legalábbis megvizsgálni azt a szabályt, amely alól éppen hogy csak kivétellé váltunk. Ha pedig fajunk nem annyira kivételes, mint amennyire gondolni szeretnénk, akkor még fontosabb, hogy kutassuk a szabályt.

Harmadszor: ez a könyv nem ad részletes leírást az ember vagy bármely más konkrét állatfaj viselkedéséről. Tényszerű részleteket csupán illusztratív példaként fogok használni. Nem fogom azt mondani: „Ha megnézzük a páviánok viselkedését, azt találjuk, hogy önzőek; ezért valószínű, hogy az emberi viselkedés ugyancsak önző.” A „chicagói gengszter” példa logikája egészen más, mégpedig a következő. Az emberek és a páviánok a természetes szelekció révén fejlődtek ki. Annak alapján, amit a természetes szelekció működéséről tudunk, várható, hogy mindennek, ami természetes szelekció útján fejlődött ki, önzőnek kell lennie. Ezért azt kell várnunk, hogy a páviánok, az emberek és minden más élő teremtmény viselkedését önzőnek fogjuk találni. Ha arra az eredményre jutunk, hogy várakozásunk téves volt, ha megfigyelésünk szerint az emberi viselkedés valóban önzetlen, akkor valami rejtélyes dologgal állunk szemben, olyasmivel, ami magyarázatot kíván.

Mielőtt továbbmennénk, definícióra van szükségünk. Egy létező dologról, például a páviánról, akkor mondjuk, hogy önzetlen, ha oly módon viselkedik, hogy azzal egy másik hasonló létező dolog jólétét a saját jóléte rovására növeli. Az önző viselkedés pontosan ellentétes hatású. A „jólétet” a „túlélés esélyeként” határozzuk meg, még akkor is, ha a hatás a túlélés és a halál esélyére oly kicsiny, hogy elhanyagolhatónak látszik. A darwini elmélet modern változatának egyik meglepő következménye, hogy a túlélés valószínűségét látszólag jelentéktelenül kicsiny mértékben befolyásoló tényezőknek jelentékeny hatásuk lehet az evolúcióra, mert rengeteg idő áll rendelkezésre ahhoz, hogy érzékelhetővé váljanak.

Fontos felismernünk, hogy az önzetlenség és önzés fenti meghatározásai a viselkedésen alapulnak, s nem a szubjektumon. Nem foglalkozom itt a motívumok pszichológiájával. Nem fogom megvitatni, hogy vajon az emberek, akik önzetlenül viselkednek, ezt „valójában” titkolt vagy tudattalan önző motívumokkal teszik-e. Lehet hogy igen, lehet hogy nem, és lehet, hogy sohasem tudhatjuk meg, de akárhogy is van, ez a könyv nem erről szól. Definícióm csupán arra vonatkozik, hogy egy tett hatásaként csökken, illetve növekszik a feltételezett önzetlen jötevő, illetve a feltételezett haszonélvező túlélésének esélye.

A viselkedésnek a hosszú távú túlélési kilátásokra gyakorolt hatását bizonyítani nagyon bonyolult dolog. A gyakorlatban, amikor a definíciót a valóságos viselkedésre alkalmazzuk, a „látszólag” szóval kell módosítanunk,

enyhítenünk. Látszólag önzetlen tettnek azt nevezzük, amely felszínesen olybá tűnik, mintha eredményeként az önzetlen lény (bármily kevéssel is) nagyobb valószínűséggel pusztul el, az a lény pedig, amelyre a tett hatása irányul, nagyobb valószínűséggel marad életben. A behatóbb vizsgálat gyakran feltárja, hogy a látszólagos önzetlenség valójában leplezett önzés. Ezt megint csak nem úgy értem, hogy a mögöttes motívumok titkon önzőek, hanem hogy egy tett valódi hatása a túlélési kilátásokra a fordítottja annak, amit eredetileg gondoltunk.

Bemutatok néhány példát a látszólag önző és látszólag önzetlen viselkedésre. Nehéz levetköznünk elfogultságunkat, amikor saját fajunkról van szó, ezért példáim inkább más állatokra vonatkoznak majd. Először lássunk néhány példát egyes állatok önző viselkedésére.

A dankasirályok telepesen fészkelnek, a fészkek csupán egy-két méterre vannak egymástól. Amikor a kis sirályok kikelnek, kicsik és védtelenek, könnyű őket lenyelni. Nagyon gyakori, hogy egy-egy sirály megvárja, míg a szomszédja elfordul, esetleg halászni megy, s ekkor lecsap szomszédja valamelyik csibéjére, és egészben lenyeli. Ezáltal kiváló táplálékhoz jut anélkül, hogy halfogással kellene fáradnia, és saját fészket védtelenül kellene hagynia.

Közismertebb a nőstény ájtatos manók hátborzongató kannibalizmusa. Az ájtatos manók nagy ragadozó rovarok. Általában kisebb rovarokat, például legyeket esznek, de szinte bármit megtámadnak, ami mozog. Párosodáskor a hím óvatosan felkúszik a nőstényre, átkarolja és kopulálnak.

A nőstény – ha teheti – megeszi a hímet, kezdve azzal, hogy leharapja a fejét, amikor a hím közelít hozzá, vagy közvetlenül azután, hogy átkarolta, vagy pedig miután szétváltak. A nőstény szempontjából az látszana a legértelmesebb megoldásnak, ha megvárná, amíg a populáció véget ér, s csak azután látna hozzá, hogy megegye a hímet. Ám úgy tűnik, fejének elvesztése nem zökkenti ki a hím testének többi részét szexuális lendületéből. Sőt mivel a rovar feje bizonyos gátló idegközpontok székhelye, lehetséges, hogy a nőstény növeli a hím szexuális teljesítményét azáltal, hogy megeszi a fejét. Ha így van, akkor ez további ráadás. Az elsődleges haszon mindenképpen a tartalmas táplálék.

Az „önzés” szó enyhe kifejezésnek tűnhet olyan szélsőséges esetekben, mint a kannibalizmus, ám bár jól ráillik definíciónk. Talán jobban együtt tudunk érezni az Antarktiszon élő gyáva császárpingvinekkel, amint ott állnak a víz szélén, és láthatóan nem mernek beugrani, mert félnek a fókáktól. Ha csak egyikük is lemerülne, a többi már tudná, hogy van-e ott fóka vagy sem. Természetesen senki sem akar kísérleti nyúl lenni, így hát várnak, sőt néha megpróbálják belökni egymást.

Hétköznapiabb esetben az önző viselkedés egyszeűen abból áll, hogy az állatok nem hajlandók osztozni bizonyos javakon, például táplálékon, területen vagy szexuális partneren. Most azonban lássunk néhány példát a látszólag önzetlen viselkedésre.

A dolgozó méhek fullánkjának döfése nagyon hatásos védekezés a mézrablók ellen. Ám ezek a méhek kamikaze

harcosok. A fullánk bedőfésekor rendszerint létfontosságú belső szervek szakadnak ki a testükből, s nem sokkal később elpusztulnak. Az öngyilkos küldetése megóvhatja a kolónia létfontosságú táplálékkészletét, de ő maga már nem arathatja le tettének gyümölcsseit. Meghatározásunk szerint ez önzetlen tett. Ne felejtsük el, hogy nem a tudatos motívumokról van szó. Ilyenek jelen is lehetnek meg nem is, akár itt, akár az önző viselkedésről szóló példáinkban, de definíciónk szempontjából lényegtelenek.

Aki feláldozza az életét a barátaiért, nyilvánvalóan önzetlen, de az is az, aki egy kis kockázatot vállal értük. Sok kisebbfajta madár, amikor valamilyen repülő ragadozót, például sólymot lát, jellegzetes „vészkiáltást” hallat, amire az egész csapat megfelelő menekülési akcióba fog. Közvetett bizonyítékunk van arra, hogy a vészkiáltást hallató madár külön veszélynek teszi ki magát, mivel felhívja magára a ragadozók figyelmét. Ez csupán csekély többletkockázatot jelent, mégis úgy tűnik, legalábbis első pillantásra, hogy tette definíciónk szerint önzetlen tettek minősül.

Az állati önzetlenség leggyakoribb és legszembeesőbb megnyilvánulásait a szülők, különösen az anyák gyermekeik iránti viselkedésében találjuk. Melengetik őket, akár fészükben, akár saját testükben, óriási áldozatokat hozva etetik, és időnként nagy kockázatot vállalva védik őket a ragadozóktól. Hogy csak egy konkrét példát vegyünk, sok földön fészkelő madár úgynevezett „figyelemelterelő színjátékot” mutat be, amikor valamilyen ragadozó, például róka közeledik. Az anyamadár elbiceg a

fészektől az egyik szárnyát kitarva, mintha törött volna. Ezzel a ragadozót, amely könnyű prédát érez, tovacsalogatja a fiókákat rejtő fészektől. Végül az anyamadár abbahagyja a színlelést, és a levegőbe emelkedik, még éppen idejében ahhoz, hogy elkerülje a róka állkapcsait. Ezzel valószínűleg megmenti fiókái életét, maga azonban némi kockázatot vállal.

Állításaimat nem próbálom meg mesékkel bizonyítani. Kiszemelt példák sohasem igazolnak valamirevaló általánosítást. E történetekkel csupán azt kívánom illusztrálni, hogy mit értek önzetlen és önző viselkedésen az egyedek szintjén. Könyvem azt mutatja be, hogyan magyarázható meg mind az egyéni önzés, mindpedig az egyéni önzetlenség azzal az alaptörvénnyel, amit én a gén önzésének nevezek. Előbb azonban térjünk ki az önzetlenségnek egyfajta hibás értelmezésére, mivel nemcsak széles körben ismert, de általában az iskolákban is ezt tanítják.

Ez az értelmezés azon a téves felfogáson alapul, amelyet már említettem, s amely szerint az élőlények abba az irányba fejlődnek, hogy „a faj javára” vagy „a csoport javára” tegyenek. Könnyű kitalálni, hogy honnan jön ez a gondolat a biológiában. Az állatok életük nagy részét a szaporodásnak szentelik, és a természetben megfigyelt önfeláldozó tettek legtöbbször a szülőktől látjuk. „Fajfenntartást” mondunk szaporodás helyett, ami tagadhatatlanul a szaporodás következménye. E logika szerint nem is olyan nagy túlzás az a következtetés, hogy a szaporodás „funkciója” a faj fenntartása. Innen már csupán

egy apró „félrelépés”, és oda lyukadunk ki, hogy az állatok általában oly módon viselkednek, hogy az előnyös legyen a fajfenntartás szempontjából. Innen már következik a fajtársak iránti önzetlenség.

E gondolatmenet talán még darwinista módon is megfogalmazható. Az evolúció a természetes szelekció révén működik, ez pedig a „legalkalmasabb” fennmaradását jelenti. De vajon miről beszélünk? A legalkalmasabb egyedekről, a legalkalmasabb fajtákról, a legalkalmasabb fajokról vagy miről? Bizonyos esetekben ez nem sokat számít, amikor azonban az önzetlenségről van szó, nyilvánvalóan döntő. Ha a fajok küzdenek – darwini értelemben – a létért, akkor az egyedet talán legcélszerűbb egyszerű közkatonának tekinteni, akit fel kell áldozni, ha a faj egészének érdeke úgy kívánja. Kissé tudományosabban fogalmazva: az a csoport, például faj vagy fajon belüli populáció, amelynek tagjai készek feláldozni magukata csoport jólétéért, kisebb valószínűséggel hal ki, mint az a rivális csoport, melynek egyedei mindenekelőtt saját önös érdekeiket követik. A világot eszerint főleg önfeláldozó egyedekből álló csoportok népesítik be. Ez a csoport szelekciós elmélet, amelyet az evolúciós elmélet részleteiben járatlan biológusok hosszú időn át igaznak hittek, s melyet V. C. Wynne-Edwards tárt híres könyvében a nyilvánosság elé, majd Robert Ardrey népszerűsített „A társadalmi szerződés”-ben. A hagyományos változatot rendszerint egyedszelekciónak nevezik, noha én személy szerint jobban szeretek génszelekcióról beszélni.

Az egyedszelekció híve az iménti gondolatmenetre nagyjából a következőképp vághatna vissza. Még egy önzetlen tagokból álló csoportban is szinte biztosan lesz egy engedetlen kisebbség, amely megtagadja, hogy bárminemű áldozatot hozzon. Ha csak egyetlen önző lázadó van is, aki kész arra, hogy kihasználja a többiek önzetlenségét, akkor ő definíció szerint nagyobb valószínűséggel marad fenn és nemz utódokat. Utódai többnyire öröklik önző jegyeit. Több nemzedék után az önző egyedek kerekednek felül az „önzetlen csoportban”, és az megkülönböztethetetlen lesz egy önző csoporttól. Még ha megengedjük is, hogy kezdetben léteznek lázadók nélküli önzetlen csoportok – bár ez valószínűtlen –, nagyon nehéz elképzelni, mi akadályozhatná meg az önző egyedeket abban, hogy bevándoroljanak a környező önző csoportokból, és csoportközi házasság révén foltot ejtsenek az önzetlen csoportok tisztaságán.

Az egyedszelekció híve elismeri, hogy egyes csoportok csakugyan kihalnak, s hogy egy csoport kihal-e vagy sem, azt befolyásolhatja egyedeinek viselkedése. Még azt is elismeri, hogy ha netán a csoport egyedeinek megadatna az előrelátás képessége, beláthatnák, hogy hosszú távon legfőbb érdekük, hogy megóvandó az egész csoportot a pusztulástól, korlátozzák önző mohóságukat. Hányszor elmondták ezt az utóbbi években Britannia dolgozónépének! A csoport kihalása azonban lassú folyamat az egyedi versengés sebes vagdalkozásához képest. Még akkor is, midőn a csoport lassan és kérélyhetetlenül csúszik lefelé a lejtőn, az önző egyedek az

önzetlenek rovására rövid távon növekvő jólétnek örülnek. Lehet, hogy Britannia polgárai meg vannak áldva előrelátással, az evolúció azonban nem néz a jövőbe.

Noha a csoportselekciónak elmélete ma csekély támogatásra lel azon hivatásos biológusok köreiben, akik értik az evolúciót, mégis nagy intuitív vonzereje van. Az állattan hallgatóinak egymást követő nemzedékei az iskolát elhagyva meglepetéssel tapasztalják, hogy nem ez az általánosan elfogadott álláspont. Aligha hibáztathatók érte, hiszen a középiskolai biológiatanárok számára írt Nuffield Biology Teachers' Guide-ban is az alábbiakat találjuk: „Magasabbrendű állatok között még olyan viselkedésformát is tapasztalunk, amely az egyed öngyilkossága révén biztosítja a faj fennmaradását.” A névtelen szerző a boldog tudatlanság állapotában leledzik, s nem veszi észre, hogy valami ellentmondásos dolgot mondott. E tekintetben Nobel-díjas társaságban van. Konrad Lorenz „Az agresszióról” című művében az agresszív viselkedés „fajfenntartó” funkcióiról ír, mely funkciók egyike annak biztosítása, hogy csak a legalkalmasabb egyedeknek lehessenek utódai. Ez a körben forgó okoskodás gyöngyszeme, itt azonban azt szeretném vele bizonyítani, hogy a csoportselekciónak eszméje oly mélyen átitatta Lorenzet, hogy akár csak a Nuffield Guide szerzője, ő sem veszi észre, hogy állításai ellentétesek az ortodox darwini elmélettel.

Nemrégiben szórakoztató példát hallottam erre egy ausztráliai pókokról szóló, egyébként kiváló BBC televíziós műsorban. A műsorban szereplő „szakértő” megjegyezte,

hogy a pókcsemeték óriási többségének az a sorsa, hogy zsákmányul essék más fajoknak, majd így folytatta: „Talán ez életük valódi célja, a faj fennmaradásához ugyanis csupán néhányuknak kell életben maradnia.”

Robert Ardrey „A társadalmi szerződés”-ben a csoportselekción elméletét általában az egész társadalmi rend megmagyarázására használta fel. Az embert nyilvánvalóan olyan fajnak tekinti, mely letért az állati igazságosság útjáról. Ardrey legalább megtanulta a leckéjét. Az a döntése, hogy nem ért egyet a hagyományos elmélettel, tudatos döntés volt, s ez becsületére válik.

A csoportselekción elmélet nagy vonzerejének egyik oka talán az, hogy nagyon is összhangban van azokkal az erkölcsi és politikai eszmékkel, melyeket legtöbbször vallunk. Lehet, hogy egyénileg gyakran önző módon viselkedünk, de idealistább pillanatainkban tiszteljük és becsüljük azokat, akik mások javát mindenképp fölé helyezik. Ámbár némileg zavarban vagyunk afelől, hogy milyen tágran akarjuk értelmezni azt a szót, hogy „mások”. A csoporton belüli önzetlenség gyakran együtt jár a csoportok közötti önzéssel. [...] Más szinten a nemzet az egyik fő haszonélvezője önzetlen önfeláldozásunknak. Fiatalemberektől elvárják, hogy meghaljanak hazájuk nagyobb dicsőségéért, sőt arra bátorítják őket, hogy öljenek meg másokat, olyan embereket, akikről semmit sem tudnak azon kívül, hogy nem honfitársaik. (Furcsa módon az emberek mintha szívesebben feláldoznák az életüket háború idején, mint életszínvonaluk növekedését békeidőben.)

Az utóbbi időben ellenérzést tapasztalhatunk a rasszkultusszal és a hazafiassággal szemben, s érezhető olyan tendencia, hogy felebaráti érzéseink tárgyául az egész emberi fajt tegyük meg. Önzetlenségünk e humanista kiszélesítésének van egy érdekes folyamánya, amely megint csak támogatni látszik a „faj java” eszméjét az evolúcióban. A politikai liberális, aki rendszeren az emberi faj etikájának legmeggyőződésebb szószólója, ma gyakorta a legnagyobb megvetéssel viseltetik azok iránt, akik altruizmusuk kitágításában egy kicsit tovább mennek, s kiterjesztik azt más fajokra is. Ha azt mondom, hogy jobban érdekel a bálnák lemészárlásának megakadályozása, mint az emberek lakáskörülményeinek javítása, akkor valószínűleg megdöbbenem némely barátomat.

Régi az az érzés, és mélyen gyökerezik, hogy saját fajunk tagjai megkülönböztetett erkölcsi figyelmet érdemelnek más fajok tagjaihoz képest. Békeidőben az emberölést a legsúlyosabb bűnnek tekintik. Kultúránkban ennél egyedül az emberevés tilalma szigorúbb (még akkor is, ha halotról van szó). Ugyanakkor más fajok egyedeit élvezettel elfogyasztjuk. Sokunkat még a legszörnyűbb bűnök elkövetőinek kivégzése is elborzaszt, miközben derűsen elnézzük nagyon is szelíd jószágok bírósági tárgyalás nélküli kivégzését. Csakugyan, más ártalmatlan fajok tagjainak leölését felüdülésnek és szórakozásnak tekintjük. Az embrió, melyben nincs több emberi érzés, mint egy amőbában, messze több tiszteletet és jogi védelmet élvez, mint egy felnőtt csimpánz. Pedig a csimpánz érez és

gondolkodik, és újabb kísérleti adatok szerint talán még egyfajta emberi nyelvet is meg tud tanulni. Az embrió saját fajunkhoz tartozik, s ezért azonnal különleges előjogokban részesül. Hogy vajon ez az etika – amit Richard Ryder speciészizmusnak nevez – logikai szempontból valamennyire is szilárdabb alapra helyezhető-e, mint a „fajelmélet” etikája, nem tudom. Azt azonban tudom, hogy az evolúcióbiológiában semmiképpen sem megalapozott. Az emberi etika zavaros abban a tekintetben, hogy melyik szinten kívánatos az önzetlenség – a család, nemzet, emberfajta, faj vagy minden élő dolog szintjén –, s ez tükröződik a biológiában is, mert nem világos, hogy az evolúció elmélete alapján melyik szinten kell önzetlenségre számítanunk. Még a csoport szelekció hívét sem lepné meg, hogy egymással versengő csoportok visszatetsző módon viselkednek egymás iránt: a szakszervezeti tagokhoz vagy a katonákhoz hasonlóan saját csoportjukat részesítik előnyben a korlátozott javakért folytatott küzdelemben. De akkor érdemes feltenni a kérdést: hogyan dönti el a csoport szelekció híve, hogy melyik szint a fontos? Ha szelekció folyik a fajon belüli csoportok között és a fajok között, miért ne érvényesülhetne nagyobb csoportosulások között is? A fajok nemzetségekbe, a nemzetségek rendekbe, a rendek pedig osztályokba csoportosulnak. Az oroszok és az antilopok egyaránt az emlősök osztályának tagjai, éppúgy mint mi. Akkor hát nem várhatnánk-e el az oroszoktól, hogy tartózkodjanak az antilopok megölésétől az emlősök érdekében? Nyilván madarakra vagy hüllőkre kellene vadászniuk, hogy

megóvják az osztályt a kihalástól. No de akkor ki törődjék a gerincesek egész törzsének fenntartásával?

Noha a *reductio ad absurdum* módszerével érvelve világosan rámutathatók a csoportszelekció elméletének gyenge pontjaira, az egyéni önzetlenség jelensége továbbra is magyarázatra vár. Ardrey odáig megy, hogy a csoportszelekciót tartja az egyetlen lehetséges magyarázatnak az olyan viselkedésformákra, amilyen például a Thomson-gazellák „pattogása”. Ez az erőteljes és feltűnő ugrálás a ragadozó előtt a madarak vészkiáltásával analóg, amennyiben a társakat figyelmezteti a veszélyre, miközben az ugrálogazella nyilvánvalóan magára vonja a ragadozó figyelmét. Világos, hogy magyarázattal kell szolgálunk a gazellák pattogására és minden hasonló jelenségre, és én éppen erre készülök a további fejezetekben.

Előbb azonban fel kell sorakoztatnom érveimet annak a véleményemnek a védelmében, hogy az evolúciót leghelyesebb a lehető legalacsonyabb szintű szelekció alapján vizsgálni. Ebben a hitemben erősen befolyásolt G. C. Williams nagyszerű könyve, az *Alkalmazkodás és természetes szelekció*. Az általam középpontba állított gondolat körvonalaiiban már A. Weismann-nál felbukkant – a gén előtti időkben, a századfordulón – a csíraplaszma folytonosságára vonatkozó tanában. Ki fogom fejteni, hogy a szelekció s ennél fogva az önérdek alapegysége nem a faj, nem is a csoport, sőt nem is az egyén. Az alapegység a gén, az öröklődés egysége. Ez némely biológus számára az első pillantásra talán szélsőséges nézetnek látszik.

Remélem amikor majd látják, hogy pontosabban mire gondolkodok, egyet fognak érteni azzal, hogy felfogásom lényegében ortodox, még ha szokatlan módon fogalmazom is meg. Az okfejtés végigviteléhez időre van szükség, s elkezdenünk a legelején, magának az életnek a kezdetével kell.

II. A replikátorok

Kezdetben vala az egyszerűség. Már azt is eléggé nehéz megmagyarázni, hogy egy egyszerű világegyetem hogyan keletkezett. Talán abban mindannyian egyetértünk, hogy még nehezebb volna megmagyarázni a teljesen összehangolt, bonyolult rendszer – az élet – vagy egy életet teremteni képes lény hirtelen megjelenését. Darwin elmélete a természetes szelekció révén megvalósuló evolúcióról azért kielégítő, mert olyan utat mutat, amelyen az egyszerű az idők során összetetté alakulhat, megmutatja, hogy rendezetlen atomok hogyan csoportosulhattak egyre bonyolultabb rendszerbe, míg végül létrejött az ember. Darwin megoldást kínál – mégpedig mindeddig az egyetlen ésszerűt – létünk mélységes problémájára. A nagy elméletet a szokottnál általánosabban próbálom megmagyarázni, attól az időtől elindulva, ami megelőzte még magának az evolúciónak a kezdetét is.

„A legalkalmasabb fennmaradásának” darwini elve valójában sajátos esete a „stabil fennmaradása” általánosabb törvényének. A világegyetemet stabil dolgok

népesítik be. Stabil dolog az atomok egy olyan együttese, amely elég tartós vagy elég gyakori ahhoz, hogy külön nevet érdemeljen. Ez lehet atomok egyedülálló együttese, mint például az alpesi Matterhorn, mely elég sokáig fennmarad ahhoz, hogy érdemes legyen elnevezni. Vagy lehet olyan létező dolgok osztálya, melyek – mint például az esőcseppek – kellően nagy gyakorisággal jönnek létre ahhoz, hogy rászolgáljanak egy gyűjtőnévre, még akkor is, ha egyenként rövid életűek. Mindazok a dolgok, melyeket magunk körül látunk, s melyekről úgy gondoljuk, hogy magyarázatot igényelnek – sziklák, galaxisok, tengerhullámok –, atomok többé vagy kevésbé stabil csoportosulásai. A szappanbuborék azért igyekszik gömb alakot felvenni, mert a gázzal töltött vékony elemeknek ez a legstabilabb elrendeződése. Azú rhajóban a víz stabil alakja ugyancsak a gömb, a Földön azonban a gravitáció miatt az állóvizek stabil felszíne sík és vízszintes. A sókristályok jobbra kocka alakúak, mert ez a stabil módja a nátrium- és kloridionok tömörülésének. A hidrogénatomok – minden atom közül a legegyszerűbbek – a Napban héliumatomokká olvadnak össze, mivel az ott uralkodó körülmények között a héliumszerkezet stabilabb. Más, még összetettebb szerkezetű atomok is képződnek a csillagokban világegyetemszerte, és képződtek a Nagy Bumm pillanatában is, amely az uralkodó elmélet szerint a világegyetem kezdete volt. Eredetileg innen származnak világunk elemei.

Néha, amikor az atomok összeütköznek, kémiai reakcióban molekulákká kapcsolódnak össze, melyek

többé vagy kevésbé stabilak lehetnek. Előfordul, hogy ezek a molekulák nagyon nagyok. Egy gyémántkristály például egyetlen molekulának tekinthető, s mint jól tudjuk, nagyon stabil molekula. Egyszersmind azonban nagyon egyszerű is, mivel belső szerkezete végtelenül ismétlődik. A jelenlegi élő szervezetekben másfajta nagymolekulák vannak, amelyek rendkívül bonyolultak, és amelyek összetett volta több szinten megjelenik. Vérünk hemoglobinja tipikus fehérjemolekula. Kisebb molekulák, aminosavak láncából épül fel, s ezek a kis molekulák mind néhány tucat, pontos minta szerint elrendezett atomot tartalmaznak. A hemoglobin-molekulában 574 aminosav-molekula van. Ezek négy láncba rendeződnek, melyek egymás köré csavarodva ijesztően bonyolult, gömbszerű térszerkezetet alkotnak. A hemoglobin-molekula makettje leginkább sűrű túskebozótra emlékeztet. A valódi túskebokortól eltérően azonban nem ötletszerűen változatos alakja van, hanem meghatározott, változatlan szerkezete, mely pontosan ismétlődik, több mint hatmilliárd-millió-milliószor minden átlagos emberi testben, anélkül hogy egyetlen ágacska vagy egyetlen csavarulat megváltoztatná a helyét. A hemoglobin túskebokor alakja stabil, állandó, abban az értelemben, hogy a két-két azonos aminosav-sorrendű lánc, két-két rugóhoz hasonlóan, pontosan ugyanolyan háromdimenziós szerkezetté csavarodik fel. Testünkben a hemoglobin túskebokrok közül másodpercenként körülbelül négyszázmillió-millió csavarodik fel „kedvenc” formájába, és ugyanennyi csavarodik ki belőle.

A hemoglobin a világegyetem fejlődéstörténetét tekintve

fiatal molekula, amellyel azt akartam illusztrálni, hogy az atomok hajlamosak stabil szerkezetbe rendeződni. A lényeg itt az, hogy mielőtt az élet megjelent a Földön, a molekulák valamilyen kezdetleges evolúción mehetek át a fizika és kémia szokványos folyamatai révén. Szükségtelen tervezésre vagy célra, vagy irányultságra gondolnunk. Ha egy atomegyüttes energia jelenlétében stabil szerkezetbe rendeződik, hajlamos ott is maradni. A természetes szelekció legkorábbi formája egyszerűen a stabil molekulák kiválasztása és az instabil formák elvetése volt. Ebben nincs semmi rejtély. Ennek definíció szerint így kellett történnie. Ebből persze nem következik, hogy olyan bonyolult lények keletkezését, mint az ember, egyedül és pontosan ugyanezen elvek alapján magyarázhatjuk. Az nem megoldás, hogy vesszük a megfelelő számú atomot, és rázogatjuk valamilyen külső energiával, míg megfelelő mintákba rendeződnek, s íme, kipottyan Ádám! Létrehozhatunk így talán néhány tucat atomból álló molekulát, az ember azonban több mint ezermillió-millió-millió-millió atomból áll. Hogy embert készítsünk, biokémiai koktéلكeverőnkkel olyan hosszú ideig dolgozhatnánk, hogy hozzá képest a világegyetem egész története csupán egy szempillantásnak látszana, s még akkor sem járnánk sikerrel. S itt segít ki bennünket Darwin elmélete legáltalánosabb formájában. Darwin elmélete akkor lép színre, amikor a molekulák lassú felépülésének története véget ér.

Az élet eredetének alábbiakban következő magyarázata szükségképpen spekulatív; értelemszerűen senki sem volt

ott, hogy megnézzék, mi történt. Számos egymással versengő elmélet létezik, de vannak bizonyos közös tulajdonságaik. Az általam adott egyszerűsített magyarázat valószínűleg nincs túl messze az igazságtól.

Nem tudjuk, milyen kémiai nyersanyagok voltak jelen nagy mennyiségben a Földön az élet keletkezése előtt, de kézenfekvő, hogy volt víz, szén-dioxid, metán és ammónia. Ezek mind egyszerű vegyületek, melyekről tudjuk, hogy Naprendszerünknek legalább néhány más bolygóján is megtalálhatók. A vegyészek megpróbálták utánozni az ifjú Föld kémiai feltételeit. Lombikban összekeverték ezeket az egyszerű anyagokat, és energiát biztosítottak számukra, például ibolyántúli fénnel vagy elektromos szikrákkal – az ősi villámlás mesterséges utánzataival. Miután eltelt így néhány hét, rendszerint valami érdekesre bukkantak a lombikban: a híg barna lé nagy számban tartalmazott a kiindulási anyagoknál bonyolultabb molekulákat, mindenekelőtt aminosavakat, a fehérjék építőköveit, melyek a biológiai molekulák két nagy osztályának egyikét alkotják. E kísérletek előtt a természetben előforduló aminosavakat az életre utaló jeleknek tekintették. Ha – mondjuk – a Marson észlelték volna őket, majdnem bizonyosra vették volna, hogy élet van a bolygón. Most már azonban létükből csak vulkán-kitörésekre, napsütésre vagy viharos időjárásra, no meg arra következtethetünk, hogy a légkörben jelen van néhány egyszerű gáz. Még újabb laboratóriumi kísérletekben, melyek az élet keletkezése előtti földi kémiai viszonyokat szimulálták, purinoknak és pirimidineknek nevezett szerves anyagokat találtak. Ezek

pedig magának a DNS-nek, az öröklődés kulcsfontosságú molekulájának az építőkövei.

Bizonyára ezekkel analóg folyamatok hozták létre azt az „őslevest”, ami a biológusok és kémikusok véleménye szerint három-négymilliárd évvel ezelőtt a tengereket alkotta. A szerves anyagok egyes helyeken összesűrűsödhetnek, talán a partokat övező megszikkadó tajtékban vagy kicsiny, lebegő cseppecskékben. További energia – például a Napból származó ibolyántúli fény – hatására nagyobb molekulákká kapcsolódtak össze. Manapság az így keletkező nagy szerves molekulákat nem vehetnénk észre, mert gyorsan megkötnék és lebontanák őket a baktériumok vagy más élő szervezetek. Ám a baktériumok és mi, többiek, később jöttünk; abban az időben a nagy szerves molekulák háborítatlanul sodródhattak a sűrűsödő ősolevesben.

Azután egyszercsak véletlenül egy különösen figyelemre méltó molekula jött létre. Ezt replikátornak fogjuk nevezni. Lehet, hogy nem ő volt a legnagyobb vagy a legbonyolultabb molekula a környéken, de rendelkezett azzal a különleges tulajdonsággal, hogy képes volt másolatokat készíteni önmagáról. Ez nagyon valószínűtlen véletlennek tűnhet. Az is volt. Elképzelhetetlenül valószínűtlen. Az olyan dolgok, amelyek ennyire valószínűtlenek, egy ember életében gyakorlatilag lehetetlenek tekinthetők. Ezért nem lesz soha nagy nyereményünk a totón. Ám amikor emberi mértékkel megbecsüljük, hogy mi valószínű és mi nem, nem vagyunk felkészülve arra, hogy százmillió években gondolkodjunk.

Ha százmillió évig minden héten totózunk, akkor nagyon valószínű, hogy több főnyereményünk is lesz.

Valójában nem is olyan nehéz elképzelni egy önmagáról másolatot készítő molekulát, mint első pillantásra látszik, ráadásul ilyen molekulának csak egyetlenegyszer kell keletkeznie. Tekintsük a replikátort nyomóformának vagy öntőmintának. Képzeljük el különféle építőkö molekulák bonyolult láncából álló nagy molekulaként. A kis építőkövek óriási mennyiségben álltak rendelkezésre a replikátort körülvevő őssevesben. Tételezzük fel mármint, hogy minden építőkönek affinitása van a magához hasonló építőkömolekulákhoz. Valahányszor egy úszkáló építőkö molekula a replikátor olyan része mellett köt ki, melyhez affinitása van, nagy valószínűséggel hozzákapcsolódik. Az ilyen módon csatlakozó építőkövek automatikusan olyan sorrendben fognak elrendeződni, mint magában a replikátorban. Könnyű elgondolnunk tehát, amint stabil láncra állnak össze, éppen úgy, ahogy az eredeti replikátor kialakulása során történt. Ez a folyamat folytatódhat: egyik réteg a másikra rakódhat. Így képződnek a kristályok is. Ugyanakkor a két lánc ketté is hasadhat, s ekkor már két replikátorunk van, melyek mindegyike további másolatokat készíthet.

Bonyolultabb lehetőséget kínál az az eset, amikor az építőkövek nem a saját fajtájukhoz kötődnek szívesen, hanem egy bizonyos másik fajtához. A replikátor ekkor nem egy azonos másolat öntőmintájaként működik, hanem egy negatív öntőmintájaként, mely azután újra létrehozhatja az eredeti pozitív minta pontos mását. Szempontunkból

lényegtelen, hogy az eredeti replikációs folyamat pozitív-negatív vagy pozitív-pozitív volt-e, noha érdemes megjegyezni, hogy az első replikátor mai megfelelői, a DNS-molekulák, pozitív-negatív replikációt használnak. A lényeg az, hogy egyszer csak újfajta „stabilitás” jött a világra. Korábban valószínűleg egyetlen konkrét molekulafajta sem volt túlságosan nagy számban jelen az ősrészen, mivel létük azon múlt, hogy az építőkövek a véletlen folytán stabil konfigurációvá álljanak össze. Amint a replikátor megszületett, bizonyára gyorsan elárasztotta másolataival a tengereket, míg nem a kisebb építőkö molekulák megfogyatkoztak, más nagyobb molekulák pedig egyre ritkábban képződtek.

Úgy látszik, azonos másolatok nagy populációjához jutottunk el. Most azonban már szólnunk kell minden másolási eljárás egyik fontos tulajdonságáról: nem tökéletes. Hibák történnek. Ebben a könyvben, remélem, nincsenek sajtóhibák, de ha az olvasó gondosan átvizsgálja, lehet hogy talál egyet vagy kettőt. valószínűleg nem torzítják el nagyon a mondatok jelentését, mivel „első generációs” hibák. De képzeljük magunkat a nyomtatás előtti időbe, amikor a könyveket, például az evangéliumokat, kézzel másolták. Minden írástudó, bármilyen gondos legyen is, óhatatlanul elkövet néhány hibát, nem is beszélve kisebb szándékos „javításokról”. Ha mindannyian egyetlen mintapéldányról másolnának, a jelentés nem ferdülne el túlságosan. De készüljenek a másolatok más másolatokról, melyek maguk is csak másolatokról készültek, s a hibák összegeződnek, és

súlyossá válnak. A hibás másolást hajlamosak vagyunk rossznak tartani, s az emberi dokumentumok esetében tényleg nehéz elképzelni, hogy a hibák tökéletesedést eredményezzenek. Azt hiszem, a Septuaginta tudósairól azért mégiscsak elmondhatjuk, hogy nagy dolgot indítottak útjára, amikor a héber „fiatalasszony” szót tévesen a görög „szűz” szóval fordították, eljutva így a jövődőléshez: „ímé a szűz fogan méhében és szül fiat...” A biológiai replikátorok esetében, mint látni fogjuk, a hibás másolás a szó valódi értelmében vett tökéletesedéshez vezethet, és lényeges szerepet játszott az élet evolúciós fejlődésében. Nem tudjuk, hogy az első replikátor molekulák mennyire pontosan készítették másolataikat. Mai leszármazottaik, a DNS-molekulák meglehetősen hűek a legmegbízhatóbb emberi másoló eljárásokhoz képest. Időnként azonban még a DNS is hibázik, és végső soron ezek a hibák teszik lehetővé az evolúciót. Valószínű, hogy az eredeti replikátorok sokkal többet hibáztak, mindenesetre biztosak lehetünk abban, hogy történtek hibák, s hogy e hibák összegeződtek.

A hibás másolatok elkészültével és elterjedésével az őseleves már nem azonos replikák népesítették be, hanem replikálódó molekulák több változata, melyek mindnyájan ugyanattól az őstől „származtak”. Lehet, hogy bizonyos változatok nagyobb számban fordultak elő, mint mások? Szinte biztos, hogy igen. Egyes változatok feltehetőleg eleve stabilabbak voltak. Bizonyos molekulák, ha egyszer már kialakultak, kisebb valószínűséggel bomlottak le, mint mások. Ezek a típusok viszonylag gyakorivá váltak a

levesben, nem csupán „hosszú életük” közvetlen logikai következményeként, hanem azért is, mert hosszú idő állt rendelkezésükre, hogy másolatokat készítsenek magukról. A hosszú életű replikátorok ezért egyre többen lettek, és ha minden egyéb feltétel azonos volt, a molekulapopulációban a hosszabb élettartam mint „evolúciós irány” érvényesülhetett.

Ám a többi feltétel valószínűleg nem volt azonos, s a replikátor-változatoknak volt egy másik, a populációban való elterjedésük szempontjából talán még fontosabb tulajdonságuk is: a replikáció sebessége vagy „termékenység”. Ha az A típusú replikátor molekulák átlagosan hetenként készítenek másolatot magukról, míg a B típusúak óránként, nem nehéz belátnunk, hogy a B típusú molekulák meglehetősen hamar számbeli fölénybe kerülnek az A típusúakkal szemben, még akkor is, ha az utóbbiak sokkal hosszabb ideig „élnek”. Ezért valószínű, hogy az ősrészes molekuláit az evolúció a nagyobb „termékenység” irányába terelte. A replikátor molekulák harmadik jellemzője, melyre pozitív irányú szelekció hathatott, a replikáció pontossága. Ha az X és Y típusú molekulák ugyanolyan hosszú ideig maradnak fenn, és azonos sebességgel replikálódnak, de X átlagosan minden tizedik replikációnál hibázik, míg Y csupán minden századik replikációnál, Y-ből nyilvánvalóan több lesz jelen. A molekulapopuláció X-része nem csupán magukat a hibás „gyermeküket” veszíti el, hanem azok összes, tényleges vagy lehetséges leszármazottját is.

Ha az olvasó tud már valamit az evolúcióról, akkor ez

utóbbi megállapítást kissé paradoxnak találhatja. Vajon összebékíthetjük-e azt a gondolatot, hogy a másolási hibák az evolúció lényegi előfeltételei, azzal az állítással, hogy a természetes szelekció kedvez a nagy másolási megbízhatóságnak? A válasz erre az, hogy ámbár az evolúció valamilyen homályos értelemben „jó dolognak” tűnhet, különösen mivel mi is a termékei vagyunk, valójában semmi sem „akar” fejlődni. Az evolúció olyasmi, ami kénytelen-kelletlen, a replikátorok (manapság pedig a gének) minden erőfeszítése ellenére, érvényre jut. Kitűnően mutatott rá erre Jacques Monod egyik híres előadásában, miután fanyarul megjegyezte: „Az evolúció elméletének egy további különös oldala, hogy mindenki azt hiszi, hogy érti!”

Visszatérve az előbbi gondolatmenethez, az őslévest mindenképpen stabil változatok népesítették be; stabilak akár azért, mert az egyedi molekulák hosszú ideig fennmaradtak, akár azért, mert gyorsan replikálódtak, vagy pontosan replikálódtak. E háromféle stabilitás irányába ható evolúció az alábbi értelemben érvényesült: ha két különböző időpontban mintát vettünk volna a levesből, az utóbb vett minta nagyobb arányban tartalmazott volna hosszabb életű, termékenyebb, nagyobb másolási megbízhatóságú változatokat. Lényegében ezt érti a biológus evolúción, amikor élőlényekről beszél, a mechanizmus pedig azonos – a természetes szelekció.

Nevezzük hát „élőnek” az eredeti replikátor molekulákat? Ki bánja? Mondhatnám, hogy „Darwin volt a legnagyobb ember, aki valaha élt”, s erre bárki rávágthatná: „Nem, Newton volt az”, de remélem, nem folytatnánk a vitát. A

lényeg az, hogy semmiféle alapvető következményt nem érintene, bárhogy is jutnánk dűlőre vitánkban. Newton és Darwin életén és eredményein mit sem változtat, hogy „nagynak” nevezzük-e őket vagy sem. Hasonlóképpen: a replikátor molekulák történetét valószínűleg valahogy úgy kell elképzelnünk, ahogy én elmesélem, tekintet nélkül arra, hogy „élőnek” nevezzük őket vagy sem. Sok emberi szenvedés származott már abból, hogy sokan közülünk nem képesek felfogni: a szavak csupán eszközök számunkra, és az „élő” szó pusztán jelenléte a szótárakban nem jelenti azt, hogy a való világban valamilyen határozott dologra utal. A kezdeti replikátorok voltak az élet ősei, akár élőnek nevezzük őket, akár nem. Ők voltak ősatyáink. A gondolatmenet következő fontos láncszeme a verseny, amit maga Darwin is hangsúlyozott (noha ő állatokról és növényekről beszélt, nem pedig molekulákról). Az őseles nem volt képes eltartani végtelen sok replikátor molekulát. Először is, a Föld mérete véges, de bizonyára más korlátozó tényezők is fontos szerepet játszottak. Amikor a replikátort nyomóformához vagy öntőmintához hasonlítottuk, feltételeztük, hogy a másolatok készítéséhez szükséges kis építőkö molekulákban gazdag őselesben fürdik. Amikor azonban a replikátorok már gyakoriak voltak, az építőköveket minden bizonnyal olyan sebességgel használták fel, hogy azok szűkös és értékes forrássá váltak. A különböző replikátorváltozatok vagy -családok bizonyára versengtek értük.

Számba vettük azokat a tényezőket, melyek növelhették az előnyös helyzetű replikátorok számát. Most már láthatjuk,

hogy kevésbé előnyös változatoknak számszerűen is csökkenniük kellett a verseny miatt, sok águknak pedig végül is ki kellett halniuk. A replikátorváltozatok között küzdelem folyt a létért. Nem tudták, hogy küzdenek, s nem is törődtek vele; a küzdelem erős érzelmek nélkül folyt, sőt egyáltalán mindenféle érzelem nélkül. De mégis küzdöttek, abban az értelemben, hogy minden pontatlan másolat, ha új, magasabb szintű stabilitást eredményezett, vagy új módot adott a versenytársak stabilitásának csökkentésére, automatikusan fennmaradt, és sokasodott. A tökéletesedés folyamata kumulatív volt. A saját stabilitás növelésére és a versenytársak stabilitásának csökkentésére kifinomultabb és hatékonyabb módszerek alakultak ki. Némelyik replikátor még azt is „felfedezte”, hogyan bontsa le vegyi úton a versenytársak molekuláit, s hogyan használja fel az így felszabadult építőköveket saját másolatai készítéséhez. Ezek az ősragadozók úgy szereztek táplálékot, hogy egyszerre eltávolították a versenytársakat. Más replikátorok talán felfedezték, hogyan védjék meg magukat, akár vegyi úton, akár azáltal, hogy valóságos fehérjefalat építenek maguk köré. Talán így jelentek meg az első élő sejtek. A replikátorok most már nem pusztán léteztek, hanem tartós létükhöz tartályokat kezdtek készíteni a maguk számára. Végülis azok a replikátorok maradtak fenn, amelyek túlélőgépeket építettek maguknak. Az első túlélőgépek valószínűleg csupán egy védőburokból álltak. Ám a megélhetés egyre nehezebbé vált, ahogy új versenytársak bukkantak fel egyre hatásosabb túlélőgépekkel. A túlélőgépek egyre

nagyobbak és bonyolultabbak lettek, a folyamat pedig összegeződő és előrehaladó volt.

Van-e határa azon technikák és fortélyok fokozatos tökéletesedésének, amelyeket a replikátorok létük folytonosságának biztosítása érdekében felhasználtak? Rengeteg idő állt rendelkezésre a tökéletesedéshez. Az önfenntartás miféle fura szerkezeteit termelhetik még ki az évezredek? Négy milliárd év alatt milyen sorsra kellett jutniuk az ősi replikátoroknak? Nem haltak ki, hiszen régi mesterei a túlélés művészetének. De ne keressük őket szabadon lebegve a tengerben; már réges-rég feladták ezt a lovagi szabadságot. Most óriási kolóniákban nyüzsögnek, gigantikus, zörömbölő robotok biztonságos belsejében, elzárva a külvilágtól, mellyel tekervényesen közvetett utakon érintkeznek, s melyet távvezérléssel manipulálnak. Itt vannak mindannyiunkban: ők teremtettek bennünket, testünket és lelkünket; az ő fennmaradásuk létünk végső indoka. Hosszú utat tettek meg ezek a replikátorok. Most a gén névre hallgatnak, mi pedig az ő túlélőgépek vagyunk.

III. Halhatatlan spirálok

Túlélőgépek vagyunk, de a többes szám első személy nem csupán az embereket jelenti. Felöleli az összes állatot, növényt, baktériumot és vírust. A Földön található túlélőgépek teljes számát nagyon nehéz megállapítani, sőt még a fajok teljes száma is ismeretlen. Ha egyedül a rovarokat vesszük, az élő fajok számát hárommillióra

becsülik, az egyedek száma pedig millió-millió-millió lehet. A túlélőgépek különböző fajtái, külsőleg és belső szerveiket tekintve, nagyon változatosak. A polip semmiben sem hasonlít az egérre, s mindketten egészen mások, mint a tölgyfa. Kémiai felépítésük mégis meglehetősen egyforma, az általuk hordozott replikátorok, a gének pedig mindannyiunkban – a baktériumoktól az elefántokig – alapjában véve azonos fajta molekulákból épülnek fel. Mindannyian azonos típusú replikátorok – a DNS-molekulák – túlélőgépei vagyunk, ám nagyon sokféleképpen lehet megélni a világon, s a replikátorok nagyon változatos gépezeteket építettek e lehetőségek kihasználására. A majom olyan gép, amely a fák tetején őrzi meg a géneket, a hal pedig olyan, amely a vízben biztosítja fennmaradásukat; még olyan kis féreg is van, amely a németek sörálátéteiben tartja fenn génjeit. A DNS útjai kifürkészhetetlenek.

Az egyszerűség kedvéért azt a benyomást keltettem, hogy a DNS-ből álló mai gének nagyjából azonosak az őseves első replikátoraival. A gondolatmenet szempontjából ennek nincs jelentősége, de lehetséges, hogy a valóságban nem igaz. Az eredeti replikátorok lehettek a DNS-sel rokon molekulák is, de lehettek teljesen mások is. Ez utóbbi esetben azt mondhatnánk, hogy túlélőgépeiket bizonyára megkaparintotta egy későbbi időpontban a DNS. Ha így történt, akkor az eredeti replikátorok teljesen kipusztultak, mert hírmondó sem maradt belőlük a mai túlélőgépekben. Ezen a nyomon haladva vetette fel A. G. Cairns-Smith azt az érdekes gondolatot, hogy őseink, az első replikátorok,

talán nem is szerves molekulák, hanem szervetlen kristályok – ásványok, kis agyagszemcsék – voltak. Akár bitorló, akár nem, ma vitathatatlanul a DNS van uralmon, hacsak nem új hatalomátvétel veszi éppen kezdetét, mint azt az utolsó fejezetben a további kutatás számára felvetem.

A DNS-molekula építőkövekből, nukleotidoknak nevezett kis molekulákból álló hosszú lánc. Ugyanúgy, ahogy a fehérjemolekulák aminosavláncok, a DNS-molekulák nukleotid láncok. A DNS-lánc vastagsága túl kicsi ahhoz, hogy látható legyen, de közvetett eszközökkel nagyon szellemesen kiderítették pontos szerkezetét. Elegáns spirállá összetekeredett nukleotidláncpárból áll; ez a „kettős spirál” a „halhatatlan spirál”. A nukleotid építőköveknek csak négy fajtájuk van, nevük rövidítései: A, T, C és G. Ezek minden állatban és növényben azonosak. Eltérés csupán láncbéli sorrendjükben van. Egy ember C-építőköve minden részletében megegyezik egy csiga G-építőkövével. Ám az építőkövek sorrendje az emberben nem csupán a csigáétól tér el. Különbözik – noha kevésbé – minden más emberétől is (kivéve az egyiptetűjú ikrek különleges esetét).

DNS-ünk a testünkben él. Nem összpontosul a test valamely adott részében, hanem szétoszlik a sejtek között. Körülbelül millió-milliárd sejtből épül fel egy átlagos emberi test, és – néhány kivételtől eltekintve – e sejtek mindegyike tartalmazza az illető test DNS-ének teljes másolatát. Ezt a DNS-t a test felépítésének mikéntjére vonatkozó utasításkészletnek tekinthetjük, amelyben az utasítások a

nukleotidok A, T, C, C ábécéjének segítségével vannak leírva. Mintha egy óriási épület minden szobájában volna egy könyvespolc, mely tartalmazza az egész épület terveit. A sejt könyvespolcát sejtmagnak nevezzük. A tervek az ember esetében 46 kötetre rúgnak – ez a szám eltérő az egyes fajok esetében. A köteteket kromoszómáknak nevezzük. Mikroszkóp alatt a kromoszómák hosszú fonalak, s ezeken sorakoznak a gének. Nem könnyű, sőt talán nincs is értelme eldönteni, hogy hol végződik az egyik gén, és hol kezdődik a következő. Szerencsére, ahogy ebből a fejezetből majd kiderül, a mi szempontunkból ennek nincs jelentősége.

A továbbiakban felhasználom az „építészeti terv” hasonlatot, és szabadon keverem a hasonlat nyelvét a valóságos dologra vonatkozó kifejezésekkel. A „kötetet” felváltva fogom használni a kromoszómával, az „oldalt” pedig feltételesen a génnel, noha a gének nem különülnek el olyan egyértelműen, mint egy könyv oldalai. E hasonlat meglehetősen messzire vezet minket. Amikor pedig majdan kimerül, más hasonlatokat vezetek be. Hozzá kell tennem, hogy „építész” természetesen nem létezik. A DNS-ben foglalt utasításokat a természetes szelekció állította össze.

A DNS-molekulák két fontos dolgot tesznek. Először is, replikálódnak, azaz másolatokat készítenek önmagukról. Ez megállás nélkül folyik az élet kezdete óta, s a DNS-molekulák ma már valóban kitűnő teljesítményt nyújtanak e téren. A felnőtt ember millió-milliárd sejtből áll, de amikor megfogant, mindössze egyetlen sejt volt, amely az építési

terv egyetlen törzspéldányát kapta meg. Ez a sejt kettéosztódott, s a két sejt mindegyike kapott a tervről egy másolatot. Az egymást követő osztódások a sejtek számát négyre, nyolcra, tizenhatra, harminckettőre növelték, és így tovább, a milliárdokig. A DNS-tervekről minden osztódáskor hű másolatok készültek, melyekben alig-alig volt hiba.

A DNS megkettőződése működésének csak az egyik oldala. Ha a DNS valóban a test felépítésének tervdokumentációja, vajon hogyan valósulnak meg ezek a tervek? Hogyan lehet őket lefordítani a test szerkezetének nyelvére? Ezzel elérkeztünk a DNS második fontos teendőjéhez. Közvetett úton egy másik fajta molekula, a fehérje előállítását felügyeli. Az előző fejezetben említett hemoglobin csupán egy a különféle fehérjemolekulák óriási tömegéből. A DNS négybetűs nukleotid ábécéjével kódolt üzenet egyszerű mechanikus úton íródik át egy másik ábécére. Ez pedig az aminosavak ábécéje, amely a fehérjemolekulák leírására szolgál.

A fehérjék felépítése még nagyon messze van a test felépítésétől, de ez az első kis lépés ebben az irányban. Nemcsak arról van szó, hogy fehérjék alkotják a test fizikai építményének nagy részét. Fehérjék vezérlik a sejten belüli vegyi folyamatokat is, ki- és bekapcsolják a kémiai reakciókat, mégpedig pontosan akkor, és pontosan ott, amikor és ahol kell. Hogy végül is részleteiben hogyan vezet mindez egy újszülött kialakulásához, annak felderítéséhez az embriológusoknak még évtizedekre, talán évszázadokra van szükségük. De tény, hogy ahhoz vezet. A

gének közvetett úton valóban irányítják a testek felépülését, s ez a hatás szigorúan egyirányú: a szerzett tulajdonságok nem öröklődnek. Nem számít, mennyi tudást és bölcsességt szereztünk meg életünk során, genetikai úton ebből egy juttányi sem kerül át gyermekembe. Minden új nemzedék a startvonalról indul. A test nem más, mint a gének eszköze a gének változatlan megőrzésére.

Annak a ténynek az evolúciós jelentősége, hogy a gének irányítják az embrionális fejlődést, abban áll, hogy a gének ezáltal – legalább részben – felelősek saját jövőendő fennmaradásukért, mivel fennmaradásuk azoknak a testeknek a hatékonyságától függ, amelyekben élnek, és amelyeket felépíteni segítettek. Valamikor réges-régen a természetes szelekciót az őslévesben szabadon lebegő replikátorok eltérő arányú fennmaradása jelentette. Ma a természetes szelekció azoknak a replikátoroknak kedvez, amelyek jól tudnak túlélőgépeket építeni, azoknak a géneknek, amelyek jártasak az embrionális fejlődés irányításának mesterségében. A replikátorok azonban ma sem tudatosabbak vagy céltudatosabbak, mint korábban bármikor. Az automatikus szelekció változatlan folyamata, amely az egymással versengő molekulák között élettartamuk, termékenységük és másolási megbízhatóságuk szerint válogat, továbbra is éppoly vakon és éppoly kikerülhetetlenül működik, mint ahogy a távoli múltban működött. A gének nem látnak előre. Nem terveznek. A gének egyszerűen csak vannak, némely gének pedig inkább vannak, mint mások, s ez minden, mit mondhatunk róluk. Ám azok a tulajdonságok, amelyek a

gén élettartamát és termékenységét meghatározzák, ma már nem olyan egyszerűek, mint voltak. Távolról sem olyan egyszerűek.

Az utóbbi években – az elmúlt mintegy 600 millió évben – a replikátorok jelentős sikereket értek el a túlélőgéptechnológia terén. Ilyen sikerként könyvelhető el például az izom, a szív és a szem (mely utóbbi, egymástól függetlenül, több ízben is kifejlődött). Előbb azonban gyökeresen megváltoztatták replikátori életmódjuk alapvető sajátosságait, s most ezzel kell foglalkoznunk, hogy továbbvihessük gondolatmenetünket. Először is, tudnunk kell a mai replikátorokról, hogy nagyon nagy csoportokat alkotnak. Egy túlélőgép nem csupán egyetlen gén hordozója, hanem sok ezeré. Egy test előállítására bonyolult, sok gén együttműködését igénylő vállalkozás, és szinte lehetetlen az egyik gén hozzájárulását a másiktól elválasztani. Egy adott génnek sok különböző hatása van a test más és más részeire. A test egy adott részére sok gén hat, és bármely gén hatása egyben sok más génnel való kölcsönhatás függvénye. Vannak főgének, ezek más gének egy-egy csoportjának működését irányítják. Analógiánk alapján azt is mondhatjuk, hogy a tervdokumentáció bármely adott oldala az épület sok különböző részére vonatkozó utalásokat tartalmaz, s az egyes oldalaknak csak számos más oldallal való kereszthivatkozások alapján van értelmük.

A géneknek ezt a bonyolult kölcsönös összefüggését látva az olvasó eltűnődhet, miért használjuk egyáltalán a „gén” szót. Miért nem használunk gyűjtőnevet, például azt, hogy

„gécsoport”? Válaszom az, hogy sok szempontból ez valóban kitűnő gondolat. Más oldalról nézve azonban annak is van értelme, hogy a gécsoportot különálló replikátorokra, vagyis génekre felosztva gondoljuk el. Erre az ivaros szaporodás jelensége miatt van szükség. Az ivaros szaporodás során a gének összekeverednek, átrendeződnek. Ez azt jelenti, hogy bármely egyedi test csupán a gének rövidéletű kombinációjának átmeneti hordozója. Az a génkombináció, amely egy adott egyedre létrehoz, lehet rövid életű, maguk a gének azonban potenciálisan nagyon hosszú életűek. Útjaik újra és újra keresztezik egymást a nemzedékek során. A gént olyan egységnek tekinthetjük, mely sok egymást követő egyedi testben fennmarad. Ez az a központi gondolat, amelyet ebben a fejezetben ki fogok fejteni. Ezt a gondolatot sok nagyra becsült kollégám makacsul elveti, így hát meg kell bocsátaniok, amiért erőltetem! Először röviden meg kell magyaráznom a nemekre vonatkozó tényeket.

Azt állítottam, hogy az emberi test felépítésének tervei 46 kötetben vannak lefektetve. Valójában ez túlzott egyszerűsítés volt részemről. Az igazság meglehetősen bizarr. A 46 kromoszóma 23 kromoszómapárból áll. Azt mondhatnánk, hogy minden sejt magjában le van rakva két 23 kötetes alternatív terv. Nevezzük őket 1a és 1b, 2a és 2b kötetnek stb., egészen a 23a és 23b kötetig. A kötetekre, majd később oldalakra használt azonosító számjelöléseim természetesen teljesen önkényesek.

Minden egyes kromoszómánkat teljes egészében valamelyik szülőnktől kapjuk, akinek heréjében vagy

petefészkében összeállt. Az 1a, 2a, 3a... kötetek mondjuk az apától származnak, az 1b, 2b,3b... kötetek pedig az anyától. Gyakorlatban ugyan nagyon nehéz, de képzeletben kiválaszthatjuk mikroszkóp alatt bármelyik sejtünk 46 kromoszómája közül azt a 23-at, amely apánktól, és azt a 23-at, amely anyánktól származik.

A kromoszómapárok tagjai nem töltik el egész életüket egymással fizikailag összekapcsolva vagy akár egymás közelében. Akkor hát milyen értelemben „párosítottak” a kromoszómáink? Abban az értelemben, hogy minden, az apától származó kötetet oldalról oldalra az anyától származó megfelelő kötet közvetlen alternatívájának tekinthetünk. Teszem azt, a 13a kötet 6. oldala, és a 13b kötet 6. oldala egyaránt a szem színéről „szól”, az egyik talán azt mondja, „kék”, míg a másik azt mondja, „barna”.

A két alternatív oldal sokszor azonos, de más esetekben, mint például a szem színéről szóló példánkban, különböző. Mihez kezd a test, ha a gének egymásnak ellentmondó „javaslatokat” tesznek? A válasz változó. Néha az egyik utasítás uralkodik a másik fölött. Az iménti szemszín példában az illető barna szemű volna: a kék szem készítésére vonatkozó utasítások a test felépítésekor háttérben maradnak, noha ettől még éppúgy eljutnak a jövő nemzedékekhez. Az ily módon figyelmen kívül hagyott gént recesszív génnek nevezzük. A recesszív gén ellentéte a domináns gén. A barna szem génje domináns a kék szem génjével szemben. Csak akkor lehet kék szemünk, ha a megfelelő oldal mindkét kötetben egybehangzóan kék szemet javasol. Gyakoribb, hogy amikor két alternatív gén

nem azonos, az eredmény valamilyen kompromisszum – a test valamilyen közbülső vagy valamilyen teljesen más terv szerint épül. Ha két gén, mint a barna szem és a kék szem génjei, a kromoszóma azonos helyének betöltéséért versenyeznek, egymás alléljainak nevezzük őket. Ezért szempontunkból az allél szó a vetélytárs szinonimája. Képzeljük el, hogy a tervdokumentáció köteteinek oldalai kivehetők és felcserélhetők. Minden 13. kötetben kell legyen 6. oldal, de az 5. és a 7. oldal közé többféle 6. oldal kerülhet. Az egyik változat kék szemet, míg egy másik lehetséges változat barna szemet javasol. A népesség egészében lehetnek még további változatok is, amelyek más színeket írnak elő, például zöldet. Körülbelül fél tucat alternatív allél ülhet a 13. kötet 6. oldalának helyén, s ezek a népesség egészében szétszóródva találhatóak. Mindenkinek csupán két 13. kromoszómája van. Ezért a 6. oldal helyén legfeljebb kétféle allélja lehet. Rendelkezhet ugyanannak az allélnak két másolatával, úgy mint a kék szemű ember, vagy a népesség egészében rendelkezésre álló fél tucat változat közül kiválasztott bármelyik kettővel. Persze génjeinket nem választhatjuk szó szerint az egész népességben rendelkezésre álló génkészletből. Bármely adott időpontban a gének mind egyedi túlélőgépekben rögzülnek. Génjeinket fogantatásunkkor kapjuk, és ez ellen semmit sem tehetünk. Mégis, bizonyos értelemben, hosszú távon a népesség génjei általánosságban génkészletnek tekinthetők. Ez a kifejezés tulajdonképpen genetikusok által használt műszó. A génkészlet hasznos absztrakció, mivel az ivaros szaporodás, jóllehet gondosan betartott

szabályok szerint, de megkeveri a géneket. Hasonlatunknál maradvá, valóban folyik valami olyasmi, mint az oldalak vagy oldalkötegek kivétele és felcserélése a kapcsos kötetekben, amint azt rögtön látni fogjuk.

Már leírtam a sejt normális, két új sejtté való osztódását, amikor az utódsejtek megkapják mind a 46 kromoszóma teljes másolatát. Ezt a normális sejtosztódást mitózisnak nevezzük. Van azonban egy másikfajta sejtosztódás is, melyet meiózisnak nevezünk. Ez csak az ivarsejtek – a spermiumok és a petesejtek – keletkezésekor fordul elő. A spermiumok és a petesejtek egyedülállóak sejtjeink között, amennyiben 46 kromoszóma helyett csupán 23-at tartalmaznak. Ez persze pontosan fele a 46-nak, ami roppant célszerű, amikor egy új egyed létrehozására az ivaros megtermékenyítéskor egyesülnek! A meiózis a sejtosztódás különleges fajtája, mely csupán a herékben és a petefészkekben fordul elő, s melynek során a teljes dupla kromoszómakészletet, azaz 46 kromoszómát tartalmazó sejt kettéosztódik, és 23 pár nélküli kromoszómával rendelkező ivarsejtek keletkeznek. (Mindvégig az emberre vonatkozó kromoszómaszámokat használtam illusztrációként.)

A 23 kromoszómás hím ivarsejt egy szokványos 46 kromoszómás sejt meiotikus osztódása révén jön létre a herében. Vajon melyik 23 kromoszóma kerül egy adott spermasejtbe? Nyilvánvaló, hogy a spermium nem kaphatja bármelyik 23 régi kromoszómát: nem szabad két példánynak lennie a 13. kötetből, és nem hiányozhat például a 17. Elméletileg elképzelhető, hogy egy egyén

valamelyik spermiumában olyan kromoszómák legyenek, melyek, mondjuk, teljes egészében az illető anyjától származnak: azaz 1b, 2b, 3b... 23b kötetek. Ebben a valószínűtlen esetben a spermiumtól fogant gyermek génjei egyik felét apai nagyanyjától örökölné, és semmit sem örökölné apai nagyapjától. Valójában azonban ilyen nagybani, teljes kromoszómasztválás nem történik. A valóság jóval bonyolultabb. Emlékezzünk rá, hogy a köteteket (kromoszómákat) kivehető lapokból álló könyvekhez hasonlítottuk. A spermium előállításakor különálló oldalak vagy még inkább többoldali részek válnak ki és cserélnek helyet az alternatív kötet megfelelő részeivel. Egy adott spermasejt például úgy állíthatja össze első kötetét, hogy az első 65 oldalt az 1a kötetből veszi, a 66. oldaltól a kötet végéig terjedő oldalakat pedig az 1b kötetből. Ugyanennek a spermasejtnak a többi 22 kötet is hasonló módon készül el. Ezért egy egyén minden spermasejtje egyedi, annak ellenére, hogy minden spermasejt ugyanabból a 46 kromoszómából állítja össze a maga 23 kromoszómáját. A petesejtek hasonló módon készülnek a petefészkekben, ezek is mind egyediek, különböznek egymástól.

A keveredés valószínű mechanizmusát meglehetősen jól ismerjük. A spermium (vagy petesejt) kialakulásakor egyes darabok kiszakadnak az apai kromoszómákból, és helyet cserélnek az anyai kromoszómák megfelelő darabjaival. (Ne feledjük, hogy a kromoszómák az illető egyed szüleitől, azaz a létrejövő spermiumtól fogant gyermek nagyszüleitől származnak.) A kromoszómatöredékek kicserélődésének

folyamatát crossing overnek nevezzük. Ez a folyamat nagyon fontos a könyv egész gondolatmenete szempontjából. A crossing over következménye az, hogy az ember csak az időt fecsérelné, ha venné a mikroszkópját, és egyik spermiumában (vagy petesejtjében) megpróbálná azonosítani azokat a kromoszómákat, amelyek az apjától, illetve az anyjától származtak. (Tehát egészen más a helyzet, mint a testi sejtekben, lásd 39. oldal). A spermium valamennyi kromoszómája az anyai és apai génekből összeállított mozaik.

Az oldal és a gén rokonságára épített hasonlatunk itt már nemigen állja meg a helyét. Egy lapokból összefűzött könyv esetében egész oldalt be lehet illeszteni, ki lehet venni, vagy ki lehet cserélni, töredék oldalt azonban nem. A génkészlet ezzel szemben nukleotid betűk hosszú füzére, amely semmiféle egyértelmű módon nem különül el oldalakra. Kétségtelen, hogy vannak speciális szimbólumok, melyek a FEHÉRJELÁNC-ÜZENET VÉGÉT és a FEHÉRJELÁNC-ÜZENET KEZDETÉT jelölik, ugyanazzal a négybetűs ábécé-vel, mint maguk a fehérjeüzenetek. E két, központosásra szolgáló jel között találjuk az egy-egy fehérje felépítéséhez szükséges kódolt utasításokat. Ha tetszik, meghatározhatjuk a gént azon nukleotid betűk sorozataként is, melyek egy KEZDET és egy VÉG szimbólum közé esnek, és amelyek egyetlen fehérjeláncot kódolnak. Az ilyen módon meghatározott egységet cisztronnak nevezik, és némelyek a gén szót ugyanabban az értelemben használják, mint a cisztront. Ám a crossing over nem tartja tiszteletben a cisztronok közötti

határokat. A kromoszóma a cisztronokon belül éppúgy felhasadhat, mint közöttük. Mintha a tervek nem különálló oldalakon volnának, hanem 46 távírószalag-tekercsen. A cisztronok nem egyforma hosszúságúak. Hogy hol végződik az egyik cisztron, s hol kezdődik a következő, csak úgy volna megállapítható, ha elolvassnánk a jeleket a szalagon, és megkeresnénk az ÜZENET VÉGE és ÜZENET KEZDETE jeleket. A crossing overnek az felel meg, ha a megfelelő apai és anyai szalagokból kivágnánk és egymással kicserélnénk a megfelelő részeket, tekintet nélkül arra, hogy mi van rájuk írva.

E könyv címében a gén szó nem egyszerűen egy cisztront jelent, hanem annál elvontabb dolgot. Az általam adott meghatározás nem fog megfelelni mindenki ízlésének, ám a gén fogalmára nincs általánosan elfogadott definíció. De még ha volna is, egy meghatározás sohasem szentírás. Saját céljainkra egy szót úgy határozunk meg, ahogy nekünk tetszik, feltéve, hogy világosan és egyértelműen tesszük. Az a definíció, amit használni kívánok, G. C. Williamstól származik. A gén a kromoszómák anyagának bármely olyan része, amely potenciálisan elég sok nemzedéken át fennmarad ahhoz, hogy a természetes szelekció egységeként szolgáljon. Az előző fejezet szavaival: a gén egy nagyon pontosan másolódó replikátor. A másolási pontosság voltaképp nem más, mint hosszú élet a másolatok formájában, s én ezt egyszerűen hosszú életként fogom rövidíteni. A definíció kap majd némi igazolást.

Bármilyen meghatározást használunk, a gén a

kromoszómának egy része kell legyen. A kérdés az, hogy mekkora ez a rész – mekkora darab a távírőszalagból? Képzeljünk el a szalagon egymás melletti kódbetűkből álló sorozatot. Nevezzük el ezt genetikai egységnek. Ez lehet csupán 10 betűből álló sor egy cisztronon belül, de lehet egy 8 cisztronból álló sor is. Kezdődhet és végződhet akár cisztron közepén is. Átfedésben lehet más genetikai egységekkel. Magába foglalhat kisebb egységeket, és maga is lehet nagyobb egységek része. Függetlenül attól, hogy milyen hosszú vagy rövid, a jelen gondolatmenet céljára egyszerűen ezt fogjuk genetikai egységnek nevezni: a kromoszóma bizonyos hosszúságú szakaszát, mely semmiképpen sem különül el fizikailag a kromoszóma többi részétől.

És most lényeges ponthoz érkeztünk. Minnél rövidebb egy genetikai egység, nemzedékekben mérve annál tovább fog élni. Pontosabban: annál kevésbé valószínű, hogy a crossing over során elhasad. Tegyük föl, hogy egy kromoszómán átlagosan egy crossing over történik, valahányszor meiotikus osztódás útján egy spermium vagy petesejt készül, és hogy ez a crossing over bárhol történhet a kromoszóma mentén. Ha nagyon nagy genetikai egységet veszünk, mondjuk a kromoszóma felét, akkor minden egyes meiózis során 50% esély van rá, hogy az egység felhasad. Ha a kérdéses genetikai egység csupán a kromoszóma teljes hosszának 1%-a, akkor feltételezhetjük, hogy csupán 1%-os esély van arra, hogy meiotikus osztódáskor felhasadjon. Ez az egység tehát számíthat arra, hogy az egyed leszármazottainak sok

nemzedékén at fennmarad. Egyetlen cisztron rendszerint sokkal rövidebb, mint a kromoszóma hosszának 1%-a. Még egy több szomszédos cisztronból álló csoport is számíthat arra, hogy sok nemzedéket megér, mielőtt egy crossing over megbontaná.

Egy genetikai egység várható átlagos élettartama nemzedékekkel fejezhető ki kényelmesen, melyek azután lefordíthatók évekre. Ha egy egész kromoszómát veszünk feltételezett genetikai egységünknek, akkor annak élettörténete csupán egyetlen nemzedékig tart. Tegyük fel, hogy a 8a kromoszómánkról van szó, melyet apánktól örököltünk. Apánk egyik heréjében röviddel a fogantatásunk előtt jött létre. Azelőtt sohasem létezett a világ egész történetében. Az apai nagyanyánktól és apai nagyapánktól származó kromoszómák részeinek összeolvadása hozta létre a meiózis során. Belekerült egy adott spermiumba, és a maga nemében egyedülálló volt. A spermium is csak egy volt a sok millió közül, egyetlenegy a kicsiny hajócskák óriási armadájából, s ezek mindegyütt hajóztak át anyánkba. Az egész seregből egyedül ez a bizonyos spermium lett kikötőre anyánk egyik petesejtjében (hacsak nem kétpetéjű ikerpár egyik tagja vagyunk), s ennek köszönhetjük létünket. A vizsgált genetikai egység, a 8a számú kromoszóma replikálni kezdte magát a genetikai anyag többi részével együtt. Most megkettőzött formában egész testünkben létezik. Ám amikor arra kerül sor, hogy gyermekeink legyenek, amikor petesejteket (vagy spermiumokat) készítünk, ez a kromoszóma nem marad meg. Darabjai kicserélődnek a 8b számú anyai

kromoszóma darabjaival. Minden ivarsejtben egy új 8-as számú kromoszóma jön létre, amely lehet, hogy „jobb”, mint a régi, lehet, hogy „rosszabb”, de a meglehetősen valószínűtlen egybeesést kizárva, egész biztosan más, határozottan egyedi lesz. Egy kromoszóma élettartama egy nemzedék.

Vajon meddig élhet egy kisebb, mondjuk, a 8a kromoszóma hosszának egy század részét kitevő genetikai egység? Ez az egység szintén apánktól származott, de nagyon valószínű, hogy eredetileg nem benne állt össze. A korábbi okoskodást követve, 99% az esélye annak, hogy ő már érintetlenül kapta egyik szülőjétől. Tegyük föl, hogy az anyjától való, a mi apai nagyanyánktól. Megintcsak 99% az esély arra, hogy ő érintetlenül kapta valamelyik szülőjétől. Végül, ha egy kis genetikai egység leszármazását elég sokáig követjük visszafelé, eljutunk eredeti alkotójához. Egészen biztos, hogy egyszer létrejött, őseink egyikének heréjében vagy petefészkében.

Hadd ismételjem meg, hogy milyen sajátos értelemben használom én a „létrejön” szót. Könnyen lehet, hogy az általunk vizsgált genetikai egységet felépítő kisebb alegységek már hosszú ideje megvoltak. A genetikai egység egy adott pillanatban való létrejöttéről csupán abban az értelemben beszélhetünk, hogy az alegységek illetően konkrét elrendeződése nem létezett e pillanat előtt. Létrejöttének pillanata lehetett az egészen közeli múltban, mondjuk az egyik nagyszülőben. De ha nagyon kicsiny genetikai egységet veszünk, lehetséges, hogy első ízben

egy sokkal távolabbi ősből áll össze, talán egy embert is megelőző emberszabású majom ősből. Sőt egy mai emberben lévő kis genetikai egység épp ugyanilyen messzire juthat előre a jövőben, érintetlenül kerülve át leszármazottak hosszú sorába.

Ne felejtsük el azt sem, hogy egy egyén leszármazottai nem egyetlen származási vonalat, hanem elágazó családfát alkotnak. Bármelyik ősből „hozta létre” 8a kromoszómánkban egy adott rövid szakaszát, nagyon valószínű, hogy rajtunk kívül sok leszármazottja van. Egyik vagy másik genetikai egységünk jelen lehet hatodunkatestvérünkben is. Jelen lehet bennem és a miniszterelnökben, valamelyikünk kutyájában, hiszen mindannyiunknak vannak közös ősei, ha elég messzire megyünk vissza. Ugyanaz a kis egység összeállhatott véletlen folytán több ízben is, egymástól függetlenül: ha az egység kicsiny, az egybeesés nem túlságosan valószínűtlen. De még közeli rokonok esetében sem valószínű, hogy egy egész kromoszómájuk azonos legyen. Mennél kisebb egy genetikai egység, annál valószínűbb, hogy másokban is megvan, s annál nagyobb valószínűséggel jelenik meg újra, sok-sok másolat formájában, az egész világon.

Egy új genetikai egység kialakulásának szokásos módja a már meglévő alegységek crossing over útján való véletlenszerű összekapcsolódása. Egy másik módot, mely ritkasága ellenére nagy evolúciós jelentőséggel bír, pontmutációnak nevezünk. A pontmutáció annak a hibának felel meg, amikor egy könyvben egyetlen betűt rosszul

nyomtatnak. Ez ritka, de nyilvánvaló, hogy mennél hosszabb a genetikai egység, annál nagyobb valószínűséggel változtatja meg egy mutáció.

A hibák vagy mutációk egy további ritka fajtáját, melynek hosszú távon jelentős következményei vannak, inverzióknak nevezzük. A kromoszóma egy darabja kiválik, megfordul, majd újra összekapcsolódik a kromoszómába. Korábbi analógiánk értelmében ez az oldalak átszámozását tenné szükségessé. Néha a kromoszómarészek nem csupán megfordulnak, hanem a kromoszóma egészen más részéhez, sőt esetleg egy másik kromoszómához kapcsolódnak hozzá. Ez olyan, mintha pár tucat oldalt áttennénk az egyik kötetből a másikba. Az ilyen hibának az a jelentősége, hogy noha rendszerint katasztrofális következményekkel jár, néha olyan DNS-szakaszok szoros összekapcsolódásához (linkage-hez) vezethet, melyek történetesen jól együttműködnek. Két olyan cisztron, melyeknek csak akkor van jótékony hatása, ha mindketten jelen vannak – valamilyen módon kiegészítik egymást, vagy erősítik egymás hatását –, az inverzió révén esetleg közel kerülhet egymáshoz. A természetes szelekció azután kedvezhet az így kialakult új „genetikai egységnek”, s az elterjed a jövő nemzedékekben. Lehetséges, hogy a géncsoportok ilyen módon nagymértékben átrendeződtek, „szerkesztés alatt álltak” az évek során.

Ennek egyik legszebb példája a mimikri néven ismert jelenséggel kapcsolatos. Bizonyos lepkéknek undorító ízük van. Színük rendszerint élénk és jól megkülönböztethető, s a madarak megtanulják, hogy „figyelmeztető” jeleik alapján

elkerüljék őket. Mármost más lepkefajok, melyeknek nem undorító az ízük, hasznot húznak ebből. Utánozzák undorító ízű társaikat. Színre és alakra hozzájuk hasonló külsővel születnek (ízük azonban nem hasonló). Gyakran lóvá teszik a természetbúvárokat, és becsapják a madarakat is. Az a madár, amelyik már megkóstolt egy eredendően undorító lepkét, hajlamos minden hasonló küllemű lepkét elkerülni. Így aztán az utánczás génjeinek kedvez a természetes szelekció, s kifejlődik a mimikri.

Az „undorító” lepkéknek sok különböző faja van, nem hasonlítanak mindannyian egymásra. Egy utánczó nem hasonlíthat mindegyikükre: el kell köteleznie magát egy adott undorító faj mellett. Általában az egyes utánczó fajok egy-egy undorító faj utánczásának specialistái. De vannak olyan utánczó fajok, amelyek valami nagyon különös dolgot művelnek. A faj bizonyos egyedei az egyik undorító fajt utánozzák – más egyedei egy másikat. Azt az egyedet, amely a kettő közé esne vagy amely megpróbálná egyszerre mindkettőt utánozni, hamarosan megennék. De ilyen közbülső egyedek nem születnek. Éppúgy, ahogy egy egyed vagy egyértelműen hím, vagy egyértelműen nőstény, egy egyedi lepke vagy az egyik undorító fajt utánozza, vagy a másikat. Előfordulhat, hogy az egyik lepke az A fajt, a testvére pedig a B fajt utánozza.

Úgy látszik, mintha egyetlen gén határozná meg, hogy egy egyed az A vagy a B fajt utánozza-e. Hogyan határozhatja meg egyetlen gén a mimikri összes sajátosságát – a színt, az alakot, a foltok mintáját, a repülés ritmusát? Ha a gént egyetlen cisztronnak tekintjük, akkor valószínűleg sehogy.

De az inverziók és a genetikai anyag más, véletlenszerű átrendeződései útján végbement öntudatlan és automatikus „szerkesztés” segítségével korábban különálló gének szoros kapcsolódási csoportot alkothatnak egy kromoszómában. Az egész géncsoport egyetlen génként viselkedik – csakugyan, definíciónk szerint ez *tényleg* egyetlen gén –, és van egy másik „allél”-ja, amely valójában egy másik géncsoport. Az egyik csoport tartalmazza az A faj utánezásáért felelős cisztronokat; a másik a B faj utánezásáért felelős. Az egyes géncsoportokat oly ritkán választja szét a crossing over, hogy közbülső külsejű lepkét sohasem láthatunk a természetben, de nagy ritkán mégis felfedezhetünk egyet, ha nagy számban tenyészünk lepkéket a laboratóriumban.

A gén szót olyan genetikai egységként értelmezem, mely elég kicsiny ahhoz, hogy sok nemzedéken át fennmaradjon, és sok másolat formájában elterjedjen. Ez nem merev meghatározás, hanem amolyan elmosódó, mint a „nagy” vagy a „rég” definíciója. Mennél nagyobb a valószínűsége annak, hogy egy kromoszóma-részlet eltörik a crossing over során, vagy megváltozik valamiféle mutáció révén, annál kevésbé érdemli meg a gén nevet abban az értelemben, ahogyan én használom ezt a kifejezést. Egy cisztron feltehetőleg rászolgál, de esetenként rászólnak nagyobb egységek is. Egy tucat cisztron is lehet olyan közel egymáshoz egy kromoszómán, hogy a mi szempontunkból egyetlen hosszú életű genetikai egységnek tekintendők. A lepke mimikri géncsoportja jó példa erre. Amikor a cisztronok elhagyják az egyik testet,

és belépnek a következőbe, amikor a következő nemzedékhez vezető újukra indulnak a spermiumban vagy a petesejtben, kis bábukjukban valószínűleg ott fogják találni közvetlen szomszédaikat, a régi útitársakat, akikkel együtt hajóznak a hosszú odüsszeián még a távoli ősök testeitől. Ugyanazon kromoszóma szomszédos cisztronjai szorosan összetartó útitársak, nemigen fordul elő velük, hogy ne ugyanarra a bábukára szálljanak, amikor eljön a meiózis ideje.

Ha precízen fogalmazunk, ennek a könyvnek nem „Az önző cisztron” vagy „Az önző kromoszóma” címet kellett volna adni, hanem ezt: „A kissé önző nagy kromoszómadarab és az önzőbb kis kromoszómadarab”. Ezt a legjobb indulattal sem nevezhetjük megkapó címnek, s ezért, minthogy a gént olyan kis kromoszómadarabként határoztam meg, amely sok nemzedéken át fennmaradhat, „Az önző gén”-t választottam könyvem címéül.

Most már visszaérkeztünk arra a pontra, ahol az első fejezet végén megszakítottuk gondolatmenetünket. Ott azt láttuk, hogy önzésre minden olyan létező dolog részéről számíthatunk, amely megérdemli a természetes szelekció alapegysége címet. Láttuk, hogy némelyek a fajt tekintik a természetes szelekció egységének, mások a fajon belüli populációt vagy csoportot, megint mások az egyedet. Rámutattam, hogy én inkább a gént tekintem a természetes szelekció alapegységének, ennél fogva az önérdék alapegységének is. Most pedig definiáltam a gént, mégpedig oly módon, hogy – ha tetszik, ha nem – igazam van!

A természetes szelekció legáltalánosabb formájában a létező dolgok eltérő arányú fennmaradását jelenti. Egyes dolgok élnek, mások meghalnak, de ahhoz, hogy ennek a szelektív pusztulásnak bárminemű hatása legyen a világra, egy további feltételnek is teljesülnie kell. Minden egyes létezőnek sok-sok másolat formájában kell előfordulnia, és – legalábbis néhányuknak – potenciálisan képesnek kell lennie a túlélésre – másolatok formájában –, eléggé hosszú evolúciós időszakon át. A kis genetikai egységek rendelkeznek ezekkel a tulajdonságokkal, egyedek, csoportok és fajok nem. Gregor Mendel nagy érdeme, hogy kimutatta: az öröklődő egységek gyakorlatilag oszthatatlan és független részecskeként kezelhetők. Ma már tudjuk, hogy ez így egy kicsit túl egyszerű volna. Alkalmadtán még egy cisztron is felosztható, és ugyanazon a kromoszómán két gén sohasem teljesen független. Én a gént olyan egységként definiáltam, amely nagymértékben megközelíti az oszthatatlan részecske ideáját. A gén nem oszthatatlan, de ritkán osztódik részekre. Vagy egyértelműen jelen van egy adott egyed testében, vagy egyértelműen hiányzik. A gén érintetlenül jut el a szülőtől az unokához, és egyenesen halad át a közbenső nemzedéken, anélkül hogy más génekkel összeolvadna. Ha a gének állandóan keverednének egymással, a mai felfogásunk szerinti természetes szelekció lehetetlen volna. Mellesleg ez már Darwin életében bebizonyosodott, és sok gondot okozott Darwinnak, mivel abban az időben feltételezték, hogy az öröklés folyamata keveredéssel jár együtt. Mendel

felfedezése akkor már napvilágot látott, és megmenthette volna Darwint a gondjaitól, de ő, fájdalom, sohasem szerzett tudomást róla; úgy látszik, senki sem olvasta egészen addig, amikor mind Darwin, mind Mendel már évek óta halottak voltak. Lehet, hogy Mendel nem ismerte föl eredményeinek jelentőségét, mert máskülönben talán írt volna Darwinnak.

A gén részecske mivoltának egy másik aspektusa, hogy nem öregszik; pusztulásának valószínűsége millióéves korában sem nagyobb, mint százéves korában. Testről testre vándorol nemzedékeken át, testet test után manipulál a maga módján és a maga céljaira, egymás után hagyva el a halandó testeket, még mielőtt az öregségbe és halálba süllyednének.

A gének halhatatlanok, vagy legalábbis olyan genetikai egységként definiáltuk őket, amely megközelítőleg rászolgál erre a címre. Nekünk, egyedi túlélőgépeknek, arra van kilátásunk a világban, hogy esetleg néhány évtizeddel tovább éljünk. A gének várható életkorát azonban nem évtizedekben, hanem évezredekben vagy évmilliókban kell mérnünk.

Az ivarosán szaporodó fajok esetében az egyed túlságosan nagy és túlságosan átmeneti genetikai egység ahhoz, hogy a természetes szelekció fontos egységének minősüljön. Az egyedek csoportja még nagyobb egység. Genetikai szempontból az egyedek és csoportok égen a felhőkhöz vagy sivatagban a homokviharakhoz hasonlatosak. Átmeneti gyülekezetek, szövetségek az evolúciós időskálán nézve; nem stabilak. A népességek

(populációk) hosszú ideig fennmaradnak, de állandóan keverednek más népessegekkel, s így elveszítik identitásukat. Belülről is evolúciós változásnak vannak kitéve. A népesség nem eléggé különálló entitás ahhoz, hogy a természetes szelekció egysége legyen, nem eléggé stabil és egységes ahhoz, hogy egy másik népességhez képest „szelektálódjék”.

Az egyedi test eléggé különállónak látszik, amíg él, de vajh' meddig tart ez? Minden egyed egyedülálló a maga nemében. Nem jöhet létre evolúció létező dolgok közti szelekció révén, amikor mindegyik létezőnek csupán egyetlen példánya van! Az ivaros szaporodás nem replikáció. Éppúgy, ahogy a populációk keverednek, egy egyed utódaiban is keveredik a szexuális partnerek genetikai anyaga. Gyermekünkben csupán felerészben vagyunk jelen, unokáinkban pedig csupán negyedrészen. A legtöbb, amit remélhetünk, hogy néhány nemzedék múltán sok leszármazottunk lesz, akik mind hordoznak egy kicsiny részt – néhány gént – belőlünk, még akkor is csak ennyit, ha a mi vezetéknevünket viselik.

Az egyedek nem stabilak, hamar elenyésznek. A kromoszómák is addig keverednek, míg feledésbe merülnek, mint a kiosztott kártyák a parti után. Maguk a kártyák azonban túlélnek a keverést. A kártyák a gének. A géneket nem teszi tönkre a kromoszómák közötti átkereszteződés, csupán partnereket váltanak, és tovább menetelnek. Persze hogy tovább menetelnek. Ez a dolguk. Ők a replikátorok, s mi vagyunk a túlélőgépeik. Amint megtettük kötelességünket, félredobnak bennünket. Ám a

gének földtörténeti időkben honolnak, a gének örökkevalók.

A gének, mint a gyémántok, örökkevalók, de nem pontosan úgy, mint a gyémántok. Az egyedi gyémántkristály maga marad fenn, az atomok változatlan mintájaként. A DNS-molekulák nem ilyen értelemben tartósak. Bármely anyagi értelemben vett DNS-molekula élete meglehetősen rövid – talán néhány hónap, de semmi esetre sem többi mint egy emberöltő. A másolataiban viszont elméletileg évek százmillióin át élhet egy DNS-molekula. Sőt éppúgy, mint az ősselesben levő replikátorok, egy adott gén másolatai az egész világon elterjedhetnek. A különbség az, hogy a mai változatok mind takarosan be vannak csomagolva túlélőgépek testébe.

Hangsúlyozom, hogy a gén meghatározó tulajdonsága az, hogy másolatok formájában lehetőségében szinte halhatatlan. A gént bizonyos célokra kívánatos lehet egyetlen cisztronként meghatározni, de az evolúcióelméletben tágabb meghatározást kell adnunk. A tágitás mértékét a definíció célja határozza meg. Mi meg akarjuk lelni a természetes szelekció gyakorlati egységét. Ehhez úgy fogunk hozzá, hogy megállapítjuk, milyen tulajdonságokkal kell rendelkeznie a természetes szelekció sikeres egységének. Az előző fejezetben a hosszú élet, a termékenység és a másolási pontosság fogalmait használtuk. Ezután a „gént” a legnagyobb olyan entitásként definiáltuk, mely – legalábbis potenciálisan – rendelkezik ezekkel a tulajdonságokkal. A gén sok-sok másodpéldány formájában létező, hosszú életű replikátor. Nem végtelenül

sokáig él. Még egy gyémánt sem tart szó szerint örökké, és még egy cisztron is kettéhasadhat crossing over során. A gént olyan kromoszómadarabként határozzuk meg, mely kellőképpen rövid ahhoz, hogy elég hosszú ideig fennmaradhasson, és így, hogy a természetes szelekció tényleges egységeként működhessen.

Pontosan milyen hosszú az „elég hosszú”? Erre nem adható szigorúan pontos válasz. Attól függ, hogy mennyire súlyos a szelekciós „nyomás”, azaz mennyivel nagyobb a valószínűsége annak, hogy egy „rossz” genetikai egység hal ki és nem a „jó” allélja. Ez mennyiségi részletkérdés, ami esetről esetre változik. A természetes szelekció legnagyobb gyakorlati egysége – a gén – a skálán rendszerint valahol a cisztron és a kromoszóma között helyezkedik el.

Potenciális halhatatlansága teszi, hogy a gén jó eséllyel pályázik a természetes szelekció alapegysége címre. De itt az ideje, hogy hangsúlyozzuk a „potenciális” szót. Egy gén élhet egymillió évig is, de sok új génnek még az első utódnemzedékbe sem sikerül átjutnia. Az a néhány, amelynek sikerül, ezt részben szerencséjének köszönheti, de főképp annak, hogy jól tud túlélőgépeket készíteni. Olyan hatással van a számára átmeneti lakóhelyül szolgáló egymást követő testeknek az embrionális fejlődésére, hogy az illető szervezet egy kicsit nagyobb sikerrel él és szaporodik, mint ahogy a vele versengő gén vagy allél hatása alatt tenné. Egy „jó” gén például azáltal biztosíthatja fennmaradását, hogy az őt hordozó egymást követő testekre hosszabb lábakat örökít, s így azok a ragadozók

elől könnyebben elmenekülnek. Ez csak egy konkrét példa, nem általános érvényű. A hosszú lábak végülis nem mindig előnyösek. Egy vakond számára például hátrányosak volnának. Vajon ahelyett, hogy megrekednénk a részleteknél, el tudunk-e képzelni valamilyen egyetemes minőséget, amely várhatóan minden jó (azaz hosszú életű) génben megjelenik? Vagy ellenkezőleg: melyek azok a tulajdonságok, amelyek alapján azonnal kiderül egy génről, hogy „rossz”, rövid életű? Számos ilyen egyetemes tulajdonság képzelhető el, van azonban egy, amely különösen fontos a mi szempontunkból: a gének szintjén az önzetlenség rossz, az önzés pedig jó. Ez kérelhetetlenül következik az önzetlenség és önzés fogalmára adott definícióinkból. Egy adott génváltozat közvetlenül verseng alléljaival a fennmaradásért, mivel a génkészletben levő alléljai ugyancsak a jövő generációk kromoszómáin levő helyekre pályáznak. Minden olyan gén, amely alléljai rovására igyekszik saját fennmaradási esélyeit növelni a génkészletben, definíció szerint nagyobb eséllyel marad fenn. A gén az önzés alapegysége.

Most már megfogalmáztuk e fejezet fő mondanivalóját. Ám átsiklottam bizonyos bonyodalmak és burkolt feltevések fölött. Az első bonyodalmat röviden már említettem. Bármennyire függetlenek és szabadok lehetnek is a gének nemzedékről nemzedékre vezető útjukon, nagyon is kevésbé szabad és független tényezőként hatnak az embrionális fejlődés vezérlésében. Kibogozhatatlanul bonyolult módon működnek együtt és állnak kölcsönhatásban mind egymással, mind külső

környezetükkel. Az olyan kifejezések, mint a „hosszú láb génje” vagy az „önzetlen viselkedés génje”, kényelmes szóképek, de meg kell értenünk, hogy mit jelentenek. Nincs olyan gén, amely egymagában felépít egy lábat, akár hosszút, akár rövidet. Egy láb felépítése sok gén együttműködésén alapuló vállalkozás. A külső környezet hatása is elengedhetetlen: végülis a lábakat valójában táplálékból készítjük! Ettől azonban még beszélhetünk olyan különálló génről, amely, ha minden más feltétel azonos, hosszabb lábakat készít, mint amilyenek a gén valamely más alléljának hatása alatt készülnének.

Gondoljunk egy műtrágyának, mondjuk a nitrátnak a búzanövekedésére gyakorolt hatására. Mindenki tudja, hogy a búza nagyobbra nő nitrát jelenlétében, mint hiányában. De senki sem olyan balga, hogy azt állítsa, hogy a nitrát önmagában képes búzanövényt előállítani. Mag, termőtalaj, nap, víz és különböző ásványok nyilvánvalóan éppúgy szükségesek. Ha azonban mindezeket az egyéb tényezőket állandónak vesszük, sőt még akkor is, ha bizonyos határok között változhatnak, a nitrátadagolás azt eredményezi, hogy a búzanövények nagyobbra nőnek. Így van ez az embrió fejlődésében szerepet játszó egyes génekkel is. Az embrionális fejlődést annyira bonyolult, összehangolt szabályozórendszer vezérli, hogy legjobb, ha nem is elmélkedünk rajta. Egyetlen tényező sem tekinthető – akár genetikai, akár környezeti tényezőről van szó – az újszülött bármely testrésze egyedüli okának. A csecsemő minden testrészének szinte végtelen számú előzetes „oka” van. De két csecsemő közti *különbség* – például a láb

hosszában – talán könnyen visszavezethető néhány egyszerű előzetes különbségre, akár a környezetben, akár a génekben. A különbségek számítanak a fennmaradásért folytatott küzdelemben, s az evolúcióban a genetikailag meghatározott különbségek számítanak.

Egyazon gén alléljai egymásnak kíméletlen vetélytársai, más gének azonban csupán környezetének részei, a hőmérséklethez, táplálékhoz, ragadozókhöz vagy társakhoz foghatóan. A gén hatása a környezettől függ, s ebbe beletartoznak a többi gének is. Néha egy génnek egészen másfajta hatása van bizonyos gének jelenlétében, mint egy más összetételű génkészletben. A test egész génkészlete egyfajta genetikai éghajlatot vagy háttérret alkot, amely módosítja és befolyásolja bármely adott gén hatását.

Most azonban, úgy tűnik, paradoxonnal állunk szemben. Ha egy gyerek megépítése ennyire bonyolult kooperatív vállalkozás, és ha minden génnek több ezer más génre is szüksége van feladata elvégzéséhez, akkor hogyan egyeztethetjük ezt össze az általam festett képpel az oszthatatlan génekről, amelyek halhatatlan zergékként testről testre ugrálnak korokon át, mint az élet szabad, korlátok nélküli és önző képviselői? Badarság lett volna mindez? Egyáltalán nem. Lehet, hogy egy kicsit elragadott a hév, de nem beszéltem badarságot, szó sincs valóságos paradoxonról. Ezt egy másik analógia segítségével magyarázhatjuk meg.

Egyetlen evezős önmagában nem nyerheti meg az Oxford-Cambridge regattát. Ehhez nyolc bajtársra van szüksége. Mindegyikük specialista, aki mindig a csónak egy adott

résében ül – spiccevezős vagy vezérevezős vagy kormányos stb. Az evezés együttműködésen alapuló vállalkozás, némelyek mégis jobbak, mint mások. Tegyük föl, hogy az edzőnek ki kell választania az ideális legénységet a jelentkezők közül, akik közül némelyek a spiccevezős pozíciójára specializálódtak, mások kormányosnak és így tovább. Tegyük fel, hogy a kiválasztásra a következő módszert alkalmazza. Mindennap összeállít három új próbalegénységet, véletlenszerűen választva ki a jelentkezőket az egyes pozíciókra, és a három hajót egymás ellen versenyezteti. Néhány hét után máris feltűnik, hogy a győztes hajó többnyire ugyanazokból a versenyzőkből áll. Ezeket megjegyzi, mint jó evezősöket. Másokat következetesen a lassúbb hajókban talál, őket végül kihagyja a csapatból. De még egy kiemelkedően jó evezős is ülhet néha egy lassú hajóban, vagy a többiek gyengesége, vagy balszerencse, mondjuk erős ellenszél miatt. Csupán átlagban igaz az, hogy a győztes hajóban a legjobb evezősök ülnek.

Az evezősök a gének. A csónak egyes helyeiért versengő riválisok az allélok, amelyek a kromoszóma mentén ugyanazokat a helyeket tölthetik be. A gyors evezés megfelel a túlélés szempontjából sikeres test felépítésének. A szél a külső környezet. Az alternatív jelöltek együtt jelentik a génkészletet. Ami egy test fennmaradását illeti, összes génje ugyanabban a csónakban evez. Sok jó gén kerül rossz társaságba, s elfordul, hogy egy végzetesen káros, letális génnel közösködnek, amely gyermekkorban megöli a testet. Ekkor a jó gén is elpusztul a többivel. Ám ez

csupán egy test, s ugyanannak a jó génnek más példányai tovább élnek más testekben, amelyekben nincs letális gén. A jó gének másolatait gyakran az hátráltatja, hogy történetesen rossz génekkel osztoznak egy testen, máskor pedig egyéb szerencsétlenség éri őket, mondjuk a testet agyoncsapja a villám. Ám a jó szerencse vagy a balszerencse definíció szerint véletlenszerű, s az a gén, amelyik következetesen a vesztes oldalon van, nem balszerencsés: az rossz gén.

A jó evezős egyik erénye a csapatmunka; az a képesség, hogy beilleszkedjen a csapatba, és együttműködjön a legénység többi tagjával. Ez éppoly fontos lehet, mint az erős izmok. Amint láttuk a lepkék esetében, a természetes szelekció az inverziók és a kromoszómadarabok más jelentős átrendeződései révén „megszerkeszthet” egy génegyüttest, s ezzel jól együttműködő géneket szorosan kapcsolt csoporttá hozhat össze. Bizonyos értelemben lehetséges, hogy egymással fizikailag nem kapcsolt gének is szelektálódnak, kölcsönösen összeillő voltak miatt. Többnyire előnyben vannak azok a gének, amelyek a leggyakrabban összekerülő gének többségével, vagyis a génkészlet nagy részével jól együttműködnek.

Egy sikeres ragadozónak például számos testi adottsággal kell rendelkeznie, többek között éles metszőfogakkal, a hús emésztésére alkalmas belső szervekkel és sok mással. Egy sikeres növényevőnek ugyanakkor lapos őrlőfogai vannak, sokkal hosszabb bélrendszere és másféle emésztőanyagai. Egy növényevő génkészletében nem lenne valami sikeres egy olyan új gén, amely tulajdonosát

éles húsevő fogakkal látja el. Nem azért, mert a húsevés általában előnytelen, hanem mert nem ehetünk hatékonyan húst, hacsak nincs meg a megfelelő emésztőrendszerünk és a húsevő életmódhoz szükséges minden más tulajdonságunk. Az éles húsevő fogak génjei nem eleve rossz gének. Csak olyan génkészletben számítanak rossznak, amelyben a növényevő tulajdonságok génjei uralkodnak.

Ez körmönfont, bonyolult gondolatmenet. Bonyolult, mivel egy gén „környezete” nagyrészt más génekből áll, s ezek maguk is mind arra szelektálódtak, hogy képesek legyenek saját génkörnyezetükkel együttműködni. Létezik olyan analógia, amelynek segítségével e bonyolult eszme-futtatás jobban megérthető, ám ez nem a mindennapi tapasztalat köréből való. A „játékelmélettel” való analógiára gondolok, melyről az V. fejezetben lesz szó, az állatok közti agresszív versengés kapcsán. Ezért a téma további tárgyalását egyelőre halasszuk el, és térjünk vissza a fejezet központi mondanivalójához, tudniillik hogy a természetes szelekció alapegységének legjobb nem a fajokat, sem a népességet, sőt még csak nem is az egyént tekinteni, hanem a genetikai anyag valamilyen kis egységét, melyet az egyszerűség kedvéért génnek nevezhetünk. E gondolatmenet sarkalatos pontja, ahogy korábban már kifejtettük, az a feltevés, hogy a gének potenciálisan halhatatlanok, míg a testek és minden más magasabbrendű egység átmeneti. E feltevés két tényen nyugszik: egyrészt az ivaros szaporodás és a crossing over tényén, másrészt az egyedi halandóság tényén. Ezek a

tények tagadhatatlanul igazak. Ám ettől még megkérdezhetjük, hogy miért igázak. Miért gyakoroljuk mi és a legtöbb más túlélőgép az ivaros szaporodást? Miért van crossing over? És miért nem élünk örökké?

Hogy miért halunk meg öregkorunkban, az nehéz kérdés, és részletei túlmennek e könyv keretein. A konkrét okokon kívül bizonyos általánosabb okokat is felvetettek. Az egyik elmélet szerint például az öregedés nem más, mint az egyén élete során előforduló ártalmas másolási hibák és egyéb génkárosodások felhalmozódása. Egy másik elmélet, melyet Sir Peter Medawarnak köszönhetünk, jó példája a génszelekció alapján álló evolúciós gondolkodásnak. Medawar először elveti a hagyományos érveket, mint például: „Az idős egyedek a faj többi tagja iránti önzetlenségből hálnak meg, mivel ha még akkor is köztünk maradnak, amikor már túlságosan elaggottak ahhoz, hogy szaporodjanak, haszontalanul zsúfolnák tele a világot.” Ahogy Medawar rámutat, ez körbenforgó érvelés, feltételezi azt, amit bizonyítani akar, nevezetesen, hogy az idős állatok túlságosan gyengék a szaporodásra. Egyben naiv csoportszelekciós vagy fajszelekciós magyarázat, bár ebből a szempontból elfogadhatóbb módon is megfogalmazhatnánk. Medawar elméletének viszont gyönyörű logikája van. A következőképpen építhetjük föl.

Már feltettük azt a kérdést, hogy mik a „jó” gén legáltalánosabb tulajdonságai, s úgy határoztunk, hogy az „önzés” közéjük tartozik. De a sikeres gének egy másik általános tulajdonsága az a törekvésük, hogy túlélőgépeik halálát legalábbis a szaporodásuk végéig halasszák. Nem

kétséges, az ember némelyik unokatestvére vagy bácsikája meghalt gyermekkorában, de nem halt meg egyetlen közvetlen őse sem. Az ősök egyszerűen nem hálnak meg fiatalon!

Azt a gént, mely tulajdonosának halálát okozza, letális génnek nevezzük. A szemiletális génnek van némi gyengítő hatása, úgyhogy a más okokból bekövetkező halált valószínűbbé teszi. Maximális hatását a testre bármely gén az élet egy bizonyos szakaszában fejt ki, s ez alól a letális és szemiletális gének sem kivételek. A gének többsége a magzati élet során fejt ki hatását, mások gyermekkorban, ifjúkorban vagy érett korban, és megint mások idős korban. (Gondoljunk arra, hogy a hernyó és a belőle kialakuló lepke pontosan ugyanazzal a génkészlettel rendelkezik). Nyilvánvaló, hogy a letális gének többnyire kihullanak a génkészletből. De ugyanilyen nyilvánvaló, hogy egy később ható letális gén stabilabb lesz a génkészletben, mint egy korai hatású. Az a gén, amely letális az idősebb testben, még sikeres lehet a génkészletben, feltéve, hogy letális hatása csak azután nyilvánul meg, hogy a testnek már volt némi ideje a szaporodásra. Például egy olyan gén, amely az idős testekben rák betegséget okoz, számos utódba átkerülhet, mivel a szaporodás megelőzte a megbetegedést. Másfelől az a gén, amely a fiatal felnőtt testben okoz rákot, nem jut tovább túl sok utódba, az a gén pedig, amely gyerekekben fejleszt kivégzetes daganatot, egyáltalán nem adódik tovább. Az elmélet szerint tehát az idős kori hanyatlás egyszerűen mellékterméke a későn ható letális és szemiletális gének felhalmozódásának. Ezek

a gének azért juthattak át a természetes szelekció rostáján, mert későn hatnak.

Maga Medawar is azt hangsúlyozza, hogy a szelekció azoknak a géneknek kedvez, melyek elhalasztják más, letális gének hatását, és kedvez azoknak a géneknek is, melyek siettetik a jó gének hatását. Könnyen lehet, hogy az evolúció jórészt nem egyéb, minthogy a génműködés beindulásának időpontja a genetikai szabályozás alatt változik.

Vegyük észre, hogy ennek az elméletnek nincs szüksége arra az előfeltevésre, hogy szaporodni csak bizonyos életkorokban lehet. Ha abból a feltevésből indulnánk ki, hogy az összes egyének egyforma valószínűséggel lehet gyereke bármely életkorban, a Medawar-féle elmélet rögtön megjósolná a későn ható ártalmas gének felhalmozódását a génkészletben, s ebből már másodlagosan következik az a tendencia, hogy idős korban csekélyebb mértékű a szaporodás.

Hogy egy kis kitérőt tegyünk, ennek az elméletnek az az egyik érdeme, hogy néhány meglehetősen érdekes elgondoláshoz vezet. Például következik belőle, hogy ha meg akarjuk növelni az ember élettartamát, erre két általános mód kínálkozik. Először, megtilthatnánk a szaporodást egy bizonyos életkor, mondjuk 40 év előtt. Néhány évszázad múltán ezt az alsó korhatárt felemelnénk 50 évre és így tovább. Elképzelhető, hogy az ember élettartama ezzel a módszerrel több évszázaddal kitolható lehetne. Mégsem tudom elképzelni, hogy bárki is komolyan intézményesíteni akarna egy ilyen stratégiát.

Másodszor, megpróbálhatnánk „becsapni” a géneket, elhivatván velük, hogy az a test, amelyben székelnek, ifjabb, mint amilyen valójában. Ez a gyakorlatban azt jelentené, hogy meg kellene határoznunk a test belső vegyi környezetében azokat a változásokat amelyek az öregedés során történnek. Ezek bármelyike lehet az a „jel”, amely „bekapcsolja” a későn ható letális géneket. Az ifjú test kémiai tulajdonságainak felszínes utánzásával lehetséges volna megakadályozni a későn ható ártalmas génnek bekapcsolódását. Az érdekes az, hogy az idős kor kémiai jeleinek semmiféle szokásos értelemben nem kell önmagukban ártalmasnak lenniük. Tegyük fel például, hogy véletlenül Ö anyag nagyobb koncentrációban található az idős egyének testében, mint az ifjakéban. Ö önmagában lehet teljesen ártalmatlan, esetleg valamilyen táplálékban levő anyag, amely felhalmozódik a testben az idő folyamán. De bármely génre, mely Ö jelenlétében fejt ki ártalmas hatást, míg egyébként jó hatású, automatikusan pozitív szelekció hat, és gyakorlatilag idős kori halált „okozó” génné lesz. A gyógymód egyszerűen az volna, hogy Ö-t eltávolítsuk a testből. E gondolatban az a forradalmi, hogy maga Ö csupán az idős kor „címkéje”. Az az orvos, aki észrevenné, hogy Ö nagy koncentrációja gyakran halálhoz vezet, valószínűleg egyfajta méregnek gondolná, és azon törné a fejét, hogy közvetlen oki kapcsolatot találjon Ö és a test hibás működése között. De hipotetikus példánk esetében csupán idejét vesztegetné.

Éppígy lehetne egy I anyag az ifjúság „címkéje” abban az értelemben, hogy nagyobb koncentrációban található fiatal

testekben, mint időssekben. Megint csak szelektálódhatnak olyan gének, melyek jó hatásúak volnának I jelenlétében, de ártalmasak I hiányában. Mivel nincs módunk megtudni, hogy mi az Ö vagy I – sok ilyen anyag létezhet –, egyszerűen azt az általános jóslatot adhatjuk, hogy mennél jobban utánozzuk az ifjú test tulajdonságait az idős testben, bármilyen felszíneseknek tűnjenek is e tulajdonságok, annál hosszabb életre számíthatunk.

Hangsúlyoznom kell, hogy a fentiek csupán Medawar elméletén alapuló spekulációk. Bizonyos értelemben, logikailag Medawar elméletében kell legyen némi igazság, ez azonban nem jelenti szükségképpen azt, hogy az idős kori hanyatlás bármely adott gyakorlati példájának ez a helyes magyarázata. A mi szempontunkból az a fontos, hogy az evolúció génszelekciós felfogása minden nehézség nélkül megmagyarázza az egyed hajlamát az öregkori elhalálózásra. Az egyének halandó voltának feltevése, ami e fejezet érvelésének középpontjában áll, az elmélet keretében igazolható.

A másik tény, amit kissé elkentem, nevezetesen az ivaros szaporodás és a crossing over léte, már nehezebben támasztható alá. Crossing over nem mindig történik. Hím muslicáknál például nem fordul elő. Ismeretes olyan gén, amely a nőstényekben elnyomja a crossing overt. Ha kitenyészténk egy muslicapopulációt, melyben ez a gén egyetemesen jelen van, akkor egy „kromoszómakészlet” kromoszómái válnának a természetes szelekció oszthatatlan egységeivé. Tulajdonképpen ha

következetesen alkalmaznánk definíciókat, ez esetben egy egész kromoszómát kellene egy „génnek” tekintenünk. A szaporodásra is vannak alternatívák. A nőstény levéltetvek világra hozhatnak apátlan nőstény utódokat, melyek mindegyikében anyjának összes génjét megtaláljuk. (Mellékesen egy anya „méhében” levő embriónak is lehet egy még kisebb embrió a méhében. Így a levéltetű nősténye egyidejűleg szülhet egy lányt és egy lány unokát, egyenértékűeket az anya egypetűjű ikertestvéreivel.) Sok növény vegetatív úton, sarjadzással is szaporodik. Ebben az esetben inkább beszélhetnénk növekedésről, mint szaporodásról; ám ha belegondolunk, mindenképpen meglehetősen csekély a különbség a növekedés és a nem ivaros szaporodás között, mivel mindkettő egyszerű mitotikus sejtosztódással megy végbe. A vegetatív szaporodással létrejött növények néha leválnak „szüleikről”. Máskor, például a szilfák esetében, a sarjak összeköttetésben maradnak. Valójában egy egész szilfaerdőt egyetlen egyednek tekinthetünk.

A kérdés tehát ez: ha a levéltetvek és a szilfák nem teszik, akkor mi, többiek, miért fáradozunk annyit azon, hogy összekeverjük génjeinket valaki máséival, mielőtt gyermeket hoznánk világra? Ez valóban különösnek látszik. Miért alakult ki egyáltalán az ivarosság, az egyszerű replikációnak ez a bizarr elferdülése? Mi hasznunk van az ivaros szaporodásból?

Ez rendkívül nehéz kérdés az evolúciókutató számára. A megválaszolására tett komolyabb kísérletek mind kifinomult matematikai okfejtést alkalmaznak. Bevallom, én ezt a

kérdést megkerülöm, egy dolgot kivéve. Ez pedig az, hogy az ivaros szaporodás evolúciójának magyarázatában a nehézségek legalább egy része abból a tényből származik, hogy az elméletalkotók az egyedről többnyire azt hiszik, hogy igyekszik maximalizálni túlélő génjei nekszámát. Ezen az alapon az ivaros szaporodás azért tűnik ellentmondásnak, mert „nem hatékony” mód arra, hogy az egyed továbbadja génjeit: minden gyermek az egyik szülő génjeinek csupán 50%-át kapja meg, míg a másik 50%-ot a szexuális partner nyújtja. Ha gyermekeket sarjadzhatna, mint a levéltetű, akik az ő pontos másolatai lennének, akkor minden gyermek testében génjeinek 100%-át adhatná át a következő nemzedéknek. E látszólagos paradoxon sok elméletalkotót arra késztetett, hogy a csoport-szelekció felfogását tegye magáévá, mivel viszonylag könnyű elképzelni az ivaros szaporodás csoportszintű elonyeit. Ahogy W. F. Bodmer tömören megfogalmazta: az ivaros szaporodás „elősegíti azoknak az előnyös mutációknak egyetlen egyedben való felhalmozódását, melyek külön-külön jöttek létre más-más egyedekben.”

Ám a paradoxon kevésbé tűnik paradoxnak, ha követjük e könyv gondolatmenetét, s az egyedet olyan túlélőgépnak tekintjük, amelyet hosszú életű gének rövid életű szövetsége alkot. A „hatékony” az egész egyed nézőpontjából ekkor lényegtelennek tűnik. Az ivarosságot, illetve ivartalanságot egyetlen gén irányítása alatt álló tulajdonságnak fogjuk tekinteni, éppúgy mint a kék szemet, illetve barna szemet. Az ivarosságot „okozó” gén saját önző céljai érdekében az összes többi gént manipulálja.

Ugyanezt teszi a crossing over génje. Még olyan gének is vannak – mutátoroknak nevezzük őket –, amelyek a másolási hibák gyakoriságát manipulálják más génekben. A másolási hiba definíció szerint hátrányos arra a génre nézve, amelyet rosszul másolnak le. De ha ez előnyére válik a hibás másolást kiváltó önző mutátor génnek, akkor a mutátor elterjed a génkészletben. Hasonlóképpen: ha a crossing over előnyös az azt előidéző gén számára, ez elégséges magyarázat a crossing over létezésére. Ha pedig az ivaros szaporodás, szemben az ivartalannal, előnyére válik az ivaros szaporodás génjének, ez elégséges magyarázat az ivaros szaporodás létére. Az már kevésbé lényeges, hogy ez javára válik-e vagy sem az egyed összes többi génjének. Az önző gén szempontjából az ivaros szaporodás végül is egyáltalán nem olyan bizarr. Mindez azonban már veszélyesen közel jár a körben forgó érveléshez, mivel az ivaros szaporodás léte előfeltétele annak a gondolatsornak, amely oda vezet, hogy a gént a szelekció egységének tekintjük. Meggyőződésem, hogy a körből ki lehet lépni, de most nem ez a dolgunk. Az ivaros szaporodás létezik. Ennyi igaz. Az ivaros szaporodásból és a kromoszómák átkereszteződéséből következik, hogy a kis genetikai egységet, avagy a gént, az evolúció alapvető, független egységéhez legközelebb álló dolognak tekinthetjük. Az ivarosság nem az egyetlen látszólagos paradoxon, amely kevésbé lesz rejtélyes abban a pillanatban, hogy megtanulunk az önző gén alapján gondolkodni. Úgy látszik például, hogy a szervezetekben több DNS van, mint amennyi felépítésükhöz szigorúan

szükséges: a DNS-nek jelentős része sohasem fordítódik le a fehérjék nyelvére. Az egyedi szervezet szempontjából ez paradoxonnak látszik. Ha a DNS „célja” a testek felépítésének felügyelete, akkor meglepő, hogy a DNS jelentős része nem tesz semmi ilyesmit. A biológusok sokat törnek a fejüket azon, hogy milyen hasznos feladatot végezhet ez a látszólag felesleges DNS. Ám maguknak az önző géneknek a nézőpontjából nincs semmiféle ellentmondás. A DNS igazi „célja”, hogy fennmaradjon; nem több, és nem kevesebb. A DNS-felesleg létét legegyszerűbben úgy magyarázhatjuk, ha feltételezzük, hogy parazita vagy legjobb esetben ártalmatlan, de haszontalan potyautas más DNS-ek által alkotott túlélőgépeken.

Némelyek tiltakoznak az evolúció, úgymond, túlságosan gén-központú felfogása ellen. Végül is, érvelnek, ténylegesen az egyed az, aki összes génjével együtt él vagy hal. Remélem, az eddigiek kellőképpen rávilágítanak arra, hogy itt valójában nincs nézeteltérés. Éppúgy, ahogy a teljes csónak legénysége nyer vagy veszít a versenyeken, valójában az egyedek azok, akik élnek vagy halnak, és a természetes szelekció közvetlenül majdnem mindig az egyed szintjén nyilvánul meg. De a nem véletlenszerű egyedi halálozásnak és szaporodási sikernek hosszútávú következményei a génkészlet változó géngyakoriságainak formájában nyilvánulnak meg. Némi fenntartással azt mondhatjuk, hogy a génkészlet ugyanaz a mai replikátorok számára, mint ami az őseles volt az ősi replikátorok számára. Az ivaros szaporodásnak és a crossing overnek

az a hatása, hogy megőrzi a leves mai megfelelőjének „folyékonyágát”. Az ivaros szaporodás és a crossing over állandóan keveri a génekészletet, s a gének részben átcsoportosulnak, átrendeződnek. Az evolúció az a folyamat, melynek révén egyes gének gyakoribbá, mások viszont ritkábbá válnak a génekészletben. Jó, ha kialakítjuk azt a szokást, hogy valahányszor egy tulajdonság – például az önzetlen viselkedés – evolúcióját próbáljuk megmagyarázni, egyszerűen azt kérdezzük magunktól: „Milyen hatással lesz ez a tulajdonság a gének gyakoriságára a génekészletben?” Eloffordul, hogy a génnyelv kissé fárasztóvá válik, s a rövidség és eleveenség kedvéért hasonlatokat használunk. De mindig kétkedő szemmel fogunk tekinteni hasonlatainkra, hogy szükség esetén biztosan visszatérhessünk a génnyelvre.

A gén számára tehát a génekészlet csupán egy újfajta őseleves, ahol megélhetését biztosítja. Mindössze annyi változott, hogy manapság azáltal biztosítja megélhetését, hogy a génekészletből vett társak egymást követő csoportjaival együttműködve, az egyik halandó túlélőgépet építi a másik után. A következő fejezetben a túlélőgépeket vesszük szemügyre, főként abból a szempontból, hogy a gének miként irányítják viselkedésüket.

IV. A géngép

A túlélőgépek kezdetben passzív tokok voltak, amelyek éppencsak megvédték a géneket a versenytársak vegyi fegyvereitől és a véletlenszerű molekuláris bombázások

pusztító hatásától. Kezdetben a levesben szabadon hozzáférhető szerves molekulákkal „táplálkoztak”. E könnyű élet akkor ért véget, amikor a levesben levő szerves táplálék, mely a napfényből származó energia hatására épült fel évszázadokon át, mind elfogyott. A túlélőgépek egyik fő ága, a növények, közvetlenül kezdték felhasználni a napfényt; egyszerű molekulákból összetett molekulákat építettek, jóval nagyobb sebességgel megismételve az eredeti levesben folyó szintetikus folyamatokat. Egy másik ág – az állatoké – „felfedezte”, hogy hogyan használhatja ki a növények vegyi munkáját: megették a növényeket, vagy más állatokat ettek meg. A túlélőgépek mindkét fő ága egyre leleményesebb trükköket fejlesztett ki a különböző életmódok hatékonyságának növelésére, és egyre újabb életlehetőségek is megnyíltak számukra. Új és új elágazások révén továbbfejlődtek a megélhetés specializált módjai: a tengerben, a szárazföldön, a levegőben, föld alatt, fák tetején, más élő testek belsejében. Ez az elágazási folyamat hozta létre az állatoknak és növényeknek azt az óriási változatosságát, mely ma oly nagy hatást tesz ránk.

Mind az állatok, mind a növények soksejtű testekké fejlődtek, és az összes gén teljes másolata eljutott minden sejtbe. Nem tudjuk hogy mikor, miért és egymástól függetlenül hány ízben történt ez meg. Vannak, akik a testet sejtkolóniaként fogják fel. Én a testet inkább gének kolóniájaként képzelem el, a sejtet pedig a gének vegyiparának alkalmas üzemegységeként.

A testek lehetnek génkolóniák, de viselkedésükben

tagadhatatlanul saját egyéniségre tettek szert. Egy állat összehangolt egészként, egységként mozog. Én is egységnek s nem kolóniának érzem magam. De hát ez nem meglepő. A szelekció azoknak a géneknek kedvezett, amelyek együttműködtek másokkal. A szűkös forrásokért folytatott kegyetlen versenyben, a könyörtelen küzdelemben, hogy megehessenek más túlélőgépeket és elkerüljék, hogy őket egyék meg a közös testben, a központi irányítás bizonyára előnyösebb volt, mint az anarchia. Manapság a gének bonyolult kölcsönös és együttes fejlődése (koevolúciója) oly mértékig előrehaladt, hogy az egyedi túlélőgépek közösségi jellege gyakorlatilag felismerhetetlen. Sok biológus csakugyan nem ismeri fel, és nem is ért egyet velem.

Szerencsére, a könyv hátralevő részének – újságírói kifejezéssel élve – „hitele” szempontjából, ez az egyet nem értés nagyrészt akadémikus. Éppúgy, ahogy nem kényelmes kvantumokról és elemi részecskékről beszélni, amikor egy autó működését tárgyaljuk, gyakran fárasztó és szükségtelen a géneket előráncigálni, amikor a túlélőgépek viselkedéséről beszélünk. A gyakorlatban rendszerint kényelmes közelítés, ha az egyedi testeket olyan egységeknek tekintjük, melyek „megpróbálják” összes génjeik számát növelni a jövőendő nemzedékekben. Ezt a kényelmes nyelvet fogom használni. Hacsak másként nem fogalmazok, az „önzetlen viselkedés” és „önző viselkedés” az egyik állati test másik iránti viselkedését fogja jelenteni.

Ez a fejezet a viselkedésről szól – a gyors mozgás trükkjéről, melyet nagymértékben kihasznált a túlélőgépek

állati ága. Az állatok aktívan mozgó génszállító eszközök – géngépek. A viselkedés jellegzetessége a biológusok szóhasználatában az, hogy gyors. A növények is mozognak, de nagyon lassan. Amikor gyorsított filmen nézzük, a kúszónövények aktív állatoknak látszanak. Ám a legtöbb növényi mozgás valójában visszafordíthatatlan növekedés. Az állatok ugyanakkor több százezerszer gyorsabb mozgást fejlesztettek ki. Ráadásul az általuk végzett mozgások visszafordíthatóak, és végtelen sokszor megismételhetők.

Az a készülék, amit az állatok a gyors mozgás elérésére kifejlesztettek, az izom. Az izmok a gőzgéphez és a belső égésű motorokhoz hasonlíthatók, hiszen szintén vegyi üzemanyag formájában tárolt energiát használnak a mechanikai mozgás előállítására. A különbség az, hogy az izom által létrehozott közvetlen mechanikai erő a feszülés formáját ölti, s nem a gáznyomásét, mint a gőzgép vagy a belső égésű motorok esetében. De az izmok hasonlítanak más motorokhoz abban, hogy gyakran szíjakra és csuklós emelőkre fejtik ki erejüket. A mi emelőink a csontok, a szíjak az inak, a csuklók pedig az ízületek. Meglehetősen sokat tudunk az izmok működésének pontos molekuláris mechanizmusáról, én azonban érdekesebbnek tartom azt a kérdést, hogy az izom-összehúzódások hogyan vannak időzítve.

Megfigyeltek már valaha egy valamennyire is bonyolult gépet, például egy kötő- vagy varrógépet, szövőszéket, automata palackozót vagy szalmabálázót? A mozgatóerő, mondjuk, egy elektromotorból vagy egy traktorból

származik. Ám sokkal rejtélyesebb a műveletek finom időzítése. Szelepek nyílnak és záródnak megfelelő sorrendben, acélujjak függően csomót kötnek a szalmabála köré, majd éppen a kellő pillanatban egy kés kivágódik, és elmettzi a szalagot. Az időzítést sok mesterséges gépben egy ragyogó találmánnyal, a vezérműtengellyel érik el. Ez az egyszerű forgómozgást műveletek bonyolult, ritmikus sorozatára fordítja le egy excentrikus vagy speciálisan kialakított kerék segítségével. A zenedoboz elve is hasonló. Más gépekben, például a gőzorgonában és a gépzongorában, megfelelő minta szerint lyukasztott papírhengereket vagy kártyákat alkalmaznak. Újabban afelé haladunk, hogy az ilyen egyszerű mechanikus vezérlést elektronikussal váltsuk fel. A digitális számítógépek például olyan nagy és sok mindenre alkalmas elektronikai eszközök, melyek felhasználhatók mozgások bonyolultan időzített sorozatának létrehozására. A számítógéphez hasonló modern elektronikai gépek alapvető komponense a félvezető, melynek közismert formája a tranzisztor.

A túlélőgépek, úgy tűnik, átugrották a vezérműtengellyel és a lyukkártyával jellemezhető fejlődési szakaszt. Mozgásaik időzítéséhez használt apparátusuknak több köze van az elektronikus számítógéphez, noha alapvető működését tekintve határozottan eltér attól. A biológiai számítógépek alapegysége, az idegsejt vagy neuron, belső működését tekintve valójában semmiben sem hasonlít a tranzisztorhoz. Kétségtelen, hogy a neuronok kommunikációjában használt kód egy kicsit hasonlóan látszik a digitális számítógépek

kódjához, az egyedi neuron azonban sokkal bonyolultabb, jóval nagyobb tudású adatfeldolgozó egység, mint a tranzistor. A neuronnak nem csupán három kapcsolata van más alkatrészekkel, egyetlen neuronnak akár több tízezer is lehet. A neuron lassúbb, mint a tranzistor, de sokkal messzebbre jutott a miniatürizálás irányában, ami egyébként az elektronikai iparban is megfigyelhető az elmúlt két évtizedben. Ez már abból is nyilvánvaló, hogy az emberi agyban vagy tízmilliárd neuron van, míg egy koponyába csupán néhány száz tranzistor férne bele.

A növényeknek nincs szükségük neuronra, mivel helyváltoztatás nélkül élnek, viszont az állatcsoportok nagy többségében megtalálható. Vagy már nagyon korán, evolúciójuk kezdetén „felfedezték” az állatok, és örökölte az összes csoport, vagy pedig több ízben újra felfedezték, egymástól függetlenül.

A neuronok alapjában véve közösleges sejtek, sejtmaggal és kromoszómákkal, mint a többi sejt. De a sejthártyájuk hosszú, vékony, huzalszerű nyúlványokat alkot. A neuronnak gyakorta van egy különösen hosszú nyúlványa is, amit axonnak nevezünk. Ámbár az axon szélessége csak mikroszkopikus méretű, hossza több méter is lehet: vannak olyan axonok, amelyek végigfutnak a zsiráf nyakának teljes hosszán. Az axonok rendszerint idegeknek nevezett, sok szálból álló kötegeket alkotnak. Ezek a test egyik részéből a másikba viszik az üzeneteket, nagyon hasonlóan a telefonkábelekhez. Más neuronoknak rövid axonjai vannak, s ezek rendszerint nagy sűrűségben találhatóak a ganglionoknak nevezett idegszövetben. Ha a ganglion igen

nagy, agynak nevezzük. Az agy, funkcióját tekintve, a számítógépekre hasonlít. Hasonlóságuk abban áll, hogy mindkét gép bonyolult kimenő mintát állít elő bonyolult bemenő minta elemzése után, felhasználva a tárolt információt is.

Az agy elsősorban azzal járul hozzá a túlélőgép sikeréhez, hogy vezérli és összehangolja az izmok összehúzódásait. E célból izmokhoz vezető kábelekre van szüksége, s ezeket mozgatóidegeknek nevezzük. Mindez azonban csak akkor segíti a gének hatékony megőrzését, ha az izmok összehúzódásainak időzítése megfelelő viszonyban van a külvilág eseményeinek időzítésével. Fontos, hogy csak akkor húzzuk össze az állkapocsizmokat, ha az állkapcsok között valami harapásra érdemes van, s csak akkor húzzuk össze lábizmokat a futás, mozgás mintáinak megfelelően, ha van valami, amiért vagy ami elől futni érdemes. Ez okból a természetes szelekció azoknak az állatoknak kedvezett, amelyek érzékszervekre, vagyis olyan eszközökre tettek szert, amelyek a külvilág fizikai eseményeinek mintáit a neuronok kisülési kódjává alakítják át. Az agyat érzőidegeknek nevezett kábelek kötik össze az érzékszervekkel – szemekkel, fülekkel, ízlelőbimbókkal stb. Az érzékelő-rendszerek működése különösen meghökkentő, mivel sokkal kifinomultabb mintafelismerésre képesek, mint a legjobb és legdrágább ember alkotta gépek; ha ez nem így volna, akkor az összes gépíró fölösleges volna, helyettesíthetnénk őket beszéd-felismerőgépekkel vagy éppen kézírás-olvasó gépekkel. Gépírókra pedig még évtizedekig szükség lesz.

Bizonyára volt idő, amikor az érzékszervek többé-kevésbé közvetlenül kommunikáltak az izmokkal; csakugyan, a tengeri rózsák ma sincsenek nagyon távol ettől az állapottól, mivel az ő életmódjukhoz ez elég hatékony módszer. De a külvilág eseményeinek időzítése és az izmok összehúzódásának időzítése közti bonyolultabb és közvetettebb kapcsolatok megvalósításához közvetítőként valamilyen agyra volt szükség. Figyelemre méltó előrehaladást jelentett az emlékezet evolúciós „feltalálása”. Ennek az eszköznek a segítségével az izmok összehúzódásának időzítését nem csupán a közvetlen előzmények, hanem a távoli múlt eseményei is befolyásolhatták. A memória vagy tár a digitális számítógépnek is lényeges része. A számítógép memóriája sokkal megbízhatóbb, mint az emberé, de kisebb a kapacitása, és az információ visszakeresésének technikája is sokkal kezdetlegesebb.

A túlélőgépek viselkedésének egyik legszembeszökőbb tulajdonsága a látszólagos célirányosság. Ezen nemcsak azt értem, hogy láthatólag jól ki van számítva, hogyan segítsék az állat génjeinek fennmaradását, noha ez természetesen így van. A céltudatos emberi viselkedéssel való szorosabb analógiára gondolok. Amikor megfigyelünk egy állatot, amint táplálékot, társat vagy elveszett kölykét „keresi”, nemigen tudjuk megállni, hogy ne tulajdonítsunk neki ugyanolyan szubjektív érzéseket, amelyeket mi magunk is átélünk kereséskor: valamilyen tárgy iránti „vágyat”, a vágyott tárgy „belső képét”, egy szem előtt tartott „cél” vagy „befejezést”. Önmegfigyelés alapján

mindannyian tudjuk, hogy legalább egy jelenlegi túlélőgépben ez a célirányosság a „tudatosságnak” nevezett tulajdonsággá fejlődött. Nem vagyok eléggé járatos a filozófiában ahhoz, hogy belebocsátkozzam annak taglalásába, hogy a tudatosság mit jelent, de szerencsére, ez nem is számít jelenlegi gondolatmenetünk szempontjából, mert nyugodtan beszélhetünk a gépekről úgy, *mintha* cél motiválná őket, nyitva hagyhatjuk azt a kérdést, hogy vajon tényleg tudatosak-e. E gépek alapjában véve nagyon egyszerűek, s a tudattalan célirányos viselkedés elvei a műszaki tudomány közhelyei közé tartoznak. A klasszikus példa a Watt-féle gőzgép sebességszabályozó szelepe.

A szóban forgó alapelvet negatív visszacsatolásnak nevezzük, melynek különböző formái vannak. Általában a következő történik. A „célgép” – az a gép vagy dolog, mely úgy viselkedik, mintha tudatos célja volna – el van látva valamilyen mérőeszkőzzel, mely méri a mindenkori állapot és a „kívánt” állapot közti eltérést. Oly módon van megépítve, hogy mennél nagyobb az eltérés, annál keményebben dolgozik a gép. Így a gép automatikusan csökkenti az eltérést – ezért beszélünk negatív visszacsatolásról –, és meg is pihen, ha a „kívánt” állapotot elérte. A Watt-féle sebességszabályozó szelep egy golyópárból áll, melyeket körben forgat a gőzgép. Mindegyik golyó egy csuklópántos kar végén van. Mennél gyorsabban repülnek körbe a golyók, annál közelebb tolja a centrifugális erő a karokat a vízszintes helyzethez, aminek egyébként a nehézségi erő ellene hat. A karok a gépet

tápláló gőzszelephez kapcsolódnak, oly módon, hogy a karok közelítése a vízszintes helyzethez a gőz kizárását idézi elő. Ha a gép túlságosan gyorsan jár, a gőz egy része kívül reked, s így a gép lassulni kezd. Ha túlságosan lelassul, automatikusan több gőz megy át a szelepen, s újra felgyorsul. Az ilyen célgépek a tehetetlenség miatt gyakran oszcillálnak, s az már a mérnök dolga, hogy oszcillációt csökkentő kiegészítő eszközöket építsen.

Watt sebességszabályozójának „kívánt” állapota egy adott forgási sebesség. Nyilvánvaló, hogy a gép nem tudatosan vágyik erre. „Célját” egyszerűen azon állapotként határozzuk meg, amelybe mindig visszatér. A modern célgépekben a negatív visszacsatoláshoz hasonló alapelveket fejlesztették tovább, s így sokkal „életszerűbb” viselkedést érnek el. Az irányított lövedékek például látszólag aktívan keresik célpontjukat, s amikor az hatókörükön belülre kerül, látszólag követik, figyelembe veszik kitérő manővereit, sőt néha „meg is jósolják” vagy „előre várják” őket. Hogy ez hogyan történik, abba nem érdemes részletesen belemenni. A szabályozásban különböző típusú negatív visszacsatolások, „előreccatolások” és a mérnökök által jól ismert egyéb elvek szerepelnek, melyekről ma már tudjuk, hogy jelentős szerepet játszanak az élő testek működésében is. Semmiféle, a tudatosságot akárcsak távolról is megközelítő dolgot sem kell feltételeznünk; még akkor sem, ha a laikus, aki a lövedék látszólag szándékos és célirányos viselkedését figyeli, nehezen tudja elhinni, hogy nem pilóta közvetlen irányítása alatt repül.

Közkeletű félreértés, hogy egy olyan gépnek, mint például az irányított lövedék, mivel tudatos ember tervezte és építette, igazából tudatos ember közvetlen irányítása alatt kell állnia. E tévedés egy másik változata az, hogy „a számítógépek valójában nem tudnak sakkozni, mivel csak arra képesek, amire az ember utasítja őket”. Fontos megértenünk, hogy ez miért tévedés, mert érinti arra vonatkozó felfogásunkat is, hogy a géneket milyen értelemben tekinthetjük a viselkedés „irányítóinak”. A sakkozó számítógép jó példa, ezért röviden kitérünk rá.

A számítógépek még nem sakkoznak olyan jól, mint a nagymesterek, de már elérték a tehetséges amatőr szintjét. Pontosabban fogalmazva, azt mondhatjuk, hogy a programok érték el a tehetséges amatőr szintjét, mivel a sakkozóprogramok nem csinálnak ügyet abból, hogy ténylegesen milyen számítógép használja fel őket. Mármost mi a programozó szerepe? Először is, biztos, hogy nem pillanatról pillanatra manipulálja a számítógépet, mint a zsinórokat húzogató bábjátékos. Ez egyszerűen csalás volna. Az ember megírja a programot, betáplálja a számítógépbe, s ettől kezdve a számítógép magától dolgozik: nincs további emberi beavatkozás, eltekintve attól, hogy az ellenfél bebillentyüzi a lépéseit. Talán előre látja a programozó az összes lehetséges sakkállást, s a számítógépnek a jó lépések hosszú listáját adja meg minden egyes lehetséges esetre? A leghatározottabban nem, mivel a lehetséges sakkállások száma oly nagy, hogy a világ végezetéig sem készülne el a lista. Ugyanezen okból a számítógép nem programozható úgy, hogy „fejben”

kipróbálja az összes lehetséges lépést, s az összes lehetséges folytatást, mindaddig, amíg nyerő stratégiát talál. A lehetséges sakkjátszmák száma ugyanis nagyobb, mint ahány atomja van a Naprendszernek. Ennyit a sakkozó számítógép programozásának nyilvánvalóan nem járható útjairól. Valójában rendkívül nehéz problémával állunk szemben, s aligha meglepő, hogy még mindig nem kaptak a legjobb programok sem nagymesteri címet.

A programozó tényleges szerepe sokkal inkább hasonlít a fiát sakkozni tanító apáéhoz. Megmondja a számítógépnek a játszma alapvető lépéseit, nem külön-külön minden lehetséges nyitáshoz, hanem gazdaságosabban kifejezett szabályok alapján. No nem betű szerint magyarul mondja, hogy „a futó átlósan lép”, hanem valahogy úgy, hogy matematikailag ugyanezt jelentse, mint például – bár egy kissé rövidebben -: „A futó új koordinátáit a régi koordinátákból úgy kapjuk meg, hogy ugyanazt a konstans, bár nem szükségképpen ugyanazzal az előjellel, hozzáadjuk mind a régi X, mind a régi Y koordinátákhoz.” Azután beprogramozhat „tanácsokat”, melyeket ugyanilyen matematikai vagy logikai nyelven ír meg, de amelyek emberi szóval olyasfajta utalások lehetnek, mint „ne hagyd a királyodat védtelenül”, vagy hasznos trükköket, mint például a huszárok „villa alakzatba” állítását. A részletek izgalmasak, de túlságosan eltérítenének témánktól. A lényeg a következő. A számítógép, amikor játszik, magára marad, és nem várhat segítséget tanítójától. A programozó csak annyit tehet, hogy előzőleg a lehető legjobban felkészíti a számítógépet, megfelelő egyensúlyt biztosítva a

konkrét ismeretek listája, illetve a stratégiákra és technikákra való utalások között.

A gének is így vezérlik túlélőgépeik viselkedését, nem közvetlenül, ujjukon a bábu zsinórjaival, hanem közvetve, mint a számítógép-programozó. Elkészítik a túlélőgépet, azután magára hagyják, és nem tehetnek mást, mint hogy tétlenül ülnek benne. Miért ilyen passzívak? Miért nem ragadják magukhoz a hatalmat, és uralkodnak minden pillanatban? A válasz az, hogy képtelenek rá az időeltolódási problémák miatt. Ezt leginkább egy tudományos-fantasztikus regényből vett újabb analógiával világíthatjuk meg. Fred Hoyle és John Elliot „A for Andromeda” (A mint Andromeda) című könyve izgalmas történet, s mint minden jó tudományos-fantasztikus írás, érdekes tudományos gondolatokat tartalmaz. Különös módon a könyvből mintha hiányozna az explicit hivatkozás e gondolatok legfontosabbikára. A szerzők ezt az olvasó fantáziájára bízzák. Remélem, ők sem veszik zokon, ha itt kifejtem.

Van egy civilizáció kétszáz fényévyire az Andromeda-ködben. Ki akarják terjeszteni kultúrájukat távoli világokra. Mi ennek a legjobb módja? A közvetlen utazás szóba sem jöhet. A fénysebesség elvi felső korlátot szab annak, hogy milyen gyorsan juthatunk el az egyik helyről a másikra a világegyetemben, a gyakorlatban a mechanikai megfontolások pedig ennél is jóval alacsonyabb korlátot szabnak. Azonkívül lehetséges, hogy nincs is olyan sok meglátogatásra érdemes világ, s honnan tudjuk, hogy melyik irányba induljunk? A rádió jobb megoldást kínál a

világegyetem többi részével való kommunikációra, mivel ha elegendő energiánk van ahhoz, hogy ne csupán egy irányba, hanem mindenfelé sugározzunk, akkor rendkívül nagy számú világot érhetünk el (számuk a jel által megtett távolság négyzetével növekszik). A rádióhullámok fénysebességgel terjednek, ami azt jelenti, hogy a jelnek kétszáz évre van szüksége ahhoz, hogy elérje a Földet az Andromedáról. Az effajta távolságokkal az a baj, hogy sohasem beszélgethetünk. Ha leszámítjuk azt a tényt, hogy a Földről az egymást követő üzeneteket olyan emberek továbbítanák, akiket tizenkét nemzedék választ el egymástól, akkor is hasztalan volna ilyen távolságból megpróbálni a beszélgetést.

Ez a probléma nemsokára számunkra is komolyan felvetődik: a rádióhullámok körülbelül négy perc alatt teszik meg az utat a Föld és a Mars között. Nem lehet kétséges, hogy az űrhajósoknak le kell majd szokniuk arról, hogy rövid mondatokat váltsanak, és hosszú monológokhoz kell majd folyamodniuk, melyek sokkal jobban hasonlítanak levelekre, mint beszélgetésre. Vagy egy másik példa: Roger Payne kimutatta, hogy a tengernek vannak bizonyos akusztikai sajátosságai, amelyek következtében a bálnák rendkívül hangos „dala” elméletileg az egész földkerekségen hallható, feltéve, hogy egy bizonyos mélységben úsznak. Nem tudjuk, hogy ténylegesen kommunikálnak-e egymással nagyon nagy távolságokból, de ha igen, akkor bizonyára nagyjából ugyanabban a helyzetben vannak, mint a marsbéli űrhajós. A hang terjedési sebessége a vízben akkora, hogy majdnem két órába telne, amíg a hang átszeli

az Atlanti-óceánt, s a válasz visszaérkezik. Szerintem ez lehet a magyarázata annak a ténynek, hogy a bálnák folyamatos monológot hallatnak teljes nyolc percen át, anélkül hogy ismételnék magukat. Azután visszatérnek a dal kezdetére, elismélik előlről többször egymás után, s mindegyik teljes ciklus körülbelül nyolc percig tart.

A sci-fi történet szerint az Andromeda lakói ugyanezt tették. Mivel nem volt értelme válaszra várni, minden mondandójukat összeállították egyetlen óriási, megszakítatlan üzenetté, majd ki sugározták az űrbe újra és újra, néhány hónapos ciklusidővel. Üzenetük azonban egyáltalán nem hasonlított a cetekére. Egy óriási számítógép építésének és programozásának kódolt utasításait tartalmazta. Az utasításokat természetesen nem emberi nyelven írták, de szinte minden kódot megfejthet egy hozzáértő rejtjel szakértő, különösen, ha a kódot tervezői könnyen megfejthetőnek szánták. Az üzenetet fogta a Jodrell Bank-i rádióteleszkóp, végülis dekódolták, a számítógépet megépítették, a programot lefuttatták. A következmények majdnem az emberiség katasztrófájához vezettek, mert az Andromeda lakóinak szándékai nem voltak egyetemesen önzetlenek, s a számítógép a legjobb úton volt afelé, hogy az egész földet egyeduralma alá hajtsa, amikor a hős végülis egy baltával végzett vele.

A mi szempontunkból az érdekes kérdés az, hogy milyen értelemben mondhatjuk az Andromeda lakóiról, hogy manipulálták a földi eseményeket. Nem volt közvetlen hatalmuk a számítógép pillanatnyi tevékenysége fölött, sőt még arra sem lehetett módjuk, hogy tudomást szerezzenek

a számítógép megépítéséről, mivel kétszáz évre lett volna szükség ennek az információnak a visszajutásához. A számítógép döntései és cselekedetei teljesen önállóak voltak. Még csak általános politikai útmutatásokért sem fordulhatott gazdáihoz. Minden utasítást előre be kellett építeni a leküzdhetetlen kétszáz éves időkorlát miatt. Elvben bizonyára a sakkozó számítógéphez nagyon hasonlóan volt programozva, de nagyobb rugalmassággal és nagyobb képességgel a helyi információk felhasználására. A programot ugyanis úgy kellett megtervezni, hogy ne csupán a Földön működhessen, hanem bármely olyan égitesten, amely fejlett technológiával bír, a lehetséges világok bármelyikén, amelyeknek pontos körülményeiről az Andromeda lakóinak nem lehetek ismeretei.

Ahogy az Andromeda lakóinak számítógépre volt szükségük a Földön, hogy az meg hozza helyettük a napi döntéseket, ugyanígy génjeinknek agyat kellett építeniük. Ám a gének nem csupán azok az Andromeda-lakók, akik elküldték kódolt utasításaikat; ők egyúttal maguk az utasítások is. Az ok, amiért nem rángathatnak dróton bennünket, azonos: az időbeli késés. A gének a fehérjeszintézis irányítása révén hatnak. Ez hatékony módja a világ manipulálásának, de lassú. Egy embrió felépítéséhez hónapokon át kell türelmesen „rángatni” a fehérje-„drótokat”. Ugyanakkor a viselkedésnek az a lényege, hogy gyors. Nem hónapos, hanem másodperces, sőt töredék másodperces időskálán működik. Valami történik a világban, bagoly suhan át a fejünk fölött, a fű

zörrenése elárulja a zsákmányt, s az idegrendszer ezredmásodperceken belül akcióba lép; izmok pattannak, és valaki megmenekül – vagy éppen elpusztul. A gének képtelenek ilyen gyorsan reagálni. Az Androméda-lakókhöz hasonlóan, csak azon igyekezhetnek, hogy előre megépítsenek maguknak egy gyorsan cselekvő számítógépet, s előre beprogramozzanak olyan szabályokat és „tanácsokat”, amelyekkel az képes a legtöbb várható eshetőséggel megbirkózni. Az élet azonban, mint a sakk, túlságosan sok különböző lehetséges eseményt kínál ahhoz, hogy az összesre fel lehessen készülni. A sakkozógép programozójához hasonlóan, a géneknek túlélőgépeiket nem a részletekre, hanem az életjátszmához alkalmas általános stratégiákra és trükkökre kell „kitanítaniuk”.

Ahogy J. Z. Young rámutatott, a géneknek a jóslással analóg feladatot kell végrehajtaniuk. Amikor egy túlélőgép-embrió megépül, az életét kísérő veszélyek és problémák a jövőben rejlenek. Ki tudja, hogy milyen ragadozók s éppen melyik bokor mögül lesnek rá, vagy hogy melyik gyors lábú préda fog felszökkenni és elhúzni előtte? Egyetlen jós, egyetlen gén sem láthatja előre. De mód van bizonyos általános prognózisra. A jegesmedve génei biztonsággal megjósolhatják, hogy születendő túlélőgépük hideg időre számíthat. Nem próféták, hiszen nem is gondolkodnak: egyszerűen vastag szőrmét készítenek, mert mindig ezt tették előzőleg is, ez az, amiért még mindig megvannak a génkészletben. Azt is megjósolják, hogy a földet hó fogja borítani, s e jóslatuk abban nyilvánul meg, hogy a szőrmét

fehérre, vagyis terepszínűre festik. Ha az északi sarkvidék klímája olyan gyorsan megváltozna, hogy a kis medve megszületésekor trópusi sivatagban találná magát, akkor a gének jóslatai tévesnek bizonyulnának, s megfizetnék az árát. A medvekölyök s vele a gének is elpusztulnának.

Bonyolult környezetben a jóslás kockázatos vállalkozás. A túlélőgép minden döntése kockázattal jár, s a géneknek az a dolguk, hogy az agyukat előre úgy programozzák, hogy általában kifizetődő döntéseket hozzanak. Az evolúció kaszinójában használt fizetőeszköz a túlélés; szigorúbb értelemben: a gén túlélése, de az egyed túlélése sok szempontból ésszerű megközelítés. Ha az ivóhelyhez megyünk, növeljük annak kockázatát, hogy megesznek azok a ragadozók, akik abból tartják fenn magukat, hogy zsákmányra lesnek az ivóhelynél. Ha nem megyünk le az ivóhelyhez, a végén szomjan halunk. Bárhogy is cselekszünk, kockáztatunk, s olyan döntéseket kell hoznunk, amelyekkel hosszú távon maximalizálhatjuk génjeink túlélési esélyeit. A legjobb stratégia talán az, ha addig halogatjuk az ivást, amíg nagyon szomjasak leszünk, akkor viszont jó nagyot iszunk, ami azután hosszú időre elegendő. Ily módon ritkábban keressük fel az ivóhelyet, de hosszabb időt töltünk el fejünket lehajtva, amikor végül is iszunk. Vagy talán az a legjobb, ha keveset és gyakran iszunk, az ivóhely mellett elfutva egy-egy korty vizet hörpintünk. Sok mindentől függ, hogy melyik a nyerő stratégia, nem utolsósorban a ragadozók vadászási szokásaitól, amelyek maguk is – az ő szempontjukból – maximálisan hatékonyá fejlődtek. Az esélyeket

valamiképpen fel kell mérni. De természetesen nem kell azt képzelnünk az állatokról, hogy számításaikat tudatosan végzik. Mindössze annyit kell elhinnünk, hogy azok az egyedek, melyeknek génjei többnyire ésszerű kockázatot vállaló agyakat építenek, ennek közvetlen következményeként nagyobb valószínűséggel maradnak fenn, tehát elterjesztik ugyanezen géneket.

Egy kicsit tovább vihetjük a „szerencsejáték” hasonlatot. A játékosnak három fontos mennyiségre kell gondolnia: a tétre, az esélyekre és a nyereményre. Ha a nyeremény nagyon nagy, akkor a szerencsejátékos hajlandó nagy tétet kockáztatni. A hazardőr, aki egyetlen dobásra mindenét felteszi, sokat nyerhet. Ugyanakkor sokat veszíthet is, de átlagban a nagybani játékosok nem járnak se jobban, se rosszabbul, mint más játékosok, akik kisebb tétekkel kisebb nyereségekre mennek. Ugyanilyen összehasonlítást tehetünk a részvénypiac spekulációs és biztonsági befektetői között. Bizonyos értelemben a részvénypiac jobb analógia, mint a kaszinó, mivel a kaszinók szándékosan tisztességtelenül a banknak kedveznek (ami pontosan azt jelenti, hogy a nagybani játékosok, az átlagot tekintve, a végén rosszabbul járnak, mint a kicsiben játszó; a kis tétekkel játszó pedig rosszabbul járnak, mint azok, akik egyáltalán nem játszanak – ám hogy ez miért van így, az nem tartozik okfejtésünkhöz). Ettől eltekintve, mind a nagybani, mind a kicsibeni játék ésszerűnek látszik. Vannak-e olyan állatok, amelyek nagy tétekben játszanak, és mások, amelyek óvatosabb játékosok? A IX. fejezetben látni fogjuk, hogy a hímeket gyakran nagy tétekben, nagy

kockázattal játszó hazardőröknek írhatjuk le, a nőstényeket pedig biztonsági beruházóknak, különösen olyan poligám fajokban, amelyekben a hímek versenyeznek a nőstényekért. A könyvet olvasó természetbúvároknak biztosan eszükbe jutnak olyan fajok, melyeket nagy téttel, nagy kockázattal játszó játékosokként jellemezhetünk, és más fajok, melyek óvatosabban játszanak. Én most visszatérek ahhoz az általánosabb témához, hogy a gének hogyan „jósolhatják meg” a jövőt.

Meglehetősen kiszámíthatatlan körülmények között a jóslás problémájának egyik megoldási módja az lehet, hogy a gének beépítik a testbe a tanulás képességét. Ekkor a túlélőgép programja a következő utasítások formáját öltheti: „Íme, a jutalomként meghatározott dolgok listája: édes íz a szájban, orgazmus, enyhe hőmérséklet, mosolygó gyermek. Íme, az undorító dolgok listája: különféle fájdalmak, émelygés, üres gyomor, síró gyermek. Ha történetesen olyan dolgot teszel, amit az undorító dolgok egyike követ, ne ismételd meg, ám ismételj meg mindent, amit valamelyik kellemes dolog követ”. Az ilyen programozás egyik előnye, hogy nagymértékben csökkenti az eredeti programba beépítendő részletek számát, valamint arra is képes, hogy megbirkózzon a környezet olyan változásaival, amelyeket nem lehetett volna részleteiben megjósolni. Ugyanakkor bizonyos jóslatokra még így is szükség van. Példánkban a gének azt jósolják, hogy az édes íz a szájban és az orgazmus „jó” lesznek abban az értelemben, hogy a cukor-evés és a kopuláció valószínűleg jótékony hatású a gén túlélése szempontjából.

A szacharin és az önkielégítés lehetőségét e példa szerint nem látják előre; ugyanígy nem látják előre a túlzott cukorfogyasztás veszélyeit sem a mi környezetünkben, ahol a cukor természetellenes bőségben áll rendelkezésre.

Tanuló stratégiákat alkalmaztak némely sakkozóprogramban is. E programok ténylegesen javulnak, miközben a gép ember vagy másik számítógép ellen játszik. Noha el vannak látva szabályokkal és taktikai utasításokkal, a döntési folyamatba be van építve bizonyos kismértékű véletlenszerű tendencia. Rögzítik a múltbeli döntéseket, s valahányszor megnyernek egy játszmát, kissé megnövelik a győzelmet megelőző taktikához rendelt súlyt, így legközelebb egy kicsit nagyobb valószínűséggel fognak ugyanahhoz a taktikához folyamodni.

A jövő megjóslásának egyik legérdekesebb módszere a szimuláció. Ha egy tábornok azt szeretné tudni, hogy egy adott haditerv jobb-e, mint az alternatívák, akkor a jóslás problémájával áll szemben. Ismeretlen tényezők például: az időjárás, saját csapatainak morálja és az ellenség lehetséges ellenlépései. A terv megfelelő voltának megállapítására az egyik módszer az, hogy kipróbáljuk, ám az összes felöltő tervet kipróbálni nem volna kívánatos, márcsak azért sem, mert az életüket „a hazáért” áldozni kész fiatal emberek kínálata nem végtelen, a lehetséges tervek száma pedig nagyon nagy. Jobb, ha a próba még nem vérre megy. Őltheti nagyhadgyakorlat formáját, ahol „észak” küzd „dél” ellen vaktöltényekkel, de még ez is idő- és anyagigényes. Hadijátékok a legkevesebb pazarlással ólomkatonákkal és játéktankokkal játszhatók, melyeket egy

nagy térképen mozgatunk.

Az utóbbi időben a szimulációs feladatok jelentős részét számítógépek vették át, nemcsak a katonai stratégiában, hanem minden olyan területen, ahol prognózisokra szükség van, így például a közgazdaságtanban, ökológiában, szociológiában és sok más területen. A módszer a következő. A világ valamely aspektusáról egy modellt építenek fel a számítógépben. Ez nem azt jelenti, hogy ha lecsavaroznánk a számítógép hátlapját, akkor belül a szimulált tárggyal azonos alakú kicsiny makettet látnánk. A sakkozó számítógép belsejében nincs saktáblaként felismerhető „belső kép” huszárokkal és gyalogokkal. A saktábla és a pillanatnyi állás elektronikusan kódolt számok listájaként ábrázolható. Számunkra a térkép a világ egy részének kicsinyített léptékű, két dimenzióba sűrített modellje. A számítógépben a térkép valószínűleg városok és más helyek listája lenne, melyek mindegyikéhez két szám – a földrajzi szélesség és hosszúság – tartozik. De nem lényeges, hogy a számítógép fejében ténylegesen milyen formában van meg a modell, feltéve, hogy műveleteket tud végezni vele, manipulálni tudja, kísérleteket végezhet rajta, és be tud számolni róla az őt működtető embereknek olyan nyelven, amit megértenek. A szimuláció technikája révén modellcsaták nyerhetők és veszíthetők, szimulált repülőgépek repülhetnek vagy zuhanhatnak le, gazdaságpolitikák vezethetnek jóléthez vagy összeomláshoz. Mindegyik esetben az egész folyamat a számítógépben, a valóságos idő kicsiny töredéke alatt megy végbe. Persze vannak a világnak jó modelljei és

rossz modelljei, s még a jók is csupán közelítések. Bármily sok szimuláció sem jósolhatja meg pontosan, hogy mi fog történni a valóságban, de a jó szimuláció összehasonlíthatatlanul kedvezőbb a vak próba-szerencsénél. A szimuláció felválthatja a próba-szerencse módszert (a kifejezést – trial and error – egyébként sajnálatos módon már régen lefoglalták a patkánypszichológusok).

Ha a szimuláció olyan jó dolog, számíthatunk rá, hogy a túlélőgépek voltak az elsők, akik felfedezték. Végülis az ember mérnöki tudományának sok vívmányát ismerték már jóval azelőtt, hogy mi megjelentünk a színen: a gyűjtőlencsét és a parabolatükröt, a hanghullámok frekvenciaanalízisét, a szervovezérlést, a hanglokátort, a bejövő információk közbeeső tárolását és számtalan más hosszú nevű találmányt, amelyeknek részletei most nem fontosak. Nos, mi a helyzet a szimulációval? Amikor mi magunk nehéz döntés előtt állunk, és ismeretlen jövőbeni tényezőket is figyelembe kell vennünk, mi is a szimuláció egy formájához folyamodunk. *Elképzeljük*, hogy mi történne, ha véghezvinnénk a számunkra nyitva álló alternatívákat. Modellt állítunk fel a fejünkben, nem mindenről a világban, hanem csupán azon dolgok korlátozott halmazáról, melyeket lényegbevágónak gondolunk. Láthatjuk ezeket elevenen lelki szemünk előtt, vagy láthatjuk és manipulálhatjuk stilizált absztrakcióikat. Egyik esetben sem valószínű, hogy valahol az agyunkban kiterítve megtalálható az elképzelt események tényleges térbeli modellje. De éppúgy, mint a számítógép esetében,

annak részletei, hogy agyunkban milyen formában van jelen a világ modellje, kevésbé fontosak, mint az a tény, hogy ezt az agy képes a lehetséges események megjóslásához felhasználni. Azok a túlélőgépek, melyek szimulálni képesek a jövőt, nagy ugrást jelentenek azokhoz képest, melyek csupán próbálkozás alapján képesek tanulni. A próbálkozással az a baj, hogy időt és energiát emészt. Az elhibázott lépésekkel pedig az a gond, hogy gyakran végzetesek. A szimuláció biztonságosabb is, gyorsabb is. A szimulációs képesség fejlődése, úgy tűnik, a szubjektív tudatosságban érte el csúcspontját. Hogy ennek miért kellett így történnie, az számomra a modern biológia legalapvetőbb rejtélye. Nincs okunk feltételezni, hogy az elektronikus számítógép tudatos, amikor szimulál, noha el kell ismernünk, hogy a jövőben még azzá válhat. A tudatosság talán akkor bukkan föl, amikor a világ szimulációja annyira teljessé válik, hogy az agynak önmaga modelljét is bele kell foglalnia. Nyilvánvaló, hogy a túlélőgép végtagjainak és testének a szimulált világ fontos részét kell alkotniuk; feltehetőleg ugyanezen okból magát a szimulációt is a szimulálandó világ részének lehet tekinteni. Ezt más szóval csakugyan nevezhetjük „öntudatnak” is, én azonban nem találom teljesen kielégítőnek a tudatosság evolúciójának ezt a magyarázatát, s ennek csak egyik oka az, hogy végtelen regresszióval jár – ha van a modellnek modellje, akkor miért ne lenne a modell modelljének is modellje...?

Bármilyen filozófiai problémákat vet is fel a tudatosság kérdése, mondanivalónk szempontjából azon evolúciós

folyamat csúcspontjának tekinthetjük, amelynek során a végrehajtó szerepet játszó túlélőgépek felszabadulnak a gének uralma alól. Az agy nem csupán a túlélőgép ügyeinek mindennapos irányítását végzi, hanem azt a képességet is megszerezte, hogy megjósolja a jövőt, s ennek megfelelően cselekedjen. Még az a hatalma is megvan, hogy fellázadjon a gének parancsai ellen, például azzal, hogy megtagadja, hogy annyi gyermeke legyen, amennyi csak lehetne. E tekintetben azonban az ember, mint látni fogjuk, nagyon sajátos eset.

Mi köze van mindennek az önzetlenséghez és az önzéshez? Azt a gondolatot próbálom felépíteni, hogy az akár önzetlen, akár önző állati viselkedés irányításában a gének csak közvetett, noha nagyon erőteljes szerepet játszanak. A gének azáltal, hogy megszabják a túlélőgépek és idegrendszerük felépítésének módját, végső hatalmat gyakorolnak a viselkedés fölött. A következő lépésre vonatkozó aktuális döntéseket azonban az idegrendszer hozza. A gének az elsődleges stratégiák; az agyak a végrehajtók. De ahogy az agyak egyre magasabb fejlettségi fokot érnek el, egyre többet vesznek át a tényleges stratégiai döntésekből, olyan trükkök alkalmazásával, mint például a tanulás és a szimuláció. E fejlődési irány logikus végkifejlete, amit még egyetlen faj sem ért el, az volna, hogy a gének túlélőgépeiknek egyetlen átfogó stratégiai utasítást adnak: tedd azt, amit a mi életben maradásunk szempontjából a legjobbnak tartasz.

Ezek a számítógépekkel és az emberi döntéshozatallal való analógiák mind nagyon szépek. Most azonban már

vissza kell térnünk a földre, és emlékeznünk kell arra, hogy az evolúció valójában lépésről lépésre, a génkészlet génjeinek eltérő túlélése révén halad. Ezért ahhoz, hogy egy viselkedésminta – önzetlen vagy önző – kifejlődjön, szükséges, hogy az illető viselkedést okozó gén nagyobb sikerrel maradjon fenn a génkészletben, mint valamilyen más viselkedést „okozó” vetélytársa (alélja). Az önzetlen viselkedés génje olyan gént jelent, amely az idegrendszer kifejlődését oly módon befolyásolja, hogy azok valószínűleg önzetlenül viselkednek. Van-e vajon olyan kísérleti adat, amely az önzetlen viselkedés biológiai öröklődését támasztja alá? Nincs, ám ez aligha meglepő, mivel általában nem sokat tudunk a viselkedés öröklődéséről. De hadd számoljak be egy olyan viselkedésmintára vonatkozó kutatásról, amely történetesen nem nyilvánvalóan önzetlen, de elég összetett ahhoz, hogy érdekes legyen számunkra. Ez modellül szolgálhat az önzetlen viselkedés öröklődésére.

A méhek gyakran szenvednek fertőző lárvathadástól. A betegség a sejtekben levő lárvákat támadja meg. A méhészek házasított tenyészetek közül némelyek jobban ki vannak téve ennek a betegségnek, mint mások, és kiderült, hogy a törzsek között – legalábbis bizonyos esetekben – viselkedésbeli különbség van. Vannak úgynevezett higiénikus törzsek, melyek gyorsan megszüntetik a járványt azáltal, hogy megkeresik a fertőzött lárvákat, kihúzzák őket a sejtől, és kidobják a kasból. A betegségre fogékonyabb törzsek azért fogékonyabbak, mert nem gyakorolják ezt a higiénikus gyermekgyilkosságot. A higiénikus viselkedés

valójában meglehetősen bonyolult. A dolgozóknak meg kell találniuk minden fertőzött lárva sejtjét, el kell távolítaniuk a sejtről a viaszfedőt, ki kell húzniuk a lárvát, el kell vonszolniuk a kas ajtajához, és ki kell dobniuk a szemétre.

A méhekkal való genetikai kísérletezés különféle okok miatt nagyon bonyolult dolog. Maguk a dolgozó méhek normális körülmények között nem szaporodnak, így aztán az egyik törzs királynőjét kell kereszteznünk a másik törzsből való hímekkel (herével), majd meg kell figyelniük a nőtény dolgozó utódok viselkedését. W. C. Rothenbuhler éppen ezt tette. Azt tapasztalta, hogy az első hibrid nemzedékben egyetlen méh sem volt higiénikus: a higiénikus szülők viselkedésmódja látszólag elveszett. Később kiderült, hogy a higiénikus gének nem vesztek el, csak recesszívek, mint az ember esetében a kék szem génjei. Amikor Rothenbuhler „visszakeresztelte” az első generációs hibrideket a tiszta higiénikus törzssel (természetesen megint csak királynőket és heréket használva fel), gyönyörű eredményeket kapott. Az utódnemzedék három csoportra oszlott. Az egyik csoport tökéletes higiénikus viselkedést mutatott, a második egyáltalán nem mutatott higiénikus viselkedést, a harmadik pedig megállt félúton. Ez utóbbi csoport tagjai levették a fertőzött lárvákat tartalmazó sejtekről a viasztetőt, de nem vitték végig a műveletet, és nem dobták ki a lárvákat. Rothenbuhler feltételezte, hogy a higiénikus viselkedésben két különálló gén játszhat szerepet, az egyik a viasztető eltávolításáért felelős, a másik pedig a kidobásért. A normális higiénikus törzsek mindkét génnel rendelkeznek,

a betegségre fogékony törzsekben pedig alléljaik – vetélytársaik – találhatóak meg helyettük. Azok a hibridek, amelyek megálltak félúton, feltehetőleg (dupla adag) tetőlevételi génnel rendelkeztek, de nem volt kidobó génjük. Rothenbuhler arra gondolt, hogy a látszólag egyáltalán nem higiénikus méhekből álló kísérleti csoport esetleg egy olyan alcsoportot is rejt, amelyben megvan a kidobó gén, de nem mutatkozhat meg mivel hiányzik a tetőeltávolítás génje. Ezt a sejtését rendkívül elegánsan igazolta: ő maga távolította el a viasztetőket. S lám, a látszólag nem higiénikus méhek fele tökéletes kidobó viselkedést mutatott.

Ez az eset számos fontos tételt illusztrál, melyek az előző fejezetben merültek fel. Azt mutatja, hogy tökéletesen helyénvaló lehet az „ilyen és ilyen viselkedés génjéről” beszélni, még akkor is, ha a leghalványabb elképzelésünk sincs a géntől a viselkedéshez vezető embrionális folyamatok kémiai részleteiről. Az oksági láncról még az is kiderülhet, hogy a tanulásnak is szerepe van benne. Lehetséges például, hogy a tetőeltávolítási gén azáltal fejt ki hatását, hogy megszeretteti a méheket a fertőzött viasz ízét. Ez azt jelenti, hogy a betegség áldozatait lezáró viasztetők elfogyasztása jutalom, ezért szívesen megismétlik. Még ha így működik is ez a gén, akkoris joggal nevezzük „tetőeltávolítást okozó” géneknek, feltéve, hogy egyéb feltételek azonossága esetén a génnel rendelkező méhek eltávolítják a viasztetőt, a génnel nem rendelkező méhek pedig nem.

Másodszor, példánk illusztrálja azt a tényt, hogy a gének, a közös túlélőgép viselkedésére gyakorolt hatásukat tekintve,

„együtműködnék”. A kidobó gén a tetőeltávolító gén nélkül haszontalan és viszont. Mégis, a genetikai kísérletek ugyanilyen világosan kimutatják, hogy a két gén elvben teljesen külön-külön járhatja útját nemzedékről nemzedékre. Ami hasznos munkájukat illeti, egyetlen együtműködő egységnek tekinthetjük őket, de szabad és független génekként replikálódnak.

A gondolatmenet kedvéért ki kell majd találnunk a legkülönfélébb valószínűtlen dolgokat „okozó” géneket. Ha majd például a „társakat a vízbe fulladástól megmentő” hipotetikus génről beszélek, és az effajta elgondolást hihetetlennek fogják találni, emlékezzenek a higiénikus méhek történetére. Jusson eszükbe, hogy a gén nem egyetlen megelőző oka mindama összetett izom-összehúzódnak, érzékszervi integrációnak, sőt tudatos döntésnek, amelyek a mentő cselekedet összetevői. Semmit nem mondunk arról a kérdésről, hogy a tanulás, a tapasztalat vagy a környezeti hatások beleszólnak-e a viselkedés fejlődésébe. Mindössze azt kell elfogadnia az olvasónak, hogy lehetséges, hogy egyetlen gén, egyéb feltételek azonossága és egy sor más, lényeges gén és környezeti tényező jelenléte esetén, nagyobb valószínűséggel készíti hordozóját arra, hogy megmentsen valakit a vízbe fulladástól, mint az allélja tenné. A két gén közötti különbségről kiderülhet, hogy alapjában véve valamilyen egyszerű mennyiségi változó csekély különbségéről van szó. Az embrionális fejlődés részletei, bármi érdekesek legyenek is, lényegtelenek az evolúciós megfontolások szempontjából. Konrad Lorenz jól

foglalmazta meg ezt a tételt.

A gének nagyszerű programozók, s a programozás számukra élet-halál kérdése. Aszerint ítéltetnek meg, hogy programjaik milyen sikerrel birkóznak meg mindazokkal a viszontagságokkal, amelyekkel túlélőgépeik az életben szembekerülnek, s a bíró a túlélés ítélőszékének könyörtelen bírója. Később rá fogunk térni arra, hogy a látszólag önzetlen viselkedés hogyan segítheti elő a gének fennmaradását. De a túlélőgép és a döntéseket hozó agy az egyed túlélésének és szaporodásának ad nyilvánvaló elsőbbséget. A „kolónia” összes génje egyetértene ezzel az elsőbbséggel. Az állatok tehát sok mindent megtesznek azért, hogy megtalálják és megszerezzék a táplálékot; elkerüljék, hogy megfogják és megegyék őket; elkerüljék a betegséget és a balesetet; megvédjék magukat a kedvezőtlen éghajlati viszonyoktól; ellenkező nemű társakat találjanak, és rávegyék őket a párosodásra; s hogy előnyöket adjanak át gyermekeiknek, hasonlóakat azokhoz, melyeket maguk is élveznek. Nem idézek példákat – ha az olvasó igényli őket, figyelje meg alaposan azt a vadállatot, amellyel legközelebb találkozik. De meg kívánok említeni egy konkrét viselkedésformát, mert majd újra hivatkoznunk kell rá, amikor az önzetlenségről és önzésről fogunk beszélni. Ez az a viselkedés, amelyet tágabb értelemben kommunikációnak nevezhetünk.

Egy túlélőgépről akkor mondhatjuk, hogy kommunikált egy másikkal, ha befolyásolja annak viselkedését vagy idegrendszerének állapotát. Ez nem olyan definíció, amit messzemenően megvédenék, de jelen céljainkra megteszi.

Befolyásoláson közvetlen oki hatást értek. A kommunikációra számos példa van: a madárdal, a békák és tücskök éneke, a kutyák farkcsóválása és szőrborzolása, a csimpánzok „vigyorgása”, az emberi gesztusok és nyelv. A túlélőgépek cselekedetei gyakran közvetve azzal szolgálják génjeik jólétét, hogy más túlélőgépek viselkedését befolyásolják. Az állatok sokat tesznek azért, hogy a kommunikáció hatékony legyen.

A madárdalok gyönyörködtetik és elbűvölik minden kor emberét. Már utaltam a hosszú szárnyú bálna még kifinomultabb és még rejtélyesebb énekére, amely bámulatos hangterjedelmével átfogja az emberi hallás teljes tartományát, az infrahang morajlásától az ultrahang nyüzsitéséig. A lótetűk sztentori erejűvé fokozzák dalukat azáltal, hogy földbe vájt üregben énekelnek, melyet gondosan hangszórótölcsér formájúra ásnak. A méhek táncolnak a sötétben, hogy pontos felvilágosítást adjanak a többieknek a táplálék irányáról és távolságáról, s e kommunikációs teljesítményükkel csak az emberi nyelv vetekszik.

Az etológusok hagyományos szövege az, hogy a kommunikációs jelek a küldő és a fogadó kölcsönös előnyére fejlődnek ki. A kiscsirkék például azzal befolyásolják anyjuk viselkedését, hogy magas, átható csipogást hallatnak, ha eltévedtek vagy fáznak. Ez rendszerint a kotlós azonnali megjelenését vonja maga után, aki visszavezeti a kiscsirkét társaihoz. E viselkedésről elmondhatjuk, hogy kölcsönös előnyükre fejlődött ki, abban az értelemben, hogy a természetes

szelekció kedvezett azoknak a kiscsirkéknek, akik csipogtak, ha eltévedtek, és ugyancsak kedvezett azoknak a kotlósoknak, akik a csipogásra megfelelőképpen válaszoltak.

Ha tetszik (valójában nem szükséges), a jeleket, mint például a csipogó hívást, felfoghatjuk úgy, mintha jelentéssel bírnának vagy információt hordoznának; ebben az esetben azt, hogy „eltévedtem”. A kisebb madarak vészkiáltásáról, amint az első fejezetben említettem, mondhatjuk, hogy azt az információt közvetíti, hogy „itt a héja”. Azok az állatok, akik felfogják az információt és reagálnak rá, jól járnak. Ezért erről az információról azt mondhatjuk, hogy igaz. De vajon közölnek-e egyáltalán az állatok hamis információt; előfordul-e egyáltalán, hogy hazudnak?

Az állatok hazugságával kapcsolatos megjegyzés félreérthető lehet, s így meg kell próbálnom a félreértésnek elébe vágni. Emlékszem egy előadásra, amit Beatrice és Allen Gardner tartottak híres „beszélő” csimpánzokról, Washoe-ról. (A csimpánz az amerikai jelbeszédet használja, és teljesítménye nagyon érdekes lehet anyelvések számára is.) A hallgatóság soraiban néhány filozófus is volt, és az előadást követő vita során erősen foglalkoztatta őket az a kérdés, hogy vajon tudna-e Washoe hazudni. Gyanítom, hogy Gardnerék úgy gondolták, ennél érdekesebb téma is volna, s én egyetértettem velük. Ebben a könyvben a „becsap” és „hazudik” szavakat sokkal közvetlenebb értelemben használom, mint azok a filozófusok. Őket a félrevezetés

tudatos szándéka érdekelte. Én egyszerűen a félrevezetéssel, becsapással funkcionálisan egyenértékű hatásról beszélek. Ha egy madár az „itt a héja” jelet használja, amikor nincs is ott a héja, s ezzel társait elriasztja, így neki maradhat az összes táplálék, mondhatjuk, hogy hazudott. Ezt nem úgy kell értenünk, hogy tudatosan törekedett becsapásukra. Csupán arról van szó, hogy a hazug eleséghez jutott a többi madár rovására, s a többi madár elmenekülésének az volt az oka, hogy a hazug madár kiáltására úgy reagáltak, ahogy az a héja jelenlétében volna helyes.

Sok ehető rovar, mint az előző fejezetben említett lepkék is, úgy védi magát, hogy más undorító vagy fullánkös rovarok külső megjelenését utánozza. Mi magunk is gyakran járunk úgy, hogy a sárga-fekete csíkos zengőlegyeket balgán darazsaknak nézzük. Bizonyos méheket utánzó legyek álruhája még tökéletesebb. A ragadozók is hazudnak. A horgászhal türelmesen vár a tenger fenekén, a háttérbe olvadva. Egyetlen feltűnő testrésze a fejről kinyúló hosszú „horgászbot” végén izgó-mozgó, kukacszerű húsdarab. Amikor egy kis préda hal a közelbe kerül, a horgászhal elkezd táncoltatni kukacszerű csaliját a kis hal előtt, és így rejtett szája közelébe csalogatja. Hirtelen kinyitja állkapcsait, és a kis halat beszívja, és megeszi. A horgászhal hazudik, kihasználja a kis halnak azt a hajlamát, hogy megközelítse a tekergőző, kukacra emlékeztető tárgyakat. „Itt egy kukac”, mondja, s minden kis hal, aki „hisz” a hazugságnak, hamar áldozatául esik.

Némely túlélőgépek mások nemi vágyait használják ki.

Egyes orchideák arra készítetik a méheket, hogy kopuláljanak virágaikkal. Ezt úgy érik el, hogy nagyon erősen emlékeztetnek a nőstényméhekre. Az orchidea haszna a csalásból a megporzás, mivel a két orchidea által lóvá tett méh akaratlanul átvviszi a pollent az egyikről a másikra. A szentjánosbogarak villogó fénnel vonzzák magukhoz a párjukat. Minden fajuknak megvan a maga morzejelmintája, ami megakadályozza a fajok közti keveredést s az ebből fakadó káros hibridizációt. Ahogy a tengerészek bizonyos világítótoronyok fényjelzéseit követik, ugyanúgy kutatnak a szentjánosbogarak saját fajuk kódolt fényjelzései után. A *Photuris* nemhez tartozó nőstények felfedezték, hogy becsaphatják a *Photinus* nem hímjeit, és magukhoz csalogathatják őket, hogyha a *Photinus* nőstény fénykódját utánozzák. Így is tesznek, s amikor a megtévesztett *Photinus* hím a közelükbe megy, a *Photuris* nőstény megeszi. Eszünkbe jutnak a szirének, és Loreley ötlük fel bennünk, de a cornwalliak inkább a régi idők tengeri rablóira gondolnak, akik lámpákkal a szirtek közé csalták a hajókat, majd a roncsból elrabolták a rakományt. Valahányszor egy kommunikációs rendszer kialakul, mindig fennáll az a veszély, hogy némelyek a rendszert saját céljaikra fogják kihasználni. Minthogy abban a felfogásban nőttünk fel, hogy az evolúció „a faj javát” szolgálja, először természetesen arra gondolunk, hogy a hazugok és csalók más fajokhoz tartoznak: ragadozókhöz, zsákmányállatokhoz, élősködőkhöz és így tovább. Mindig számítanunk kell azonban hazugságra és csalásra és a

kommunikáció önző kihasználására, amikor a különböző egyedek génjeinek érdekei eltérnek egymástól. Ez ugyanazon faj egyedeire is vonatkozik. Mint látni fogjuk, még arra is számítanunk kell, hogy a gyerekek becsapják szüleiket, a férjek megcsalják feleségeiket, és a testvér hazudik a testvérnek.

Még az is túlzott egyszerűsítés, ha azt hisszük, hogy az állati kommunikációs jelek eredetileg a kölcsönös előnyök érdekében fejlődtek ki, csak azután használták ki őket a rosszindulatú társak. Könnyen lehet, hogy minden állati kommunikációban kezdettől fogva benne rejlik a csalás eleme, mivel minden állati interakció legalábbis bizonyos mértékű érdekütközéssel jár. A következő fejezet rávilágít, hogy evolúciós nézőpontból hogyan szemlélhetjük az érdekellentéteket.

V. Agresszió: stabilitás és az önző gép

Ez a fejezet főképp az agresszió súlyosan félreértett témájáról szól. Az egyedet továbbra is önző gépként fogjuk kezelni, melynek programja mindent előír, ami csak génjeinek összessége szempontjából a legjobb. Ez a kényelmes nyelv. A fejezet végén visszatérünk az egyes gének nyelvéhez.

Egy túlélőgép számára egy másik túlélőgép (amely nem gyermeke vagy valamely más közeli rokona) környezetének része, mint egy szikla vagy egy folyó, vagy egy táplálékdarab. Olyasmi, ami az útját állja, vagy amit felhasználhat. Egy fontos szempontból különbözik a

sziklától vagy a folyótól: hajlamos visszaütni. Persze hogy hajlamos, hiszen az is egy gép, amely halhatatlan géneket hordoz magában a jövő számára, s amely megóvásuk érdekében szintén nem hátrál meg semmitől. A természetes szelekció azoknak a géneknek kedvez, amelyek oly módon irányítják túlélőgépeiket, hogy azok minél jobban kihasználják környezetüket. Ebbe beletartozik az is, hogy minél jobban kihasználják mind a saját fajukhoz, mind a más fajokhoz tartozó többi túlélőgépet.

Bizonyos esetekben a túlélőgépek látszólag csekély hatással vannak egymás életére. Például a vakondok és a feketerigók nem eszik meg egymást, nem párosodnak egymással, nem veszik birtokba egymás életterét. Ennek ellenére, nem szabad azt hinnünk, hogy egymástól teljesen elszigeteltek. Még ők is versenghetnek valamiért, például földigilisztákért. Ez nem azt jelenti, hogy az olvasó valaha is látni fog egy vakondot és egy feketerigót, amint egy féreg fölött közelharcot vívnak; csakugyan, meglehet, hogy egy feketerigó még csak nem is lát vakondot egész életében. Ám ha eltörölnénk a Föld színéről a vakondpopulációt, ennek hatása a feketerigókra drámai lehet, ámbár nem merek találgatásokba bocsátkozni a következmények részleteiről, sem pedig arról, hogy milyen tekervényesen közvetett utakon érvényesülhet ez a hatás.

A különböző fajokhoz tartozó túlélőgépek változatos módon hatnak egymásra. Lehetnek ragadozók vagy prédák, élősködők vagy gazdaállatok, vagy versenghetnek valamely szűkös forrásért.

A kizsákmányolás sajátos formáinak eshetnek áldozatul,

mint például azok a méhek, amelyeket virágporthordozóként használnak a virágok.

Ugyanazon faj túlélőgépei jobbára közvetlenebb hatással vannak egymás életére. Ennek sok oka van. Az egyik az, hogy a saját faj populációjának fele potenciális szexuális partner, vagyis a saját utódok szorgos és kihasználható szülője lehet. Egy másik ok, hogy ugyanazon faj tagjai – minthogy nagyon hasonlóak egymáshoz, és azonos helyen, azonos jellegű életmóddal kell megőrizniük génjeiket – közvetlen vetélytársak az élethez szükséges összes javak tekintetében. Egy feketerigó számára lehet vetélytárs egy vakond, de közel sem olyan fontos vetélytárs, mint egy másik feketerigó. A vakondok és a feketerigók versenghetnek a férgekért, rovarlárvákéért, feketerigó és feketerigó azonban verseng a férgekért és minden egyébért. Ha azonos neműek, akkor versenghetnek a párjukért is. Később tárgyalandó okoknál fogva, rendszerint a hímek versengenek egymással a nőstényekért. Ez azt jelenti, hogy egy hím jót tehet saját génjeivel, ha árt egy másik hímnek, a vetélytársának.

Egy túlélőgép számára ezért látszólag logikus stratégia, hogy megölje vetélytársait, majd ha lehet, megegye őket. Noha gyilkosság és kannibalizmus csakugyan előfordulnak a természetben, mégsem olyan gyakoriak, ahogy az az önzőgén-elmélet naiv értelmezéséből következne. Valóban, Konrad Lorenz „Az agresszióról” című könyvében az állatok küzdelmének visszafogott és lovagias jellegét hangsúlyozza. Számára az állatok harcában az a figyelemre méltó, hogy formális lovagi tornák, melyeket az

állatok a box vagy a vívás szabályaihoz hasonló szabályok szerint vívnak. Az állatok kesztyűs kézzel és tompa pengével harcolnak. Fenyegetés és blöff helyettesíti a véres komolyságot. A győztesek felismerik a megadás gesztusait, s azután tartózkodnak attól, hogy gyilkos ütéssel vagy harapást mérjenek ellenfelükre, amit pedig naiv elméletünk jósolna.

Az állati agresszió az az értelmezése, mely szerint tartózkodó és formális volna, vitatható. Egészen bizonyosan helytelen azt állítani a jó öreg Homo Sapiensről, hogy az egyetlen faj, mely megöli saját vérének, az egyetlen örököse Káin bélyegének, vagy hasonló melodramai vádakkal illetni. Hogy a megfigyelő az állati agresszió heves vagy visszafogott voltát hangsúlyozza-e, az részben azon múlik, hogy korábban milyen állatokkal voltak tapasztalatai, részben pedig evolúciós előfeltevésein – Lorenz végül is a „faj érdekét” szem előtt tartó felfogás híve. De még ha eltúlozzák is, az állati küzdelmek visszafogottsága, legalábbis részben, igaz. Felszínesen az önzetlenség egy formájának látszik. Az önzőgén-elméletnek szembe kell néznie azzal a nehéz feladattal, hogy ezt megmagyarázza. Vajon az állatok miért nem ragadnak meg minden kínálkozó alkalmat arra, hogy megöljék saját fajukhoz tartozó vetélytársaikat?

Általánosságban azt válaszolhatjuk, hogy nemcsak előny származik a kíméletlen harciasságból, hanem ára is van, s nem csak a nyilvánvaló idő- és energiabefektetés. Tegyük fel például, hogy B és C egyaránt vetélytársaim, és én történetesen összetalálkozom B-vel. Ésszerűnek látszik,

hogy mint önző egyén, megpróbáljam megölni. De várjunk csak! C ugyancsak vetélytársam, és C vetélytársa B-nek is. B megölésével potenciálisan szívességet teszek C-nek, hiszen eltávolítom egyik vetélytársát. Lehet, hogy jobban járok, ha B-t életben hagyom, mert akkor versenghet vagy megküzdhet C-vel, s ezáltal közvetve javamat szolgálhatja. Ennek az egyszerű hipotetikus példának az a tanulsága, hogy nem feltétlenül járok jól, ha válogatás nélkül megpróbálom megölni vetélytársaimat. A vetélkedések nagyon bonyolult rendszerében az egyik vetélytárs eltávolítása a színről nem jár szükségképpen haszonnal: lehet, hogy más vetélytársak könnyebben húznak hasznot halálából, mint én magam. Ez az a kemény lecke, amit a kártevők ellen küzdő hatóságok lassan megtanulnak. Van egy veszélyes mezőgazdasági kártevőnk, találunk egy jó módszert a kiirtására, nagy vidáman ki is pusztítjuk, hogy azután arra kelljen ébrednünk, hogy ebből egy másik kártevő több hasznot húz, mint a mezőgazdaság, s a végén rosszabbul járunk, mintha nem csináltunk volna semmit.

Másfelől jó tervnek látszik, hogy bizonyos kiválasztott vetélytársakat pusztítsunk el, vagy legalábbis velük vívjunk meg. Ha B egy elefántfóka, akinek nagy háreme van, tele nőstényekkel, én pedig, egy másik elefántfóka, megszerezhetem a háremét azzal, hogy megölöm, akkor esetleg jól teszem, ha reá támadok. De még a szelektív harciasságnak is van ára és kockázata. B-nek érdeke, hogy felvegye a harcot, és megvédje értékes tulajdonát. Ha harcot kezdeményezek, éppoly valószínű, hogy én végzem holtan, mint az, hogy ő. Sőt talán még valószínűbb, hogy én.

B-nek érték van a birtokában, épp ez az, amiért harcolni akarok vele. De miért van neki? Talán harcban szerezte. Valószínűleg legyőzött már más kihívókat is előttem. Valószínűleg jó harcos. Még ha győzők is a viadalban, és elnyerem a háremet, lehet hogy olyan súlyosan megsebesülök a küzdelemben, hogy nem élvezhetem a győzelem előnyeit. A harc időt és energiát emészt. Lehet, hogy jobban teszem, ha ezekkel egyelőre takarékoskodom. Ha egy ideig a táplálkozásra és a bajok elkerülésére összpontosítok, nagyobbá és erősebbé fejlődöm. A végén meg fogok küzdeni vele a háremért, de lehet, hogy nagyobb esélyem lesz a végső győzelemre, ha várok, mint hogyha azonnal nekirontok.

E szubjektív monológ csupán az egyik mód annak bizonyítására, hogy a „harcolni vagy nem harcolni” döntést ideális esetben meg kell előznie egy bonyolult, bár tudattalan „költség-haszon” kalkuláció. A lehetséges érvek egy része nem a harc mellett szól, ámbár kétségtelen, hogy némelyek igen. Hasonlóképpen, a harc során minden olyan taktikai döntésnek, hogy fokozzuk-e a harc hevét, vagy hűtsük le inkább, megvan a maga költsége és haszna, melyeket elvben elemezni lehet. Homályosan ezt már régen felismerték az etológusok, de J. Maynard Smithre volt szükség, akit nem szokás etológusnak tekinteni, hogy valaki ezt a gondolatot erőteljesen és világosan kifejtse. G. R. Price-szal és G. A. Parkerrel együttműködve, a matematika játékelmélet néven ismert ágát használják fel. Elegáns gondolataik megfogalmazhatók szavakban is, matematikai jelek nélkül, noha így veszítenek valamit

tudományos szigorukból.

A központi fogalom, amit Maynard Smith bevezet, az evolúciósan stabil stratégia, melynek gondolatát W. D. Hamilton és R. H. MacArthur munkásságára vezeti vissza. A „stratégia” előre beprogramozott viselkedési mód. Íme egy példa a stratégiára: „Támadd meg az ellenfelet; ha menekül, üldözd; ha viszonzza a támadást, menekülj el”. Fontos felismerni, hogy nem tudatosan kidolgozott stratégiákról van szó. Emlékezzünk rá, hogy az állatokat olyan automata túlélőgépekként ábrázoltuk, amelyekben egy előre beprogramozott számítógép vezérli az izmokat. Ha a stratégiát egyszerű magyar nyelvű utasításokként írjuk le, ez csupán a mi kényelmünket szolgálja. Valamilyen meg nem határozott mechanizmus révén az állat úgy viselkedik, mintha ezeket az utasításokat követné.

Evolúciósan stabil stratégiák – vagy ESS-ek – a definíció szerint azok, amelyeket – miután a populációban uralkodóvá váltak – alternatív stratégiák nem múlhatnak felül. Ez finom és fontos gondolat. Másképp úgy fogalmazhatnánk meg, hogy egy egyed legjobb stratégiája attól függ, hogy mit tesz a népesség többsége. Mivel a populáció többi része egyedekből áll, melyek mindegyike maximálisra próbálja növelni saját sikerét, egyedül az a stratégia marad fenn, amelyet, ha egyszer már kialakult, egyetlen deviáns egyed sem múlhat felül. Egy nagyobb környezetváltozást követhet egy rövid, evolúciós szempontból labilis időszak, sőt talán oszcilláció is a populációban. Ám az ESS, ha egyszer már kialakult, megmarad: a szelekció bünteti az attól való eltérést.

Ezt a gondolatot az agresszióra alkalmazva, vegyük szemügyre, Maynard Smith legegyszerűbb hipotetikus esetét. Tegyük fel, hogy csak kétfajta harci stratégia van egy adott faj populációjában, s nevezzük el ezeket héjának és galambnak. (A nevek a szokásos emberi szóhasználatra utalnak, és nincsenek kapcsolatban azoknak a madaraknak a szokásaival, akiktől a nevek származnak: a galambok valójában meglehetősen agresszív madarak). Hipotetikus népességünk bármely egyede a héja- vagy a galambosztályba sorolható. A héják mindig olyan elszántan és gátlástalanul harcolnak, ahogy csak tudnak, s csak akkor hátrálnak meg, ha súlyosan megsebesültek. A galambok csupán fenyegetnek, a konvenciót tiszteletben tartó módon, és sohasem bántalmaznak senkit. Ha héja harcol galambbal, akkor a galamb hamarosan elmenekül, s így nem sérül meg. Ha héja harcol héjával, akkor addig folytatják, amíg egyikük súlyosan megsebesül vagy elpusztul. Ha galamb mérkőzik galambbal, egyikük sem sérül meg; hosszú időn át különböző harci pózokba vágják magukat, mígnem valamelyikük kifárad, vagy úgy dönt, hogy már nem is érdekli a dolog, ezért meghátrál. Egyelőre feltételezzük, hogy egy egyénnek nincs módja előre megmondani, vajon egy adott vetélytárs héja-e vagy galamb. Ezt csak akkor fedezi fel, ha harcba keveredik vele, és nincsenek emlékei konkrét egyedekkel folytatott múltbeli viadalokról, melyek vezethetnének.

„Pontozzuk” egy pusztán önkényes megállapodás szerint a küzdő feleket. Mondjuk, 50 pontot adunk a győzelemért, 0

pontot a vereségért, -100-at a súlyos sebesülésért, és -10-et azért, ha az egyed hosszan tartó szembenállásra vesztegeti idejét. Ezeket a pontokat felfoghatjuk úgy, hogy közvetlenül átválthatók a géntúlélés fizetőeszközére. Az az egyed, amely magas pontszámot ér el, azaz magas az átlagos „nyeresége”, sok gént hagy hátra a génkészletben. A tényleges számértékeknek tág határok között nincs jelentőségük az elemzés szempontjából, de segítenek minket a problémáról való gondolkodásban.

Az a fontos, hogy minket nem az érdekel, hogy a héják megverik-e a galambokat, amikor megvívnak velük. Erre már tudjuk a választ: mindig a héják győznek. Azt szeretnénk tudni, hogy a héja vagy a galamb evolúciósan stabil stratégia-e. Ha az egyik ESS, a másik pedig nem, akkor arra kell számítanunk, hogy az fog tovább fejlődni, amelyik ESS. Elméletileg lehetséges, hogy két ESS legyen, mégpedig akkor, ha bármely adott egyed számára a legjobb stratégia az volna, hogy igazodik a többihez, bármi legyen is a populáció többségének stratégiája. Ez esetben a populáció a történetesen elsőnek kialakult stabil állapotot őrizné meg, bármelyik lenne is az a kettő közül. Valójában azonban, mint mindjárt látni fogjuk, önmagában a héja- és a galambstratégia egyike sem evolúciósan stabil, ezért nem számíthatunk arra, hogy valamelyikük is kifejlődjön. Ennek bebizonyításához ki kell számítanunk az átlagos nyereségeket.

Tételezzünk fel egy teljes egészében galambokból álló populációt. Valahányszor harcolnak, senki sem sérül meg. A viadalok hosszan tartó rituális lovagi tornákból állnak,

talán a párok meredten nézik egymást, ami csak akkor ér véget, amikor az egyik vetélytárs visszakozik. A győztes ekkor 50 pontot kap, amiért hozzájutott a vitatott javakhoz, de 10 pont büntetést fizet, amiért a hosszú erőpróbára vesztegette idejét, s így eredménye 40 pont. A vesztes is 10 pont büntetést kap ideje pocsékolásáért. Átlagosan minden egyes galamb arra számíthat, hogy a viadatok felét megnyeri, felét pedig elveszti. Ezért a küzdelmenkénti átlagos nyeresége +40 és -10 átlaga, vagyis +15. Úgy tűnik tehát, hogy a galambpopuláció minden egyedének egészen jól megy a sora.

De most tételezzük fel, hogy egy héja mutáns bukkan fel a populációban. Mivel ő az egyetlen héja a környéken, minden küzdelmét galamb ellen vívja. A héják mindig legyőzik a galambokat, így a mutáns minden viadalban 50 pontot kap, ez az átlagos nyeresége. Óriási előnyt élvez a galambokkal szemben, akiknek a tiszta nyeresége csupán 15 pont. Ennek következtében a héja gének gyorsan elterjednek a populációban. Most már azonban a héják nem számíthatnak többé arra, hogy minden vetélytársuk galamb lesz. Szélsőséges példával élve, ha a héja gén olyan sikeresen terjedt el, hogy most már az egész populáció héjából áll, akkor eztán minden harcot héják fognak megvívni. A helyzet így már egészen más. Amikor héja mérkőzik héjával, egyikük súlyosan megsebesül, ez mínusz 100 pontot jelent, míg a győztes 50 pontot nyer. A héjapopuláció minden tagja arra számíthat, hogy viadal felét megnyeri, felét pedig elveszíti. Viadalonkénti átlagos várható nyeresége ezért félúton lesz +50 és -100 között, ez

pedig -25. Fontoljuk meg mármost, hogy mi történik egyetlen galambbal a héjapopulációban. Nem vitás, minden viadalát elveszíti, ugyanakkor sohasem sérül meg. Egy héjapopulációban átlagos nyeresége 0, míg egy héja átlagos nyeresége ugyancsak héjapopulációban -25. Ennélfogva a galamb gének terjednek a populációban. Elbeszélésem alapján úgy látszik, mintha állandó oszcilláció folya a populációban. A héja gének elsöprő fölénybe kerülnek; ezután a héja többség következtében a galamb gének tesznek szert előnyre, s számuk növekszik egészen addig, amíg újra a héja gének kezdenek prosperálni és így tovább. Nincs szükség azonban ilyen oszcillációra. Van a héjának és galamboknak egy stabil aránya. Az általunk használt önkényes pontrendszerben számolva a stabil arány akkor jön létre, amikor a populáció 5/12 re galambokból, 7/12 re pedig héjából áll. Amint ez a stabil arány kialakult, a héják átlagos nyeresége pontosan megfelel a galambok átlagos nyereségének. A szelekció ezért egyiküknek sem kedvez a másik rovására. Ha a héják száma a populációban nőni kezd, s így az arányuk meghaladja a 7/12-et, akkor a galambok többletnyereségre kezdenek szert tenni, s az arány visszalendül a stabil állapothoz. Ahogy a nemek stabil arányát 50 : 50-nek találjuk, ebben a hipotetikus példában a héja: galamb arány 7 : 5. Mindkét esetben igaz, hogy ha vannak is oszcillációk a stabil pont körül, ezeknek nem kell túlságosan nagyok lenniük.

Felszínesen ez egy kissé a csoportszelekcióra emlékeztet, ám valójában semmi köze hozzá. Azért emlékeztet rá, mert

módot ad arra, hogy a populációt úgy képzeljük el, mint amelynek stabil egyensúlyi helyzete van, melyhez, ha megzavarták, visszatér. Az ESS azonban sokkal finomabban kidolgozott koncepció, mint a csoportszelekció. Nincs szó arról, hogy bizonyos csoportok sikeresebbek lennének, mint mások. Ez kitűnően illusztrálható hipotetikus példánk önkényes pontrendszerének felhasználásával. 7/12 rész héjából és 5/12 rész galambból álló stabil populációban egy egyed átlagos nyeresége $6 \frac{1}{4}$. Ez igaz a héjakra és a galambokra is. Mármost $6 \frac{1}{4}$ sokkal kevesebb, mint a galambok átlagos nyeresége egy galambpopulációban (15). Ha mindenki megegyezne, hogy galamb lesz, minden egyes egyed jól járna. Az egyszerű csoportszelekció szerint bármely csoport, melyben minden egyed kölcsönösen megegyezett abban, hogy galamb lesz, sokkal sikeresebb volna, mint az ESS-nek megfelelő aránynál megmaradó rivális csoportok. (Valójában az a helyzet, hogy egy csak galambokból álló társaság nem a lehető legsikeresebb csoport. Egy 1/6 rész héjából és 5/6 rész galambból álló csoportban a viadalonkénti átlagos nyereség $16 \frac{2}{3}$. Ez a lehető legsikeresebb együttműködés, de jelen célunk szempontjából figyelmen kívül hagyhatjuk. Az egyszerűbb csupa galamb együttes, a maga egyedenkénti 15 pontnyi átlagos nyereségével, sokkal jobb volna minden egyes egyed számára, mint az ESS). A csoportszelekció elmélete ezért a csupa galamb együttes irányába való fejlődést jósolna, mivel egy 7/12 részben héjából álló csoport kevésbé volna sikeres. A megegyezésekkel

azonban – még azokkal is, amelyek hosszú távon mindenkinek előnyére válnak – az a baj, hogy vissza lehet élni velük. Igaz, hogy egy csupa galamb csoportban mindenki jobban jár, mint egy ESS-csoportban járna. Ám sajnos a galamb együttesekben egyetlen héja olyan rendkívül jól jár, hogy semmi sem állíthatná meg a héjék evolúcióját. Az ilyen, megegyezésen alapuló együttesnek ezért az a sorsa, hogy belső árulás zúzza szét. Egy ESS nem azért stabil, mert különösen jó a benne részt vevő egyedek számára, hanem pusztán azért, mert védett a belső árulással szemben.

Az emberek megtehetik, hogy belépjenek olyan szövetségekbe, amelyekben a részt vevő egyének mind jól járnak, még ha azok nem is stabilak az ESS értelmében. Ez azonban csak azért lehetséges, mert minden egyén a tudatos előrelátására épít, s képes belátni, hogy hosszú távon érdekében áll engedelmeskedni a szövetség szabályainak. Még emberi szövetségek esetében is fennáll annak állandó veszélye, hogy egyes egyének rövid távon olyan sokat nyerhetnek a paktum felrúgása révén, hogy a kísértés ellenállhatatlan lesz. Talán a legjobb példa erre az árrögztítés. Minden egyes benzinkutasnak hosszú távú érdeke fűződik ahhoz, hogy a benzin árát egyöntetűen mesterségesen magasán szabják meg. A hosszú távú érdekek tudatos becslésén alapuló kartellek meglehetősen hosszú ideig fennmaradhatnak. Szinte mindig bekövetkezik azonban, hogy valaki nem tud ellenállni a kísértésnek, hogy árai csökkentésével gyors haszonhoz jusson. Szomszédai azonnal követik példáját, s az árcsökkentési hullám

végigsöpör az országon. A mi számunkra sajnálatos módon a benzinkutasok tudatos előrelátása azután újra megszilárdul, és új árrögzítési egyezményt hoznak tető alá. Így hát a jól felismert hosszú távú érdekeken alapuló egyezmények vagy szövetségek még az embernél is – annál a fajnál, melynek megadatott a tudatos előrelátás – állandóan a szakadék szélén billegnek a belső árulás miatt. A vadállatoknál, melyeket a létükért küzdő gének irányítanak, még nehezebb elképzelni, hogy hogyan fejlődhetnének ki a csoport javát szolgáló, megegyezésen alapuló stratégiák. Arra kell számítanunk, hogy mindenütt evolúciósan stabil stratégiákat fogunk találni.

Hipotetikus példánkban azzal az egyszerű feltevessel élünk, hogy bármely egyed vagy héja, vagy galamb. A héják és galambok evolúciósan stabil arányát kaptuk eredményül. Ennek megfelelően a génkészletben a héja gének és a galamb gének stabil aránya jönne létre. A genetikai szakkifejezés erre az állapotra a stabil polimorfizmus. Ami a mennyiségeket illeti, polimorfizmus nélkül a fentivel pontosan egyenértékű ESS érhető el a következőképpen. Ha *minden egyed* képes arra, hogy vagy héjaként, vagy galambként viselkedjen minden konkrét viadalban, akkor olyan ESS alakulhat ki, amelyben minden egyed azonos, esetünkben 7/12-nyi *valószínűséggel* viselkedik héjaként. A gyakorlatban ez azt jelentené, hogy az egyes viadalokba bekapcsolódó egyedek véletlenszerű döntéseket hoznak arról, hogy az adott esetben héjaként vagy galambként viselkedjenek. A döntés véletlenszerű, de 7 : 5 arányú eltolódást mutat a

hévajviselkedés javára. Nagyon fontos, hogy a döntéseknek, noha a hévajviselkedés javára mutatnak eltolódást, véletlenszerűeknek kell lenniük, abban az értelemben, hogy a vetélytárs semmiképpen sem sejtheti, hogy ellenfele hogyan fog viselkedni bármely adott viadalban. Semmi értelme például egymásután hét ízben héját játszani, majd egymás után ötször galambot és így tovább. Ha egy egyed ilyen egyszerű sorozatot alkalmazna, vetélytársai hamarosan rajtakapnák, és előnyükre fordítanak. Az egyszerű sorrendi stratégiát alkalmazó egyeddel szemben úgy lehet előnyre szert tenni, hogy csak akkor játszunk ellene héját, amikor tudjuk, hogy galambot fog játszani.

A héja és galamb kitalált esete természetesen naívan egyszerű. Egy „modell” – azaz olyasmi, ami valójában nem történik meg a természetben, de segít megértenünk azokat a dolgokat, amik tényleg megtörténnek. A modellek lehetnek nagyon egyszerűek, mint ez is, mégis hozzásegítenek ahhoz, hogy valamit megértsünk, vagy ötletünk támadjon. Az egyszerű modelleket tovább lehet fejleszteni, és fokozatosan bonyolultabbá lehet tenni. Ha minden jól megy, ahogy egyre bonyolultabbakká válnak, egyre inkább emlékeztetnek a való világra. A héja és galamb modell továbbfejlesztésének egyik módja, ha hozzálátunk további stratégiák bevezetéséhez. A héja és a galamb nem az egyedüli lehetőségek. A Maynard Smith és Price által bevezetett egyik összetettebb stratégiát bosszúállónak nevezik.

A bosszúálló egyed a galamb szerepét játssza minden viadal kezdetén. Azaz nem indít támadást életre-halálra,

mint egy héja, hanem egyezményes fenyegető pózt vesz fel. Ellenfele támadását azonban megtorolja. Más szóval: a bosszúálló héjaként viselkedik, ha héja támadja meg, s galambként, ha galambbal mérkőzik. Ha egy másik bosszúállóval találkozik, a galamb szerepét játssza. A bosszúálló feltételes stratégia. Magatartása ellenfele viselkedésétől függ.

Egy másik feltételes stratégia a hetvenkedő. A hetvenkedő addig jár-kezel héjaként viselkedve, amíg valaki vissza nem üt. Akkor azon nyomban megfutamodik. Megint másik feltételes stratégia a tapogatózó-bosszúálló. A tapogatózó-bosszúálló alapján véve bosszúállóként viselkedik, de néha kísérletképpen megpróbálkozik a küzdelem rövid felszítésével. Kitart ennél a héjaszerű viselkedésnél, ha ellenfele nem viszonzza a harcot. Ha azonban ellenfele szembeszáll vele, akkor visszatér a galambszerű egyezményes fenyegetéshez. Ha megtámadják, akkor éppúgy visszaüt, mint a közönséges bosszúálló.

Ha számítógéppel szimuláljuk mind az öt említett stratégia egymásra hatását, akkor közülük csupán egy emelkedik ki evolúciósan stabil stratégiaként, mégpedig a bosszúálló stratégia. A tapogatózó-bosszúálló közel stabil. A galamb nem stabil, mert a galambpopulációt elárasztanák a héjak és a hetvenkedők. A héja-viselkedés azért nem stabil, mert a héjak populációját elárasztanák a galambok és a hetvenkedők. A hetvenkedő pedig azért, mert populációjukat elárasztanák a héjak. A bosszúállók populációjába egyetlen más stratégia sem törhet be, mivel nincs más stratégia, ami jobban működne, mint maga a

bosszúálló stratégia. A galambstratégia azonban ugyanolyan jól érvényesül a bosszúállók populációjában. Ez azt jelenti, hogy ha minden más feltétel megegyezik, akkor a galambok száma lassan felfelé kúszna. Mármint ha a galambok száma jelentős mértékben megemelkedne, akkora tapogatózó-bosszúálló (és néha a héja és a hetvenkedő) viselkedés kezdenének előnyre szert tenni, mivel ezek eredményesebbek a galambok ellen, mint a bosszúállók. Maga a tapogatózó-bosszúálló stratégia, a héja- és hetvenkedő stratégiáktól eltérően, majdnem ESS, abban az értelemben, hogy a tapogatózó-bosszúálló egyedek populációjában csak egyetlen stratégia eredményesebb, a bosszúálló stratégia, s az is csupán kismértékben. Ezért azt várhatjuk, hogy a bosszúálló és tapogatózó-bosszúálló viselkedés keveréke válna uralkodóvá, a kettő között talán még enyhe oszcilláció is fellépne, ami a csekély galambkisebbség méretének oszcillációjával függene össze! A rendszert megint csak nem kell polimorfnek elképzelnünk, melyben minden egyed mindig vagy az egyik vagy a másik stratégiát játssza. Minden egyed viselkedése a bosszúálló, a tapogatózó-bosszúálló és a galamb bonyolult keveréke lehetne.

Ez az elméleti következtetés nem esik túlságosan messze attól, amit a legtöbb vadállat esetében ténylegesen tapasztalunk. Bizonyos értelemben ezzel megmagyaráztuk az állati agresszió „kesztyűs kéz” aspektusát. A részletek persze attól függenek, hogy pontosan hány „pont” jár a győzelemért, a sérülésért, az időpocsékolásért és így tovább. Az elefántfókák esetében a győzelem díja például

az, hogy az egyed majdnem kizárólagos uralmat szerezhethet egy nagy hárem felett. A győzelemből származó nyereség értéke tehát nagyon magas. Nem csoda, hogy a viadal nagyon vad, a súlyos sebesülés valószínűsége is nagy. Az időpocsékolás árát feltehetőleg kicsinek kell tekintenünk a sebesülés árához és a győzelem hasznához képest. Egy hideg éghajlat alatt élő kismadár számára ugyanakkor az időpocsékolás ára óriási lehet. A széncinegének, amikor fiókáit eteti, átlagosan 30 másodpercenként kell zsákmányt találnia. A nappal minden másodperce drága. Erre a madárra talán még a héja/héja harc miatti rövid idővesztés is súlyosabb következményekkel jár, mint a sérülés kockázata. Sajnos túlságosan keveset tudunk jelenleg ahhoz, hogy a különböző végkifejletekhez reális költség-haszon értékeket rendelhessünk a természetben. Óvakodnunk kell attól, hogy olyanfajta következtetéseket vonjunk le, melyek egyszerűen a számok önkényes megválasztásából folynak. A fontos általános következtetések a következők: az evolúció az ESS felé halad, az ESS nem azonos a csoportos megegyezés révén elérhető optimummal, és a józan ész félrevezethet bennünket.

A Maynard Smith által vizsgált harci játszmák egy másik típusa az „ellenfél kifárasztása”. E stratégia kialakulását olyan fajok esetében képzelhetjük el, melyek sohasem mennek bele veszélyes ütközetbe, esetleg olyan jól fel vannak fegyverezve, hogy megsebesülésük nagyon valószínűtlen. E fajok minden vitát az egyezményes pózolás segítségével intéznek el. A küzdelmek mindig az egyik

vagy a másik vetélytárs meghátrálásával végződnek. A győzelemhez csupán az kell, hogy megvesd a lábad, és meredten nézd ellenfeledet, míg az végül sarkon fordul. Nyilvánvaló, hogy egyetlen állat sem engedheti meg magának, hogy végtelenül hosszú időt töltsön fenyegetőzéssel; vannak más fontos dolgaik is. A javak értéke, amelyekért az állat harcol, nagy lehet, de nem végtelen. Csupán egy bizonyos mennyiségű időt ér meg, és – mint egy árverésen – minden egyed arra van felkészülve, hogy csupán pontosan annyi időt szánjon rá. E kétszemélyes árverés fizetőeszköze az idő.

Tegyük fel, hogy minden ilyen egyed előre kiszámította, hogy szerinte pontosan mennyi időt érnek meg a kérdéses javak, mondjuk, egy nőstény. Az a mutáns egyed, amelyik hajlandó arra, hogy épp csak egy kicsivel tovább tartson ki, mindig győzni fog. Így hát a rögzített licithatár fenntartásának stratégiája nem stabil. Még akkor sem az, ha a javak értékét nagyon finoman fel lehet becsülni, és az összes egyed pontosan a megfelelő értéket licitálja. Bármely két olyan egyed, aki e maximumstratégia szerint licitál, pontosan ugyanabban a pillanatban adná fel, és egyik sem érné el a célját! Ez esetben jobban megérné az egyednek rögtön a kezdet kezdetén feladni, ahelyett hogy egyáltalán időt vesztegetne a vetélkedésre. A lényeges különbség az ellenfél felörlését célzó hadviselés és a valódi árverés között végül is az, hogy az előbbiben mindkét versenyző megfizeti az árat, de csak egyikük jut a kívánt dolog birtokába. A maximumot licitálók populációjában ezért az azonnali visszakozás stratégiája sikeres lenne, és

elterjedne a népességben. Ennek következtében némi előnyhöz juthatnának azok az egyedek, akik nem adják fel azonnal, hanem előbb várnak néhány másodpercet. Ez a stratégia kifizetődne, ha az azonnali visszakozók ellen játszanák, akik még többségben vannak a populációban. A szelekció ekkor az egyre hosszabb várakozási időnek kedvezne, mígnem újra el érnék azt a maximumot, amit a vitatott javak valódi gazdasági értéke megenged.

Ismét úgy csúrtük-csavartuk a szavakat, hogy végül egy oszcilláló populáció képét idéztük fel. A matematikai elemzés megint csak kimutatja, hogy az oszcilláció nem szükségszerű. Van egy evolúciósan stabil stratégia, mely matematikai képlettel kifejezhető, szavakba foglalva pedig így hangzik: Minden egyed *megjósolhatatlan* ideig folytatja a licitet. Az időtartam megjósolhatatlan bármely adott alkalommal, de átlagosan az áhított javak valódi értékét tükrözi. Tegyük fel például, hogy azok valójában ötpercnyi pózolászt érnek meg. ESS esetén bármely adott egyed öt percnél tovább vagy öt percnél kevesebb ideig tart ki, de az is lehet, hogy pontosan öt percre pózol. A lényeg az, hogy ellenfele nem tudhatja, hogy mennyi ideig készül kitartani az adott esetben.

Az ellenfél felörlését célzó viselkedésnek nyilvánvalóan létfontosságú tényezője, hogy az egyedek ne adják semmi jelét annak, hogy mikor fogják feladni a harcot. Aki a legcsekélyebb bajuszrezdüléssel elárulja, hogy a törülködő bedobását latolgatja, azonnal hátrányba kerül. Ha mondjuk, a bajuszrezdülés történetesen megbízható jele annak, hogy egy percen belül meghátrál, akkor nagyon egyszerű,

győztes stratégia volna: „Ha ellenfeled bajusza megrezdül, várj még egy percig, függetlenül attól, hogy mi volt a feladásra vonatkozó előzetes terved. Ha az ellenfeled bajsza még nem rezdült meg, és már kevesebb, mint egypercnnyire vagy attól az időtől, amikor szándékod szerint amúgy is feladod, add föl azonnal, és ne vesztegesd tovább az időt. Sose rezdüljön meg a bajszod.” A természetes szelekció tehát gyorsan megbüntetné a bajszrezdülést és a jövőbeni viselkedés bármilyen ehhez hasonló elárulását. Kifejlődne a fapofa.

De miért a fapofa, s miért nem az agyafúrt hazugságok? Megintcsak azért, mert a hazugság nem stabil. Tételezzük fel azt az esetet, hogy az egyedek többsége csak akkor borzolja fel a hátán a szőrt, amikor valóban az a szándéka, hogy nagyon sokáig néz szembe az ellenféllel. Kialakulna a nyilvánvaló ellentrükk: az egyedek azonnal feladnák, amikor az ellenfél felborzolja a hátán a szőrt. Ám most hazugságok evolúciója kezdődhetne meg. Olyan egyedek, akiknek valójában egyáltalán nem áll szándékukban hosszú ideig kitartani, minden alkalommal felborzolnák a hátukon a szőrt, s learatnák a könnyű és gyors győzelem gyümölcsét. Ily módon a hazug gének elterjednének. Amikor a hazugok kerülnének többségbe, akkor már azoknak az egyedeknek kedvezne a szelekció, akik állják a kihívást. Ennélfogva a hazugok száma újra csökkenne. Az ellenfél felőrlésében a hazugság semmivel sem stabilabb evolúciós stratégia, mint az igazmondás. A fapofa evolúciósan stabil. A megadás, amikor végül is bekövetkezik, hirtelen és váratlan lesz.

Mindeddig csak azokat az eseteket vettük szemügyre, melyeket Maynard Smith „szimmetrikus” küzdelmeknek nevez. Ez azt jelenti, hogy feltételeztük: a küzdő felek, stratégiájuk kivételével, minden szempontból azonosak. A héjákról és a galambokról feltételeztük, hogy egyformán erősek, egyformán el vannak látva támadó- és védőfegyverekkel, s hogy egyforma nyereségük származik a győzelemből. Ez a modell szempontjából kényelmes feltevés, de nem túlságosan valószínű. Parker és Maynard Smith aszimmetrikus küzdelmekkel is foglalkoztak. Például ha az egyedek testmérete és harcképessége eltér, és mindegyik egyed képes felmérni vetélytársának testméretét a sajátjához viszonyítva, ez vajon befolyásolja-e a kialakuló ESS-t? Egészen bizonyos, hogy igen.

Úgy tűnik, az aszimmetriának három fő esete van. Az elsővel épp az imént találkoztunk: az egyedek különbözhetnek testméretükben vagy harci felszerelésükben. Másodszor: az egyedek különbözhetnek abban, hogy mennyit nyerhetnek a győzelemmel. Például egy öreg hím, akinek már amúgy sincs sok ideje hátra, kevesebbet veszíthet, ha megsebesül, mint egy ifjú, aki előtt hosszú, termékeny élet áll.

Harmadszor: furcsa következménye az elméletnek, hogy akár egy teljesen önkényes, látszólag lényegtelen aszimmetria is ESS kialakulásához vezethet, mivel felhasználható a viadalok gyors eldöntésére. Rendszerint például az a helyzet, hogy az egyik küzdőfél történetesen korábban érkezik meg a harctérre, mint a másik. Nevezzük őket „helybélinek” és „betolakodónak”. A gondolatmenet

kedvéért feltételezem, hogy nem származik általános előny abból, hogy valaki helybéli vagy betolakodó. Mint látni fogjuk, vannak gyakorlati okok, amelyek miatt ez a feltevés talán nem igaz, de most nem ez a lényeg. A lényeg az, hogy még ha nem is volna okunk általában feltételezni, hogy a helybélieknek előnyük van a betolakodókkal szemben, az aszimmetrián alapuló ESS valószínűleg kifejlődik. Egyszerű analógiát kínálnak azok az emberek, akik egy vitát gyorsan és nagy hűhó nélkül, pénzfeldobással döntenek el.

ESS lenne a következő feltételes stratégia: „ha helybéli vagy, támadj; ha betolakodó vagy, hátrálj meg”. Mivel az aszimmetria feltevésünk szerint önkényes, az ellentétes stratégia: „ha helybéli vagy, hátrálj meg; ha betolakodó vagy, támadj” – szintúgy lehetne stabil. Hogy a két ESS közül melyiket teszi magáévá egy adott populáció, azon múlna, hogy történetesen melyik kerül előbb többségbe. Ha az egyedek többsége már e két feltételes stratégia valamelyike szerint viselkedik, akkor a másként cselekvők póruljárnak. Ennélfogva az adott stratégia definíció szerint ESS.

Tegyük fel például, hogy az összes egyed „helybéli győz, betolakodó elmenekül”-t játszik. Ez azt jelenti, hogy küzdelmeik felét megnyerik, felét pedig elveszítik. Sohasem sebesülnek meg, és sohasem vesztegetik az időt, mert minden vitát azonnal eldöntenek önkényes megegyezés alapján. Nézzük meg mármost, mi történik egy új lázadó mutánszal. Tegyük fel, hogy tiszta héja stratégiát játszik, mindig támad, és sohasem hátrál meg. Nyerni fog,

ha ellenfele betolakodó. Ha ellenfele helybéli, akkor a sebesülés súlyos kockázatát vállalja. Az átlagot tekintve, alacsonyabb nyereségre tesz szert, mint az ESS önkényes szabályai szerint játszó egyedek. Még rosszabb eredményt ér el az a lázadó, aki a fordított konvencióval próbálkozik – „ha helybéli vagy, menekülj el, ha betolakodó vagy, támadj”. Nem elég, hogy gyakran megsebesül, nyerni is ritkán fog. Tételezzük fel azért, hogy véletlenszerű események folytán a fordított konvenciót játszó egyedeknek sikerül többségbe kerülniük. Ebben az esetben az ő stratégiájuk válna stabil normává, s az ettől való eltérés vonna büntetést maga után. Elképzelhető, hogy ha egy populációt sok nemzedéken át figyeljük, egy sor alkalmi átbillenést látnánk az egyik stabil állapotból a másikba.

A való életben azonban igazán önkényes aszimmetriák aligha léteznek. A helybélieknek például valószínűleg gyakorlati előnyük van a betolakodókkal szemben. Jobban ismerik az adott területet. A betolakodó talán ki van fulladva, mivel neki oda kellett mennie a küzdőterre, míg a helybéli mindvégig ott volt. Elvontabb ok is van, amiért a két stabil állapot közül a „helybéli győz, betolakodó meghátrál” állapotnak van nagyobb valószínűsége a természetben. Ez pedig az, hogy a fordított stratégiában („betolakodó győz, helybéli meghátrál”) eleve benne rejlik az önpusztítás tendenciája – Maynard Smith ezt paradox stratégiának nevezné. Az ilyen paradox ESS-ben leledző populációban az egyedek arra törekednének, hogy sohasse legyenek helybéliek: mindig, minden találkozáskor megpróbálnának betolakodók lenni. Ezt csak szüntelen és egyébként

értelmetlen kóborlással érhetnék el. A vele járó idő és energiárfordítástól teljesen függetlenül, ez az evolúciós irány önmagában is a „helybéli” kategória megszűnéséhez vezetne.

A másik stabil állapotban, a „helybéli győz, betolakodó meghátrál” stratégia esetén, a természetes szelekció a populáció azon egyedeinek kedvezne, melyek azért küzdenek, hogy helybéliek legyenek. Minden egyed arra törekedne, hogy megmaradjon egy adott területen, olyan ritkán távozzon onnét, amennyire csak lehet, és láthatóan igyekezzon „megvédelmezni” azt. Mint ma már jól tudjuk, az ilyen viselkedés gyakran megfigyelhető a természetben, és „területvédelem” néven ismert.

A viselkedési aszimmetria ezen formájának általam ismert legszebb példáját a kiváló etológus, Niko Tinbergen írta le egy zseniálisan egyszerű kísérlet alapján. Volt egy akváriuma, amelyben két hím tuskéspikót tartott. A két hím fészket épített az akvárium ellenkező végében, és mindegyik „védte” a területet saját fészke körül. Tinbergen mindkét hímet egy-egy nagy kémcsőbe tette, és a két kémcsövet közvetlenül egymás mellé helyezte, majd figyelte, hogy a hímek hogyan próbálnak egymással harcolni az üvegen keresztül. És ekkor jött az érdekes eredmény. Amikor a két kémcsövet az A hím fészkeinek közelébe vitte, az A hím támadó testtartást vett fel, a B hím pedig hátrálni próbált. De amikor a két kémcsövet a B hím területére vitte, az állás megfordult. egyszerűen azáltal, hogy a két kémcsövet az akvárium egyik végéből a másikba vitte, Tinbergen elő tudta írni, hogy melyik hím

támadjon, és melyik hátráljon. Nyilvánvalóan mindkét hím az egyszerű feltételes stratégiát játszotta: „a helybéli támad, a betolakodó meghátrál”.

A biológusok gyakran megkérdézik, hogy mik a területvédő viselkedés biológiai „előnyei”. Sok magyarázat született, amelyek némelyikéről később még szó lesz. Ám most már láthatjuk, hogy talán maga a kérdés is felesleges. A terület „védelme” egyszerűen egy olyan ESS lehet, amely az érkezés idejének aszimmetriája miatt alakul ki, mely aszimmetria két egyed és egy földdarab viszonyát rendszerint jellemzi.

A nem önkényes aszimmetria feltehetőleg legfontosabb esete a testméret és az általános küzdőképesség aszimmetriája. Nem biztos, hogy a győzelemhez mindig a nagy testméret a legfontosabb, de valószínű, hogy a legfontosabbak közé tartozik. Ha a két küzdő fél közül a nagyobb mindig győz, és ha minden egyed biztosan tudja, hogy nagyobb-e vagy kisebb, mint ellenfele, akkor csak egyetlen stratégiának van értelme: „Ha az ellenfeled nagyobb, mint te, menekülj el. Vedd föl a harcot azokkal a társaiddal, akik kisebbek nálad.” A dolgok kissé bonyolultabbak, ha a testméret jelentősége kevésbé bizonyos. Ha a nagy termet csupán kicsiny előnnyel jár is, az imént említett stratégia még mindig stabil. Ám ha a sebesülés kockázata nagy, akkor számításba jön egy második, „Paradox” stratégia is: „Vedd fel a harcot a nálad nagyobbakkal, és menekülj el a nálad kisebbek elől!” Nyilvánvaló, hogy miért nevezzük ezt paradoxnak: látszólag teljesen ellentmond a józan észnek. Hogy stabil lehet,

annak a következő az oka. Egy teljes egészében paradox stratégiákból álló populációban soha senki nem sérül meg, mert az egyik fél, a nagyobb, mindig elmenekül. Egy közepes termetű mutáns, aki a kisebb ellenfelekkel való harcra elegyedés „értelmes” stratégiáját játssza, komoly harcra kerül a vele találkozó társak felével, mert ha nála kisebbel találkozik, támad, az pedig hevesen viszonzza a támadást, mert paradox módon játszik. Noha az ésszerű stratégia nagyobb valószínűséggel győz, mint a paradox stratégia, még mindig a veszteség vagy a súlyos sebesülés jelentős kockázatának teszi ki magát. Mivel a populáció többsége paradox, az ésszerű stratégia nagyobb valószínűséggel sebesül meg, mint bármelyik paradox stratégia.

Még ha lehet is egy paradox stratégia stabil, valószínűleg csak elvi érdekessége van. A paradox harcosoknak csak akkor nagyobb az átlagos nyereségük, ha sokkal többen vannak, mint az ésszerűen harcolók. Először is, nehéz elképzelni, hogyan alakulhat ki ez a helyzet. De még ha kialakulna is, az ésszerű és paradox harcosok arányának a népesedésben csupán egy kissé kell emelkednie az ésszerűek javára ahhoz, hogy elérje a másik, az ésszerű ESS „vonzási zónáját”. A vonzási zóna azon populációbeli arányok összessége, amelyeknél – ez esetben – az ésszerű stratégiák jutnak előnyhöz: attól kezdve, hogy a populáció elérte ezt a zónát, óhatatlanul halad az ésszerű stabil pont felé. Izgalmas lenne, ha példát találnánk a természetben a paradox ESS-re, de kétlem, hogy ebben igazán reménykedhetünk. (Túl hamar nyilatkoztam. Miután

leírtam ezt a mondatot, Maynard Smith professzor felhívta a figyelmemet a mexikói társas pók, az *Oecobius civitas* alábbi, J. W. Burgesstől származó jellemzésére: „Ha egy pókot megzavarnak és kiűznek rejtekhelyéről, végigszökell a sziklán, és üres hasadék hiányában fajtársának bújóhelyén kereshet menedéket. Ha a másik pók otthon van, amikor a betolakodó megérkezik, nem támadja meg, hanem kiszökken, és keres magának új menedéket. Így ha az első pókot megzavarták, akkor másodperceken át folytatódhat az egymást követő helycserék folyamata hálóról hálóra, ez gyakran oda vezet, hogy a terep pókjainak többsége saját rejtekhelyéről egy idegen helyre kerül át” (Társas pókok, *Scientific American*, 1976). Ez a jelenség paradox a 104. oldal értelmében).

Vajon mi történik, ha az egyedek megőriznek valamilyen emléket a múltbeli viadalok kimeneteléről? Ez attól függ, hogy az emlék specifikus vagy általános. A tücskök nagy vonalakban emlékeznek arra, hogy mi történt a múltbeli viadalokon. Az a tücsök, amely a közelmúltban számos viadalon győzött, inkább héja módra viselkedik. Az a tücsök pedig, amelynek nemrégiben veszített sorozata volt, inkább galamb lesz. Ezt nagyon szépen kimutatta R. D. Alexander. Egy tücsökmodellt használt arra a célra, hogy megverje az igazi tücsköket. E kezelés után az igazi tücskök nagyobb valószínűséggel veszítették el a viadalokat más, valódi tücskökkel szemben. Úgy képzelhetjük el, hogy minden tücsök állandóan felülvizsgálja küzdőképességére vonatkozó becslését, melyet a populáció átlagos egyedének küzdőképességéhez

viszonyít. Ha olyan állatokat, mint a tücskök, akik a múltbeli viadalokra vonatkozó általános emlékekkel dolgoznak, zárt csoportban tartanak egy ideig, akkor valószínű, hogy valamiféle rangsor, valamiféle dominancia hierarchia alakul ki, amit a megfigyelő is jól érzékelhet. Az alacsonyabb rangú egyedek rendszerint megadják magukat a magasabb rangúaknak. Nem kell feltételeznünk, hogy az egyedek felismerik egymást. Mindössze az történik, hogy a győzelemhez szokott egyedek még nagyobb valószínűséggel fognak győzni, míg a vereséghez szokott egyedek mind nagyobb valószínűséggel veszítenek. Még ha az egyedek kezdetben teljesen véletlenszerűen győztek vagy veszítettek is, abba az irányba haladnak, hogy rangsorba rendeződjenek. Ez azzal a mellékhatással jár, hogy a csoportban a súlyos kimenetelű harcok száma fokozatosan elenyészővé válik.

A „valamiféle dominancia hierarchia” kifejezést kell használnom, mert magát a dominancia hierarchia kifejezést sokan azokra az esetekre tartják fenn, melyekben szerepet játszik az egyedek felismerése. Ezekben az esetekben a múltbeli viadalokra vonatkozó emlék specifikus, és nem általános. A tücskök egymást mint egyedeket nem ismerik fel, a tyúkok és majmok azonban igen. Ha majom vagy, az a majom, aki legyőzött téged a múltban, valószínűleg le fog győzni a jövőben is. Az egyed számára a legjobb stratégia az, ha viszonylag galambszerű magatartást tanúsít az olyan egyed iránt, aki korábban legyőzte. Ha összehozunk egymással egy csomó tyúkot, akik korábban sohasem találkoztak, rendszerint jó

nagy harc kerekedik, majd egy idő után lecsendesedik. De nem ugyanazon oknál fogva, mint a tücsköknél. A tyúkok esetében az a magyarázat, hogy mindegyik egyed „megtanulja a helyét” minden más egyedhez képest. Ez mellékesen a csoport egészének szempontjából is jó, aminek egyik jele, hogy a tyúkok megállapodott csoportjaiban, ahol a heves küzdelem ritka, nagyobb a tojástermelés, mint az olyan tyúkcsoportokban, melyeknek tagjai állandóan változnak, s amelyekben ennél fogva a viadalok gyakoribbak. A biológusok gyakran mondják, hogy a dominancia hierarchia biológiai előnye vagy „funkciója” az, hogy csökkenti a nyílt agressziót a csoportban. Ez azonban rossz megfogalmazás. A dominancia hierarchiának önmagában evolúciós értelemben vett „funkciója” nincs, mivel a csoportok tulajdonsága, nem pedig az egyedeké. A csoport szintjén dominancia hierarchia formájában megnyilvánuló egyedi viselkedési sémákról mondhatjuk, hogy funkciójuk van. Még jobb azonban, ha elhagyjuk a „funkció” szót, s olyan aszimmetrikus küzdelmekben érvényesülő ESS-ekre gondolunk, ahol az egyedek felismerik egymást, és emlékeznek egymásra.

Eddig az egyazon faj tagjai közti küzdelmekről elmélkedtünk. Mi a helyzet a fajok közti küzdelmekkel? Mint már korábban láttuk, a különböző fajok tagjai kevésbé közvetlen vetélytársak, mint ugyanazon faj tagjai. Ezért kevesebb vitára kell köztük számítanunk a javak fölött, s ez a várakozásunk igazolódik is. A vörösbecgelyek például megvédik területüket más vörösbecgelyekkel szemben, de

nem védik meg a széncinkékkel szemben. Ha lerajzoljuk a különböző vörösbegy és széncinke egyedek területeit egy erdőben, és a két térképet egymásra helyezzük, láthatjuk, hogy a két faj területei teljesen szétválaszthatatlanul átfednek. Ennyi erővel akár más-más bolygón is lehetnének.

Más szempontból azonban a különböző fajokhoz tartozó egyedek érdekei nagyon élesen ütköznek egymással. Az oroszán például meg akarja enni az antilop testét, amellyel az antilopnak egészen más tervei vannak. Ezt rendesen nem tekintjük azonos értékekért való versengésnek, ám logikai szempontból nehéz belátni, hogy miért nem. A kérdéses érték a hús. Az oroszángének a húst táplálékként „akarják” túlélőgéjük számára. Az antilopgénék túlélőgéjük számára munkát végző izmökként és szervekként akarják a húst. A hús e két felhasználása kölcsönösen összeférhetetlen, ennél fogva érdeköszeütközés áll fenn.

Saját fajunk tagjai is húsból épülnek fel. Akkor viszonylag miért ritka a kannibalizmus? Amint a dankasirályok esetében láttuk, a felnőttek néha valóban megeszik saját fajuk kicsinyeit. Mégsem látunk soha felnőtt ragadozókat saját fajuk más felnőtt tagjait üldözni azzal a szándékkal, hogy megegyék őket. Miért? Még mindig annyira hozzá vagyunk szokva, hogy az evolúcióról a „faj java” felfogás alapján gondolkozzunk, hogy gyakran elfelejtünk tökéletesen ésszerű kérdéseket feltenni, mint például: „Miért nem vadásznak az oroszánok más oroszánokra?” Egy másik jó kérdés, melyet ritkán tesznek fel: „Miért

menekülnek el az antilopok az oroszlánok elől, ahelyett hogy visszaütnének?”

Az oroszlánok azért nem vadásznak oroszlánra, mert az nem volna számukra ESS. A kannibál stratégia ugyanazért volna bizonytalan, amiért korábbi példánkban a héjastratégia. Túl nagy a megtorlás vesszéye. A megtorlás kevésbé valószínű az eltérő fajok tagjai közti küzdelmek esetében, s ez az, amiért olyan sok prédaállat elmenekül, ahelyett hogy felvinné a harcot. Ez eredetileg talán abból a tényből fakad, hogy más-más fajhoz tartozó két állat közti interakcióban eleve nagyobb aszimmetria áll fenn, mint egyazon faj tagjai között. Amikor erőteljes aszimmetria áll fenn a harcban, az ESS-ek valószínűleg mindig az aszimmetrián alapuló feltételes stratégiák. A „ha kisebb vagy, menekülj; ha nagyobb vagy, támadj” stratégia megfelelő változatai nagy valószínűséggel kialakulnak a különböző fajok tagjai közti harcokban, mivel oly sokféle aszimmetria áll rendelkezésre. Az oroszlánok és az antilopok egyfajta stabilitást értek el a széttartó fejlődés révén, mely egyre inkább hangsúlyozta a küzdelem eredeti aszimmetriáját. Nagy jártasságra tettek szert az üldözés, illetve a menekülés művészetében. Az a mutáns antilop, amely az „álj meg és harcolj” stratégiát tenné magáévá az oroszlánokkal szemben, kevésbé volna sikeres, mint azok a vetélytársai, amelyek eltűnnek a látóhatáron.

Az az előérzetem, hogy talán még úgy fogunk visszatekinteni az ESS-koncepcióra, mint az evolúcióelmélet Darwin óta legjelentősebb előrelépéseinek egyikére. Alkalmazható bárhol, ahol érdekütközésre

bukkanunk, s ez azt jelenti, hogy szinte mindenütt. Az állati viselkedés kutatói azt a szokást vették fel, hogy az úgynevezett „társas szerveződésről” beszélnek. A fajok társas szerveződését túlságosan is gyakran kezelik önálló entitásként, melynek megvan a maga biológiai „értelme”. Ugyanerről volt szó a „dominancia hierarchia” esetében is. Úgy vélem, rá lehet tapintani azokra a csoportselektációs feltevésekre, amelyek a társas szerveződésről tett sok megállapítás mögött rejlenek. Maynard Smith ESS-konceptiója először teszi lehetővé, hogy világosan átlássuk, hogy független, önző entitások együttese mi módon emlékeztet egyetlen szervezett egészre. Azt hiszem, ez nemcsak a fajokon belüli társas kapcsolatrendszerre, hanem a sok fajból álló „ökoszisztémák” és „életközösségek” szerveződésére is igaz. Számításom szerint hosszú távon az ESS-konceptió forradalmasítani fogja az ökológia tudományát.

Alkalmazhatjuk egy olyan kérdésre is, melynek megbeszélését a 3. fejezetben mostanra halasztottuk, s mely annak az analógiának kapcsán merült fel, hogy egy csónak evezős legénységének (akik egy test génjeit reprezentálják) jó csapatszellemre van szükségük. A gének nem annak alapján szelektálódnak, hogy önmagukban „jó”, hanem hogy a génkészlet más génjei által alkotott környezetben jól működnek. A jó génnek illeszkednie kell más génekhez, és ki kell egészítenie azokat az egyéb géneket, melyekkel az egymást követő testeken osztoznia kell. A nagy őrlőfogak génje jó gén a növényevő fajok génkészletében, de rossz gén a húsevő fajok

génkészletében.

Elképzelhető, hogy a szelekció a gének egymáshoz illeszkedő kombinációjára mint egységre hat. A 3. fejezet lepkemimikri példájának esetében látszólag pontosan ez történt. Az ESS-konceptió ereje azonban abban van, hogy annak megértésére is képessé tett bennünket, hogy ugyanez az eredmény hogyan érhető el a független gének szintjén ható szelekció révén. A géneknek nem kell összekapcsolódnuk egyazon kromoszómán.

Az evezős hasonlat valójában még nem világítja meg ezt a gondolatot. A következőképpen juthatunk közelebb a lényeghez. Tegyük fel, hogy csak az olyan legénység lehet igazán sikeres, amelyben az evezősök tevékenységüket beszéd útján koordinálják. Tegyük fel továbbá, hogy az edző rendelkezésére álló evezősök készletében némelyek csak angolul, némelyek pedig csak németül beszélnek. Az angolok nem jobb és nem rosszabb evezősök a németeknél. Ám a kommunikáció fontossága miatt egy vegyes legénység kevesebb versenyt nyer, mint akár egy tiszta angol legénység, akár egy tiszta német legénység.

Az edző ezt nem ismeri fel. Mindössze azt teszi, hogy keveri egymással az embereit, és jó pontokat ad a győztes hajókban evezőknek, rossz pontokat a vesztes hajók legénységének. Mármint ha a rendelkezésére álló készletben történetesen az angolok vannak többségben, akkor ebből az következik, hogy minden német, aki bekerül egy csónakba, valószínűleg vereséget okoz, mivel a kommunikáció megszakad. Vagy fordítva: ha történetesen a készletben a németek vannak többségben, egy angol

többnyire vereséget okoz annak a csónaknak, amibe bekerül. A végső legjobb legénység a két stabil állapot egyike lesz – vagy a tiszta angol csapat, vagy a tiszta német, de nem a vegyes. A felületes szemlélő úgy látja, mintha az edző egész nyelvi csoportokat választana ki egységként. Nem ezt teszi. Azokat az egyéni evezősöket választja ki, akik tapasztalata szerint képesek győzni a versenyeken. Így történik, hogy az egyes versenyzők esélye a versenyeken azon múlik, hogy kik vannak rajtuk kívül a jelöltek készletében. A kisebbségben levő jelöltek automatikusan büntetést kapnak, nem azért, mert rossz evezősök, hanem egyszerűen azért, mert kisebbségi jelöltek. Hasonlóképpen: az a tény, hogy a gének a kölcsönös illeszkedés alapján választódnak ki, nem jelenti szükségképpen azt, hogy a géncsoportokról azt kell gondolnunk, hogy egységként szelektálódnak, mint a lepkék esetében. Az egyedülálló gén alacsony szintjén érvényesülő szelekció valamely magasabb szinten érvényesülő szelekció benyomását keltheti.

A fenti példában a szelekció az egyszerű hasonlóságnak kedvez. Ennél is érdekesebb, hogy a gének azért is szelektálódhatnak, mert kiegészítik egymást. Analógiánk alapján tételezzük fel, hogy az eszményien kiegyensúlyozott legénység négy jobbkezesből és négy balkezesből áll. Tételezzük föl újból, hogy az edző mit sem sejtve erről, vakon, az „érdem” alapján válogat. Mármint ha a jelöltek készletében történetesen a jobbkezesek vannak túlsúlyban, akkor bármely balkezes egyén előnybe kerül, ugyanis valószínűleg hozzásegíti a győzelemhez azt a hajót,

amelyikben ül, s ennél fogva jó evezősnek fog látszani. És fordítva: egy nagyrészt balkezesekből álló készletben a jobbkezesnek lenne előnye. Ez hasonló ahhoz, hogy a héja a galambpopulációban, a galamb pedig a héjapopulációban sikeres. A különbség az, hogy ott egyedi testek – önző gépek – közti interakciókról volt szó, míg itt, analógia révén, a testeken belüli gének közti interakciókról beszélünk.

Ha az edző vakon kiválogatja a „jó” evezősöket, végülis eszményi, négy balkezesből és négy jobbkezesből álló legénységet fog összeállítani. A látszat az, mintha mindannyiukat együtt, teljes, kiegyensúlyozott egységként választotta volna ki. Elméletileg takarékosabb megoldásnak találom, ha úgy képzeljük el, hogy az edző alacsonyabb szinten, az egyéni jelöltek szintjén válogat. A négy balkezes és négy jobbkezes evolúciósan stabil állapota (a „stratégia” ebben a szövegkörnyezetben félrevezető volna) egyszerűen a látszólagos érdem alapján való alacsony szintű szelekció következményeként áll elő.

A génkészlet a gén hosszú távú környezete. A „jó” gének vakon szelektálódnak azon az alapon, hogy fennmaradnak a génkészletben. Ez nem elmélet, még csak nem is megfigyelt tény: ez tautológia. Az érdekes kérdés az, hogy mitől lesz egy gén jó. Első közelítésként azt mondtam, hogy egy gén attól a képességétől lesz jó, hogy hatékony túlélőgépeket – testeket – épít. Most helyesbíteniünk kell ezt az állítást. A génkészlet gének evolúciósan stabil halmazává válik, melybe nem férközhet be egyetlen új gén sem. A legtöbb új gént, amely vagy mutáció, vagy

átrendeződés, vagy bevándorlás révén bukkan fel, hamar sújtja a természetes szelekció: az evolúciósan stabil készlet helyreáll. Néha egy új génnek mégis sikerül betörnie a készletbe, elterjednie a génállományban. S ekkor a labilitás átmeneti periódusa következik, melynek nyomán egy új evolúciósan stabil készlet keletkezik – egy morzsányi evolúció ment végbe. Az agressziós stratégiák analógiájára egy populációnak egynél több alternatív stabil pontja lehet, s néha átbillenhet az egyikből a másikba. Az evolúciós haladás nem annyira egyenletes felfelé törekvés, mint inkább egy sor diszkrét lépés az egyik stabil platóról a másik stabil platóra. Úgy tűnhet, hogy a populáció mint egész, egyetlen önszabályozó egységként viselkedik. Ám ez illúzió, melyet az egyedi gének szintjén végbemenő szelekció kelt. A gének „érdemeik szerint” szelektálódnak. Ám az érdek egy evolúciósan stabil készletnek, a pillanatnyi génállomáynak a környezetében nyújtott teljesítmény alapján ítéltetik meg.

Az egész egyedek közti agresszív interakciókra összpontosítva, Maynard Smithnek sikerült nagyon világossá tennie a lényegét. Könnyű elgondolnunk héjatestek és galambtestek stabil arányait, mert a testek nagy dolgok, melyeket láthatunk. Ám a különböző testekben leledző gének közti ilyen interakciók csupán a jéghegy csúcsát alkotják. Az evolúciósan stabil készletben – a génkészletben – levő gének közti jelentős kölcsönhatások túlnyomó többsége egyedi testeken belül megy végbe. Ezeket az interakciókat nehezen látjuk meg, mert a sejteken belül, különösen a fejlődő embrió sejtszövetben

jutnak érvényre. A jól integrált testek azért léteznek, mert önző gének evolúciósan stabil halmazának termékei. Vissza kell azonban térnem az egész állatok közti interakciók szintjére, ami e könyv fő témája. Az agresszió megértése szempontjából kényelmes volt az egyedi állatokat független, önző gepekként tárgyalni. E modell alkalmatlanná válik, amikor az érintett egyedek közeli rokonok – testvérek, unokatestvérek, szülők, gyerekek – mivel a rokonok génjeinek számottevő hányada közös. Eppen ezért, minden egyes önző gén több különböző test érdekeit tartja szem előtt. Erről lesz szó a következő fejezetben.

VI. A génkedés művészete

Mi is az önző gén? Nem egyszerűen egy különálló DNS-darab. Az önző gén egy adott DNS-darab összes másolata, melyek – éppúgy, mint az őselevesben – szétoszlanak a világban. Ha megengedjük magunknak, hogy úgy beszéljünk a génekről, mintha tudatos céljaik lennének, mindig megerősítve magunkat afelől, hogy ha akarnánk, vissza tudnánk fordítani ezt a pongyola nyelvet a nagyobb becsben álló kifejezések nyelvére, feltehetjük a kérdést: mire törekszik egyetlen önző gén? Arra törekszik, hogy nagyobb számban legyen jelen a génkészletben. Célját lényegében azáltal éri el, hogy azokat a testeket, melyekbe bekerült, segít úgy programozni, hogy fennmaradjanak, és szaporodjanak. Most azonban azt hangsúlyozzuk, hogy ez a gén széles körben ható erő,

amely sok különböző egyedben létezik egyidejűleg. E fejezet fő tétele, hogy egy gén képes lehet önmaga más testekben leledző másolatait segíteni. Ez egyéni önzetlenségnek látszhat, de a gén önzése teremti meg. Vegyük szemügyre az emberi albinizmust okozó gént. Valójában számos gén idézhet elő albinizmust, én azonban csupán egyikükről beszélek. Ez a gén recesszív, azaz dupla adagban kell jelen lennie ahhoz, hogy egy ember albínó legyen. Ez körülbelül húszezer emberből egyben fordul elő. Egyszeres adagban azonban minden hetvenedik emberben jelen van, s ezek az egyének nem albínók. Az olyan gén, mint az albinizmus génje, mivel sok egyénben megtalálható, elméletben segítheti saját fennmaradását a génkészletben, ha a testeit úgy programozza, hogy önzetlenül viselkedjenek más albínó testek irányában, mivel ezekről ismeretes, hogy ugyanazt a gént tartalmazzák. Az albínógén nagyon is örülhet, ha meghal valamelyik test, melyben lakozik, feltéve, hogy ezzel más, ugyanezen gént tartalmazó testek fennmaradását segíti. Ha az albínógén el tudja érni, hogy az egyik test megmentse tíz albínó-test életét, akkor még az altruista halálát is kellőképpen ellensúlyozza az albínógének megnövekedett száma a génkészletben.

Azt kell tehát várnunk, hogy az albínók különösen rendesek lesznek egymáshoz? Nos, valószínűleg nem. Hogy megértsük, miért nem, átmenetileg fel kell adnunk azt a hasonlatunkat, hogy a gén tudatos tényező, mivel ebben az összefüggésben ez határozottan félrevezető. Vissza kell váltanunk a bevett, noha hosszadalmasabb kifejezésekre.

Az albinógének nem „akarnak” ténylegesen fennmaradni vagy segíteni más albinógéneket. Ám ha az albinó-gén netán arra készíti hordozóit, hogy más albinók irányában önzetlenül viselkedjenek, akkor ennek következtében, akarva, nem akarva, automatikusan felszaporodik a génkészletben. Ám ahhoz, hogy ez megtörténjék, a génnek két, egymástól független hatással kell lennie a testekre. Nemcsak azzal a szokásos hatással, hogy nagyon színtelen külsőt hoz létre. Közvetítenie kell azt a hajlamot is, hogy az egyén szelektíven önzetlen legyen a hozzá hasonló, színtelen külsejű egyének iránt. Egy ilyen kettős hatású gén, ha létezne, nagyon sikeres lehetne a populációban. Mármint a géneknek valóban vannak többértű hatásaik, amint a 3. fejezetben hangsúlyoztam. Elméletileg lehetséges, hogy olyan gén keletkezzék, amely egyszerre közvetít egy külsőleg látható „címkét”, mondjuk, sápadt bőrt vagy zöld szakállt, vagy bármi egyéb szembeszökő jegyet, és azt a hajlamot, hogy hordozója különös jóindulattal viseltessék e szembeszökő jegy más hordozói iránt. Lehetséges, de nem igazán valószínű. Ugyanakkora valószínűséggel jár együtt a zöldszakállúság a körmök befelé növéseire való hajlammal vagy bármely más tulajdonsággal, a zöld szakáll szeretete pedig azzal, hogy valaki képtelen fréziát szagolni. Nem nagyon valószínű, hogy egy és ugyanazon gén hozná létre mind a megfelelő címkét, mind pedig a kellő típusú önzetlenséget. Mindazonáltal elméletileg lehetséges az, amit mi úgy nevezhetnénk, hogy Altruista Zöldszakáll Effektus.

Az olyan önkényes címke, mint a zöld szakáll, csupán az

egyik lehetőség arra, hogy egy gén önmaga másolatát más egyedekben „felismerje”. Vajon vannak más lehetőségek is? Egy különösen közvetlen mód a következő lehetne. Egy önzetlen gén birtokosa felismerhető egyszerűen arról, hogy önzetlen tetteket hajt végre. Jól boldogulhatna a génekészletben az a gén, amely ilyesmit „mondana”: „Test, ha A fuldoklik, mert megpróbál valakit kimenteni, ugorj a vízbe, és mentsd meg A-t.” Egy ilyen gén azért lehetne sikeres, mert az átlagosnál nagyobb az esély, hogy A ugyanazt az önzetlen életmentő gént tartalmazza. Az a tény, hogy A éppen valaki mást próbál megmenteni, a zöld szakállal egyenértékű címke. Kevésbé önkényes, mint a zöld szakáll, de egyáltalán nem magától értetődő. Van-e valami kézenfekvő mód arra, hogy a gének „felismerhessék” másolataikat más egyedekben?

A válasz: igen. Könnyű kimutatni, hogy a közeli rokonoknak az átlagosnál nagyobb esélyük van rá, hogy közös génjeik legyenek. Már régóta világos, hogy ez kell legyen az oka annak, hogy a szülők gyermekeik iránti önzetlensége oly mindennapos dolog. R. A. Fisher, J. B. S. Haldane és különösen W. O. Hamilton azt ismerték fel, hogy ugyanez érvényes más közeli rokonokra is – testvérekre, unokaöcsőkre és unokahúgokra, közeli unokatestvérekre. Ha egy egyed tíz közeli rokon megmentése érdekében meghal, akkor lehet, hogy a rokoni önzetlenség génjének egy másolata elvész, de ily módon megmenti ugyanazon gén több példányát.

A „több” egy kicsit homályos kifejezés. Ugyanígy a „közeli rokon”. Ezeknél jobbat is használhatunk, ahogyan W. O.

Hamilton kimutatta. 1964-ben megjelent két cikke a társas viselkedés területén valaha írt legfontosabb művek közé tartozik, és sosem tudtam megérteni, hogy miért nem vettek tudomást róluk az etológusok (neve még csak fel sem bukkan két fontos etológiai kézikönyv mutatójában, melyek egyaránt 1970-ben jelentek meg). Szerencsére az utóbbi időben mintha érdeklődés ébredne gondolatai iránt. Hamilton tárgyalásmódja meglehetősen matematikai, de az alapelveket könnyen megragadhatjuk intuitív módon is, a szigorú matematika nélkül, ámbár némi leegyszerűsítés árán. Annak valószínűségét vagy esélyét akarjuk kiszámítani, hogy két egyén, mondjuk két nővér, osztozik egy adott génen.

Az egyszerűség kedvéért fel fogom tételezni, hogy olyan génekről van szó, amelyek a génkészlet egészében ritkák. A legtöbb emberben közös a „nem albínó” gén, függetlenül attól, hogy rokoni viszonyban állnak-e egymással vagy sem. Hogy ez a gén ennyire közönséges, annak az az oka, hogy a természetben az albínók kisebb valószínűséggel maradnak fenn, mint a nem albínók, például mert a nap elvakítja őket, és így viszonylag nehezebben veszik észre a közeledő ragadozót. Nem az foglalkoztat bennünket, hogy egy ilyen, nyilvánvalóan „jó” génnek, mint a nem albínó jelleg génje, a génkészletben való elterjedtségét megmagyarázzuk. Az a célunk, hogy a gének sikerét specifikusan az önzetlenség következményeként magyarázzuk meg. Feltételezhetjük ezért, hogy – legalábbis evolúciójuk korai szakaszában – ezek a gének ritkák. Mármost szempontunkból az a fontos, hogy még egy

olyan gén is, mely a populáció egészében ritka, gyakori egy családon belül. Bennem sok gén van melyek ritkák a népesség egészében, s Benned, olvasó, szintén sok olyan gén van, melyek ritkák a népesség egészében. Annak esélye, hogy mindkettőnkben ugyanazok a ritka gének vannak meg, csakugyan nagyon csekély. De jó esély van arra, hogy a nővéremben megvan egy adott ritka gén az anyémek közül, s ugyanilyen jó esély van arra, hogy a te nővérednek is van olyan ritka génje, mely közös veled. Erre pontosan 50% az esély, s könnyű megmagyarázni, miért.

Tegyük fel, hogy megvan bennünk a G génnek egy példánya. Ezt vagy anyánktól, vagy apánktól kellett kapnunk (a kényelem kedvéért figyelmen kívül hagyunk különböző ritka lehetőségeket: nevezetesen, hogy a G új mutáció, hogy mindkét szülőben megvolt, vagy hogy az egyik szülőben két példányban volt meg).Tegyük fel, hogy apánktól kaptuk a gént. Az apa közönséges testi sejtjeinek mindegyike tartalmazott egy példányt G-ből. Mármost emlékezzünk rá, hogy amikor egy férfi spermiumokat termel, génjeinek fele jut egy-egy hím ivarsejtbe. Ennélfogva 50% az esély arra, hogy abban a spermiumban, amely nővérünket nemzé, megvolt a G gén. Másfelől, ha a G gént az anyánktól kaptuk, akkor, a fentivel pontosan párhuzamos okfejtés értelmében, a petesejtek felének tartalmaznia kellett a G gént; az esély megint csak 50% arra, hogy nővérünkbe is bekerült. Ez azt jelenti, hogy ha száz bátyánk és nővérünk volna, akkor közülük megközelítőleg ötvenben volna benne az a bizonyos ritka gén, amely bennünk is megvan. És azt is jelenti, hogy ha

sok ritka génünk van, akkor ezek közül megközelítőleg ötven benne van bármelyik fi- vagy nővérünk testében. Ugyanezt a számítást elvégezhetjük bármely, tetsző szerinti fokú rokonság esetében. Fontos viszony áll fenn a szülő és a gyermek között. Ha bennünk van egy példány a H génből, akkor 50% annak az esélye, hogy bármelyik gyermekünkben is van egy példány, mivel ivarsejtjeinknek a fele tartalmazza H-t, és minden gyermekünket ezen ivarsejtek valamelyike hozta létre. Ha van bennünk egy példány a J génből, akkor 50% annak az esélye, hogy apánkban is megvan J, mivel génjeink felét apánktól, másik felét pedig anyánktól kaptuk. A könnyebbség kedvéért egy rokonsági mutatót fogunk használni, mely annak esélyét fejezi ki, hogy egy gén két rokonban közös. A két testvér közti rokonság indexe $1/2$, mivel az egyik testvér birtokában levő gének fele megtalálható a másikban is. Ez átlagos érték: a meiotikus osztódás szeszélye folytán lehetséges, hogy egyes testvérpárokban ennél több vagy kevesebb közös gén van. A szülő és a gyermek közötti rokonsági fok mindig pontosan $1/2$.

Meglehetősen veszélyes volna a számításokat minden alkalommal az alapoknál kezdeni, ezért íme egy hevenyészett módszer bármely A és B egyén közti rokonsági fok kiszámítására. Talán hasznosnak fogja találni az olvasó, amikor végrendeletét készíti vagy amikor a családon belül látható hasonlóságokat értelmezi. Alkalmazható minden egyszerű esetben, de használhatatlanná válik ott, ahol rokonházasság fordul elő, és mint látni fogjuk, bizonyos rovarok esetében.

Határozzuk meg először A és B összes közös őst. Például egy első fokú unokatestvérpár közös ősei a közös nagyapjuk és nagyanyjuk. Ha már találtunk egy közös őst, akkor természetesen logikailag igaz az, hogy ennek minden őse A-nak és B-nek is közös őse. A legutolsó közös ősök kivételével azonban ezeket figyelmen kívül hagyjuk. Ebben az értelemben az első fokú unokatestvéreknek csupán két közös ősük van. Ha B egyenes ági leszármazottja A-nak, például dédunokája, akkor maga A az a „közös ős”, akit keresünk.

Miután megtaláltuk A és B közös őst (őseit), számítsuk ki a nemzedéki távolságot az alábbiak szerint. A-tól indulva haladjunk felfelé a családfán egészen addig, amíg elérjük a közös őst, majd haladjunk újra lefelé B-ig. A családfán felfelé és lefelé tett lépések összege adja meg a nemzedéki távolságot. Ha például A nagybátyja B-nek, akkor a nemzedéki távolság 3. A közös ős A-nak (mondjuk) apja, B-nek pedig nagyapja. A-tól indulva egy nemzedéket kell felfelé haladnunk, hogy elérjük a közös őst. Ezután, hogy B-hez eljussunk, két nemzedéket kell haladnunk lefelé a másik oldalon. Így a nemzedéki távolság $1 + 2 = 3$.

Miután megállapítottuk az A és B közti nemzedéki távolságot egy adott közös őson keresztül, számítsuk ki a rokonsági foknak azt a részét, amelyért ez az ős felelős. Ehhez a nemzedéki távolság minden egyes lépésében szorozzuk meg $1/2$ -et önmagával. Ha a nemzedéki távolság 3, akkor ez azt jelenti, hogy ki kell számítanunk $1/2 \times 1/2 \times 1/2$ -et vagyis $(1/2)^3$ -t. Ha a nemzedéki távolság

egy adott őson keresztül g lépéssel egyenlő, akkor a rokonsági fok ezen ősnak tulajdonítható része $(1/2)^g$. Ez azonban csak az egyik összetevője az A és B közti rokonsági foknak. Ha egynél több közös ősről van szó, akkor a megfelelő számot minden egyes ősről külön-külön kell kiszámítani, majd össze kell adni. Rendszerint az a helyzet, hogy a nemzedéki távolság egy egyed pár összes közös ősről tekintve azonos. Ezért ha A és B rokonsági fokának az egyik ősről tulajdonítható részét már kiszámítottuk, akkor a gyakorlatban mindössze azt kell tennünk, hogy ezt megszorozzuk az ősről számával. Az első unokatestvéreknek például két közös ősről van szó, és a nemzedéki távolság mindkettőnél 4. Rokonsági fokuk ezért $2 \times (1/2)^4 = 1/8$. Ha A például dédunokája B-nek, akkor a nemzedéki távolság 3, a közös „ősök” száma pedig 1 (maga B), így a rokonsági fok $1 \times (1/2)^3 = 1/8$. Genetikai szempontból az első unokatestvérünk egyenértékű egy dédunokával. Hasonlóképpen, pontosan olyan valószínű, hogy valamiben a nagybátyánkra „ütünk” (rokonsági fok = $2 \times (1/2)^3 = 1/4$), mint hogy a nagyapánkra (rokonsági fok = $1 \times (1/2)^2 = 1/4$).

A harmad-unokatestvér távolságú rokonságok esetében ($2 \times (1/2)^8 = 1/128$) már közel kerülünk ahhoz a valószínűségi alapszinthez, amely szinten A egy adott génje közös a populációból véletlenszerűen vett bármelyik egyedével. A harmad-unokatestvér nincs messze attól, hogy egyenértékű legyen bármelyik Jancsival, Jóskával vagy Pistával, már ami az önzetlen gént illeti. A másod-

unokatestvér (rokonsági fok = $1/32$) még alig válik ki közülük; az első unokatestvér már inkább ($1/8$). Az édestestvérek, a szülők és a gyermekek egészen mások ($1/2$), az egypetjű ikrek pedig (rokonsági fok = 1) éppolyan különleges esetek, mint mi saját magunk. A nagybácsik és nagynénik, unokaöcsök és unokahúgok, nagyszülők és unokák, valamint a féltestvérek $1/4$ rokonsági fokkal közbülső helyet foglalnak el.

Most már abban a helyzetben vagyunk, hogy a rokoni önzetlenség génjeiről sokkal szabatosabban beszélhetünk. Az a gén, amely önmagát feláldozva megment őt unokatestvért, nem válik népesebbé a populációban, az a gén viszont igen, amely őt testvért vagy tíz első unokatestvért ment meg. Ahhoz, hogy egy önfeláldozó önzetlen gén sikeres legyen, az kell, hogy kettőnél több testvért (vagy gyermeket, vagy szülőt) vagy négyenél több féltestvért (vagy nagybácsit, nagynénit, unokaöcsöt, unokahúgot, nagyszülőt, unokát), vagy nyolcnál több első unokatestvért stb. mentse meg. Az ilyen gén átlagos esetben az önzetlen egyed által megmentett elegendő számú rokon testében él tovább, így kárpótolva magát az önzetlen egyed haláláért.

Ha bárki biztos lehetne abban, hogy egy adott személy az ő egypetjű ikre, akkor számára ikertestvérének jóléte pontosan olyan fontos kellene legyen, mint a magáé. Az ikrek az önzetlenség génjét mindketten feltétlenül magukban hordozzák, ennél fogva, ha az egyik hősi halált hal, hogy megmentse a másikat, a gén tovább él. A kiléncöves tatu egypetjű négyes ikreket szül. Tudomásom

szerint nem számoltak be a fiatal tatuk körében tapasztalt hősiesség önfeláldozásról, de rámutattak, hogy nagyon is kifejezett önzetlenségre számíthatunk, s ezért érdemes volna valakinek Dél-Amerikában jártában megfigyelni őket. Most már azt is láthatjuk, hogy a szülői gondoskodás csupán sajátos esete a rokonok közti önzetlenségnek. Genetikai szempontból a felnőttnek ugyanannyi gondot és figyelmet kellene fordítania elárvult kistestvéreire, mint saját gyermekeire. Mindkét kisgyermekhez pontosan ugyanakkora (1/2) fokú rokonság fűzi. A génszelekció szempontjából nézve, a nagyobb nővér önzetlen viselkedésének génje pontosan ugyanakkora eséllyel terjed el a populációban, mint a szülői önzetlenség génje. A gyakorlatban ez több okból is túlzott egyszerűsítés, ezekre később vissza fogunk térni. A testvéri gondoskodás semmiképp sem olyan gyakori a természetben, mint a szülői gondoskodás. De amire itt rá szeretnék mutatni, az az, hogy genetikai értelemben semmi sajátos nincs a szülő-gyermek viszonyban a testvér-testvér viszonyhoz képest. Az a tény, hogy a szülők ténylegesen géneket adnak át a gyermekeknek, míg a testvérek nem adnak át géneket egymásnak, lényegtelen, mivel a testvérek ugyanazon szülőktől ugyanazon gének azonos másolatait kapják.

Némelyek a rokonszelekció kifejezést használják, megkülönböztetendő ezt a fajta természetes szelekciót a csoportszelekciótól (csoportok eltérő mértékű túlélése) és az egyedi szelekciótól (egyedek eltérő mértékű túlélése). A rokonszelekció a családon belüli önzetlenséget

magyarázza meg; mennél közelebbi a rokonság, annál erősebb a szelekció. Semmi baj sincs ezzel a kifejezéssel, de – sajnálatos módon – lehet, hogy fel kell hagynunk használatával, mivel az utóbbi időben nagyon visszaéltek vele, s ez könnyen megzavarhatja a biológusokat az elkövetkezendő években.

Wilson a *Szociobiológia: az új szintézis* című, egyébként csodálatra méltó művében a rokonszelekciót a csoportszelekció speciális eseteként határozza meg. Van egy ábrája, amely világosan mutatja, hogy átmenetnek tekinti az „egyedi szelekció” és a „csoportszelekció” között, az utóbbit a szokványos értelemben véve – abban az értelemben, ahogy az 1. fejezetben használtam. Mármost a csoportszelekció – még Wilson saját definíciója szerint is – egyedek *csoportjainak* eltérő túlélését jelenti. Kétségtelen, hogy bizonyos értelemben a család a csoport egy sajátos fajtája. Ám Hamilton érvelésének az a lényege, hogy a család és a nem család közti megkülönböztetés nem merev, hanem matematikai valószínűség kérdése. Hamilton elméletében nincs benne az, hogy az állatoknak önzetlen módon kellene viselkedniük összes „családtagjuk” iránt, és önzően mindenki más iránt. Nem tudunk határozott vonalat húzni családon belüliek és kívülállók közé. Nem kell eldöntenünk, hogy – mondjuk – a másod-unokatestvérek a családba tartoznak-e vagy kívülállóknak tekintendők: egyszerűen azt várjuk, hogy a másod-unokatestvérek többnyire 1/16-odát kapják annak az önzetlenségnek, amit egy gyermek vagy egy testvér kap. A rokonszelekció hangsúlyozottan *nem* a csoportszelekció speciális esete,

hanem a génszelekció speciális következménye. Van egy még súlyosabb fogyatéka is a rokonszelekció wilsoni definíciójának. Szándékosan kizárja a gyermekeket: nem számítanak rokonoknak! Persze jól tudja, hogy a gyermekek rokonai a szüleiknek, mégsem hívja segítségül a rokonszelekciós elméletet az önzetlen szülői gondoskodás magyarázatához. Természetesen módja van egy szót tetszése szerint definiálni, ám ez nagyon zavaró definíció, és remélem, hogy Wilson meg fogja változtatni méltán nagy hatású könyvének jövőbeni újabb kiadásaiban. Genetikai szempontból a szülői gondoskodás és a testvéri önzetlenség egyugyanaz oknál fogva fejlődik ki: mindkét esetben jó esély van arra, hogy az önzetlen gén jelen van a haszonélvező testében.

Elnézést kérek az olvasótól az iménti kis kitérőért, térjünk vissza témánkhoz. Eddig egy kissé leegyszerűsítettem a dolgokat, s most már ideje bevezetni némi finomításokat. Elemi fokon beszéltem eddig arról, hogy az öngyilkos gének megmentik bizonyos számú, pontosan ismert rokonsági fokú rokon életét. Nyilvánvaló, hogy a való életben az állatoktól nem várhatjuk el, hogy megszámoelják, pontosan hány rokont mentenek meg, sem azt, hogy fejükben elvégezzék Hamilton számításait, még akkor sem, ha tudhatnák, pontosan kik a testvéreik és unokatestvéreik. A való életben a biztos öngyilkosságot és abszolút „életmentést” a halálnak, sajátunknak és másokénak a statisztikai kockázatával kell helyettesítenünk. Még egy harmad-unokatestvért is érdemes lehet megmenteni, ha a kockázat reánk nézve nagyon kicsiny. Aztán meg mi is és

az a rokon is, akinek a megmentésére gondolunk, egy nap így is, úgy is meg fog halni. Minden egyénnek van „várható élettartama”, amit a biztosítási ügynök a tévedés bizonyos kockázatával ki tud számítani. Egy öreg rokon megmentésének, aki hamarosan meg fog halni, kisebb hatása van a jövőbeli génkészletre, mint egy ereje teljében levő, ugyanannyira közeli rokon megmentésének.

A rokonság mértékére vonatkozó számításaink takaros szimmetriáját számító módon súlyozással kell módosítanunk. A nagyszülőknek és az unokáknak genetikai szempontból ugyanannyi okuk van arra, hogy önzetlenül viselkedjenek egymás iránt, mivel génjeik 1/4-e közös. Ám ha az unokák várható élettartama nagyobb, akkor a nagyszülők unokák iránti önzetlenségéért felelős géneknek nagyobb szelekciós előnyük van, mint az unokák nagyszülők iránti önzetlenségéért felelős géneknek. Nagyon is lehetséges, hogy egy fiatal távoli rokon megsegítésének nettó haszna meghaladja egy idős közeli rokon megsegítésének nettó hasznát. (Mellékesen persze a nagyszülőknek nem szükségképpen rövidebb a várható élettartamuk, mint az unokáknak. Olyan fajoknál, ahol nagy az újszülöttek halandósága, lehet, hogy a fordítottja igaz.)

Hogy továbbvigyük az életbiztosítási ügynök analógiáját, az egyedeket úgy képzelhetjük el, mint akik életbiztosítást kötnek. Egy egyéntől elvárhatjuk, hogy vagyonának egy bizonyos részét feltegye egy másik egyén életére, vagy kockára tegye egy másik egyén életéért. Számításba veszi a másik egyénhez való rokonságának fokát, valamint azt, hogy az illető „jó eséllyel” rendelkezik-e a biztosítást kötő

várható élettartamához viszonyítva. Szabatosabban fogalmazva: inkább „szaporodási esélyről” s nem „várható élettartamról” kellene beszélnünk, vagy még szabatosabban fogalmazva: „annak az esélyéről, hogy mennyire szolgálhatjuk saját génjeink javát a jövőben”. Hogy az önzetlen viselkedés kialakulhasson tehát, az önzetlen egyed nettó kockázatának kisebbnek kell lennie, mint az önzetlen viselkedésének előnyeit élvező egyed nettó haszna, szorozva a rokonság fokával. A kockázatot és az előnyöket olyan, az életbiztosítási ügynök által is alkalmazott bonyolult módon kell kiszámítanunk, ahogy azt leírtam.

De hogyan is várhatnánk el ilyen bonyolult számításokat egy szegény túlélőgéptől, különösen, amikor éppen siet?! Még a nagy matematikai biológus, J. B. S. Haldane is megjegyezte 1955-ben megjelent cikkében, melyben – Hamilton előtt járva – feltételezte egy olyan gén elterjedését, amely a közeli rokonok vízbe fulladástól való megmentéséért felelős: „...azon két alkalommal, amikor fuldokló embert húztam ki a vízből (a magam végtelenül kicsiny kockázatásával), nem volt időm ilyen számításokat végezni.” Szerencsére azonban, ahogy Haldane is nagyon jól tudta, nem szükséges feltételeznünk, hogy a túlélőgépek valóban tudatos összeadásokat végeznek fejükben. Használhatunk logarlécet anélkül, hogy felbecsülnénk, hogy valójában logaritmusokkal dolgozunk. Hasonlóképpen: egy állat lehet eleve úgy programozva, hogy oly módon viselkedjék, mintha bonyolult számításokat végezne.

Ezt nem is olyan nehéz elképzelni. Amikor az ember

magasra feldob egy labdát, majd elkapja, úgy viselkedik, mintha a labda pályáját meghatározó differenciálegyenletek sorát oldotta volna meg. Lehet, hogy nem is tudja, vagy nem is érdeklí, hogy mi az a differenciálegyenlet, ám ennek semmi köze ahhoz, hogy milyen ügyesen bánik a labdával. Valamilyen tudat alatti szinten a matematikai számításokkal funkcionálisan egyenértékű dolog zajlik. Hasonlóképpen: amikor nehéz döntést hozunk, miután felmértük az összes tényezőt pro és kontra, s a döntés összes elképzelhető következményét, akkor egy nagy „súlyozott összeg” kiszámításával funkcionálisan egyenértékű dolgot végzünk, épp olyat, amelyet egy számítógép végezhet.

Ha egy számítógépet úgy akarnánk programozni, hogy szimuláljon egy túlélőgépet, amely arról dönt, hogy önzetlenül viselkedjék-e, akkor valószínűleg nagyjából a következőképpen kellene haladnunk. Össze kellene állítanunk egy listát mindazokról a lehetséges dolgokról, amiket az állat tehet. Ezután minden ilyen alternatív viselkedési sémára vonatkozóan beprogramozunk egy súlyozottösszeg-számítást. Az összes haszon pozitív előjelet kap; az összes kockázat negatív előjelet kap; mind az előnyöket, mind a kockázatokat úgy súlyoznánk, hogy összeadás előtt megszoroznánk a rokonsági fok megfelelő mutatójával. Az egyszerűség kedvéért kezdetben hagyjunk figyelmen kívül más súlyokat, például a kort és az egészséget. Mivel az egyén önmagával való „rokonságának” foka 1 (azaz saját génjeinek 100%-ával rendelkezik nyilvánvalóan), a reá vonatkozó kockázatokat

és előnyöket egyáltalán nem csökkentjük, hanem teljes súllyal vesszük figyelembe a számításnál. Bármelyik alternatív viselkedésre nézve a teljes összeg a következőképpen néz ki: a viselkedési forma nettó előnye = sajátelőny - saját kockázat + $1/2$ előny a testvér számára - $1/2$ kockázat a testvér számára + $1/2$ előny a másik testvér számára - $1/2$ kockázat a másik testvér számára + $1/8$ előny az első unokatestvér számára - $1/8$ kockázat az első unokatestvér számára + $1/2$ előny a gyermek számára - $1/2$ kockázat a gyermek számára + ... stb.

Az összeadás eredménye az illető viselkedésforma nettó haszonmutatójának nevezett szám lesz. A modell ezután kiszámítja a repertoárjában levő összes alternatív viselkedésnek megfelelő összeget. Végül amellet a viselkedés mellett dönt, amely a legnagyobb nettó haszonnal jár. Még ha az összes mutató negatívnak bizonyul is, akkor is dönthet a legmagasabb értékű, azaz legkevésbé káros cselekedet mellett. Jusson eszünkbe, hogy minden pozitív tett energia és idő fogyasztásával jár, s ezeket másra is lehetett volna fordítani. Ha a semmittevés bizonyul a legnagyobb nettó haszonnal járó „viselkedésnek”, akkor a modell semmit sem tesz.

Lássunk egy nagyon leegyszerűsített példát, ezúttal inkább gondolatkíséret formájában, nem számítógépes szimulációként. Én most egy állat vagyok, aki talált egy nyolc gombából álló gombacsoportot. Miután felmértem tápértéküket, és levontam belőle valamennyit azért a csekély kockázatért, hogy esetleg mérgecgombák, úgy

becsülöm, hogy egyenként +6 egységet érnek (a nyereségegységek önkényesek, akárcsak az előző fejezetben). A gombák olyan nagyok, hogy csak hármat tudnék megenni belőlük. Tájékoztassak-e másokat is róluk „táplálékjelzést” hallatva? Ki van hallótávolságon belül? B bátyám (rokonsági foka 1/2), C unokatestvérem (rokonsági foka 1/8) és O (nem áll konkrét rokoni viszonyban velem: rokonsági foka olyan kicsi szám, hogy gyakorlatilag nullának tekinthető). Ha nem szólok senkinek arról, mit találtam, akkor a nettó hasznom megevett gombánként +6, azaz összesen +18. Az már némi számolgotást igényel, hogy mennyi lesz a nettó hasznom, ha táplálékjelzést adok. A nyolc gombát egyenlően osztjuk el négyünk között. Abból a kettőből, amit én eszem meg, a nyereség a teljes +6 egység lesz egyenként, azaz összesen +12. De abból is származik némi nyereségem, hogy a bátyám és az unokatestvérem megeszi a maga két-két gombáját, mivel közös génjeink vannak. A tényleges érték így alakul: $(1 \times 12) + (1/2 \times 12) + (1/8 \times 12) + (0 \times 12) = +19 \frac{1}{2}$. Az önző viselkedésből származó tiszta hasznom +18 lett volna; szoros eredmény, de az ítélet világos. Jeleznem kell a táplálékot; önzetlenségem ez esetben kifizetődő önző génjeim számára.

Azzal az egyszerűsítő feltevéssel éltem, hogy az egyedi állat kiszámítja, hogy mi a legjobb a génjei számára. Valójában arról van szó, hogy a génekészlet tele van olyan génekkel, melyek oly módon befolyásolják a testeket, hogy úgy viselkedjenek, mintha ilyen számításokat végeztek volna.

Számításunk mindenestre csupán nagyon kezdetleges közelítése annak, aminek ideális esetben lennie kellene. Sok minden figyelmen kívül maradt, beleértve az érintett egyedek korát is. Vagy ha éppen kiadós lakmározás után vagyok, és csupán egy gombát tudnék megenni, akkor a táplálékjelzés nettó haszna nagyobb lesz, mintha ki lettem volna éhezve. Se vége, se hossza a számítás egyre újabb és újabb finomításainak, melyek a lehető világok legjobbjában elérhetők. A való élet azonban nem a lehető világok legjobbjában zajlik. Nem várhatjuk el a valóságos állatoktól, hogy a legutolsó részletet is figyelembe vegyék az optimális döntés érdekében. A természetben végzett megfigyeléssel és kísérletezéssel kell felfedeznünk, hogy a valóságos állatok ténylegesen mennyire közelítik meg az ideális költség-haszon elemzés eredményét.

Hogy megbizonyosodjunk arról, nem ragadtak-e túlságosan messzire szubjektív példáink, térjünk vissza egy kicsit a gének nyelvére. Az élő testek a fennmaradt gének által programozott gépek. E géneknek olyan feltételek között sikerült fennmaradniuk, melyek *átlagosan* a faj múltbeli környezetére voltak jellemzők. A költség-haszon „becslések” ennél fogva múltbeli „tapasztalatokon” alapulnak, éppúgy, mint az emberi döntések. A tapasztalat szó azonban ebben az esetben géntapasztalatot jelent, pontosabban a gének fennmaradásának múltbeli feltételeit tükrözi. (Mivel a gének a túlélőgépeket a tanulás képességével is felruházzák, mondhatjuk, hogy némi költség-haszon becslésre az egyéni tapasztalat alapján is sor kerül). Mindaddig, amíg a feltételek nem változnak meg

túlságosan drasztikusan, a becslések jó becslések lesznek, a túlélőgépek pedig többnyire helyes döntéseket hoznak. Ha a feltételek gyökeresen megváltoznak, a túlélőgépek gyakran hibás döntéseket hoznak, génjeik pedig megfizetik a büntetést. Pontosan úgy, ahogyan az elavult adatokon alapuló emberi döntések is jobbára tévesek.

A rokonsági fokra vonatkozó becslések is lehetnek hibásak és bizonytalanok. Eddigi túlegyszerűsített számításainkban úgy vettük, mintha a túlélőgépek tudnák, ki a rokonuk, és hogy milyen közeli. A rokonsági fokot a való életben néha tudni lehet, de gyakoribb, hogy csak átlagos értékekkel lehet becsülni. Tegyük fel például, hogy A és B épp úgy lehetnek féltestvérek, mint édestestvérek. Rokonsági fokuk vagy $1/4$, vagy $1/2$, de mivel nem tudjuk, hogy fél- vagy édestestvérek, a ténylegesen használható szám ezek átlaga, 37.5% lesz. Ha biztos, hogy ugyanaz az anyjuk, de csak egy a tízhez az esély, hogy az apjuk is ugyanaz, akkor 90% -ig biztos, hogy féltestvérek, és 10% -ig biztos, hogy édestestvérek, a ténylegesen számításba vehető rokonsági fokuk pedig $1/10 \times 1/2 + 9/10 \times 1/4 = 0,275$.

Ám amikor olyasmit mondunk, hogy 90% -ig biztos, „hogya”, mire vonatkozik ez a „hogya”? Úgy értjük vajon, hogy a természetbúvár hosszú terepmunka után 90% -ig biztos benne, vagy úgy értjük, hogy az állatok 90% -ig biztosak benne? Kis szerencsével e kettő majdnem ugyanazt a dolgot jelentheti. Hogy ezt belássuk, el kell gondolnunk, hogy az állatok ténylegesen hogyan becsülhetik fel, kik a

közeli rokonaik.

Mi azért tudjuk, hogy kik a rokonaink, mert megmondják nekünk, mert nevet adunk nekik, mert hivatalos házasságokat kötünk, és mert írott dokumentumaink és jó emlékezetünk van. Sok szociálintropológus mélyed el az általa tanulmányozott társadalmak „rokonsági” viszonyaiban. Ők nem valódi genetikai rokonságot értenek ezen, hanem a rokonság szubjektív és kulturális eszméjét. Az emberi szokások és a törzsi szertartások általában nagy hangsúlyt helyeznek a rokonságra; az ősök tisztelete széles körben elterjedt, a családi kötelezettségek és kötelékek meghatározzák az életet. A vérbosszú és a törzsek közti háborúskodás jól értelmezhető Hamilton genetikai elméletének alapján. Vérfertőzési tabuk tanúsítják az ember nagy rokonsági tudatát, noha a vérfertőzési tabu genetikai előnyének semmi köze sincs az önzetlenséghez; valószínűleg a beltenyésztéskor megjelenő recesszív gének káros hatásaival áll kapcsolatban. (Valamilyen oknál fogva sok antropológus nem szereti ezt a magyarázatot).

Honnan „tudhatják” a vadállatok, hogy kik a rokonaik, vagy más szóval: milyen viselkedési szabályokat követhetnek, amelyek közvetett hatásaként úgy látszik, mintha ismernék a rokoni viszonyokat? A „légy rendes a rokonaiddal” szabály azt a kérdést veti fel, hogy miről ismerjük fel a rokoni kapcsolatot a gyakorlatban. Az állatoknak kapniuk kell génjeiktől egy egyszerű cselekvési szabályt, olyan szabályt, amely nem jár a cselekvés végső okának teljes felismerésével, de általában véve mégis működik. Mi emberek jól ismerjük a szabályokat, akkora hatalmuk van

rajtunk, hogy szűklátókörűségből magának a szabálynak engedelmeskedünk még akkor is, ha tökéletesen jól látjuk, hogy se nekünk, se másnak nem származik belőle semmi haszna. Egyes ortodox zsidók és mohamedánok például inkább éhen halnának, mint hogy megszegjék a szabályt, és disznóhúst egyenek. Milyen egyszerű gyakorlati szabályoknak engedelmeskedhetnek az állatok, amelyek normális körülmények között azzal a közvetett hatással járnának, hogy hasznára válnak közeli rokonaiknak?

Ha az állatok hajlamosak önzetlenül viselkedni azon egyedek iránt, akik fizikailag hasonlítanak rájuk, akkor közvetve rokonaikkal is jót tehetnek. A részletek azon múlnak, hogy melyik fajról van szó. Az ilyen szabály mindenesetre csak statisztikai értelemben vezetne „helyes” döntésekre. Ha a feltételek megváltoznak, például ha a faj jóval nagyobb csoportokban kezd élni, akkor helytelen döntésekhez vezethet. Elképzelhető, hogy a „faji” előítélet azon rokonszelekcióval kialakult hajlam irracionális általánosításaként értelmezhető, hogy azonosuljunk az olyan egyénnel, akik testi jegyeikben emlékeztetnek ránk, és ellenségesen viselkedjük azokkal, akiknek megjelenése eltér a miénktől.

Azoknál a fajoknál, amelyeknek tagjai nem változtatják sokat a helyüket, vagy kis csoportokban járnak, jó esély lehet arra, hogy bármelyik egyed, akivel véletlenszerűen egymásba botlunk, meglehetősen közeli rokonunk. Ebben az esetben pozitív túlélési értéke lehet annak a szabálynak, hogy „légy rendes fajod bármely tagjával, akivel találkozol”, azon értelemben, hogy a hordozóit a szabály betartására

készítő gén felszaporodhat a génkészletben. Lehet hogy ezért számolnak be olyan gyakran önzetlen viselkedésről a majom- és cetcsapatok esetében. A bálnák és delfinek megfulladnak, ha nem kapnak levegőt. Megfigyelték, hogy az újszülött bálnákat és azokat a sebesült egyedeket, amelyek nem tudnak a felszínre úszni, társaik megmentik, és fenntartják a víz színén. Nem tudjuk, hogy a bálnák vajon képesek-e megismerni közeli rokonaikat, de lehetséges, hogy ez nem is számít. Talán olyan nagy annak a valószínűsége, hogy a csapat tetszőleges tagja rokon, hogy mindenképpen megéri önzetlennek lenni. Mellesleg van legalább egy valóban hiteles történet arról, hogy egy fuldokló embert megmentett egy vadon élő delfin. Ez tekinthető úgy is, hogy célt tévesztett a csapat fuldokló tagjainak megmentésére vonatkozó szabály. A szabály valahogy így „definiálhatja” a fuldokló társat: „A felszín közelében összevissza csapkodó és levegő után kapkodó hosszúkás dolog.”

Beszámoltak róla, hogy felnőtt hím páviánok életüket kockáztatva védik a csoport többi tagját a ragadozókkal, például a leopárdokkal szemben. Nagyon valószínű, hogy általában bármely felnőtt hím elég nagy számú gén fűz össze a csapat többi tagjával. Elterjedhet a génkészletben az a gén, amely gyakorlatilag azt „mondja”: „Test, ha történetesen felnőtt hím vagy, véd meg a csapatot a leopárdokkal szemben.” Mielőtt elhagynánk ezt a gyakran idézett példát, a méltányosság kedvéért hozzá kell tennünk, hogy legalább egy köztisztelőben álló szaktekintély egészen mást tapasztalt. Szerinte a felnőtt

hímek tűnnek el elsőként a színről, amikor a leopárd megjelenik.

A kiscsirkék együttesen táplálkoznak, és mindannyian követik anyjukat. Két fő hívójelük van. A már említett hangos, átható csipogáson kívül rövid, dallamos csipogást is hallatnak táplálkozás közben. Az anyát segítségül hívó csipogásról a többi kiscsirke nem vesz tudomást. A halk, finom csipogás azonban vonzó a kiscsirkék számára. Ez azt jelenti, hogy amikor az egyik kiscsirke élelmet talál, csipogása a többi kiscsirkét is odavonzza; a korábbi hipotetikus példa kifejezésével élve: a csipogás „táplálékjelzés”. A kiscsirkék látszólagos önzetlensége itt is, mint a korábbi esetben, könnyen megmagyarázható a rokonszelekcióval. Mivel a természetben a kiscsirkék mindnyájan édestestvérek, a táplálékot jelző csipogás génje elterjed, feltéve, hogy a csipogó állat vesztesége kevesebb, mint a többiek nettó hasznának fele. Mivel a haszon az egész fészekalj osztozik, mely rendszerint több mint két kiscsirkét jelent, e feltétel teljesülését nem nehéz elképzelnünk. E szabály természetesen csődöt mond azokban a mesterséges helyzetekben, amikor a tyúkot más tyúkok tojásaira, sőt akár pulyka- vagy kacsatojásokra ültetik. De sem a tyúktól, sem a csibéktől nem várhatjuk el, hogy erre rájöjjenek. Viselkedésüket a természetes körülmények között uralkodó feltételek formálták, márpedig a természetben ritkán található idegenek a fészükben.

Effajta tévedések azonban néha megtörténnek a természetben is. Hordákban vagy csapatokban élő fajoknál előfordul, hogy egy elárvult kölyköt örökbe fogad egy

idegen nőstény, nagyon valószínű, hogy az, amelyik elvesztette a saját gyermekét. A majmokat megfigyelő kutatók néha a „nagynéni” szót használják az örökbefogadó nőstényre. A legtöbb esetben nincs bizonyíték arra, hogy valóban nagynéni volna, vagy egyáltalán bárminemű rokon: ha a majmokat megfigyelő kutatók kellő géntudattal rendelkeznének, akkor nem használnának egy oly fontos szót, mint a „nagynéni”, ilyen kritikátlanul. Az örökbefogadást, bármily megindítónak is lássék, a legtöbb esetben valószínűleg egy beépített szabály kudarcának kell tekintenünk. Mégpedig azért, mert a nagylelkű nőstény semmi jót nem tesz a saját génjeinek azzal, hogy gondját viseli az árvának. Időt és energiát pocsékol, amit a saját rokonainak hasznára fordíthatna, különösen a saját jövődöbéli gyermekeire. Itt feltehetőleg olyan hibáról van szó, mely túl ritkán történik meg ahhoz, hogy a természetes szelekció „igyekezzék” megváltoztatni a szabályt azáltal, hogy az anyai ösztönt szelektívebbé teszi. Egyébként sok esetben nem kerül sor az örökbefogadásra, s az árvát hagyják elpusztulni.

Van egy tévedés, mely annyira szélsőséges, hogy az olvasó legszívesebben talán nem is hibának, hanem az önzőgén-elmélet elleni bizonyítéknak tekintené. Ez a gyászoló anyamajmok esete, akik ellopják egy másik nőstény kicsinyét, és gondját viselik. Én ezt kettős tévedésnek tartom, mert az örökbefogadó nemcsak vesztegeti saját idejét, hanem egyben meg is szabadít egy vetélytárs nőstényt a gyermekgondozás terhétől, hogy hamarabb szüljön újabb gyermeket. Ezt perdöntő példának

tekintem, ami alapos kutatást érdemel. Tudnunk kell, milyen gyakran történik meg; az örökbefogadó és a gyermek között mekkora lehet az átlagos rokonsági fok, hogyan viszonyul a dologhoz a kölyök igazi anyja – neki végül is előnye származik abból, ha kölykét örökbe fogadják; vajon az anyák megpróbálják-e szándékosan becsapni a naiv fiatal nőtényeket, és rávenni őket, hogy fogadják örökbe gyermekeiket? (Azt is felvetették, hogy az örökbefogadóknak és csecsemőtolvajoknak hasznuk származhat abból, hogy gyakorlatra tesznek szert az utódgondozásban).

Az anyai ösztön szándékos félrevezetésére példa a kakukk és a többi „fészekparazita” – azok a madarak, amelyek tojásaikat más madár fészkébe rakják. A kakukkfélék kihasználják a madárszülőkhöz beépített szabályt: „Légy jó minden kismadárhoz, aki az általad épített fészkekben van.” A kakukkaktól eltekintve, ez a szabály rendes körülmények közt eléri azt a kívánt célt, hogy az önzetlenséget a közvetlen rokonokra korlátozza, mert a fészkek ténylegesen annyira el vannak szigetelve egymástól, hogy az én fészkeimben szinte mindig a saját fiókáim vannak. A felnőtt ezüstsirályok nem ismerik fel saját tojásaikat, és vidáman ráülnek más sirálytojásokra, sőt még fából faragott, elnagyolt tojásutánzatokra is, ha a kísérletező ilyenekre cseréli ki tojásaikat. A természetben a tojás felismerése a sirályok számára nem fontos, mert a tojások nem gurulnak el olyan messzire, hogy elérjék a szomszéd fészkek közvetlen környezetét, ami néhány méternyire van. Fölismerik azonban fiókáikat: a fiókák, nem úgy, mint a

tojások, elmászkálnak; könnyen egy szomszéd felnőtt fészkenél köthetnek ki, és ez gyakran végzetes következményekkel jár, amint azt az 1. fejezetben láttuk.

A lummák ugyanakkor foltmintájukról felismerik tojásaikat, és kifejezetten csak azokat hajlandók költeni. Feltehetőleg azért, mert lapos sziklákon fészkelnek, ahol fennáll az a veszély, hogy a tojások elgurulnak, és összekeverednek más tojásokkal. Mármint, mondhatnánk, miért törődnek azzal, hogy megkülönböztessék saját tojásaikat, és csak azokra üljenek rá? Nyilvánvaló, hogy ha mindenkinek gondja volna rá, hogy ráüljön valakinek a tojására, nem számítana, hogy az egyes tojók a saját tojásaikon ülnek-e vagy másokéin. Ez a csoportselektív felfogás érvelése. Fontoljuk csak meg: mi történne, ha egy ilyen csoportos pótmama kör valóban kialakulna. A lumma átlagos fészkealjja egyetlen utód. Eszerint ahhoz, hogy a kölcsönös pótmamakör sikeresen működjék, minden felnőttnek átlagosan egy tojásra kellene ülnie. Mármint tételezzük fel, hogy valaki csal, és nem hajlandó tojásra ülni. Ahelyett, hogy kotlásra vesztegetné idejét, több tojást is tojhat. A dolog szépsége pedig abban áll, hogy a többi, önzetlenebb felnőtt gondját viselné ezeknek a tojásoknak is. Továbbra is hűségesen engedelmeskednének a szabálynak: „Ha látsz egy elveszett tojást a fészked körül, húzd be, és ülj rá.” így a család génje elterjedne a populációban, és a kedves, barátságos pótmamakör feloszlana.

„Na jó – mondhatnánk –, de mi történne, ha a becsületes madarak ellentámadnának, visszautasítanák a zsarolást, és eltökélten kitartanának amellett, hogy egy, és csakis egy

tojáson ülnek? Így visszájára fordulna a csalók szándéka, mivel látnák, hogy saját tojásaik ott hevernek a sziklákon, és senki nem költi ki őket Ez hamarosan ráncba szedné őket”. Fájdalom, de nem ez történne. Mivel abból indultunk ki, hogy a költő madarak nem különböztetik meg az egyik tojást a másiktól, ha a becsületes madarak átültetnék a gyakorlatba a csalással szembeni ellenállásnak ezt a sémáját, akkor végülis ugyanakkora valószínűséggel hanyagolnák el saját tojásaikat, mint a csalókéit. A csalóknak továbbra is előnyük volna, mert több tojást tojnének, és több túlélő fiókájuk volna. A becsületes lumma csak úgy győzhetné le a csalót, hogy saját tojásait aktívan megkülönbözteti. Azaz, ha felhagy az önzetlenséggel, és saját érdekeit követi.

Maynard Smith megfogalmazását használva, az önzetlen örökbefogadó-„stratégia” evolúciósan nem stabil stratégia. Ingatag abban az értelemben, hogy sikeresebb lehet nála az a rivális önző stratégia, hogy az egyén méltányos részesedésénél többet tojik, és nem hajlandó költeni a tojásokat. Ez az utóbbi önző stratégia azután megint csak ingatag, mivel az az önzetlen stratégia, melyet kihasznál, szintén ingatag, s el fog tűnni. A lumma számára az egyetlen evolúciósan stabil stratégia az, hogy felismeri saját tojásait, és kizárólag azokat költi, s pontosan ez az, ami valóban történik.

Azok az énekesmadárfajok, amelyeken a kakukkok élösködnek, felvették a harcot, ez esetben nem úgy, hogy saját tojásaik egyedi küllemét tanulták meg, hanem úgy, hogy ösztönösen előnyben részesítik a fajuk mintáit viselő

tojásokat. Mivel nem fenyegeti őket az a veszély, hogy saját fajuk tagjai élőködnek rajtuk, e módszer hatékony. Ám a kakukkok a maguk részéről ugyancsak felvették a harcot, és tojásaikat színben, méretben és mintázatban egyre inkább hasonlóvá tették a gazdafaj tojásaihoz. Ez példa a hazugságra, és gyakran jól beválik. Ennek az evolúciós fegyverkezési versenynek a következménye a kakukktojásokra nézve mimikrijük figyelemre méltó tökéletesedése volt. Feltételezhetjük, hogy a kakukktojások és fiókák egy része lelepleződik, s azok érik meg, hogy a kakukktojások következő nemzedékét tojják, akik rejtve maradnak. Így hát a hatékonyabb megtévesztés génjei elterjedtek a kakukk génkészletben. Hasonlóképpen, azok az énekesmadarak tettek a legtöbbet saját génkészletükért, amelyeknek elég éles szemük volt ahhoz, hogy a kakukktojás mimikrijében a legcsekélyebb tökéletlenséget is fölfedezzék. Így hát az éles és kritikus szemek továbbadottak a következő nemzedékeknek. Ez jó példa arra, hogy a természetes szelekció hogyan teheti élesebbé az aktív megkülönböztetést, ez esetben egy másik fajjal szembeni megkülönböztetést, melynek tagjai mindent elkövetnek, hogy megtévezzék a megkülönböztetőket.

Térjünk most vissza annak összehasonlításához, hogyan „becsüli meg” az állat a csoport többi tagjához fűződő rokoni viszonyát, és milyen a szakértő természetbúvár megfelelő becslése. Brian Bertram sok évet töltött az oroszlanok biológiájának tanulmányozásával a Serengeti Nemzeti Parkban. Szaporodási szokásaikról szerzett

ismeretei alapján felmérte a tipikus oroszláncsalád egyedei közötti átlagos rokonsági viszonyt. Ilyen tényeket használt fel a becsléseihez: A tipikus csapat hét felnőtt nőtényből áll, ezek az állandó tagok, és két felnőtt hím, akik vándorolnak. A felnőtt nőtényeknek körülbelül a fele egyidőben, csoportosan szül, és kölykeiket együtt nevelik, úgyhogy nehéz megmondani, hogy egy-egy kölyök melyik anyához tartozik. A tipikus alom három kölyköt jelent. Az almok apasága egyenlően oszlik meg a csoport felnőtt hímei között. A fiatal nőtények a csoportban maradnak, és helyére állnak azoknak az öreg nőtényeknek, akik elpusztulnak, vagy elhagyják a csoportot. A fiatal hímeket serdülőkorukban elűzik. Mikor már felnőttek, kis rokoni csapatokban vagy párokban vándorolnak csoportról csoportra, és nem valószínű, hogy visszatérnek eredeti családjukhoz.

E feltevéseket és még másokat is felhasználva, láthatjuk, ki lehet számítani a tipikus oroszláncsapatból való két egyed átlagos rokonsági fokát mutató számot. Bertram 0,22-t kapott véletlenszerűen választott két hím esetében, és 0,15-öt egy nőténypárra vonatkozóan. Ez azt jelenti, hogy a hímek a csapatban átlagosan a féltestvérnél egy kissé távolabbi, a nőtények pedig az első unokatestvérnél egy kicsivel közelebbi rokonságban állnak egymással.

Mármost persze az egyedek bármely konkrét párja lehet édestestvér, Bertram azonban ezt nem tudhatja, és joggal tételezhetjük fel, hogy az oroszlánok sem tudják. Másfelől a Bertram által becsült átlagos értékek bizonyos értelemben az oroszlánoknak is rendelkezésükre állnak. Ha e számok

valóban jellemzik az átlagos oroszláncsapatot, akkor minden olyan gén, amely a hímeket arra készíti, hogy más hímeikkel úgy viselkedjenek, mintha közel féltestvérek volnának, szelekciós előnnyel bír. Bármely gén, amely túl messzire menne, és a hímeket arra készítené, hogy egymással az édestestvérek között helyénvaló barátsággal viselkedjenek, átlagos esetben büntetést vonna maga után, éppúgy mint a nem eléggé barátságos viselkedés génje, amelynek hatására más hímeket, mondjuk, másodunokatestvérként kezelnének. Ha az oroszlánok élete olyan, ahogy Bertram elmondja, és – ami ugyanilyen fontos – ha már sok-sok nemzedék óta így élnek, akkor azt várhatjuk, hogy a természetes szelekció kedvez a tipikus csapat átlagos rokonsági fokának megfelelő önzetlenségnek. Ezt értettem azon, hogy az állat és a jó természetbúvár becslései a rokonsági viszonyokról végeredményben nagyjából azonosak lehetnek.

Így hát oda lyukadtunk ki, hogy az önzetlenség kialakulásában az „igazi” rokonsági fok esetleg kevésbé fontos, mint az állat lehető legjobb becslése. Valószínűleg ez adja a kulcsot annak megértéséhez, hogy a természetben a szülői gondoskodás miért sokkal gyakoribb és odaadóbb, mint a testvérek közti önzetlenség, s hogy az állatok miért értékelik magukat többre, mint akár több testvérüket is. Röviden: azt állítom, hogy a rokonsági fok mutatóján kívül valamiféle, a „bizonyosság” mutatójának nevezhető értéket is figyelembe kell vennünk. Noha a szülő-gyermek viszony genetikai szempontból nem szorosabb, mint a testvér-testvér viszony,

a bizonyosságára nagyobb. Rendszerint sokkal biztosabbak lehetünk abban, hogy kik a gyermekeink, mint hogy kik a testvéreink. És még ennél is biztosabbak lehetünk abban, hogy mi magunk kik vagyunk!

Fontolóra vettük a család lehetőségét a lummák esetében, és még további mondanivalónk is lesz a következő fejezetekben a hazugokról, csalókról és mások kihasználóiról. Egy olyan világban, ahol más egyedek állandóan készen állnak arra, hogy kihasználják a rokonszelekción alapuló önzetlenség kínálta lehetőségeket, és a maguk céljára használják fel ezeket, a túlélőgépnak mindig meg kell fontolnia, hogy kiben bízhat, ki felől lehet valóban biztos. *Ha B* csakugyan a kistestvérem, akkor feleannyira kell törődnöm vele, mint saját magammal, és ugyanannyira kell gondját viselnem, mint saját gyermekeimnek. De lehetek-e vajon benne olyan biztos, mint saját gyermekeimben? Honnan tudom, hogy valóban a kistestvérem?

Ha C egypetéjű ikertestvérem, akkor kétszer annyira kellene gondját viselnem, mint akármelyik saját gyermekemnek, az ő életét valójában nem értékelhetném kevesebbre a magam életénél. De biztos lehetek-e benne? Kétségtelenül úgy néz ki, mint én. Ám lehetséges, hogy csak arckifejezésünk génjei közösek. Nem, nem fogom feláldozni érte az életemet, mert ámbár *lehetséges*, hogy 100%-ban az én génjeimet hordozza, azt viszont abszolút biztosan *tudom*, hogy én 100%-ban tartalmazom a saját génjeimet, így én többet érek magamnak, mint ő. Én

vagyok az egyetlen, akiben bármelyik önző génem biztos lehet. Elvileg az egyéni önzés génjét kiszoríthatná ugyan egy vetélytárs gén, mely önzetlenül megment legalább egy egypetéjű ikret, két gyermeket vagy testvért, vagy legalább négy unokát stb., az egyéni önzés génjének azonban óriási előnye van: a személyazonosság bizonyossága. A rivális önzetlen gén kockáztatja, hogy elvesíti az azonosítást, akár teljesen véletlenül, akár azért, mert csalók és paraziták szándékosan megtévesztik. Ezért az egyéni önzésre nagyobb mértékben kell számítanunk a természetben, mint amennyit egyedül a genetikai rokonságon alapuló megfontolások jósolnának.

Sok fajnál az anya biztosabb lehet abban, hogy ki a kölyke, mint az apa. Az anya tojja a látható, kézzelfogható tojást, vagy szüli a gyermeket. Jó esélye van arra, hogy biztosan tudja, kik hordozzák génjeit. A szegény atya sokkal inkább ki van téve a csalásnak. Ezért várható, hogy az apák sokkal kevésbé vesznek részt kicsinyeik gondozásában, mint az anyák. Látni fogjuk a nemek küzdelméről szóló IX. fejezetben, hogy más okokból is ugyanerre számíthatunk. Hasonlóképpen: az anyai nagyanyák biztosabbak lehetnek unokájukban, mint az apai nagyanyák, s így nagyobb önzetlenség várható el tőlük, mint az utóbbiaktól. Ennek az az oka, hogy lányaik gyermekeiben biztosak lehetnek, míg fiuk esetleg kakukktojást melengetett. Az anyai nagyapák ugyanannyira biztosak az unokáikban, mint az apai nagyanyák, mivel egynemzedéknyi biztonsággal és egynemzedéknyi bizonytalansággal számolhatnak mindketten. Hasonlóképpen: az anyai nagybácsik nagyobb

érdeklődést kell mutassanak unokaöccseik és unokahúgaik iránt, mint az apai nagybácsik, és általában éppolyan önzetlenségnek kell lenniük, mint a nagynéniknek. Csakugyan, egy olyan társadalomban, ahol a házasságtörés gyakori, az anyai nagybácsiknak önzetlenebbeknek kell lenniük az „apáknál”, mivel több alapjuk van a gyermekhez fűződő rokonságban való bizalomra. Tudják, hogy a gyermek anyja legalábbis félttestvérük. A „törvényes” apa semmit sem tud. Nem ismerem olyan adatokat, amelyek igazolnák ezeket a jóslatokat, de annak reményében teszem őket közzé, hogy mások esetleg tudnak ilyen adatokról, vagy nekifognak ilyen adatokat keresni. Különösen a szociálintropológusoknak lehetnek érdekes mondanivalóik erről.

Visszatérve ahhoz a megállapításhoz, hogy a szülői önzetlenség gyakoribb, mint a testvéri önzetlenség, ésszerűnek tűnik ezt a tényt az „azonosítási probléma” alapján magyarázni. Ez azonban nem magyarázza meg magában a szülő-gyermek viszonyban tapasztalható alapvető aszimmetriát. A szülők több gondot fordítanak gyermekeikre, mint a gyermekek szüleikre, noha a genetikai viszony szimmetrikus, és a rokoni kapcsolat bizonyossága mindkét irányban ugyanakkora. A jelenség egyik oka az lehet, hogy a szülőknek inkább módjukban áll, hogy segítséget nyújtsanak, lévén öregebbek és jártasabbak az élet dolgaiban. Még ha szeretné is a kisgyermek etetni a szüleit, ehhez a gyakorlatban nincsenek meg a kellő eszközei.

Van egy másik aszimmetriája is a szülő-gyermek viszonynak, ami nem érvényes a testvér-testvér viszonyra. A gyermekek mindig fiatalabbak szüleiknél. Ez gyakran, ámbár nem mindig, azt jelenti, hogy nagyobb a várható élettartamuk. Mint fentebb hangsúlyoztam, a várható élettartam fontos változó, melynek a lehető világok legjobbjában bele kell kerülnie az állat „számításaiba”, amikor arról „dönt”, hogy önzetlenül viselkedjék-e vagy sem. Olyan fajban, amelyben a gyermekeknek átlagosan nagyobb a várható élettartamuk, mint a szülőknek, a gyermeki önzetlenség génje hátrányos helyzetben volna.

Önzetlen önfeláldozást kellene tanúsítania olyan egyedek javára, akik közelebb vannak ahhoz, hogy végelgyengülésben meghaljanak, mint maga az önzetlen egyed. Ami az egyetlennek a várható élettartammal kapcsolatos tagját illeti, a szülői önzetlenség génjének ugyanakkor ennek megfelelő előnye volna.

Az ember néha hallja itt-ott, hogy a rokonszelekciós elmélettel nem volna semmi probléma, csak éppen nagyon kevés példát, találunk a rokonszelekció működésére a gyakorlatban. E bíráló csak olyasvalakitől származhat, aki nem érti, hogy mit jelent a rokonszelekció. Az igazság az, hogy a gyermek védelmezése és a szülői gondoskodás összes példája, az ezekkel kapcsolatos összes szerv, tej kiválasztó mirigy, kenguruerszény és így tovább, mind-mind a rokonszelekció működését példázza. A bírálók persze jól ismerik a szülői gondoskodás széles körű voltát, csak éppen nem értik meg, hogy a szülői gondoskodás nem kevésbé jó példa a rokonszelekcióra, mint a testvér

iránti önzetlenség. Amikor azt mondják, hogy példákat kérnek, akkor ezen azt értik, hogy a szülői gondoskodáson kívül kérnek példákat, ezek pedig valóban kevésbé mindennaposak. Felvettem ennek néhány lehetséges indoklását. Éppenséggel, ha nem restelltem volna a fáradságot, idézhettem volna példákat a testvérek közötti önzetlenségre – valójában nem is kevés ilyen példa van. De nem akartam, mert csak megerősítené azt a hibás elgondolást (melyet, mint láttuk, Wilson is pártfogolt), hogy a rokonszelekció sajátosan a szülő-gyermek kapcsolatoktól *eltérő* viszonyokra vonatkozik.

E tévedés kialakulásának nagyrészt történeti okai vannak. A szülői gondoskodás evolúciós előnye annyira nyilvánvaló, hogy belátásához nem kellett megvárnunk, míg Hamilton rámutat. Ezt már legalábbis Darwin óta felfogtuk. Amikor Hamilton bebizonyította más kapcsolatok genetikai egyenértékűségét s azok evolúciós jelentőségét, természetes, hogy ezekre a más kapcsolatokra kellett a hangsúlyt helyeznie. Közelebbről: a társas rovarok, köztük a hangyák és méhek köréből vette példáit, melyeknél a nővérek közti kapcsolatok különösen fontosak, amint ezt egy későbbi fejezetben látni fogjuk. Még arról is hallottam, hogy némelyek azt gondolták, Hamilton elmélete csak a társas rovarokra érvényes! Ha valaki nem akarja elismerni, hogy a szülői gondoskodás a rokonszelekció működésének példája, akkor rajta a felelősség, hogy megfogalmazza a természetes szelekció olyan általános elméletét, amely megjósolja a szülői önzetlenséget, de ugyanakkor *nem* jósol önzetlenséget az oldalági rokonok

között. Azt hiszem, ez nem fog sikerülni.

VII. Családtervezés

Könnyű belátni, hogy némelyek miért akarták elválasztani a szülői gondoskodást a rokonszelekción alapuló önzetlenség más eseteitől. A szülői gondoskodás a szaporodási integráns részének látszik, míg például egy unokaöcs iránti önzetlenség nem. Azt hiszem, ennek mélyén valóban fontos megkülönböztetés rejlik, csak éppen az emberek abban tévedtek, hogy mi ez a különbség. Az egyik oldalra tették a szaporodást és a szülői gondoskodást, az önzetlenség egyéb fajtáit pedig a másik oldalra. Én azonban egyfelől az új egyedek világra hozása és másfelől a már létező egyedekről való gondoskodás között szeretnék különbséget tenni. E két tevékenységet gyermekszülésnek és gyermeknevelésnek fogom nevezni. Az egyedi túlélőgépnek kétféle, teljesen eltérő döntést kell hoznia: nevelési döntéseket és szülési döntéseket. A nevelésre vonatkozó döntéseknek az alábbi formájuk van: „van egy gyermek, a hozzám való rokonságának foka ilyen és ilyen; annak az esélye, hogy meghal, ha nem etetem, ilyen és ilyen; etessem-e?” A szülésre vonatkozó döntések másfelől így hangzanak: „Megtegyem-e azokat a lépéseket, melyek egy új egyed világra hozásához szükségesek; szaporodjak-e?” Bizonyos mértékig a nevelésnek és a szülésnek az a sorsuk, hogy versengjenek egymással az egyén idejéért és egyéb erőforrásaiért. Előfordulhat, hogy az egyénnek választania kell: „Viseljem-e gondját ennek a

gyermeknek, vagy szüljek egy másikat?”

A faj ökológiai körülményeitől függően, a nevelési és szülési stratégiák különböző keverékei lehetnek evolúciósan stabilak. Az egyik dolog, ami nem lehet evolúciósan stabil, a tiszta nevelési stratégia. Ha az összes egyed oly mértékben szentelné magát a meglévő gyermekek gondozásának, hogy sohasem szülnének egyetlen új gyermeket sem a világra, a populációba hamarosan betörnének olyan mutáns egyedek, akik szülésre specializálódtak. A gondozás evolúciós szempontból csak kevert stratégia részeként lehet stabil – legalábbis *bizonyos mértékű* szülésre szükség van.

Azok a fajok, melyeket a legjobban ismerünk – az emlősök és a madarak – jobbra kitérő gondozók. Egy új gyermek szülésére vonatkozó döntést rendszerint a gondozására vonatkozó döntés is követi. Mivel a szülés és a nevelés oly gyakran jár együtt a gyakorlatban, az emberek összekeverik a két dolgot. Ám az önző gének szempontjából, mint láttuk, elvben nincs különbség egy kistestvér gondozása és egy kisgyermek gondozása között. Mindkét újszülött egyformán szoros rokonságban van velünk. Ha választanunk kell, hogy az egyiket vagy a másikat tápláljuk-e, genetikailag semmi sem indokolja, hogy miért kellene a saját gyermekünket választani. Másfelől viszont definíció szerint nem szülhetünk magunknak kistestvért. Csupán a gondját viselhetjük, ha már valaki más világra hozta. Az előző fejezetben megnéztük, hogy eszményi esetben az egyes túlélőgépeknek hogyan kellene eldönteniük, hogy önzetlenül

viselkedjenek-e más egyedek iránt, akik már léteznek. Ebben a fejezetben azt nézzük meg, hogyan kellene eldönteniük, hogy hozzanak-e új egyedeket a világra. Főképp ez volt az a kérdés, amely körül az 1. fejezetben említett „csoportszelekció”-vita dúlt, mivel Wynne-Edwards, a csoportszelekció eszméjének elsőszámú népszerűsítője, a csoportszelekciót összefüggésbe hozta a „népességszabályozás” elméletével. Azt vetette fel, hogy az állategedek szándékosan és önzetlenül csökkentik szüleik gyakoriságát a csoport egészének javára. Hipotézise nagyon vonzó, mert jól illeszkedik ahhoz, amit az embereknek egyéenként tenniük kellene. Az emberiségnek túl sok gyermeke van. A népesség nagysága négy dologtól függ: a születésektől, a halálozásoktól, a bevándorlástól és a kivándorlástól. A világ népességének egészét tekintve be- és kivándorlás nem fordul elő, s így csak a születések és a halálozások maradnak. Mindaddig, amíg szülőpáronként átlagosan kettőnél több gyermek éri meg a szaporodóképes kort, a gyermekszülések száma az évek során egyre gyorsuló mértékben nő. A népesség nem egyszerűen egy rögzített mennyiséggel növekszik minden nemzedékben, hanem inkább a már elért méret valamely rögzített hányadával. Mivel ez a méret maga is növekszik, a növekmény mérete is növekszik. Ha ez a növekedés akadálytalanul folyhatna, a népesség meglepően gyorsan csillagászati méreteket érne el.

Mellesleg egyvalamit még azok az emberek sem ismernek fel, akiket aggasztanak a népesedési problémák,

nevezetesen azt, hogy a népesség növekedése épp úgy függ attól is, hogy mikor lesznek az embereknek gyermekeik, mint attól, hogy hány gyermekük lesz. Mivel a népesség nemzedékenként nő bizonyos arányban, ebből következik, hogy ha a nemzedékeket jobban széthúzzuk, akkor a népesség lassúbb évenkénti növekedést mutat. Így az „Állj meg kettőnél” jelszó helyett éppúgy állhatna a „Kezdd el 30 évesen” jelszó is! De bárhogy is van, a gyorsuló népességnövekedés súlyos gondokat jelent.

Valószínűleg mindannyian láttunk már a probléma érzékeltetését célzó, ijesztő számításokat. Például Latin-Amerika jelenlegi népessége 300 millió körül van, és sokan közülük már most is alultápláltak. Ám ha a növekedés a jelenlegi ütemben folytatódna, kevesebb mint ötszáz év kellene ahhoz, hogy elérje azt a pontot, amikor az emberek álló helyzetben összefüggő emberszőnyeggel borítanák a kontinens egész területét, még akkor is, ha nagyon soványaknak tételezzük fel őket – ami meglehetősen realista feltevés. Ezer év múlva több mint egymilliónyi állnának minden egyes ember vállán. Kétezer év múlva az emberhegy a fény sebességével növekedve elérné az ismert világegyetem szélét.

Nilván nem kerülte el az olvasó figyelmét, hogy hipotetikus számításról van szó! Nagyon is gyakorlati okai vannak annak, hogy mindez nem történhet meg. Ezen okok közül néhányat úgy hívnak, hogy éhínség, járvány és háború, vagy – ha szerencsénk van – születésszabályozás. Nincs értelme a mezőgazdaság haladásában bízunk – a „zöld

forradalmakban” és hasonlókban. Az élelmiszer-termelés növekedése átmenetileg enyhítheti a problémát, de matematikailag bizonyos, hogy nem nyújthat hosszú távú megoldást; sőt valójában, a válságot előidéző orvostudományi haladáshoz hasonlóan, még tovább ronthatja a helyzetet, felgyorsítva a népességrobbanás ütemét. Egyszerű logikai igazság, hogy mivel nincs módunk a tömeges kivándorlást az űrbe másodpercenként több millió rakéta indításával biztosítani, az ellenőrizetlen születési arányok óhatatlanul rettenetesen megnövekedett halálozási arányokhoz vezetnek. Nehéz elhinni, hogy ezt az egyszerű igazságot nem értik meg azok a vezetők, akik megtiltják követőiknek, hogy hatékony fogamzásgátló módszereket alkalmazzanak. Azt mondják, hogy előnyben részesítik a népességkorlátozás „természetes” módszereit, márpedig végül pontosan ahhoz fognak eljutni. A természetes módszert éhhalálnak hívják.

De persze az a rossz érzés, amit az ilyen hosszú távú számítások kiváltanak, fajunk egészének jövőbeli sorsáért érzett aggodalmunkon alapul. Az emberek (némelyikük) tudatosan előre látják a túlnépesedés katasztrofális következményeit. E könyv alapfeltevése, hogy a túlélőgépeket általában önző gének irányítják, amelyektől egészen bizonyosan nem várható el, hogy a jövőbe lássanak, sem pedig az, hogy szívükön viseljék az egész faj jólétét. Ez az a pont, ahol Wynne-Edwards szakít az ortodox evolúciós elméletekkel. Ő úgy gondolja, van mód arra, hogy eredendően önzetlen születésszabályozás alakuljon ki evolúció útján.

Fontos dolog, amit nem hangsúlyoznak sem Wynne-Edwards írásai, sem pedig nézeteinek Ardreytól származó népszerűsítése, hogy nagyon sok tény van, ami vitán felül áll. Nyilvánvaló tény, hogy a vadon élő állatok populációi nem nőnek olyan csillagászati ütemben, mint ahogyan elvileg nőhetnének. Az állatpopulációk néha meglehetősen stabilak maradnak, vagyis a születési arányok és a halálozási arányok nagyjából lépést tartanak egymással. Sok esetben (híres példa erre a lemmingeké) a populációméret vadul ingadozik, heves robbanások váltakoznak összeomlásokkal, amikor majdnem kihal a populáció. A következmény néha valóban az, hogy – legalábbis a környező területről – a népesség egyszerűen kihal. A kanadai hiúz esetében – ahol a becslések a Hudson's Bay Company által évenként eladott szőrmék számán alapulnak – a populáció, úgy látszik, ritmikusan oszcillál. Egy dolgot semmi esetre sem tesznek az állatpopulációk: nem növekednek a végtelenségig.

A vadállatok szinte sohasem pusztulnak el végelgyengülésben: az éhhalál, a betegség vagy a ragadozók jóval előbb utolérik őket, mintsem valóban megöregednének. A legutóbbi időig igaz volt ez az emberre is. Sok állat elpusztul gyermekkorában, sok pedig nem is jut túl a pete stádiumon. Az éhhalál és a pusztulás más formái a végső okai annak, hogy a népeségek nem növekednek végtelenül. De mint saját fajunk esetében láttuk, nincs kényszerítő ok arra, hogy ez így legyen. Ha az állatok szabályozhatnák a *születési arányukat*, sohasem kerülne sor éhhalálra. Wynne-Edwards állítása szerint

pontosan ezt teszik. De még ebben is kevesebb a nézeteltérés közöttünk, mint ahogy könyvét olvasva bárki gondolhatná. Az önzőgén-elmélet hívei ugyanis készséggel egyetértenek abban, hogy az állatok *csakugyan* szabályozzák születési arányukat. Bármely adott fajban többnyire meglehetősen rögzített a fészekalj vagy az alom mérete: egyetlen állatnak sincs végtelensok gyermeke. A nézeteltérés nem abban van, hogy *vajon* szabályozott-e a születési arány. Abban nem értünk egyet, hogy *miért* szabályozott: a természetes szelekció milyen folyamata révén fejlődött ki a családtervezés? Dióhéjban: abban nem értünk egyet, hogy vajon az állati születésszabályozás önzetlen-e, s a csoport egészének javát szolgálja-e; avagy önző, s a szaporodó egyed érdekében történik. A két elmélettel egymás után fogok foglalkozni.

Wynne-Edwards feltételezte, hogy az egyéneknek a csoport egészének érdekében kevesebb gyermekük van, mint amennyi lehetne. Felismerte, hogy a normális természetes szelekció nem hozhatott volna létre ilyenfajta önzetlenséget: az átlagosnál alacsonyabb szaporodási arány természetes szelekciója első pillantásra önellentmondás. Wynne-Edwards ezért a csoportszelekcióhoz folyamodott, amint azt az 1. fejezetben láttuk. Szerinte azok a csoportok, amelyeknek tagjai visszafogják születési arányukat, kisebb valószínűséggel hálnak ki, mint azok a vetélytárs csoportok, amelyeknek egyedei olyan sebességgel szaporodnak, hogy veszélyeztetik táplálékellátásukat. A világot ezért

mérsékelten szaporodó fajok népesítik be. Az az egyéni önmegtartóztatás, amelyet Wynne-Edwards javasol, általános értelemben a születésszabályozásnak felel meg, ő azonban ennél konkrétábban fogalmaz, és csakugyan egy olyan nagyszabású koncepcióval lép színre, melyben az egész társadalmi életet a népességszabályozás mechanizmusaként szemléli. Például sok állatfaj társas életének két fontos sajátossága a területvédelem (*territorialitás*) és a *dominancia hierarchia*, amelyeket már az V. fejezetben említettem. Sok állat idejének és energiájának jó részét annak szenteli, hogy látszólag „védelmez” egy földdarabot, melyet a kutatók territóriumnak neveznek. Ez a jelenség az állatvilágban nagyon széles körben elterjedt, nemcsak madarak, emlősök és halak, hanem rovarok, sőt tengeri rózsák között is. A territórium lehet nagy erdőterület, amely elvben az utódait gondozó pár élelmét adja, mint például a vörösbegyek esetében. Vagy – például az ezüstsirályok esetében – lehet egy olyan kis terület, melyen nincs élelem, de a közepén az állat fészke van. Wynne-Edwards úgy véli, hogy a territóriumért küzdő állatok jelképes jutalomért harcolnak, nem pedig olyan tényleges jutalomért, mint amilyen egy falat élelem. Sok esetben a nőstények nem hajlandók párosodni territóriummal nem rendelkező hímekkel. Valóban gyakran megtörténik, hogy az a nőstény, amelynek a párját legyőzik, és territóriumát elfoglalják, azonnal a győzteshez csatlakozik. Még a látszólag hűséges monogám fajok esetében is lehetséges, hogy a nőstény a hím territóriumához csatlakozik s nem magához a hímhez.

Ha a populáció túlságosan felduzzad, az egyedek egy részének nem jut territórium, s ennél fogva nem szaporodnak. A territórium megszerzése ennél fogva Wynne-Edwards szerint olyasmi, mintha valaki jegyet váltana vagy engedélyt kapna a szaporodásra. A territóriumok száma véges, s ez olyan, mintha véges számú utódnemzési engedélyt adnának ki. Az egyedek harcolhatnak ezekért az engedélyekért, de a populáció egészében a lehetséges utódok számát a rendelkezésre álló territóriumok száma korlátozza. Bizonyos esetekben, mint például a skót hófajdoknál, az egyedek első pillantásra csakugyan önmegtartóztatást mutatnak, mivel azok, akik nem képesek territóriumot nyerni maguknak, nemcsak hogy nem szaporodnak, hanem látszólag fel is adják a küzdelmet a territóriumért. Mintha mindnyájan elfogadnák a játékszabályokat: ha a vetélkedési időszak végéig nem sikerült megszerezned a magad számára az egyik utódnemzésre jogosító hivatalos jegyet, akkor önkéntesen tartózkodsz a szaporodástól, és nem háborgatod a szaporodási időszakban a szerencséseket, akik így nyugodtan foglalkozhatnak a faj szaporításával.

Wynne-Edwards hasonlóképpen értelmezi a dominancia hierarchiákat is. Sok állatcsoportnál, különösen fogságban, de némely esetben vadon is, az egyedek megtanulják egymás kilétét, és megtanulják, hogy kit győzhetnek le harcban, s ki az, aki rendszerint őket győzi le. Amint az V. fejezetben láttuk, hajlamosak harc nélkül behódolni azoknak az egyedeknek, akikről „tudják”, hogy valószínűleg legyőzik őket. A kutatók tehát dominancia hierarchiát vagy

„csípésrendet” írhatnak le (az utóbbi kifejezés onnan származik, hogy ilyeneket először tyúkoknál írtak le), olyan társadalmi rangsort, melyben mindenki tudja a helyét, és senkinek sincsenek státusát meghaladó vágyai. Néha persze sor kerül valóban komoly harcra, és néha egy egyed fölébe kerülhet korábbi közvetlen feletteseinek. Ám ahogy az V. fejezetben láttuk, az alacsonyabb rangú egyedek automatikus behódolásának az az általános hatása, hogy kevés kiadósabb harcra kerül sor, és súlyosabb sebesülés ritkán fordul elő.

Sokan tartják ezt valamilyen homályos csoportselektációs értelemben „jó dolognak”. Wynne-Edwards értelmezése sokkal merészebb. A magasabb rangú egyedek nagyobb valószínűséggel szaporodnak, mint az alacsonyabb rangú egyedek, vagy azért, mert előnyben részesítik őket a nőstények, vagy pedig azért, mert fizikai értelemben megakadályozzák az alacsonyabb rangú hímeket abban, hogy nőstények közelébe kerüljenek. Wynne-Edwards a magas társadalmi rangot a szaporodás további jogcímének tekinti. Ahelyett, hogy közvetlenül magukért a nőstényekért harcolnának, az egyedek a társadalmi státusért küzdenek, majd elfogadják, hogy amennyiben végülis nem jutnak magasra a társadalmi ranglétrán, akkor nincs jogcímük a szaporodásra. Nem bocsátkoznak harcba közvetlenül a nőstényekért, noha olykor-olykor megpróbálkozhatnak azzal, hogy magasabb státushoz jussanak, s így mondhatjuk róluk, hogy *közvetve* a nőstényekért versengenek. Azonban – éppúgy mint a területvédő viselkedés esetében – azon szabály „önkéntes

elfogadása”, hogy csak a magas státusú hímek szaporodhatnak, azt eredményezi Wynne-Edwards szerint, hogy a populációk nem növekednek túlságosan gyorsan. A populációk ahelyett, hogy ténylegesen túl sok gyermeket hoznának a világra, majd a saját kárukon tanulják meg, hogy ez hiba volt, a státusért és területért vívott formális viadalokat használnak eszközül, hogy méretüket kicsivel azon szint alatt tartsák, ahol már maga az ínség szedné áldozatait.

Wynne-Edwards fogalmai közül talán aza legmeghökkenőbb, melyet maga alkotta szóval epideiktikus viselkedésnek nevez. Sok állat ideje nagy részét nagy falkákban, nyájokban vagy rajokban tölti. Különböző, többé-kevésbé józan indoklásait adták annak, hogy az ilyen gyülekezési viselkedésnek miért kedvezett a természetes szelekció, s ezek némelyikéről még szólni fogok a X. fejezetben. Wynne-Edwards elképzelése egészen más. Ő azt állítja, hogy a seregélyek, amikor esténként nagy csapatokba verődnek, vagy a szúnyogok, amikor rajokban táncolnak a kapufélfa fölött, tulajdonképpen népszámlálást tartanak. Mivel feltételezi, hogy az egyedek mérséklék szülési arányukat a csoport egésze érdekében, és kevesebb utódot nemzenek, amikor a népsűrűség nagy, kézenfekvő, hogy valamilyen módon meg kell mérniük a népsűrűséget. A termosztátnak is szerves része a hőmérő. Wynne-Edwards szerint az epideiktikus viselkedés szándékos összeverődés a népesség felbecsülésének elősegítésére. Nem tudatos népszámlálást tételez fel, hanem olyan automatikus

idegrendszeri vagy hormonális mechanizmust, amely összeköti a népsűrűség észlelését az egyedi szaporító rendszerekkel.

Megpróbáltam számot adni Wynne-Edwards elméletéről, még ha meglehetősen röviden is. Ha sikerült, akkor az olvasó most bizonyára arra gondol, hogy első látásra meglehetősen ésszerű. Ám remélhetőleg e könyv előző fejezetei már elegendő kételkedést oltottak az olvasóba ahhoz, hogy bármilyen ésszerűen hangozzék is Wynne-Edwards elmélete, meggyőzőbb bizonyítékokat vár. A bizonyítékok pedig sajnos nem elég meggyőzőek. Sok-sok olyan példából állnak, melyek értelmezhetők lennének így is, de épp olyan jól értelmezhetők az ortodox „önző gén” gondolatmenet alapján.

A családtervezés önzőgén-elméletének fő megalkotója, ámbár ő maga sohasem használta volna ezt a címet, a nagy ökológus, David Lack volt. Ő ugyan konkrétan vadmadarak fészekaljának nagyságát tanulmányozta, de elméletei és következtetései rászolgáltak arra, hogy általánosan alkalmazzuk őket. A fészekalj nagysága minden madárfajra jellemző. A szulák és a lummák például egyszerre egy tojást költenek, a fecskék hármat, a széncinegék pedig féltucatot vagy még többet. Ebben van azért némi változatosság: egyes fecskék csupán két tojást tojnak egyszerre, a széncinegék pedig tojhatnak tizenkettőt is. Ésszerű feltételeznünk, hogy a nőstény által tojt és kiköltött tojások száma – legalábbis részben – genetikai szabályozás alatt áll, épp úgy, mint bármely más tulajdonság. Azaz lehet, hogy van olyan gén, amely két tojás

rakását írja elő, egy vetélytárs allél, amely három tojást ír elő, egy harmadik allél, amely négy tojást ír elő és így tovább, ámbár valószínűtlen, hogy a gyakorlatban ez ennyire egyszerű volna. Mármost az önzőgén-elmélet alapján azt a kérdést kell feltennünk, hogy a gének közül melyik szaporodik föl a génkészletben. Látszólag a négy tojást előíró génnek eleve előnye van a három vagy két tojást előíró génnel szemben. Azonban ha egy percre elgondolkodunk, kiderül, hogy ez az egyszerű érvelés, mely szerint „a több jobbat jelent”, nem állja meg a helyét. Ahhoz a feltevéshez vezet, hogy öt tojás jobb, mint négy, a tíz még jobb, a száz még annál is jobb, a végtelensok mind közül a legjobb. Más szóval: logikailag képtelenséghez vezet. A sok tojásnak nyilvánvalóan *költsége* is van, nemcsak haszna. A több utód ára óhatatlanul a kevésbé hatékony gondozás. Lack lényeges megállapítása, hogy bármely adott faj számára, bármilyen adott környezeti feltételek közepette, lennie kell egy optimális fészekaljméretnek. Wynne-Edwardstól arra a kérdésre adott válaszában tér el, hogy ez „kinek a szempontjából optimális”. Wynne-Edwards azt mondaná, hogy a fontos optimum, mely felé minden egyed törekszik, a csoport egésze számára érvényes optimum. Lack azt mondaná, hogy minden önző egyed olyan fészekaljméretet választ, amely maximalizálja az általa felnevelt utódok számát. Az, hogy a fecskék optimális fészekaljmérete három, Lack számára azt jelenti, hogy bármely egyed, amely megpróbál négyet fölnevelni, valószínűleg a végén kevesebb utódot hagy hátra, mint azok az óvatosabb vetélytársak, amelyek csak hármat

próbálnak felnevelni. Ennek nyilvánvaló oka az volna, hogy a négy fióka oly sovány kosztot él, hogy kevesen érik meg közülük a felnőttkort. A négy tojás, melyekbe eleve kevesebb szikanyag jutna, épp úgy táplálékszükébeben volna, mint a kikelés után a fiókák. Lack szerint tehát az egyedek fészekaljuk méretét olyan okokból szabályozzák, melyekről mindent mondhatunk, csak azt nem, hogy önzetlenek. Nem azért gyakorolják a születésszabályozást, hogy elkerüljék a csoport forrásainak túlságos kimerítését. Azért gyakorolják a születésszabályozást, hogy maximalizálják életben maradó gyermekeik számát, céljuk tehát pontosan az ellenkezője annak, amit rendszerint a születésszabályozáshoz társítunk.

A fiókák fölnevelése költséges dolog. Az anyának nagy mennyiségű táplálékot és energiát kell fordítania a tojások létrehozására. Esetleg társa segítségével nagy erőfeszítéseket tesz annak érdekében, hogy fészket építsen tojásainak, mely egyben védelmet is nyújt nekik. A szülők heteket töltenek azzal, hogy türelmesen ülnek a tojásokon. Azután, amikor a fiókák kikeltek, halálra dolgozzák magukat, hogy táplálékot hordjanak nekik, többé-kevésbé megállás és pihenés nélkül. Mint már láttuk, a széncinkeszülő nappal átlagosan harminc másodpercenként visz egy darab táplálékot a fészekhez. Az emlősök, mint mi is, mindezt egy kissé eltérően teszik, de rájuk sem kevésbé érvényes az az alapelv, hogy a szaporodás, különösen az anya számára, költséges dolog. Nyilvánvaló, hogy ha a szülő korlátozott táplálék- és erőforrásait túlságosan sok gyermek között próbálja

megosztani, akkor a végén kevesebbet nevel fel, mint ha törekvései szerényebbek lettek volna. Egyensúlyt kell fenntartania a szülés és a gondozás között.

A tápláléknak és egyéb javaknak az a mennyisége, amit egy nőstény vagy egy szülőpár összesen elő tud teremteni, olyan korlátozó tényező, amely meghatározza a felnevelhető gyermekek számát. A természetes szelekció Lack elmélete szerint a kezdeti fészekaljméretet (alomméretet stb.) úgy állítja be, hogy e korlátozott források maximálisan kihasználhatók legyenek.

Büntetés jár azoknak az egyedeknek, melyeknek túl sok gyermekük van, mégpedig nem azért, mert az egész populáció kihal, hanem egyszerűen azért, mert kevesebb gyermekük marad fenn. A túl sok gyermeket okozó gének egyszerűen nem jutnak át nagy számban a következő nemzedékbe, mivel az ezeket a géneket hordozó gyermekek közül kevés éri meg a felnőtt kort. A modern civilizált ember esetében úgy alakult, hogy a családok méretét többé már nem korlátozza a szülők rendelkezésére álló források véges volta. Ha a férjnek és feleségnek több gyermeke van, mint ahányat táplálni tudnak, akkor az állam, ami a népesség többi részét jelenti, egyszerűen közbelép, és a létszám feletti gyermekeket életben és egészségben tartja. Tulajdonképpen semmi sem akadályozhatja meg, hogy egy anyagi forrásokkal egyáltalán nem rendelkező párnak pontosan annyi gyermeke legyen, amennyit a nő ki tud hordani. Ám a jóléti állam nagyon természetellenes dolog. A természetben azoknak a szülőknek, akiknek több gyermekük van, mint ahányról gondoskodni tudnak, nincs

sok unokájuk, és génjeik nem jutnak át a jövő nemzedékekbe. Nincs szükség a születési arány önzetlen mérséklésére, mert a természetben nincs jóléti állam. Minden túlzott engedékenységgel járó gén azonnal megbűnhődik: az ilyen gént magukban hordozó gyermekek éhen halnak. Mivel mi, emberek nem akarunk visszatérni a régi önző módszerekhez, s hagyni, hogy a túlságosan nagy családok gyermekei éhen haljanak, eltöröltük a családot mint gazdasági önfenntartó egységet, s az állammal helyettesítettük. Azonban nem szabad visszaélnünk a gyermekekről való garantált gondoskodással.

A fogamzásgátlást néha azzal támadják, hogy „természetellenes”. Így igaz, nagyon természetellenes. A baj az, hogy ugyanez igaz a jóléti államra is. Azt hiszem, legtöbben úgy véljük, hogy a jóléti állam nagyonis kívánatos. Ám nem lehet természetellenes jóléti államunk, hacsak nincs természetellenes születésszabályozásunk is, mert máskülönben a végeredmény a természetben fellelhetőnél is nagyobb nyomorúság. A jóléti állam talán a legnagyobb önzetlen rendszer, amit az állatvilág valaha is ismert. De minden önzetlen rendszer lényegéből fakadóan labilis, mivel ki van téve az önző egyének visszaélésének, akik készek kihasználni. Azok az emberek, akiknek több gyermekük van, mint ahányat felnevelni képesek, valószínűleg a legtöbb esetben túlságosan tudatlanok ahhoz, hogy tudatos visszaéléssel vádolhatnánk őket. Azok a nagy hatalmú intézmények és vezetők, akik szándékosan bátorítják őket, szerintem kevésbé állnak gyanún felül.

Visszatérve a vadon élő állatokhoz, Lack fészekaljmmérettel

kapcsolatos érvelését általánosíthatjuk az összes Wynne-Edwards által felhasznált példára: a területvédő viselkedésre, a dominancia hierarchiákra és így tovább. Vegyük például a skót hófajdot, amit ő és kollégái megfigyeltek. Ezek a madarak hangafélékkel táplálkoznak, és a mocsarat olyan territóriumokra parcellázzák fel, melyek nyilvánvalóan több élelmet tartalmaznak, mint amennyire a territórium tulajdonosainak ténylegesen szükségük van. A szaporodási időszak kezdetén harcolnak a területekért, de egy idő után a vesztesek szemlátomást beletörődnek kudarcukba, és többé nem harcolnak. Számkivetettekké lesznek, akik sohasem jutnak saját területhez, és a szezon végére nagyobb részük éhen hal. Csak a territóriumtulajdonosok nemzenek utódokat. A territóriummal nem rendelkezők fizikailag képesek az utódnemzésre, amit az a tény mutat, hogy ha egy territóriumtulajdonost kilőnek, helyét azonnal betölti az egyik korábbi számkivetett, aki azután utódokat nemz. Wynne-Edwards, mint láttuk, úgy értelmezi ezt a szélsőséges területvédő viselkedést, hogy a számkivetettek „elfogadják”, hogy nem sikerült jegyet vagy engedélyt szerezniük a szaporodásra; nem próbálnak meg utódot nemzeni.

Viselkedésük indoklása első pillantásra kínosan nehéz feladatnak látszik az önzőgén-elmélet számára. Miért nem próbálják meg a számkivetettek újra és újra kiütni a nyeregből a territórium birtokosát, egészen addig, amíg a kimerültségtől össze nem esnek? Látszólag nincs vesztenivalójuk. De várjunk csak, talán mégiscsak van

valami vesztenivalójuk. Már láttuk, hogy ha egy territórium tulajdonosa történetesen elpusztul, akkor valamelyik számkivetettnek esélye van arra, hogy átvegye helyét, és szaporodjon. Ha több esély van arra, hogy egy számkivetett ilyen módon territóriumhoz jut, mint arra, hogy harc árán tesz szert rá, akkor neki, mint önző egyednek, kifizetődőbb lehet várni, abban bízva, hogy valaki meghal, mint kevés meglévő energiáját hiábavaló küzdelemre pazarolni. Wynne-Edwards szerint a veszteseknek az a szerepük a csoport jóléte szempontjából, hogy beugrásra kész színészekként a kulisszák mögött várakozzanak, készen arra, hogy bármely territóriumbirtokosnak a helyébe lépjenek, aki meghal a csoport szaporodásának színpadán. Most már láthatjuk, hogy tisztán önző egyénekként sem követhetnek jobb stratégiát. Amint a IV. fejezetben láttuk, az állatokat tekinthetjük szerencsejátékosoknak is. A játékos számára a kivárás néha jobb stratégia, mint a megfélemlítés.

Hasonlóképpen könnyen magyarázható az önzőgén-elmélet alapján az a sok más eset is, amikor az állatok látszólag passzív módon „beletörődnek” nem szaporodó helyzetükbe. A magyarázat általános formája mindig azonos: az egyén akkor tesz a legjobb lóra, ha pillanatnyilag visszafogja magát a jövőbeni jobb esélyek reményében. Az a foka, amely nem háborgatja a hárém birtokosát, nem a csoport érdekében passzív. A kedvezőbb pillanatra vár. Még ha ez a pillanat sohasem érkezik is el, és végül utódok nélkül marad, a játszma lehetett volna kifizetődő, ámbar visszatekintve láthatjuk,

hogy az ő esetében nem volt az. Vagy amikor a lemmingek milliószám vándorolnak el a népeességrobbanás központjából, ezt nem annak érdekében teszik, hogy csökkentsék a maguk mögött hagyott terület népeességét! Minden egyes önző példányuk egy kevésbé zsúfolt helyet keres magának, ahol majd élhet. Az a tény, hogy egyik vagy másik adott példány kudarcot vallott és elpusztult, olyasmi, amit visszatekintve láthatunk. Mit sem változtat azon, hogy valószínűleg még rosszabb eséllyel játszott volna, ha marad.

Nagyon jól dokumentált tény, hogy a túlszűfolttság néha csökkenti a születési arányt. Ezt néha bizonyítéknak tekintik Wynne-Edwards elmélete mellett. Márpedig nem az. Jól beleillik elméletébe, de épp olyan jól beleillik az önzőgénélméletbe is. Egy kísérletben például egereket helyeztek egy körülkerített szabad területre, bőven ellátták őket táplálékkal, és hagyták őket szabadon szaporodni. A populáció egy bizonyos pontig növekedett, majd beállt egy szintre. Kiderült, hogy azért szűnt meg a növekedés, mert a túlszűfolttság következtében a nőstények termékenysége csökkent: kevesebb kölykük született. Ilyen hatásról gyakran számoltak be. Közvetlen okát gyakran „stressznek” nevezték, ámbár önmagában nem segíti elő a jelenség magyarázatát, ha nevet adunk neki. Mindenesetre, bármi legyen is a közvetlen oka, tovább kell kutatnunk végső, vagyis evolúciós magyarázata után. Miért kedvez a természetes szelekció azoknak a nőstényeknek, amelyek csökkentik szüleik számát, amikor a populáció túlnépesedik?

Wynne-Edwards válasza világos. A csoportszelekció kedvez az olyan csoportoknak, amelyekben a nőstények felméri a populációt, és úgy igazítják hozzá szüleik számát, hogy a táplálékforrásokat ne merítsék ki. A kísérlet feltételei között a táplálék sohasem fogyott volna ki, ám az egerektől nem várhattuk el, hogy ezt felismerjék. Programjuk a vadon élő állat genetikai programja, és valószínű, hogy természetes körülmények között a túlnépesedés a jövőbeni ínség megbízható jele.

Mit mond az önzőgén-elmélet? Szinte pontosan ugyanezt, ám egy döntő különbséggel. Emlékezzünk rá, hogy Lack szerint az állatok saját önző szempontjuk alapján optimalizálják gyermekeik számát. Ha túl kevés vagy túl sok utódot szülnék, akkor a végén kevesebbet nevelnek fel, mint ha éppen eltalálták volna a megfelelő számot. Mármint az „éppen megfelelő szám” valószínűleg kisebb egy olyan évben, amikor a populáció túlnépesedett, mint olyan évben, amikor ritka. Abban már egyetértettünk, hogy a túlnépesedés valószínűleg az ínség árnyékát veti előre. Nyilvánvaló, hogy ha egy nősténynek megbízható adatai vannak arról, hogy ínség várható, akkor önző érdeke, hogy csökkentse szüleik számát. Azok a vetélytársak, akik nem így reagálnak az intő jelekre, a végén kevesebb kölyköt nevelnek fel, noha ténylegesen többet szülnék. Ennélfogva szinte pontosan ugyanarra a következtetésre jutunk, mint Wynne-Edwards, azonban egészen más jellegű evolúciós okfejtéssel lyukadtunk ki ide.

Az önzőgén-elméletnek még az „epideiktikus bemutatókkal” sincs problémája. Jusson eszünkbe Wynne-

Edwards hipotézise, mely szerint az állatok szándékosan gyűlnek össze nagy tömegekben abból a célból, hogy megkönnyítsék az összes egyed számára a népszámlálást, és ennek megfelelően szabályozhassák születési arányukat. Nincs közvetlen bizonyítékunk arra nézve, hogy bármiféle csoportosulás valóban epideiktikus jellegű volna; de tegyük fel, hogy találtunk erre utaló adatokat. Vajon zavarba jönne ekkor az önzőgén-elmélet? Egy cseppet sem.

A seregélyek óriási számban verődnek össze. Tegyük fel, hogy nemcsak az bizonyosodna be, hogy a téli túlnépesedés csökkenti a következő tavasszal a termékenységet, hanem az is, hogy ez közvetlenül annak tulajdonítható, hogy a madarak figyelnek egymás megnyilatkozásaira. Be lehetne bizonyítani kísérletileg, hogy azok az egyedek, akiknek sűrű és nagyon hangos seregélycsapat magnóval rögzített hangjait játsszuk le, kevesebb tojást raknak, mint azok az egyedek, akik csendesebb, kevésbé sűrű sereget hallgatnak. Ez definíció szerint azt mutatná, hogy a seregélyek kiáltásai epideiktikus bemutatók. Az önzőgén-elmélet ezt nagyjából ugyanolyan módon magyarázná meg, mint az egerek esetét.

Megint csak abból a feltevésből indulunk ki, hogy azok a gének, melyek nagyobb családot írnak elő, mint amekkorát a szülők el tudnak tartani, automatikusan büntetésben részesülnek, kevésbé számosak lesznek a génkészletben. A hatékony tojónak az a feladata, hogy megjósolja, mekkora lesz a számára mint önző egyed számára

optimális fészekalj a következő szaporodási időszakban. Emlékezzünk rá, hogy a IV. fejezetben milyen speciális értelemben használtuk a jóslás szót. Mármost hogyan tudja egy nőstény madár megjósolni a fészekalj optimális méretét? Milyen változók hathatnak jóslatára? Lehetséges, hogy sok faj rögzített jóslattal él, amely nem változik egyik évről a másikra. Így a szula átlagos optimális fészekaljmérete egy. Lehetséges, hogy halban különösen bő esztendőekben a valódi optimum átmenetileg egyedenként két tojásra emelkedhet. Ha a szulák nem tudhatják előre, hogy egy adott év halban bő lesz-e, akkor nem várhatjuk el a nőstény egyedektől, hogy vállalják azt a kockázatot, hogy két tojásra vesztegetik erejüket, amivel egy átlagos évben veszélyeztetnék szaporodásuk sikerét.

Lehetnek azonban más fajok, talán a seregélyek, melyek elvben télen megjósolhatnák, hogy tavasszal valamilyen adott táplálékból jó lesz-e a termés. A vidéki emberek körében számos régi közmondás él, melyek szerint bizonyos jelek, mint például a magyalbogyók bősége, előre jelezhetik a következő tavasz időjárását. Akár megalapozott egy adott babona, akár nem, logikailag lehetséges, hogy vannak ilyen jelek, s az ügyes jós elvileg jól járhat, ha hozzájuk igazítja fészekaljméretét. Lehet, hogy a magyalbogyók megbízható előrejelzők, az is lehet, hogy nem, de éppúgy mint az egerek esetében, nagyon valószínűnek látszik, hogy a populáció sűrűsége jó előrejelző. A nőstény seregély elvben tudhatja, hogy amikor a következő tavasszal arra kerül a sor, hogy fiókáit etesse, fajtársaival fog versengeni a táplálékért. Ha valamiképpen

télen fel tudja becsülni fajának helyi népsűrűségét, ez nagyon hatásos eszközül szolgálhat számára annak megjósolásához, hogy mennyire lesz nehéz táplálékot szereznie jövő tavasszal a fiókáinak. Ha tehát a nőstény a téli népsűrűséget különösen magasnak találja, akkor saját önző szempontjából bölcsen teszi, ha viszonylag kevés tojást rak: az optimális fészekaljméretre vonatkozó becslése csökken.

Mármost amint igaz az, hogy az egyedek csökkentik fészekaljuk méretét a népsűrűségekre vonatkozó becslésük alapján, azonnal előnyös lesz minden önző egyed számára, hogy vetélytársaival úgy viselkedjen, mintha a népsűrűség nagy volna, akár így van, akár nem. Ha a seregélyek a télen összeverődött csapatok hangereje alapján becsülik fel a populáció méretét, akkor minden egyed számára kifizetődő volna olyan hangosan kiabálni, ahogy csak tud, hogy inkább hangozzék két seregélynek, mint egynek. Azt a gondolatot, hogy az állatok egyidejűleg több állatot színlelhetnek, más összefüggésben J. E. Krebs is felvetette, s ezt Beau Geste-hatásnak nevezte egy regény nyomán, melyben az idegenlégió egyik egysége hasonló taktikát alkalmazott. Az elgondolás esetünkben az, hogy a seregély megpróbálja szomszédait rávenni arra, hogy az ő fészekaljméretüket a valódi optimumnál alacsonyabb szintre vegyék. Ha olyan seregélyek vagyunk, akiknek ez sikerült, akkor önző érdekeinket szolgáljuk, mivel csökkentettük azon egyedek számát, akik nem hordozzák génjeinket. Wynne-Edwards elgondolása az epideiktikus bemutatóról valóban jó elképzelés lehet: lehet, hogy utolsó

szóig igaz, csak éppen a kiindulási alapja helytelen.

Általánosabban azt mondhatjuk, hogy a Lack-féle hipotézis kellőképpen hatékony ahhoz, hogy az önzőgén-elmélet alapján minden olyan eredményt megmagyarázzon, amely látszólag a csoportselekciónak elméletet támogatja, amennyiben ilyen eredmények napvilágra kerülnének.

E fejezetből azt a következtetést vonjuk le, hogy az egyes szülők tervezik családjukat, de azért, hogy optimálissá tegyék, s nem azért, hogy a köz javára korlátozzák a születési arányt. Arra törekszenek, hogy minél több gyermekük maradjon életben, s ez azt jelenti, hogy se túl sok, se túl kevés utódjuk ne legyen. Azok a gének, amelyek az egyedet túl sok utód nemzésére készítetik, többnyire kihullanak a génkészletből, mivel az ilyen géneket tartalmazó utódok többnyire nem érik meg a felnőttkort.

Ennyit tehát a családok méretére vonatkozó mennyiségi megfontolásokról. Most már elérkeztünk a családon belüli érdekütközésekhez. Mindig kifizetődő-e egy anyának, hogy minden gyermekével egyenlően bánjon, vagy lehetnek kedvencei? Szükséges-e, hogy egyetlen egésként működjék együtt a család, vagy számítsunk önzésre és csalásra még családon belül is? A család minden tagja ugyanazon optimumért dolgozik-e, vagy „nézeteltérések” vannak afelől, hogy mi az optimum? Ezekre a kérdésekre próbálunk meg válaszolni a következő fejezetben. Azt az ezzel összefüggő kérdést, hogy lehetnek-e érdekellentétek a szülőpár tagjai között, a IX. fejezetre halasztjuk.

VIII. Nemzedékek harca

Először járjuk körül az előző fejezet végén feltett első kérdést. Legyenek-e az anyának kedvencei, vagy egyformán önzetlen legyen minden gyermekével? Kockáztatva, hogy unalmassá válok, újra be kell dobnom szokásos figyelmeztetésemet. A „kedvenc” szót nem szubjektív értelemben használom, a „legyen” szónak pedig nincsenek erkölcsi felhangjai. Az anya olyan gép, melyet arra programoztak, hogy minden tőle telhetőt megtegyen a benne ülő gének másolatainak terjesztéséért. Minthogy az olvasó is, meg én is emberek vagyunk, akik tudjuk, hogy mit jelentenek a tudatos célok, a könnyebbség kedvéért a céltudatosság hasonlatát használom a túlélőgépek viselkedésének megmagyarázásához.

Mit jelent a gyakorlatban, ha azt mondjuk, hogy egy anyának kedvenc gyermeke van? Azt jelenti, hogy a javakat egyenlőtlenül osztja el a gyermekei között. Az anya rendelkezésére álló erőforrások különböző dolgokból állnak. Az élelem nyilvánvalóan közéjük tartozik, azzal az erőfeszítéssel együtt, amit a táplálék megszerzésére kell fordítania, hiszen ez önmagában is kerül valamibe az anyának. A csemeték ragadozóktól való megvédelmezésével járó kockázat is olyasmi, amit az anya „rájuk fordíthat”, vagy megtagadhat tőlük. Az az idő és energia, amit a fészek vagy az otthon fenntartására, az elemektől való megvédelmezésre és bizonyos fajokban a gyermekek tanítására szentel, értékes erőforrások, melyeket a szülő, „választása szerint”, egyenlően vagy egyenlőtlenül oszthat el gyermekei között.

Nehéz elképzelni közös fizetőeszközt, mellyel mindezeket a szülő által ráfordítható erőforrásokat mérni tudjuk. Ahogy az emberi társadalmak egyetemesen átváltható fizetőeszközként a pénzt használják, ami átváltható élelemre, földre vagy munkaidőre, ugyanúgy nekünk is szükségünk van olyan fizetőeszközre, mellyel mérhetjük azokat az erőforrásokat, amelyeket egy egyedi túlélőgép egy másik egyed, pontosabban egy gyermek életébe fektethet. Csábító az energia valamilyen mérőszámát, például a kalóriát használni, és némely ökológusok rá is szánták magukat, hogy a természetben előforduló energiaráfordításokat számítsanak ki. Az energia mégsem felel meg, mert csak pontatlanul váltható át arra a fizetőeszközre, ami igazán számít, az evolúció „aranyfedezetére”, a gén fennmaradására. R. L. Trivers 1972-ben elegánsan oldotta meg a problémát a szülői ráfordítás fogalmával (ámbar a szűkszavú sorok közt olvasva az az érzésünk támad, hogy Sir Ronald Fisher, a XX. század legnagyobb biológusa, nagyjából ugyanerre gondolt 1930-ban, amikor „szülői kiadásokról” írt).

A szülői ráfordítás (Sz. R) definíciója szerint „a szülő minden olyan ráfordítása egy utódára, amely növeli annak túlélési esélyét (s ennél fogva szaporodásai sikerét), ugyanakkor más utód rovására történik”. Trivers szülői ráfordítás fogalmában az a szép, hogy olyan egységekben mérhető, melyek nagyon közel állnak a valóban fontos egységekhez. Amikor egy gyermek magához vesz valamennyi anyatejet, akkor az elfogyasztott tej mennyiségét nem deciliterekben, nem kalóriákban, hanem

ugyanazon anya más gyermekeinek a kárát megragadó egységekben méri. Ha például egy anyának két gyermeke van, X és Y , és X megiszik egy deciliter tejet, akkor az elfogyasztott tejnek megfelelő Sz. R. nagyobb részét annak az eseménynek a megnövekedett valószínűségével mérhetjük, hogy Y meg fog halni, mert nem itta meg ezt a bizonyos deciliter tejet. Az Sz. R.-t a már megszületett vagy még megszületendő más gyermekek várható élettartamában beállott csökkenés egységeiben mérjük.

Az Sz. R. sem eszményi mérőszám, mivel más genetikai kapcsolatokkal szemben túlhangsúlyozza a szülő jelentőségét. Elvileg az általánosított *önzetlen ráfordítási* mérőszámot kellene használnunk. A egyedről elmondhatjuk, hogy befektet B egyed be, ha A növeli B túlélési esélyét azon az áron, hogy A kevésbé képes befektetni más egyedekbe, beleértve önmagát is. Minden ráfordítást a megfelelő rokonsági viszonytal súlyozunk. Így egy szülő egyetlen utódára jutó ráfordítását elvileg annak alapján kellene mérnünk, hogy milyen mértékben hátrányos nemcsak a többi gyermek várható élettartamára, hanem az unokaöcsökére, unokahúgokéra, saját magáéra és így tovább. Sok szempontból azonban ez csupán szőrszálhasogatás, és Trivers mérőszámát nagyonis érdemes használni a gyakorlatban.

Mármost bármely adott felnőtt egyednek egész élete során egy bizonyos összegű Sz. R. áll rendelkezésére, – amit gyermekekbe fektethet (és más rokonokba, valamint saját magába, de az egyszerűség kedvéért csupán a

gyermekeket vesszük figyelembe). Ezt megadja az egész élet munkájával gyűjthető vagy előállítható táplálék mennyisége, mindaz a kockázat, amit az állat kész vállalni, és mindaz az energia és erőfeszítés, amit az állat a gyermekek javára fordítani képes. Kérdés, hogy a felnőtt életet megkezdő fiatal nőtény hogyan fektesse be élete erőforrásait? Mi az a bölcs beruházási politika, amit követhetne? Már láttuk Lack elméletéből, hogy nem szabad befektetéseit túl sok gyermek között elaprózni. Ily módon túlságosan sok gént fog veszíteni: nem lesz elég unokája. Másfelől nem szabad az összes befektetését túlságosan kevés gyermekre – elkényeztetett porontyokra – áldozni. Így ugyan biztosíthat magának *néhány* unokát, ám azok a vetélytársak, akik optimális számú gyermekbe fektetnek be, a végén több unokára tesznek szert. Ennyit az igazságos beruházási politikáról. Minket jelenleg az érdekel, hogy kifizetődő lehet-e valaha is egy anya számára, hogy egyenlőtlenül fektessen be gyermekeibe, azaz hogy legyenek-e kedvencei.

A válasz az, hogy genetikailag semmi nem indokolja, hogy egy anyának kedvencei legyenek. Rokonságának foka minden gyermekével azonos: $1/2$. Optimális stratégiája az, hogy egyenlően fektessen be a lehető legtöbb gyermekbe, amennyit fel tud nevelni addig a korig, amikor azoknak már saját gyermekeik lehetnek. Ám mint már láttuk, az életbiztosítás kockázata szempontjából némely egyedek jobbak, mint mások. Egy méreten aluli tökmag pontosan annyit hordoz anyja génjeiből, mint jól gyarapodó alomtársai. Várható élettartama azonban kisebb. Ugyanezt

másképp megfogalmazva: több szülői ráfordítást igényel méltányos jussánál, és csupán azt éri el, hogy a végén egyenértékű lesz testvéreivel.

A körülményektől függően, kifizetődő lehet az anya számára, hogy megtagadja egy csenevész utód táplálását, és a szülői ráfordítás rá eső részét testvéreire fordítsa. Sőt az is kifizetődő lehet számára, hogy megetesse a testvéreivel, vagy maga egye meg, és tej készítéséhez használja fel. Az anyakocák néha fölfalják malacukat, de nem tudom, hogy kifejezetten a csenevéseket selejtezik-e ki.

A csenevész utódok példája konkrét. Megfogalmazhatunk bizonyos általánosabb predikciót arról, hogy miképpen befolyásolja a szülői ráfordítást a gyermek életkora. Ha az anyának egyértelműen választania kell az egyik és a másik kölyök életének megmentése között, és az, akit nem ment meg, elpusztul, akkor az idősebbet kellene választania, mert élete összes szülői ráfordításából nagyobb részt veszítene el, ha az idősebb pusztul el, mint ha annak kisebb testvére. Talán jobb, ha úgy fogalmazzunk, hogy ha a kisebbiket menti meg, akkor még mindig be kell fektetnie költséges erőforrásokat, hogy felnevelje addig a korig, amennyi idős a nagyobb testvér volt.

Ha azonban nem életről és halálról kell döntenie, akkor talán azzal tesz jó lóra, ha a fiatalabbat részesíti előnyben. Tegyük fel például, hogy az a dilemmája, hogy egy táplálékfalatkát a kisebb kölyöknek adjon-e vagy a nagyknak. A nagyobbik könnyebben tud segítség nélkül táplálékot találni magának. Így aztán, ha abbahagyja az

etetését, nem pusztul el szükségképpen. A kisebbik viszont, aki túlságosan fiatal ahhoz, hogy ellássa magát, nagyobb valószínűséggel pusztul el, ha anyja a táplálékot nagyobb testvérének adja. Ha arra kerülne a sor, az anya inkább hagyná a kisebb testvért elpusztulni, mint a nagyobbat, de ettől még a táplálékot a kicsinek adja, mivel nem valószínű, hogy emiatt a nagy elpusztul.

Az emlős anyák ezért választják el kölykeiket, ahelyett, hogy etetnék őket egész életükön át. Eljön az az idő a gyermek életében, amikor az anya számára kifizetődőbb, ha a jövődő gyermekekre fordítja energiáját. Amikor ez a pillanat elérkezik, akkor el akarja választani. Ha az anyának valamiképpen módja volna megtudni, hogy éppen az utolsó gyermekét szülte, akkor számíthatnánk rá, hogy élete hátralevő részében továbbra is őrá fordítja minden erőforrását, és talán egészen felnőttkorig szoptatja. Mindazonáltal „fel kellene mérnie”, hogy nem fizetődne-e ki jobban, ha erejét az unokákra, unokaöcsökre, unokahúgokra fordítaná, mivel ezek fele olyan közeli rokonságban vannak ugyan vele, mint saját gyermekei, de a ráfordításból származó összes haszon ekkor már több mint kétszerese lehet saját gyermekei hasznának.

Itt a megfelelő pillanat, hogy említést tegyünk a menopauza néven ismert rejtélyes jelenségről: arról, hogy a középkorú nők szaporodóképessége meglehetősen hirtelen megszűnik. Lehet, hogy vadon élő őseink körében nem volt túlságosan gyakori, mivel amúgy sem sok nő élt olyan sokáig. De mégis, a nők életének hirtelen megváltozása és a férfiak termékenységének fokozatos csökkenése közti

különbség arra mutat, hogy a menopauzában genetikai szempontból van valami „szándékos” – vagyis a menopauza „adaptáció”. Ezt meglehetősen nehéz megmagyarázni. Első pillantásra azt várhatnánk, hogy a nő addig szüli a gyermekeket, amíg össze nem esik, még akkor is, ha az évek előrehaladtával egyre kevésbé valószínű, hogy valamelyikük életben marad. De vajon valóban mindig érdemes megpróbálni? Hiszen nem szabad elfelejtenünk, hogy a nő az unokáival is rokoni viszonyban van, noha ez a viszony csak fele olyan szoros. Különböző okoknál fogva, mely okok talán Medawar öregedéseméletével állnak összefüggésben, a nők természetes körülmények között fokozatosan egyre rosszabb hatásokkal nevelik fel a gyermekeket, ahogy öregszenek. Ennélfogva egy idős anya gyermekének várható élettartama rövidebb, mint egy fiatal anya gyermekéé. Ez azt jelenti, hogy ha egy nőnek ugyanazon a napon születne egy gyermeke és egy unokája, akkor az unoka hosszabb életre számíthatna, mint a gyermek. Bármely olyan gén sikeres lehet, amely egy nőt inkább az unokákba, mint a gyermekekbe való befektetésre készítet, miután a nő elérte azt a kort, amikor az egyes gyermekeinek átlagos esélye a felnőttkor elérésére éppen kevesebb már, mint az azonos korú unoka esélyének fele. Az ilyen gént négy unokából csak egy, míg a vetelytárs gént két gyermek közül egy viszi tovább, ám az unokák nagyobb várható élettartama ellensúlyozza ezt a hátrányt, és az „unoka iránti önzetlenség” génje elterjed a génkészletben. A nő nem tudná minden energiáját unokáira fordítani, ha

továbbra is saját gyermekeket szülne. Ezért felszaporodtak azok a gének, amelyek a középkorú nőt szaporodásra képtelenné teszik, mivel ezeket a géneket azoknak az unokáknak a teste hordozza, akiknek életben maradását a nagyanyai önzetlenség segítette.

Ez elfogadható magyarázat a nők menopauzájának evolúciójára. Hogy a férfiak termékenysége fokozatosan fogyatkozik meg s nem hirtelenül, annak valószínűleg az az oka, hogy a férfiak nem fordítanak olyan sokat az egyes gyermekekre, mint a nők. Feltéve, hogy fiatal nők gyermekeinek apja lehet, még a nagyon idős férfi számára is kifizetődik, hogy gyermekekre s ne unokákra fordítsa energiáját.

Ebben és az előző fejezetben eddig mindent a szülő nézőpontjából, nagyrészt az anyáéból láttunk. Azt a kérdést tettük fel, hogy számíthatunk-e arra, hogy szülőknek kedvenceik legyenek, és hogy általában mi a legjobb beruházási politika egy szülő számára. De talán az egyes gyermekek is befolyásolhatják, hogy szüleik mennyit fordítanak rájuk testvéreikhez képest. Még ha a szülők nem is „akarnak” részrehajlók lenni, lehetséges-e, hogy a gyermekek megszerzik maguknak a kedvező elbánást? Kifizetődne-e ez nekik? Szabatosabban fogalmazva: elterjedhetnének-e a génkészletben azok a gének, melyek az előnyök önző kicsikarásához vezetnek a gyermekek körében, azoknak a rivális géneknek a rovására, amelyek az igazságos részesedésnél nem fogadnak el többet? E kérdést ragyogóan elemezte Trivers 1974-ben, a *Szülő – utód konfliktusról* szóló cikkében.

Az anya egyforma rokoni viszonyban áll minden már megszületett és még születendő gyermekével. Pusztán genetikai alapon, mint láttuk, nem lehetnének kedvencei. Ha mégis részrehajlást mutat, akkor annak a várható élettartam különbözőségén kell alapulnia, ami pedig a kortól és egyéb dolgoktól függ. Az anya, mint bármely egyed, éppen kétszer olyan szoros „rokoni viszonyban” áll önmagával, mint bármely gyermekével. Ha minden egyéb körülmény azonos volna, akkor ez azt jelentené, hogy erőforrásai legnagyobb részét önző módon önmagára kéne fordítania, ám az egyéb körülmények nem azonosak. Többet használ saját génjeinek, ha erőforrásai tisztességes részét gyermekeibe fekteti, hiszen a gyermekek fiatalabbak és tehetetlenebbek, mint ő, és ennél fogva nagyobb hasznát látják a befektetés minden egyes egységének, mint ő maga. Azok a gének, amelyek az egyedet a rászoruló egyedekbe való befektetésre ösztönzik önmagába való befektetés helyett, túlsúlyba kerülnek a génkészletben, még akkor is, ha a haszonélvezők génjei csak részben közösek a befektető egyed génjeivel. Ezért tapasztalhatunk szülői önzetlenséget, sőt bármiféle rokonszelekciós önzetlenséget az állatok között.

Vegyük most szemügyre a dolgokat valamelyik gyermek nézőpontjából. Éppen olyan szoros rokoni viszonyban áll mindegyik testvérével, mint az anya. A rokonsági fok minden esetben $1/2$. Ennél fogva azt „kívánja” anyjától, hogy erőforrásai egy részét fordítsa testvéreire. Genetikai szempontból pontosan annyira önzetlen beállítottságú

testvéreivel, mint az anyja. De saját magával ő is kétszer olyan szoros rokoni viszonyban áll, mint bármelyik testvérével, s ez arra hajlamosítja, hogy mégis azt kívánja anyjától, többet áldozzon őrá, mint bármelyik testvére, ha az egyéb feltételek azonosak. Ebben az esetben az egyéb feltételek éppenséggel lehetnek valóban azonosak. Ha testvérünkkel azonos korúak vagyunk, és történetesen egyformán javunkra válna egy deci anyatej, akkor meg „kellene” próbálnunk igazságos részünknel többet megszerezni magunknak, és testvérünknek is meg kellene próbálnia igazságos részénél többet megszerezni magának. Hallott már az olvasó egy alom kismalacot vizítani azért, hogy első legyen, amikor az anyakoca lefekszik megetetni őket? Vagy kisfiúkat, amint az utolsó tortaszeletért marakodnak? Úgy tűnik, jórészt mohó önzés jellemzi a gyermeki viselkedést.

Ennél azonban többről van szó. Ha én egy falat ételért versengek a testvéremmel, s ha ő sokkal fiatalabb nálam, s ennél fogva több haszna volna az ételből, mint nekem, akkor kifizetődő lehet a génjeim számára, hogy meghagyjam neki. Egy idősebb testvér pontosan ugyanazon az alapon lehet önzetlen, mint egy szülő: mint láttuk, a rokonság foka mindkét esetben $1/2$, s a fiatalabb egyed mindkét esetben jobban tudja hasznosítani a forrást, mint az idősebb. Ha bennem megvan a táplálékról való lemondás génje, akkor 50% annak az esélye, hogy a kistestvéremben is megvan ugyanez a gén. Ámbár a génnek kétszer akkora esélye van arra, hogy az én testemben legyen – 100%, hiszen tényleg az én testemben van –, lehet, hogy feleannyira sem érzem

sürgető szükségét a tápláléknak, mint testvérem. Egy gyermeknek általában véve az őt megillető résznél többet „kellene” megszereznie a szülői ráfordításból, de csak egy bizonyos pontig. Vajon mely pontig? Addig a pontig, ahol a testvérek – megszületett és esetleg még születendő testvérek – számára az ebből fakadó nettó hátrány pontosan kétszerese annak a haszonnak, ami azzal jár, ha a többletet saját magam számára szerzem meg.

Vizsgáljuk meg azt a kérdést, hogy mikor kell megtörténnie az elválasztásnak. Az anya abba akarja hagyni a jelenlegi gyermekének a szoptatását, hogy felkészülhessen a következőre. A gyermek ugyanakkor még szopni akar, mivel a tej megfelelő, kényelmes táplálékforrás, és nem akarja, hogy magának kelljen megoldoznia a megélhetéséért. Hogy pontosabbak legyünk, végül majd ő akar gondoskodni magáról, de csak akkor, amikor jobban szolgálja génjeit azzal, hogy anyját felszabadítja kistestvéreinek nevelésére, mint azzal, hogy maga veszi igénybe a gondoskodást. Mennél idősebb egy gyermek, annál kevesebb viszonylagos haszna származik minden egyes deciliter tejből, részben, mert már nagyobb, s egy deci tej ennél fogva kisebb részét jelenti szükségletének, részben, mert egyre inkább meg tudja szerezni táplálékát, ha rákényszerül. Amikor tehát az idősebb gyermek szopik egy deciliter tejet, amelyet egy fiatalabb gyermekbe is be lehetett volna fektetni, akkor viszonylag több szülői ráfordítást kap, mint ha a fiatalabb gyermek itta volna meg azt a deciliter tejet. Ahogy a gyermek növekedik, eljön az a pillanat, amikor az anyának kifizetődő abbahagyni a

táplálását, s inkább egy új gyerekről gondoskodni. Valamivel később eljön az az idő is, amikor az idősebb gyermek is többet használ génjeinek, ha nem szopik tovább. Ez az a pillanat, amikor egy deciliter tej nagyobb hasznot hajt génjei azon másolatainak, amelyek jelen *lehetnek* testvéreiben, mint azoknak a géneknek, amelyek jelen *vannak* benne.

Az anya és gyermeke közti nézeteltérés nem végérvényes. Mennyiségi jellegű, ebben az esetben az időzítésben nem értenek egyet. Az anya addig akarja folytatni jelenlegi csecsemőjének szoptatását, míg a ráfordítás eléri a „jogos” részesedést, figyelembe véve a gyermek várható élettartamát, s azt, hogy mennyit fektetett már eddig bele. E pontig nincs nézeteltérés. Az anya és a gyermek egyetért abban is, hogy egyikük sem kívánja a szoptatást akkor, amikor annak hátránya a jövőbeli gyermekekre nézve már több, mint a gyermek hasznának kétszerese. De érdekellentét van anya és gyermeke között a közbülső időszak során, midőn a gyermek már többet kap anyja szerinti részesedésénél, de a többi gyermekre nézve ennek költsége még mindig kevesebb, mint az ő hasznának kétszerese.

Az elválasztás időpontja csupán egyik példája az anya és gyermeke közti ellentétnek. Tekinthetnénk ezt az ellentétet az egyik egyed és összes, még meg nem született testvére közti ellentétnek, amelyben az anya a még meg nem született gyermekeinek pártjára áll. Még közvetlenebb lehet a verseny az anyai ráfordításért a kortársak, az alom- vagy fészektársak között. Itt az anya normális körülmények között

megint csak ügyelni fog a méltányosságra.

Sok madárfiókát a fészekben etetnek szüleik. Mindannyian csőrüket kitátva csipognak, s a szülő egyikük nyitott szájába ejt egy kukacot vagy más falatot. Az egyes fiókák csipogásának hangereje ideális esetben éhségérzetükkel arányos. Ennélfogva ha a szülő mindig a lehangosabban csipogónak adja a táplálékot, akkor többnyire mindannyian jogos részüket kapják, mivel az, amelyik már eleget kapott, nem kér olyan hangosan. Legalábbis ez történne a lehető világok legjobbjában, ha az egyének nem csalnának. Ám önzőgén-koncepciónk fényénél arra kell számítanunk, hogy az egyedek igenis csalnak, s hazudnak éhségérzetükről. Ez egyre fokozódik, látszólag meglehetősen értelmetlenül, mivel ha mindannyian túl hangosan sírnak, akkor a nagyobb hangerő válik normává, és gyakorlatilag többé nem lesz hazugság. Igen ám, de nem vehetnek vissza a hangerőből, mivel bármely egyed, aki az első lépést megteszi ezen az úton, az a büntetés ér, hogy kevesebb táplálékot kap, és nagyobb valószínűséggel hal éhen. A fiókák csipogása más okból nem erősödik a végtelenségig. Például a hangos csipogás könnyen odacsalhatja a ragadozókat, valamint energiát emészt.

Néha – mint láttuk – az alom egyik tagja csenevész, sokkal kisebb, mint a többi. Képtelen oly erővel küzdeni az élelemért, mint a többiek, és így a csenevész egyedek gyakran elpusztulnak. Már megvizsgáltuk azokat a feltételeket, melyek között az anyának ténylegesen kifizetődik csenevész kölykét pusztulni hagyni. Ösztöneinkre hallgatva feltételezhetnénk, hogy maga a

csenevész egyed a végsőig harcol, de az elméletből ez nem következik szükségképpen. Amint a csenevész egyed olyan kicsi és gyenge lesz, várható élettartama annyira lecsökken, hogy a szülői ráfordításból rá nézve származó haszon kevesebb, mint annak a haszonnak a fele, ami ugyanebből a ráfordításból potenciálisan a többi kölyökre származhatna, a csenevész egyednek nagyvonalúan és önként el kellene pusztulnia. Ezzel szolgálhatná leginkább génjei javát. Más szóval: az a gén, amely azt az utasítást adja, hogy „test, ha sokkal kisebb vagy, mint alomtársaid, add föl a küzdelmet és halj meg”, azért lesz sikeres a génkészletben, mert 50% esélye van arra, hogy jelen legyen a megmaradt testvérek testében, és egyébként is kicsik az esélyei arra, hogy fennmaradjon a csenevész egyed testében. A gyöngye utód pályafutása során kell legyen egy olyan pont, ahonnan nincs visszaút. Míg el nem jut erre a pontra, addig küzdenie kell. Amint elérte, fel kell adnia a küzdelmet, és lehetőleg engednie kell, hogy megegyék alomtársai vagy szülei.

Nem említettem Lack fészekaljméretre vonatkozó elméletének tárgyalásakor, hogy az a szülő, aki határozatlan abban a tekintetben, hogy az adott évben mekkora az optimális fészekalj, az alábbi ésszerű stratégiát választhatja. Eggyel több tojást rak, mint amennyi „szerinte” valószínűleg a valódi optimum. Azután ha a táplálék bőségebb, mint várta, akkor felneveli a többletgyermeket. Ha nem, akkor csökkentheti veszteségeit. Ha mindig gondosan ügyel arra, hogy a fiókákat azonos sorrendben, mondjuk nagyság szerint

ettesse, akkor ezzel eléri, hogy az egyik, esetleg egy csenevész fióka, hamarosan elpusztul, és nem vesztegetett rá túlságosan sok élelmet a tojás szikanyagán vagy az ennek megfelelő kezdeti ráfordításon túl. Az anya nézőpontjából ez lehet a csenevész egyedek jelenségének magyarázata. Az anya így biztosítja be, hogy a lehető legjobban járjon. Ezt sok madárnál megfigyelték.

Azzal a hasonlattal élve, mely szerint az állati egyed olyan túlélőgép, amely úgy viselkedik, mintha az volna a „célja”, hogy megóvja génjeit, beszélhetünk a szülők és gyermekek közti konfliktusról, a nemzedékek harcáról. A harc bonyolult, és semmilyen fogás sem tilos egyik oldalon sem. A gyermek nem szalaszt el egyetlen alkalmat sem a csalásra. Éhesebbnek mutatja magát, mint amilyen, esetleg fiatalabbnak, mint amilyen, nagyobb veszélyt színlel, mint amilyenben valójában van. Túl kicsi és gyenge ahhoz, hogy szüleivel szemben testi erőszakot alkalmazzon, de felhasznál minden rendelkezésére álló lélektani fegyvert: hazugságot, csalást és ámtítást, kihasználja szüleit, egészen addig a pontig, ahol rokonait már jobban kezdi büntetni, mint amennyire genetikai viszonyuk megengedné. A szülőknek másfelől ébereknek kell lenniük a csalással és ámtítással szemben, és meg kell próbálniuk elkerülni, hogy lóvá tegyék őket.

Ez könnyűnek látszhat. Ha a szülő tudja, hogy gyermeke valószínűleg hazudik arról, hogy mennyire éhes, akkor ahhoz a taktikához folyamodhat, hogy adott mennyiséget ad neki s nem többet, még akkor is, ha a gyermek tovább sír. A baj ezzel az, hogy a gyermek talán mégsem hazudott,

és ha táplálékhiány következtében elpusztulna, akkor a szülő elveszítené drága génjeinek egy részét. Vadmadarak már néhány órányi éhezés után is elpusztulhatnak.

A. Zahavi a gyermeki zsarolásnak egy különösen ördögi formáját vetette fel: a gyermek annyira kiabál, hogy szándékosan fészekhez vonzza a ragadozókat. A gyermek azt „mondja”, hogy „róka, róka, vigyél el”. A szülő csak úgy fojthatja belé a kiáltozást, ha eteti. Így a gyermek a jogos táplálékadagnál többet szerezhet magának, de csak némi kockázat árán. E könyörtelen taktika elvben ugyanaz, mint a repülőgép-eltérítőé, aki azzal fenyeget, hogy magával együtt fel robbantja a repülőgépet, ha nem kapja meg a váltságdíjat. Kétlem, hogy az evolúció valaha is kedvezhetett volna ennek a taktikának, nem azért, mert túlságosan könyörtelen, hanem azért, mert szerintem kétséges, hogy valaha is kifizetődött volna a zsaroló fióknak. Túlságosan sok veszítenivalója van, ha a ragadozó valóban jön. Ez világos az egyetlen gyermek, az egyke esetében, s maga Zahavi is ezt az esetet vizsgálta. Függetlenül attól, hogy az anyja már mennyit fektetett belé, saját életét továbbra is többre kell értékelnie, mint amennyire anyja értékeli, mivel anyjában az ő génjeinek csak fele van meg. De az ilyen taktika még akkor sem fizetődne ki, ha a zsaroló egy fészekaljnyi védtelen fióknak volna egyike, hiszen a zsaroló 50% genetikai „tétet” kockáztat minden veszélyeztetett testvérével, valamint 100%-os tétet önmagával. Az elmélet szerintem abban az esetben lehetne helytálló, ha az illető fiókák legfontosabb ragadozójának az volna a szokása, hogy csak a

legnagyobb fiókát ragadja el a fészekből. Akkor esetleg kifizetődne a kisebbiknek, hogy a ragadozó megidézésével fenyegetőzzön, mivel ez reá nézve nem jelentene nagy veszélyt. Inkább pisztolyt fogsz a testvéredre, mint hogy saját magad felrobbantásával fenyegetőzz.

A kakukkfiókák esetében kézenfekvőbb, hogy a zsarolási taktika kifizetődő lehet. Amint az jól ismert, a kakukk nőstények egy-egy tojást raknak több „örökbefogadó” fészkebe, majd az egészen más fajhoz tartozó, mit sem sejtő nevelőszülőkre hagyják a kakukkfióka felnevelését. A kakukkfiókának genetikailag semmi köze fészektestvéreihez. (Egyes kakukkfiókáknak nincsenek is fészektestvérei, egy nagyon is gonosz okból, amire később rátérünk. Pillanatnyilag feltételezem, hogy valamelyik olyan fajjal foglalkozunk, amelyben a kakukkfióka együtt él mostohatestvéreivel). Ha a kakukkfióka elég hangosan csipog ahhoz, hogy odacsalja a ragadozókat, akkor sokat veszíthet – az életét –, ám a nevelőanyának még több veszténivalója volna, esetleg elveszítené négy fiókáját. Ezért kifizetődő lehetne számára, hogy a kakukkfiókának a reá eső résznél több táplálékot adjon, a kakukkfióka számára pedig ez az előny ellensúlyozhatná a kockázatot.

Ez is olyan alkalom, amikor bölcs dolog volna visszaváltanunk az elfogadott genetikai nyelvre, csak hogy megbizonyosodjunk arról, hogy nem ragadtak-e bennünket túlságosan messzire a szubjektív hasonlatok. Mit jelent valójában az a hipotézis, hogy a kakukkfiókák „zsarolják” nevelőszüleiket, amikor így kiabálnak: „ragadozó,

ragadozó, gyere, vigyél el engem és az összes kistestvéremet”? A gének nyelvén ez a következőt jelenti: A hangos kiáltás génjei azért szaporodtak föl a kakukk génkészletben, mert a hangos kiabálás növelte annak valószínűségét, hogy a nevelőszülők etetik a kakukkfiókákat. Hogy a nevelőszülők így reagáltak a kiáltásra, annak az volt az oka, hogy a kiáltásra reagálás génjei elterjedtek a gazdafajok génkészletében. E gének azért terjedtek el, mert azok a nevelőszülők, akik nem adtak a kakukkoknak többletételt, kevesebbet neveltek fel saját fiókáikból – kevesebbet, mint azok a rivális szülők, akik jól tartották a kakukkokat – minthogy a kakukkfióka kiáltása a fészekhez csalta a ragadozókat. Ámbár a hallgatásért felelős kakukk gének kisebb valószínűséggel végezték a ragadozók gyomrában, mint a kiáltásért felelős gének, a csendes kakukkok nagyobb árat fizettek, mert nem kaptak többlettáplálékot. A kiáltás génjei ennél fogva elterjedtek a kakukk génkészletben.

Hasonló genetikai gondolatmenet kimutatná, hogy míg egy zsaroló gén feltehetően elterjedhet egy kakukk génkészletben, aligha terjedhet el egy közönséges faj génkészletében, s ha mégis, legalábbis nem azon sajátos oknál fogva, hogy vonzza a ragadozókat. Persze – mint már láttuk – egy közönséges fajnál lehetnének más okai is a kiáltásért felelős gének elterjedésének, és ezeknek mellékesen lehetne olyan hatásuk, hogy alkalomadtán odavonzzák a ragadozókat. Ám itt a ragadozók szelekciós hatása inkább a csendesebb sírás irányába mutatna. A kakukk feltételezett esetében a ragadozók nettó hatása

bármily paradoxnak is tűnjék első pillantásra, növelhetné a sírás hangerejét.

Nincsenek bizonyítékaink, se pro, se kontra, hogy a kakukkok és más hasonló „fészekparazita” madarak ténylegesen alkalmaznák a zsarolási taktikát. Az azonban bizonyos, hogy nincsenek híján a könyörtelenségnek. A mézkalauzfajok például, akárcsak a kakukkok, más fajok fészkeibe rakják tojásaikat. A mézkalauzfióka csőrén meszes „fogak” vannak. Amint kikel a még vak, csupasz és minden egyéb szempontból tehetetlen madárfióka, fészektestvéreit halálra kaszabolja: a halott fiókák nem versenyeznek az élelemért! A közismert európai kakukk ugyanezt az eredményt kissé eltérő módon éri el. Rövid költési ideje van, s így a kakukkfiókának sikerül fészektestvérei előtt kikelnie. Amint kikel, vakon és mechanikusan, de pokoli hatékonysággal kilöki a többi tojást a fészekből. A tojás alá bújik, s beleilleszti hátának horpadásába. Ezután lassan felhátrál a fészek oldalán, szárnykezdeményei között egyensúlyozva a tojást, majd letaszítja a földre. Ugyanezt teszi az összes tojással, mígnem egyedül az övé lesz a fészek, s ennélfogva nevelőszüleinek figyelme.

Az egyik legfigyelemreméltóbb tény, ami tavaly jutott tudomásomra, Spanyolországból származik; F. Alvarez, L. Arias de Reyna és H. Segura számoltak be róla. A potenciális nevelőszülőknek – a kakukkok potenciális áldozatainak – azt a képességét vizsgálták, amellyel felismerik a betolakodókat, a kakukktojásokat vagy -fiókákat. Kísérleteik során alkalmuk volt szarkafészkekbe

kakukktojásokat és -fiókákat, valamint összehasonlításképpen más fajok, például fecskék tojásait és fiókáit csempészni. Egyik alkalommal fecskefiókát tettek egy szarkafészekbe. Másnap észrevették, hogy a szarkatojások a fészek alatt, a földön hevernek. Nem törtek össze, így hát felszedték őket, és visszatették, majd figyeltek. Amit láttak, rendkívül figyelemreméltó. A fecskefióka, pontosan úgy, mintha kakukkióka volna, kidobta a tojásokat. Újra visszatették a tojásokat, és pontosan ugyanaz történt. A fecskefióka a kakukk módszerét használta; a szárnycsontjai között egyensúlyozta a tojást, és hátrált fölfelé a fészek oldalán, amíg a tojás le nem esett.

Alvarez és kollégái, talán bölcsen, nem próbálták megmagyarázni meghökkentő megfigyelésüket. Hogyan fejlődhetett ki ilyen viselkedés a fecske génkészletben? Valami olyasminek kell megfelelnie, ami hozzátartozik a fecske normális életéhez. A fecskefiókák nem szoktak hozzá, hogy szarkafészekben találják magukat. Rendesen sohasem találhatók idegen fészekben. Jelenthet-e ez a viselkedés kakukkellenes alkalmazkodást? A természetes szelekció vajon az ellentámadás politikájának kedvezett a fecske génkészletben, olyan géneknek, melyek a kakukkot saját fegyvereivel győzik le? Tény, hogy a kakukkok normális körülmények között nem élőködnek a fecskefészkeken. Talán éppen ez az oka. E magyarázat szerint a kísérlet szarkatojásai véletlenül juthattak ugyanarra a sorsra, talán azért, mert a kakukktojásokhoz hasonlóan, nagyobbak a fecsketojásoknál. Igen ám, de ha a

fecskefiókák meg tudnak különböztetni egy nagy tojást egy normális fecsketojástól, akkor bizonyára az anyák is képesek erre. Ez esetben miért nem az anya löki ki a kakukktojást, hiszen sokkal könnyebben megtehetné, mint a fióka? Ugyanez az ellenvetés felmerül azzal a magyarázattal szemben is, mely szerint a fecskefióka viselkedése rendszeren azt a célt szolgálja, hogy eltávolítsa a záptojásokat és más törmeléket a fészekből. E feladatot megint csak jobban végezhetné el – és el is végzi – a szülő. Az a tény, hogy a nehéz és ügyességet igénylő tojáskidobási műveletet a gyenge és tehetetlen fecskefióka végezte el, miközben a felnőtt fecske minden bizonnyal sokkal könnyebben megtehetette volna, engem arra a következtetésre kényszerít, hogy a szülő szempontjából a fióka valami rosszat csinál.

Nagyon is elképzelhetőnek tűnik számomra, hogy az igazi magyarázatnak semmi köze sincs a kakukkokhoz. A vér meghűl ereimben a gondolatra, de lehet, hogy ezt a fecskefiókák általában egymással teszik? Mivel az elsőszülött még ki nem kelt testvéreivel fog versengeni a szülői ráfordításért, előnyére szolgálhat, ha életét azzal kezdi, hogy kidobja valamelyik másik tojást.

A fészekaljméret Lack-féle elmélete az optimumot a szülő szempontjából vizsgálta. Ha én egy anyafecske vagyok, akkor az optimális fészekaljméret az én szempontomból, mondjuk, 5. Ám ha fecskefióka vagyok, akkor az optimális fészekaljméret, ahogy én látom, ennél kisebb szám is lehet, feltéve, hogy én is beletartozom!

A szülő rendelkezik a szülői ráfordítás egy adott

mennyiségével, amelyet egyenlően „kíván” megosztani öt fióka között. De minden fióka többet akar, mint a reá jutó $1/5$. A kakukktól eltérően, ő nem akarja az összeset, mivel rokoni kapcsolatban áll a többi fiókéval. De az $1/5$ -nél mégiscsak többet akar: $1/4$ részhez juthat egyszerűen azzal, hogy kilök egy tojást; $1/3$ részre tehet szert, ha egy másikat is kilök. Mindezt génnyelvre lefordítva, elképzelhető, hogy a test-vérgyilkosság génje elterjedt a génkészletben, mivel 100% az esélye arra, hogy benne legyen a testvérgyilkos egyed testében, és csupán 50% az esélye arra, hogy az áldozat testében is benne legyen.

Ezzel az elmélettel szemben az a fő ellenvetés, hogy nehéz elhinni, hogy még senki sem figyelte volna meg ezt az ördögi viselkedést, ha valóban előfordulna. Erre nincs meggyőző magyarázatom. A füstifecskéknek különböző fajtái élnek a világ különböző tájain. Ismeretes, hogy a spanyol fajta bizonyos szempontokból különbözik a brit fajtától. A spanyolországi fajtát még nem ismerjük ugyanolyan alaposan, mint a brit fajtát, és elképzelhetőnek tartom, hogy a testvérgyilkosság előfordul, csak eddig elkerülte a figyelmünket.

Azért vetek itt fel egy olyan valószínűtlen gondolatot, mint a testvérgyilkossági hipotézis, mert egy általánosabb dolgot szeretnék állítani: a kakukkfióka könyörtelen magatartása csupán szélsőséges esete annak, ami minden családban szükségszerűen folyik.

Az édestestvérek közelebbi rokonságban állnak egymással, mint amilyenben a kakukkfióka áll fészektestvéreivel, a különbség azonban csak mennyiségi.

Még ha nem is tudjuk elhinni, hogy a nyílt testvérgyilkosság kifejlődhetett, az önzés számos enyhébb formájának léteznie kell, ahol a gyermek számára a veszteséget, ami testvéreinek elvesztése formájában éri, több mint 2 : 1 arányban ellensúlyozza saját haszna. Az ilyen esetekben, ahogy az elválasztási idő példáján is láttuk, valódi érdekellentét van szülő és gyermek között.

Kinek van a legnagyobb esélye arra, hogy megnyerje a nemzedékek harcát? R. O. Alexander érdekes cikket írt, melyben azt veti fel, hogy van egy általános válasz e kérdésre. Szerinte a szülő mindig nyer. Mármost ha ez a helyzet, akkor az olvasó csak vesztegette az idejét e fejezet elolvasásával. Ha Alexandernak igaza van, akkor abból sok érdekes dolog következik. Az önzetlen viselkedés például nem magának az egyednek a génjei javára, hanem csakis a szülők génjei javára fejlődhetett ki. A szülői befolyásolás – hogy Alexander kifejezésével éljünk – az önzetlen viselkedés alternatív evolúciós okává válik, mely független a közvetlen rokonszelekciótól. Fontos tehát megvizsgálunk Alexander okfejtését, és meg kell győződnünk arról, hogy értjük, hol téved. Ezt valójában matematikai módszerrel kellene elvégeznünk, de ebben a könyvben kerüljük a matematika explicit alkalmazását, és adhatunk intuitív képet is arról, hogy hol a hiba Alexander tételében. Alapvető genetikai állítását az alábbi rövidített idézet tartalmazza.

– „Tegyük fel, hogy egy ifjú... a szülői gondoskodás magára nézve kedvező, egyenlőtlen elosztását idézi elő, csökkentve ezáltal az anya összesített szaporodási

teljesítményét. Az a gén, mely ily módon növeli az egyed rátermettségét ifjúkorában, óhatatlanul csökkenti rátermettségét felnőttkorában, ugyanis az ilyen mutáns gének nagyobb arányban lesznek jelen a mutáns egyed utódaiban.”

Az a tény, hogy Alexander egy újonnan megváltozott gént vizsgál, nem alapvető fontosságú az érvelés szempontjából. Jobb, ha az egyik szülőtől örökölt ritka gént gondolunk. A „rátermettség” (fitness) speciális szakkifejezés, a szaporodás sikerét jelenti.

Alexander alapján véve a következőt mondja. Az a gén, mely a gyermeket arra készíti, hogy jogos részénél többet szerezzen meg magának gyermekkorában, mégpedig szülője teljes szaporodási teljesítménye rovására, talán valóban növeli túlélési esélyeit. De meg fog bűnhődni ezért, amikor maga is szülővé válik, mivel saját gyermekei ugyanezt az önző gént örökölhetik. Ez csökkenteni fogja összesített szaporodási teljesítményét. Saját fegyverével fogják legyőzni. A gén tehát nem járhat sikerrel, s mindig a szülőknek kell meggyerniük az ütközetet.

Ennek az okfejtésnek azonnal fel kell keltenie gyanakvásunkat, minthogy olyan genetikai aszimmetria feltevésén alapul, ami pedig nincs jelen. Alexander a „szülő” és „utód” szavakat úgy használja, mintha alapvető genetikai különbség állna fenn közöttük. Mint láttuk, vannak ugyan gyakorlati különbségek a szülő és a gyermek között, például a szülők idősebbek, mint a gyermekek, és a gyermekek a szülők testéből bújnak ki, valójában nincs szó alapvető genetikai aszimmetriáról. A rokonsági fok,

akárhonnan is nézzük, 50%. Illusztrálandó, hogy mire gondolkodok, megismétlem Alexander szavait, de úgy, hogy a „szülő”, „ifjú” és más megfelelő szavakat felcserélem. „Tegyük fel, hogy a *szülőnek* van egy olyan génje, amely a szülői gondoskodás *egyenlő* elosztására hajlamosítja. Az a gén, amely ily módon növeli az egyed rátermettséget *szülő* korában, óhatatlanul csökkentette rátermettséget, még *ifjú* korában”.

Tehát ellenkező következtetésre jutunk, mint Alexander, nevezetesen arra, hogy bármely szülő/utód konfliktusban a gyermeknek kell győznie!

Nyilvánvaló, hogy itt valami nem stimmel. Mindkét okfejtés megfogalmazása túlságosan egyszerű. Az idézet visszájára fordításával nem az volt a célom, hogy Alexander tételének ellenkezőjét bizonyítsam, hanem csupán azt akartam megmutatni, hogy nem szabad ilyen mesterségesen aszimmetrikus módon érvelnünk. Mind Alexander érvelése, mind általam visszájára fordított változata ott hibádzik, hogy a dolgokat az egyed szempontjából vizsgálja, Alexander esetében a szülő, az én esetemben a gyermek szempontjából. Úgy vélem, az effajta hibába nagyon is könnyen beleesünk, amikor a „rátermettséget” kifejezést használjuk. Ezért kerültem ebben a könyvben e szó használatát. Valójában egyetlen létező dolog szempontja számít az evolúcióban, s ez az önző gén. Az ifjú testekben lakozó gének arra a képességre szelektálódnak, hogy túljárjanak a szülői testek eszén; a szülői testekben lakozó gének arra a képességre

szelektálódnak, hogy túljárjanak az utódok eszén. Nem rejlik semmiféle paradoxon abban a tényben, hogy ugyanazon gének előbb ifjú testet, majd szülői testet foglalnak el. A gének arra a képességre szelektálódnak, hogy a lehető legjobban kihasználják a rendelkezésükre álló erőket: kihasználják tehát minden gyakorlati lehetőséget. Amikor egy gén ifjú testben leledzik, gyakorlati lehetőségei mások, mint amikor szülői testben van. Optimális stratégiája ennél fogva eltér teste élettörténetének e két szakaszában. Nincs okunk feltételezni, ahogy Alexander teszi, hogy a későbbi optimális stratégia szükségképpen érvényteleníti a korábbi.

Más módon is Alexander ellen fordíthatjuk saját érveit. Hallgatólagosan hamis aszimmetriát tételez fel egyfelől a szülő-gyermek viszonyban, másfelől a testvér-testvér viszonyban. Emlékezzünk rá, hogy Trivers szerint annak az ára, hogy az önző gyermek a jussánál többet szerez magának, s az az ok, amiért csupán egy adott pontig szerez többet, testvérei elvesztésének veszélye, akik pedig génjeinek felét magukban hordozzák. No de a testvérek az 50%-os rokonsági fokú rokonoknak csupán egyik csoportját képviselik. Az önző gyermek saját jövődöbéli gyermekei nem inkább és nem kevésbé „értékesek” számára, mint testvérei. Ennél fogva, ha a forrásokból nekünk jutó jogos résznél többet ragadunk magunkhoz, a teljes nettó veszteséget valójában nem csupán az elveszített testvérekkel kell mérnünk, hanem az egymás közti önzésük következtében elveszített saját jövődöbéli

utódainkkal is. Alexandernak helyes az az állítása, hogy az ifjúkori önzés hátránya kiterjed saját gyermekeinkre is, ezáltal csökkenti a mi hosszú távú szaporodási teljesítményünket, de csupán annyit jelent, hogy ezt is hozzá kell adnunk az egyenleg költség oldalához. Az egyedi gyermeknek még mindig érdemes önzőnek lenni mindaddig, amíg a reá jutó nettó haszon legalább a fele a közeli rokonaira háruló nettó költségnek. Igen ám, de „közeli rokonokon” nemcsak a testvéreket kell értenünk, hanem saját jövődöbeli gyermekeinket is. Az egyénnek saját javát kétszer olyan értékesnek kell számítania, mint testvéreiét, ez Trivers alapfeltevése. De önmagát valamelyik saját jövődöbeli gyermekénél is kétszer értékesebbnek kell tekintenie. Helytelen Alexandernak az a következtetése, hogy az érdekellentétben beépített előny van a szülők oldalán.

Ezen az alapvető genetikai tételen kívül Alexandernak több gyakorlati érve is van, melyek a szülő-gyermek viszony tagadhatatlan aszimmetriájában gyökereznek. A szülő az aktív fél, ő az, aki ténylegesen elvégzi a táplálékszerzés munkáját stb., s ennél fogva ő a hangadó. Ha a szülő úgy határoz, hogy megtagadja a munkát, a gyermek nem sokat tehet ez ellen, mivel kisebb, és nem tud visszaütni. A szülő tehát abban a helyzetben van, hogy rá tudja kényszeríteni akaratát a gyermekre, függetlenül attól, hogy az mit akar. Nem nyilvánvaló, hogy ez az érvelés helytelen, mivel ebben az esetben a feltételezett aszimmetria valóságos. A szülők valóban nagyobbak, erősebbek, és többet tudnak a világról, mint a gyermekek. Látszólag az ő kezükben van

minden ütőkártya. De a fiataloknak is van néhány ütőkártyájuk. Fontos például, hogy a szülő tudja, hogy mennyire éhesek az egyes gyermekek, hogy ily módon a leghatékonyabban tudja kiporciózni az ételmet. A táplálékot természetesen kioszthatná pontosan egyenlő arányban is köztük, de a lehető világok legjobbjában ez kevésbé volna hatékony, mint az olyan rendszer, amelyben egy picivel több jut azoknak, akik eleve jobban tudják felhasználni. Egy módszer, mellyel az egyes gyermekek a szülő tudtára adnák, hogy mennyire éhesek, eszményi volna a szülő számára, és amint láttuk, ilyen módszer ki is alakult. Az utódok azonban abban a kedvező helyzetben vannak, hogy hazudhatnak, hiszen ők *tudják*, hogy pontosan mennyire éhesek, míg a szülőnek csak sejtései lehetnek arról, hogy igazat mondanak-e vagy sem. Szinte lehetetlen, hogy a szülő észrevegyen egy kis hazugságot, noha átláthat a nagy hazugságokon.

Azután a szülőnek előnyére szolgál, ha tudja, hogy kölyke elégedett, és a kölyöknek is jó, ha meg tudja mondani szüleinek, hogy mikor elégedett. Az olyan jelzések, mint a dorombolás és a mosoly, talán azért szelektálódtak, mert ezek révén a szülők megtudhatják, hogy mely cselekedeteik szolgálják leginkább a gyermekeik javát. A gyermek mosolyának látványa vagy a kismacska dorombolásának hangja jutalom az anya számára, ugyanabban az értelemben, ahogy a gyomorba kerülő táplálék jutalom a labirintusban tévelygő patkánynak. Ám ha igaz az, hogy a kedves mosoly vagy a hangos dorombolás jutalom, a gyermek máris abban a helyzetben

van, hogy mosolyát vagy dorombolását a szülő befolyásolására használhatja, s így a szülői ráfordításból többet szerezhet meg magának jogos részénél.

Nincs tehát általános válasz arra a kérdésre, hogy ki nyeri nagyobb valószínűséggel a nemzedékek harcát. Végül is kompromisszum bontakozik ki a gyermek, illetve a szülő által óhajtott ideális állapot között. E harc a kakukk és a gazdamadár közti harchoz hasonlítható, bár kétségtelenül kevésbé kegyetlen, hiszen az ellenfeleknek vannak bizonyos közös genetikai érdekeik – csupán egy bizonyos pontig ellenfelek, vagy csupán egy bizonyos érzékeny időszakban. Mégis, a kakukkok sok taktikáját, a becsapás és kihasználás taktikáit a szülő saját kicsinyei is alkalmazhatják, ámbár a szülő saját kicsinyei visszatartják magukat attól a teljes önzéstől, ami a kakukktól várható.

E fejezet és a következő, melyben a szülők közti konfliktust tárgyaljuk, rettenetesen cinikusnak tűnhetnek, sőt nagyon lehangolóak lehetnek az emberszülők számára, akik annyit áldoznak gyermekeikért és egymásért. Újra hangsúlyoznom kell, hogy nem tudatos indítékokról beszélek. Senki sem állítja, hogy a gyermekek szándékosan és tudatosan csapják be szüleiket a bennük lakozó önző gének miatt. Ismételnem kell, hogy például, amikor azt mondom, hogy „A gyermeknek nem szabad elszalasztania a család ... hazugság, ámitás, kihasználás ... lehetőségét”, akkor a „nem szabad” kifejezést sajátos értelemben használom. Nem arról van szó, hogy ezt a magatartást erkölcsösnek vagy kívánatosnak tartom. Csupán azt mondom, hogy a természetes szelekció

jobbára azoknak a gyermekeknek kedvez, akik ily módon cselekszenek, s ennél fogva, ha vad populációkat vizsgálunk, akkor arra számíthatunk, hogy csalást és önzést látunk a családokon belül. Az a megfogalmazás, hogy „a gyermeknek csalnia kell”, azt jelenti, hogy azok a gének, amelyek csalásra készítetik a gyermekeket, előnyben vannak a génkészletben. Ha ebből levonható valamilyen erkölcsi tanulság, akkor az az, hogy tanítanunk kell gyermekeinknek az önzetlenséget, mert nem számíthatunk rá, hogy az biológiai természetük része.

IX. A nemek harca

Ha érdeellentét áll fenn szülők és gyermekek között, akiknek 50%-ban közösek a génjeik, mennyivel súlyosabb konfliktusokra kell számítanunk a szülők között, akik nem állnak egymással rokoni viszonyban?! Mindössze annyi bennük a közös, hogy ugyanazon gyermekekben 50-50%-os genetikai részesedésük van. Mivel apa és anya egyaránt érdekelték ugyanazon gyermekek más-más felének boldogulásában, mindkettejüknek némi előnyük származhat abból, ha együttműködnek egymással a gyermekek felnevelésében. Ha az egyik szülő megúszhatja úgy, hogy igaszágos részénél kevesebbet fektessen be költséges erőforrásaiból az egyes gyermekekbe, akkor jobban jár, mivel többet fordíthat más nemi partnerektől származó más gyermekekre, ily módon sikeresebben terjesztheti génjeit. Elképzelhető ezért az egyes partnerekről, hogy megpróbálják kihasználni a másikat,

megpróbálják arra kényszeríteni, hogy többet fektessen be. Elvileg az egyén azt „szeretné” (ezen nem testi vágyat értek, ámbár az is lehetséges), hogy az ellenkező nem annyi tagjával párosodjon, amennyivel csak tud, és minden esetben a partnerre hagyja a gyermekek felnevelését. Mint látni fogjuk, ezt érték el számos faj himjei, más fajoknál ugyanakkor a hímek kötelesek azonos részt vállalni a gyermekek felnevelésének terhéből. A nemi partnerkapcsolat ilyen felfogását, mely szerint tehát az kölcsönös bizalmatlanságon és kölcsönös kihasználáson alapuló kapcsolat, különösen Trivers hangsúlyozta. Az etológusok számára viszonylag új ez a felfogás. A nemi viselkedést, a párzást és az azt megelőző udvarlást rendszerint lényegében közös vállalkozásnak gondoltuk, amelynek célja a kölcsönös előny, sőt a faj java!

Térjünk vissza egyenesen az alapelvekhez, és vizsgáljuk meg a hímség és nősténység alapvető természetét. A III. fejezetben a nemiséget anélkül tárgyaltuk, hogy hangsúlyoztuk volna alapvető aszimmetriáját. Egyszerűen elfogadtuk, hogy bizonyos állatokat hímeknek, másokat pedig nőstényeknek nevezünk, de nem törődtünk vele, hogy mit jelentenek valójában e szavak. Vajon mi a hímség lényege? Alapjában véve, mi határoz meg egy nőstényt?

Ahogy mi emlősök látjuk, a nemeket egész sor jellel határozza meg – hímvesző birtoklása, a kicsinyek megszülése, szoptatás speciális tejmirigyek segítségével, bizonyos kromoszómajellegzetességek és így tovább. Az egyedek nemének megítéléséhez ezek az ismérvek tökéletesen megfelelnek az emlősök esetében, de

általában az állatok és növények esetében semmivel sem megbízhatóbbak, mint a nadrágviselés kritériuma az emberek nemének megítélésében. A békáknál például egyik nemnek sincs hímvevője. Akkor talán a hím és nőstény szavaknak nincs is általános jelentésük. Végül is csupán szavak, és ha nem találjuk őket hasznosnak a békák leírásához, akkor szabadságunkban áll lemondani róluk. Ha akarnánk, önkényesen feloszthatnánk a békákat 1. nemre és 2. nemre. Van azonban a nemeknek egy alapvető sajátosságuk, amelyet felhasználhatunk arra, hogy a hímeket hímeknek, a nőstényeket pedig nőstényeknek nevezzük el az állatoknál és növényeknél egyaránt. A hímek ivarsejtjei vagy „gamétái” sokkal kisebbek, sokkal számosabbak, mint a nőstények gamétái. Ez független attól, hogy állatokkal vagy növényekkel van-e dolgunk. Az egyedek egyik csoportjának nagy ivarsejtjei vannak, és őket nevezzük nőstényeknek. A másik csoportnak, melyet alkalmasint hímnak nevezhetünk, kis ivarsejtjei vannak. A különbség különösen kifejezett a hüllőknél és a madaraknál, ahol az egyetlen petesejt elég nagy méretű és elegendő tápértékű ahhoz, hogy heteken át táplálja a fejlődő embriót. Még az ember mikroszkopikus méretű petesejtje is sokszorta nagyobb, mint a spermium. Mint látni fogjuk, értelmezhetjük a nemek közti összes többi különbséget úgy, hogy azok ebből az egyetlen alapvető különbségből fakadnak.

Bizonyos primitív szervezeteknél – például egyes gombáknál – nem beszélhetünk hímekről és nőstényekről, noha egyfajta ivaros szaporodás létezik. Az izogámia

néven ismert rendszerben az egyedek nem különíthetők el két nemre. Bárki párosodhat bárki mással. Nincs két különböző fajta gaméta – spermiumok és peték –, hanem az összes ivarsejt azonos, és izogamétáknak nevezzük őket. Az új egyedek két izogaméta egyesüléséből jönnek létre, melyek mindegyike meiotikus osztódással keletkezik. Ha van három izogamétánk, A, B és C, A egyesülhet B-vel vagy C-vel, B egyesülhet A-val vagy C-vel. Ugyanez sohasem áll a normális szexuális rendszerek esetében. Ha A spermium, és egyesülhet B-vel vagy C-vel, akkor B és C feltétlenül petesejtek, és B nem egyesülhet C-vel.

Amikor izogaméták egyesülnek, akkor azonos számú gént adnak át az új egyednek, és ugyanakkora táplálékkészlettel látják el.

A spermiumok és a peték ugyancsak azonos számú gént adnak át, de a peték sokkal többet nyújtanak a tápanyag tekintetében: valójában a spermiumok egyáltalán nem hoznak tápanyagot, és pusztán arra törekszenek, hogy génjeiket a lehető leggyorsabban eljuttassák egy petéhez. A fogamzás pillanatában tehát az apa erőforrásainak méltányos részénél (azaz 50%-nál) kevesebbet fordít az utódra. Minthogy az egyes spermiumok oly kicsinyek, a hím megengedheti magának, hogy naponta milliószámra állítsa elő őket. Így potenciálisan képes arra, hogy különböző nőstényekkel nagyon nagy számú gyermeket nemzzen nagyon rövid idő alatt. Csak azért lehet képes rá, mert az anyától minden embrió megfelelő mennyiségű táplálékot kap. Ez korlátot szab annak, hogy egy nősténynek hány gyermeke lehet, míg gyakorlatilag nincs határa annak, hogy

egy hímnek hány gyermeke lehet. Ezzel kezdődik a nőstény kihasználása.

Parker és mások kimutatták, hogy a nemek aszimmetriája hogyan fejlődhetett ki az eredetileg izogám állapotból. Abban az időben, amikor még minden ivarsejt felcserélhető és durván azonos méretű volt, lehetett néhány, mely véletlenül kissé nagyobb volt a többinél. Bizonyos tekintetben a nagy izogamétának előnye lehetett az átlagos méretével szemben, mivel jó útravalóval, nagy táplálékkészlettel láthatta el embrióját. Az evolúció kedvezett tehát a nagyobb gamétáknak. Itt azonban egy csapda rejtett. A szigorúan szükségesnél nagyobb izogaméták evolúciója ajtót tárhatott az önző kizsákmányolásnak. Azok az egyedek, melyek az átlagosnál kisebb gamétákat termeltek, hasznot húzhattak ebből, feltéve, hogy biztosítani tudták kis gamétaik különösen nagy gamétákkal való egyesülését. Márpedig a kisebb gaméták mozgékonyabbak lettek, és képesek voltak aktívan felkutatni a nagyokat. Az egyed számára a kicsiny, gyorsan mozgó gaméta termelése azzal az előnnyel járt, hogy megengedhette magának, hogy nagyobb számú gamétát állítson elő, s ennél fogva több gyermeke legyen. A természetes szelekció kedvezett az olyan ivarsejtek termelésének, melyek kicsik voltak, és melyek aktívan keresték fel egyesülés céljából a nagyokat. Úgy képzelhetjük el tehát, hogy két, széttartó nemi „stratégia” volt kialakulóban. Az egyik a nagy befektetés stratégiája, avagy a „becsületos” stratégia. Ez automatikusan ajtót tárt a kis befektetéses, kizsákmányoló

vagy „alattomos” stratégia előtt. Amint e két stratégia elkezdett szétválni, a szétválás folyamata „megszaladt”. A közbülső méretű gaméták megbűnhődtek, minthogy nem élvezték egyik szélsőségesebb stratégia előnyét sem. Az alattomosak egyre kisebb és kisebb méretűvé és gyorsabb mozgásúvá fejlődtek. A becsületesek egyre nagyobb méretűvé fejlődtek, hogy ellensúlyozzák az alattomosak egyre kisebb befektetését, és mozdulatlanokká váltak, mivel az alattomosak amúgy is mindig aktívan nyomukba szegődtek. Minden becsületes „szívesebben” egyesülne egy másik becsületesessel. Ám az alattomosak kizárására irányuló szelekciós nyomás valószínűleg gyengébb volt, mint az alattomosoknak az a kényszere, hogy átcsússzanak a sorompó alatt: az alattomosoknak több vesztenivalójuk volt, ennél fogva megnyerték az evolúciós harcot. A becsületesekből lettek a petesejtek, az alattomosakból pedig a spermiumok.

A hímek tehát nagyon is mihaszna figuráknak tűnnek, és pusztán a „faj java” alapján arra számíthatnánk, hogy kevésbé terjedtek el, mint a nőstények. Mivel egy hím elméletileg elegendő spermiumot termel egy száz nőstényből álló hárem kiszolgálására, feltételezhetnénk, hogy a nőstényeknek 100 : 1 arányú számbeli fölényben kellene lenniük a hímekhez képest az állatpopulációkban. Úgy is fogalmazhatunk, hogy a hím „feláldozhatóbb”, a nőstény pedig „értékesebb” a faj számára. A faj egésze szempontjából nézve ez természetesen tökéletesen igaz. Szélsőséges példát véve, egy elefántfókák körében végzett vizsgálatban megfigyelték, hogy az összes kopuláció 88%-

ában a hímek 4%-a vett részt. Ebben az esetben – és sok más esetben is – nagy fölösleg van azokból az agglegény hímekből, akiknek egész életük során valószínűleg sohasem lesz alkalmuk kopulációra. A többlethímek azonban egyébként normális életet élnek, és a populáció táplálékkészleteiből nem kisebb falánksággal fogyasztanak, mint más felnőttek. A „faj javát” nézve ez rettenetes pocsékolás; a többlethímekeket a társadalom élösködöinek tekinthetnénk. Ez csak újabb példa azokra a nehézségekre, melyekbe a csoportselektációs elmélet keveredik. Az önzögen-elméletnek ugyanakkor nem okoz nehézséget megmagyarázni azt a tényt, hogy a hímek és a nőstények száma többnyire egyenlő, még ha a szaporodó hímek az összes hímnek csupán kis töredékét alkotják is. Erre első ízben R. A. Fisher kínált magyarázatot.

Az a probléma, hogy hány hím és hány nőstény születik, a szülői stratégia problémájának speciális esete. Ahogy beszéltünk a génjeinek fennmaradását maximalizálni próbáló szülő optimális családméretéről, ugyanúgy beszélhetünk a nemek optimális arányáról is. Melyik a jobb: ha fiakra vagy ha lányokra bízzuk drága génjeinket? Tegyük fel, hogy egy anya minden erejét fiakra fordította, s ennél fogva nem maradt mit lányokra fordítania: vajon átlagosan többel járul-e hozzá a jövendő génkészlethez, mint az a vetélytárs anyja, aki lányokra fordította erejét? A fiúkat előnyben részesítő gének számosabbakká vagy kevésbé számossá válnak, mint a lányokat előnyben részesítő gének? Fisher azt mutatta ki, hogy normális körülmények között a nemek optimális aránya 50-50%.

Hogy belássuk, miért, előbb valamicskét meg kell tudnunk az ivarmeghatározás mechanikájáról. Emlősöknél a nem genetikai meghatározása az alábbiak szerint történik. Minden petesejt képes akár hímmé, akár nősténnyé fejlődni. A spermiumok azok, melyek a nemet meghatározó kromoszómákat hordozzák. A férfi által termelt spermiumok fele nőt létrehozó vagy X-spermium, fele pedig férfit létrehozó vagy Y-spermium. A kétfajta spermium hasonló egymáshoz. Csupán egyetlen kromoszóma tekintetében különböznek. Az a gén, amely hordozóját kizárólag lányok apjává akarja tenni, azáltal érhetné el célját, hogy az apával csak X-spermiumokat készített. Az a gén, amely a z anyánál érné el azt, hogy csak lányai legyenek, úgy működhetne, hogy az anyával valamilyen szelektív spermiumölőt választatna ki, vagy elvetéltetné vele az összes hímnemű embrió. Valami olyasmi után kutatunk, ami egyenértékű egy evolúciósan stabil stratégiával (ESS), ámbar itt – még inkább, mint az agresszióról szóló fejezetben – a stratégia szó csupán beszédfordulat. Az egyén nem választhatja meg a szó szoros értelmében gyermekei nemét. Ám az egyik vagy a másik nemhez tartozó gyermekekre hajlamosító gének lehetségesek. Ha feltételezzük, hogy ilyen, a nemek nem egyenlő arányának kedvező gének léteznek, valószínű-e, hogy bármelyikük is számosabbá válik a génkészletben, mint rivális alléljai, amelyek a nemek egyenlő arányának kedveznek?

Tegyük fel, hogy a fent említett elefántfókáknál egy mutáns gén bukkan fel, amely a szülőket arra hajlamosítja, hogy többnyire lánygyermekeik legyenek. Mivel a népességben

nincs hiány hímekből, a lányoknak nem okoz gondot párt találni, és a lányt előállító gén elterjedhet. A nemek aránya a populációban a nőstények felé tolódik el. Ami a faj javát illeti, ez teljesen rendben volna, mivel – mint láttuk – már néhány hím is képes nagyon sok nőstény számára a kellő mennyiségű spermiumot biztosítani. Felszínesen ezért arra számíthatnánk, hogy a lányokat előállító gén továbbra is terjedni fog, mígnem a nemek egyensúlya annyira felborul, hogy az a néhány megmaradt hím, halálra dolgozva magát, épphogy csak győzi. Most azonban gondoljuk csak el, hogy milyen óriási genetikai előnyt élvez az a néhány szülő, akinek fia van. Bárkinek, aki egy fiúba investál, nagyon jó esélye van arra, hogy fókák százainak lesz nagyszülője. Azok számára, akik csak lányokat hoznak létre, biztosítva van *néhány* unoka, ez azonban semmi azokhoz a dicső genetikai lehetőségekhez képest, melyek bárki előtt feltárulnak, aki fiúkra specializálódik. A fiúk létrehozásának génei ezért ismét elterjednek, az inga visszalendül.

Az egyszerűség kedvéért az inga lengéséről beszéltem. A gyakorlatban azonban az ingának sohasem engedtetett volna meg, hogy oly messzire kilendüljön a nőstények túlsúlyának irányába, mivel a fiú utódok létrehozására irányuló nyomás már akkor elkezdte volna visszatolni, amikor a nemek aránya egyenlőtlené vált. Az a stratégia, hogy egyenlő számban hozunk létre fiúkat és lányokat, evolúciósan stabil stratégia, abban az értelemben, hogy az a gén, amelyik eltér ettől, nettó veszteséget termel.

A történetet úgy mondtam el, hogy a fiúk számát állítottam szembe a lányok számával. Ezt az egyszerűség kedvéért

tettem, valójában a szülői ráfordítás alapján kellene fogalmazni, amin mindazt a táplálékot és egyéb erőforrást értem, amit a szülő kínálni tud, s amit az előző fejezetben tárgyalt módon mérünk. A szülőknek ráfordításaikat kell fiaik és lányaik között egyenlő arányban elosztaniuk. Ez rendszerint azt jelenti, hogy szám szerint ugyanannyi fiuk kell legyen, mint lányuk. De az egyenlőtlen nemi arány is lehet evolúciós szempontból stabil, feltéve, hogy a fiúk és a lányok hasonlóképpen egyenlőtlen ráfordításban részesülnek. Az elefántfókák esetében stabil lehetne az a stratégia, hogy háromszor annyi lány legyen, mint fiú, de csak ha minden fiúból superhím lenne, s háromszor annyi táplálékot és egyéb erőforrást emésztene föl, mint egy nőstény. A szülő, azáltal hogy fiát jobban táplálja, naggyá és erőssé teszi, növelheti esélyeit arra, hogy megnyeri a háremmel járó nagydíjat. Ez azonban speciális eset. Normális körülmények között a fiúk nagyjából ugyanannyi ráfordításban részesülnek, mint a lányok, és a nemek aránya a számokat tekintve rendszerint egy az egyhez.

Nemzedékeken át tartó hosszú utazása során ezért az átlagos gén idejének megközelítőleg felét hím testekben, másik felét pedig nőstény testekben tölti. Bizonyos génhatások csak az egyik nem testében mutatkoznak meg. Ezeket nemhez kötött génhatásoknak nevezzük. A hím vessző hosszát irányító gén hatása csak hím testekben jelenik meg, de a nőstény testek is hordozzák, és egészen más hatása lehet a nőstény testekre. Semmi sem indokolja, hogy egy férfi ne örökölhetné a hosszú hím vessző tulajdonságát anyjától.

A két testtípus bármelyikében találja is magát a gén, arra számíthatunk, hogy a legjobban fogja felhasználni az illető testtípus kínálta lehetőségeket. E lehetőségek nagyon könnyen el is térhetnek, aszerint hogy a test hím vagy nőstény. Alkalmas megközelítésként újólágt feltételezhetjük, hogy minden egyedi test önző gép, mely mindent megtesz génjeiért. Az ilyen önző gép számára gyakran egészen más a legjobb taktika ha hím, mint ha nőstény. A rövidség kedvéért megint csak ahhoz a konvencióhoz folyamodunk, hogy az egyedet úgy képzeljük el, mintha céltudatos volna. Mint korábban, most is szem előtt kell tartanunk, hogy ez csupán beszédfordulat. A test valójában önző génjei által vakon programozott gép.

Vegyük szemügyre újra azt a párt, amellyel a fejezetet kezdtük. Mindkét partner önző gép, és egyenlő számban „akar” fiúkat és lányokat. Idáig egyetértenek. Amiben nem értenek egyet, az az, hogy ki fogja viselni a gyermekek felnevelésévei járó költségek oroslánrészét. Minden egyed a lehető legtöbb életben maradó gyermeket akarja. Mennél kevesebbet kényszerül ráfordítani az egyes gyermekekre, annál több gyermeke lehet. A kívánatos helyzet elérésére az a kézenfekvő mód, hogy szexuális partnerünket arra készítetjük, hogy az egyes gyermekekre erőforrásai méltányos részénél többet fordítson, s ezáltal szabaddá tegyen minket, hogy további gyermekeink lehessenek más partnerektől. Ez kívánatos stratégia volna bármelyik nem számára, a nőstények számára azonban nehezebben elérhető. Az anya, mivel nagy, táplálékban gazdag pete formájában már kezdettől többet fektet be,

mint a hím, már a fogamzás pillanatában jobban „el van kötelezve” minden gyermek iránt, mint az apa. Eleve többet veszít, ha a gyermek elpusztul, mint az apa. Pontosabban: az apánál többet kellene befektetnie a jövőben annak érdekében, hogy egy újabb gyermeket az elpusztulttal azonos fejlettségi szintre hozzon. Ha azzal a taktikával próbálkozik, hogy az apára hagyja a gyermeket, miközben lelép egy másik hímmel, az apa, magára nézve viszonylag csekély költséggel, bosszút állhat azzal, hogy ő is sorsára hagyja a kicsit. Ezért, legalábbis a gyerek fejlődésének korai szakaszában, ha felbomlik a család, akkor valószínű, hogy az apa az, aki elhagyja az anyát, s nem fordítva. Hasonlóképpen várható, hogy a nőstények a hímeknél többet áldoznak a gyermekekre, nem csupán kezdetben, hanem egész fejlődésük során. Így az emlősöknél például a nőstény az, aki saját testében hordozza a magzatot, a nőstény az, aki tejet termel, hogy szoptassa, amikor megszületett, a nőstény az, aki oroszlánrészt vállal a kölyök felneveléséből és védelmezéséből. A női nem kizsákmányolt, és e kizsákmányolás evolúciós alapja az a tény, hogy a petesejtek nagyobbak, mint a spermiumok.

Persze sok olyan faj van, ahol az apa kemény munkával és hűségesen gondoskodik a kicsinyekről. De még így is arra kell számítanunk, hogy normális körülmények között a hímek némi evolúciós nyomás alatt állnak, hogy egy kicsivel kevesebbet áldozzanak az egyes gyermekekre, és hogy több gyermeket próbáljanak nemzeni különböző partnerekkel. Ezen egyszerűen azt értem, hogy azok a gének, amelyek azt mondják, hogy „ha hím vagy, hagyd el a

párodát egy kicsivel korábban, mint ahogy arra rivális allélom készítené, és nézz másik nőstény után”, sikeresen elterjednek a génkészletben. Hogy ez az evolúciós nyomás ténylegesen milyen mértékben uralkodik, az a gyakorlatban fajonként igen eltérő. Sok fajnál, például a paradicsommadaraknál, a nőstény semmiféle segítséget nem kap a hímtől, és egyedül neveli fel gyermekeit. Más fajok, köztük a csüllők, példás hűségű monogám párokat alkotnak, és együttműködnek a gyermekek felnevelésének munkájában. Fel kell tételeznünk, hogy valamilyen evolúciós ellennyomás működik: bűnhődésnek éppúgy társulnia kell a partner kizsákmányolásának önző stratégiájához, mint haszonnak, és a csüllőknél a büntetés nagyobb, mint a haszon. Minden esetben csak akkor fizetődik ki az apának, hogy elhagyja párját és gyermekét, ha a nősténynek ésszerű esélye van arra, hogy egyedül fel tudja nevelni a gyermeket.

Trivers számba veszi a magára hagyott anya előtt nyitva álló cselekvési lehetőségeket. Az volna a legjobb számára, ha megpróbálna rászedni egy másik hímet, és elérni nála, hogy fogadja örökbe a gyermeket, sajátjának „gondolván”. Ez talán nem túlságosan nehéz, ha a gyermek még meg nem született magzat. Míg a gyermek természetesen hordozza az anya génjei nek felét, egyáltalán nem hordoz gént a hiszékeny mostohaapától. A természetes szelekció súlyosan büntetné a hímek hiszékenységét, és tulajdonképpen azoknak a hímeknek kedvezne, amelyek aktív lépéseket tesznek minden potenciális mostohagyermek megölésére, amint egy új nősténnyel

állnak össze. Nagyon valószínű, hogy ez a magyarázata az ún. Bruce-hatásnak: a hím egerek kiválasztanak egy bizonyos vegyi anyagot, amelynek hatására a vemhes nőstény elvetél. De csakis akkor vetél el, ha a szag eltér előző párjának szagától. Ily módon a hím egér elpusztítja a potenciális mostohagyermeket, és új feleségét fogékonyá teszi saját nemi közeledésére. Mellesleg Ardrey a Bruce-effektust népeségszabályozási mechanizmusnak látja! Hasonló példával szolgálnak a hím oroszlánok, amelyek újonnan érkezve egy csapathoz, néha megölik a már meglévő kölyköket, feltehetőleg azért, mert ezek nem a saját gyermekeik.

Egy hím ugyanezt az eredményt elérheti anélkül, hogy mostohagyermeket gyilkolna. Kikényszeríthet hosszan tartó udvarlási időszakot, mielőtt kopulálna a nősténnyel, elűzve az összes többi hímet, akik közelítenek hozzá, és megakadályozva, hogy a nőstény elmeneküljön. Ily módon megláthatja, hogy a nőstény rejteget-e kis mostohagyermeket a méhében, s ha igen, elhagyja. Később látni fogjuk, hogy miért akarhat a nőstény hosszú „jegyben járást” a kopuláció előtt. Most azt indokoltuk meg, hogy a hím miért akarhatja ezt. Feltéve, hogy el tudja szigetelni a nőstényt a más hímekkel való minden kapcsolattól, elkerülheti, hogy más hím gyermekeinek akaratlan jótévedője legyen.

Feltéve tehát, hogy egy elhagyott nőstény nem teheti lóvá az új hímet, és nem veheti rá, hogy fogadja örökbe a gyermekét, mi egyebet tehet? Sok függ attól, hogy milyen idős a gyermek. Ha még épp csak hogy megfogant, akkor

igaz ugyan, hogy a nőstény már feláldozott egy egész petesejtet, és talán még többet, mégis kifizetődő lehet számára, hogy elvetéljen, és amilyen gyorsan csak tud, új párt találjon. Ilyen körülmények között mind neki, mind potenciális új párjának kölcsönösen előnyös volna, ha elvetélné – mivel feltételezzük, hogy nincs reménye arra, hogy párját félrevezesse, és rávegye, hogy fogadja örökbe a gyermeket. Ez megmagyarázhatná, hogy a nőstény szempontjából miért előnyös a Bruce-hatás. További lehetőség, mely az elhagyott nőstény előtt nyitva áll, hogy kitarson, és megpróbálja felnevelni a gyermeket egyedül. Ez különösen akkor fizetődik ki számára, ha a gyermek már eléggé idős. Mennél idősebb, annál többet áldozott már reá a nőstény, s annál kevesebb szükséges már ahhoz, hogy felnevelésének feladatát teljesítse. De ha a gyermek még meglehetősen fiatal, akkor is kifizetődő lehet az anya számára, hogy megpróbáljon megmenteni valamennyit kezdeti ráfordításából, még akkor is, ha kétszer olyan keményen kell dolgoznia, hogy gyermekét etetni tudja, most, hogy a hím elment. Az nem vigasztalja, hogy a gyermek a hím génjeinek felét is tartalmazza, s ily módon bosszút állhatna rajta, ha sorsára hagyná a gyermeket. Az öncélú bosszúnak nincs értelme. A gyermek hordozza az anya génjeinek felét, s a dilemma most már egyedül az övé.

Paradox módon, az elhagyás veszélyétől fenyegetett nőstény számára ésszerű lehet az a taktika, hogy ő hagyja cserben a hímét, mielőtt az hagyná cserben őt. Ez kifizetődne neki, még akkor is, ha ő már többet áldozott a

gyermekre, mint a hím. Az a kínos igazság, hogy bizonyos körülmények között az a partner jut előrihöz, aki elsőnek távozik, legyen az akár az apa, akár az anya. Trivers megfogalmazása szerint az elhagyott partner kegyetlen kutyaszorítóba kerül. Okfejtése elég rémesen hangzik, de nagyon szellemes. Várható, hogy egy szülő abban a pillanatban kilép a kapcsolatból, amint a következőket mondhatja: – „Ez a gyermek már eléggé felcseperedett ahhoz, hogy bármelyikünk befejezhetné a nevelését egyedül is. Ennélfogva kifizetődő volna számomra, ha most elmennék, feltéve, hogy biztos lehetek benne, hogy nem fog a partnerem is elmenni. Ha én elmennék, partnerem azt tenné, ami a legjobb a génjei szempontjából. Ő akkor drasztikusabb döntésre kényszerülne, mint amilyent én most hozok, mivel én akkor már nem lennék itt. Partnerem »tudná«, hogy ha ő is elmenne, akkor a gyermek bizonyára elpusztulna. Ezért hát, feltételezve, hogy a partnerem olyan döntést fog hozni, ami a legjobb a saját önző génjei számára, arra a következtetésre jutok, hogy számomra a legjobb, amit tehetek, hogy elsőnek megyek el. Már csak azért is, mert partnerem esetleg pontosan ugyanígy »gondolkodik«, és bármelyik pillanatban magához ragadhatja a kezdeményezést azzal, hogy elhagy engem!”

A szubjektív monológot, mint mindig, most is csupán illusztrációnak szántam. A lényeg az, hogy az elsőként való kilépés génjei szelektálódhatnak, egyszerűen azért, mert a másodikként való kilépés génjei kedvezőtlenek volnának.

Megvizsgáltunk néhányat az elhagyott nőstény választási lehetőségei közül. Mindezeknek azonban olyan íze van,

mint amikor két rossz közül választjuk a kisebbiket. Tehet-e valamit a nőstény annak érdekében, hogy csökkentse kiszolgáltatottságát párjával szemben?

Van egy ütőkártyája. Megtagadhatja a kopulációt. Kereslet van iránta. Sok kérője akad, mert egy nagy, táplálékdús petesejt a hozománya. Az a hím, akivel kopulál, értékes tápanyagkészletet nyer utódja számára. A nőstény potenciálisan abban a helyzetben van, hogy keményen alkudhat, mielőtt párzana. Amint páرزott, kijátszotta ütőkártyáját – petéjét lekötötte a hím számára. Mármost erélyes alkudozásról beszélünk ugyan, de nagyon jól tudjuk, hogy ez valójában nem így néz ki. Van-e vajon valami reális mód arra, hogy az erélyes alkudozásnak valamilyen megfelelője a természetes szelekció révén kifejlődjön? Két fő lehetőséget fogok szemügyre venni, melyeket a családi boldogság stratégiájának és férfias férfi stratégiának nevezek.

A családi boldogság stratégia legegyszerűbb változata a következő. A nőstény figyeli a hímet, és megpróbálja előre megtalálni a hűség és háziasság jeleit. A hímek bizonyos határok között különböző mértékben hajlamosak a hű férj szerepére. Ha a nőstények előre fel tudnák ismerni ezeket a tulajdonságokat, akkor előnyük származhatna a megfelelő hímek kiválasztásából. Ennek egyik módja az, hogy a nőstény hosszú ideig vonakodik odaadni magát, szemérmes. Az a hím, aki nem elég türelmes ahhoz, hogy kivárja, amíg a nőstény végülis beleegyezik a pázásba, nem valószínű, hogy hű férjnek bizonyul. Azáltal, hogy hosszú jegyességhez ragaszkodik, a nőstény kigyomlálja

az alkalmi kéroket, s csak a végén pázrik azzal a hímmel, aki előre bebizonyította, hogy hú és kitarító. A női szemérem valóban nagyon gyakori az állatok között, éppúgy, mint a hosszan tartó udvarlás vagy jegyesség. Mint már láttuk, a hosszú jegyesség a hím számára is előnyös lehet, amikor az a veszély fenyegeti, hogy egy másik hím gyermekét varrják a nyakába.

Az udvarlási rítusok a hím részéről gyakran jelentős pázás előtti befektetéssel is járnak. A nőstény megtagadhatja a pázást addig, amíg a hím fészket nem épít számára. Vagy a hímnek nagy mennyiségű táplálékkal kell a nőstényt megetetnie. Ez persze nagyon jó a nőstény szempontjából, de egyben a családi boldogság stratégia egy másik lehetséges változatára is utal. Kényszeríthetik-e vajon a nőstények a hímeket arra, hogy olyan sokat fektessenek be utódaikba, mielőtt kopulálhatnának, hogy többé nem fizetődik ki számukra, hogy elhagyják a nőstényt a kopuláció után? Az ötlet vonzó. Az a hím, aki arra vár, hogy egy szemérmes nőstény végülis párosodjék vele, költségekbe veri magát: lemond arról a lehetőségről, hogy más nőstényekkel párosodjon, és sok időt és energiát fordít az udvarlásra. Amikor végülis pázik egy adott nősténnyel, addigra már óhatatlanul „elkötelezte magát” iránta. Csekély kísértést fog érezni, hogy elhagyja, ha tudja, hogy bármely jövőbeli nőstény, akit megkönyékez, ugyanúgy halogatni fogja a dolgot, mielőtt a lényegre térne. Amint egy cikkemben kimutattam, itt hiba van Trivers gondolatmenetében. Ő úgy gondolta, hogy a korábbi befektetés önmagában elkötelezi az egyént a jövőbeni

befektetések mellett. Ez hibás gazdaságossági számítás. Egy üzletembernek soha nem szabad azt mondania: „már annyit fektettem a Concorde repülőgépbe – például –, hogy most már nem engedhetem meg magamnak, hogy szemétre dobjam”. Ehelyett mindig azt kellene kérdeznie, hogy kifizetődnek-e számára a jövőben, hogy csökkentse veszteségeit, és feladja a tervet most, még akkor is, ha már sokat fektetett bele. Hasonlóképpen, nincs értelme, hogy a nőstény arra kényszerítse a hímet, hogy sokat áldozzon rá, annak reményében, hogy ez önmagában el fogja rettenteni a hímet attól, hogy később elhagyja. A családi boldogság stratégiának ez a változata egy további döntő feltevésen alapul. Ez pedig az, hogy bízni lehet abban, hogy a nőstények többsége ugyanazt a játszmát játssza. Ha vannak a populációban laza erkölcsű nőstények, amelyek örömmel fogadják a hűtlen hímeket, akkor kifizetődő egy hím számára, ha elhagyja a párját, függetlenül attól, hogy mennyit áldozott már annak gyermekeire.

Sok függ tehát attól, hogy a nőstények többsége hogyan viselkedik. Ha számolhatnánk azzal, hogy a nők megegyeznek egymás között, nem volna probléma. Ám a nők megegyezése sem fejlődhetett ki inkább, mint a galamboké, amelyről az V. fejezetben volt szó. Ehelyett evolúciósan stabil stratégiákat kell keresnünk. Vegyük Maynard Smithnek az agresszív küzdelmek elemzésére kidolgozott módszerét, és alkalmazzuk a szexualitásra. Kissé bonyolultabb lesz, mint a héják és galambok esete volt, mivel két nőstény- és két hímstratégiával van dolgunk.

Ugyanúgy, mint Maynard Smith elemzésében, a „stratégia” szó vak, tudattalan viselkedési programot jelent. A két nősténystratégiát *szemérmesnek* és *ledérmek*, a két hímstratégiát pedig *hűségesnek* és *szoknyapecémek* fogjuk nevezni. A négy típus viselkedési szabályai a következők. A szemérmes nőstények nem kopulálnak a hímekkel mindaddig, amíg a hím végig nem csinált egy több hétig tartó, hosszú és költséges udvarlási időszakot. A ledér nőstények azonnal kopulálnak bárkivel. A hűséges hímek készek hosszú időn át udvarolni, a kopuláció után pedig a nősténnyel maradnak, és segítenek neki felnevelni a kicsinyeket. A szoknyapecér hímek gyorsan elvesztik türelmüket, ha egy nőstény nem kopulál velük azonnal: otthagyják, és keresnek egy másik nőstényt; kopuláció után sem maradnak vele, nem viselkednek jó apaként, hanem elmennek, és újabb nőstények után kutatnak. A héják és galambok esetéhez hasonlóan, ezek nem az egyedül lehetséges stratégiák, mégis sok mindent megvilágít, ha eredményességüket megvizsgáljuk.

Maynard Smithhez hasonlóan, mi is bizonyos önkényes, hipotetikus értékeket fogunk rendelni a különböző költségekhez és nyereségekhez. Általánosítás végett ezt megtehetnénk algebrai szimbólumokkal, de a számok könnyebben felfoghatók. Tegyük fel, hogy egy gyermek sikeres felneveléséből mindkét szülőnek 15 egység genetikai nyeresége származik. Egy gyermek felnevelésének költsége – az összes táplálékának költsége, a róla való gondoskodásra szánt összes idő és az érdekében vállalt összes kockázat -20 egység. A

költséget negatív előjellel látjuk el, mivel ezt „kifizetik” a szülők. Ugyancsak negatív előjelű a hosszan tartó udvarlással elvesztegetett idő költsége is. Legyen ez -3 egység.

Képzeljünk el egy olyan populációt, amelyben az összes nőstény szemérmes, és az összes hím hűséges. Ez az eszményi monogám társadalom. A hím és a nőstény minden párban azonos átlagnyeresésre tesz szert. +15 pontot kapnak minden felnevelt gyermek után; egyenlően osztják meg egymás között felnevelésének költségeit (-20), ami így átlagosan -10. Mindketten -3 pont büntetést fizetnek a hosszan tartó udvarlással elvesztegetett időért. Az átlagnyereség tehát mindegyikük számára $+15 - 10 - 3 = +2$.

Most tételezzük fel, hogy felbukkan a populációban egyetlen ledér nőstény. Nagyon jól megy neki. Nem fizeti a késedelem költségeit, mivel nem megy bele hosszan tartó udvarlásba. Mivel a populációban az összes hím hűséges, úgy számolhat, hogy jó apát talál gyermekei számára, akárkivel is párosodik. Átlagos nyeresége gyermekenként $+15 - 10 = +5$ lesz. Így három egységgel jobban jár, mint szemérmes vetélytársai. A ledér gének tehát terjedni kezdenek.

Ha a ledér nőstényeknek olyan nagy a sikerük, hogy kezdenek túlsúlyba jutni a populációban, akkor változások várhatók a hímek táborában is. Mindeddig a hűséges hímeknek monopóliumuk volt. Most azonban, ha egy szoknyapécér hím bukkan fel a populációban, jobban jár, mint hűséges vetélytársai. Ha egy populációban az összes

nőstény ledér, akkor egy szoknyapecér hím csakugyan remek fogást csinálhat. Megkapja a +15 pontot, ha egy gyermek sikerrel felnevelkedik, és a két költség egyikét sem fizeti. E költség hiánya főképp azt jelenti számára, hogy szabadon párosodhat új nőstényekkel. Szerencsétlen feleségei egyedül küszködnek a gyermekkel, megfizetik a teljes -20 pont költséget, bár nem fizetnek semmit az udvarlásra elvesztegetett időért. A szoknyapecér hímmel párosodó ledér nőstény tiszta nyeresége $+15 - 20 = -5$; magának a szoknyapecérnek pedig +15 a nyeresége. Az olyan populációban, melyben az összes nőstény ledér, a szoknyapecér gének futótűzként terjednek el.

Ha a szoknyapecérek olyan sikeresek, hogy túlsúlyba jutnak a populáció hím felében, akkor a ledér nőstények szörnyen szorult helyzetbe kerülnek. Bármely szemérmes nősténynek komoly előnye lesz. Ha egy szemérmes nőstény találkozik egy szoknyapecér hímmel, abból nem lesz üzlet. A nőstény ragaszkodik a hosszú udvarláshoz; a hím ezt megtagadja, és megy, hogy egy másik nőstényt keressen. Egyik fél sem fizeti meg az időpocsékolás költségét. De egyik sem nyer semmit, mivel nem lett gyermek. Ez 0 tiszta nyereséget jelent a szemérmes nőstény számára az olyan populációban, ahol az összes hím szoknyapecér. A 0 nem látszik túl soknak, mégis jobb, mint a -5, ami a ledér nőstények átlagos eredménye. Még ha a ledér nőstény úgy határozna is, hogy elhagyja kicsinyeit, miután egy szoknyapecér magára hagyta, meg kellene fizetnie egy pete számottevő költségeit. Így hát a szemérmegének újra terjedni kezdenek a populációban.

Hogy teljessé tegyük ezt a hipotetikus ciklust, amikor a szemérmes nőstények száma annyira megnő, hogy túlsúlyba jutnak, a szoknyapecér hímek, akik addig olyan jól megvoltak a ledér nőstényekkel, kezdik kényelmetlenül érezni magukat. Egyik nőstény a másik után ragaszkodik a hosszú és fáradságos udvarláshoz. A szoknyapecérek szállodognak nőstényről nőstényre, a történet pedig mindig ugyanaz. Ha az összes nőstény szemérmes, akkor a tiszta nyereség a szoknyapecér hímek számára 0. Mármint ha egy húséges hím bukkanna fel, ő volna az egyetlen, akivel a szemérmes nőstények párosodnának. Tiszta nyeresége +2, jobb, mint a szoknyapecéreké. Így a húséges gének száma növekedni kezd, s ezzel teljes kört írtunk le.

Mint az agresszió esetében, úgy, mondtam el a történetet, mintha végtelen oszcilláció zajlana. Ám mint abban az esetben, itt is kimutatható, hogy valójában nem folya oszcilláció. A rendszer stabil állapot felé közeledne. Ha elvégezzük a számításokat, akkor kiderül, hogy az a populáció, melyben a nőstények öthatoda szemérmes, a hímeknek pedig ötnyolcada húséges, evolúciós szempontból stabil. Ez természetesen csupán azokra a konkrét önkényes számokra igaz, melyekből kiindultunk, de bármely más önkényes feltevés esetében is könnyű kiszámítani, hogy mi volna a stabil arány.

Maynard Smith elemzéseire hasonlóan, itt sem kell úgy gondolnunk, hogy két különböző típusú hímről és két különböző típusú nőstényről van szó. Az ESS ugyanúgy elérhető lenne, ha minden hím idejének ötnyolcadát húségesben, a többit pedig nők után futkosva töltené; a

nőstények pedig idejük öthatodában szemérmesek, egythatodában pedig ledérek volnának. Akár így, akár úgy fogjuk is fel az ESS-t, a következőt jelenti. Akármelyik nem tagjainak eltérése a nekik megfelelő stabil aránytól büntetést vonna maga után annak következtében, hogy a másik nem stratégiáinak arányában is változás állna be, mely azután az eredeti deviáns egyedek számára hátrányos lenne. Az ESS ezért megmarad.

Levonhatjuk azt a következtetést, hogy feltétlenül lehetséges, hogy nagyrészt szemérmes nőstényekből és hűséges hímekből álló populáció alakuljon ki. Ilyen körülmények között a nőstények számára a családi boldogság stratégia valóban működőképesnek látszik. Nem kell a szemérmes nőstények konspirációjára gondolnunk. A szemérmesség ténylegesen kifizetődő lehet a nőstény önző génjei számára.

A nőstények különböző módokon ültethetik át az ilyen típusú stratégiát a gyakorlatba. Már utaltam rá, hogy egy nőstény megtagadhatja a párzást azzal a hímmel, amely még nem rakott számára fészket, vagy legalább nem segített neki a fészekrakásban. Valóban az a helyzet, hogy sok monogám madárnál addig nem is kerül sor kopulációra, míg a fészek meg nem épül. Ennek az a hatása, hogy a fogamzás pillanatáig a hím már jóval többet áldozott a gyermekre, mint csupán olcsó spermiumait.

Az az igény, hogy a jövődöbéli pár fészket építsen, a hím megfogásának egyik hatásos módja a nőstény számára. Elképzelhető, hogy elméletben szinte bármi megteszi, ami a hímnek sokba kerül, még akkor is, ha ezeket a

költségeket nem közvetlenül olyan evolúciós formában fizeti, ami előnyére válik a még meg nem született utódoknak. Ha egy populációban az összes nőstény arra kényszerítené a hímeket, hogy valami nehéz és költséges tettet hajtsanak végre, mondjuk, öljenek meg egy sárkányt, vagy másszanak meg egy hegyet, mielőtt hajlandók volnának párosodni velük, akkor elméletben csökkenthetnék a hímek kísértését arra, hogy kopuláció után elhagyják őket. Az a hím, amely kísértést érezne arra, hogy elhagyja a párját, és megpróbálja génjeit jobban elterjeszteni egy másik nőstény segítségével, elállna tervétől arra a gondolatra, hogy akkor még egy sárkányt meg kellene ölnie. A gyakorlatban azonban valószínűtlen, hogy a nőstények olyan önkényes feladatokat kényszeríthetnének kérőikre, mint a sárkányölés vagy a Szent Kehely keresése, ugyanis az a nőstény vetélytárs, aki nem kevésbé fáradságos, de neki és gyermekeinek hasznosabb feladatot tűz ki, előnybe kerülne a romantikusabb lelkű nőstényekkel szemben, akik valamilyen értelmetlen szerelmi teljesítményt követelnek meg. Lehet, hogy a fészeképítés kevésbé romantikus, mint egy sárkány megölése, vagy a Helleszpontusz átúszása, de sokkal hasznosabb.

Ugyancsak hasznos a nőstény számára az a gyakorlat, amit már említettem, nevezetesen, hogy a hím udvarlásképpen eteti a nőstényt. Madaraknál ezt rendszerint az ifjúkori viselkedéshez való egyfajta visszatérésnek tekintették a nőstény részéről. Ugyanazokkal a gesztusokkal kér a hímtől, mint

amiyeneket a madárfióka használna. Feltételezték, hogy ez automatikusan vonzó a hím számára, ugyanúgy, ahogy egy férfi a selypítő vagy duzzogva lebiggyedő ajkat vonzónak találja egy felnőtt nőnél. A nőstény madárnak ebben az időszakban szüksége van minden többletélelemre, amihez csak hozzá tud jutni, mert most tölti fel tartalékait óriási tojásai létrehozásának erőfeszítéséhez. Az udvarló etetés a hím részéről valószínűleg közvetlen ráfordítást jelent magukra a tojásokra. Ennélfogva az a hatása, hogy csökkenti a kicsinyekre való kezdeti ráfordítás tekintetében a két szülő közt meglévő különbséget.

Számos rovarnál és póknál is megtaláljuk az udvarló etetés jelenségét. Itt egy alternatív értelmezés néha túlságosan is kézenfekvő volt. Mivel a hímeket – például az ájtatos manó esetében – az a veszély fenyegetheti, hogy a nagyobb nőstény megeszi, bármi, amivel csökkentheti a nőstény étvágyát, előnyére szolgálhat. A szerencsétlen ájtatos manó hímről egy bizonyos hátborzongató értelemben elmondhatjuk, hogy befektet a gyermekeibe. Táplálékul szolgál azoknak a petéknek a létrehozásához, melyeket azután a saját, tárolt, posztumusz spermiumai fognak megtermékenyíteni.

Az a családi boldogság stratégiát játszó nőstény, aki egyszerűen felméri a hímeket, és megpróbálja előre *felismerni* a hűség jellemző jegyeit, kiteszi magát annak, hogy rászedik. Nagy előnyhöz jutna az a hím, aki hűséges, házias típusnak tudja kiadni magát, ám valójában elhagyásra és hűtlenségre való erőteljes hajlamot rejteget. Mindaddig, amíg elhagyott feleségeinek van esélyük arra,

hogy néhány gyermeket felneveljenek, a szoknyapecérnek módja van több gént továbbadni, mint a vetélytárs hímnek, aki hű férj és apa. A hímek részéről a hatásos rászedés génjeire nézve kedvező tendencia érvényesül a génkészletben.

Megfordítva: a természetes szelekció kedvez azoknak a nőstényeknek, akik nagy ügyességre tesznek szert abban, hogy átlássanak az ilyen csaláson. Ennek egyik módja az, hogy különösen nehezen adják oda magukat, amikor egy új hím udvarol nekik, de az egymást követő párosodási időszakokban egyre készségesebben fogadják el múlt évi párjuk közeledését. Így automatikusan büntetik azokat a fiatal hímeket, akik első párzási időszakukba fognak bele, akár csalók, akár nem. A naiv elsőéves nőstények utódai viszonylag nagyobb arányban hordoznak hűtlen apáktól származó géneket, ám a hű apáknak előnyük van az anya életének második és további éveiben, mert nem kell végigmenniük az udvarlási rítusoknak ugyanazon a hosszú, energiapazarló és időigényes útján. Ha egy populációban az egyedek többsége tapasztalt, nem naiv anyák gyermeke – ez ésszerű feltevés bármely hosszú életű faj esetében – akkor a becsületes, jó apaság génjei uralkodóvá válnak a génkészletben.

Az egyszerűség kedvéért úgy fogalmaztunk, mintha a hím vagy teljesen becsületes, vagy durva csaló volna. A valóságban valószínűbb, hogy minden hím, sőt minden egyed egy kicsit hajlamos a csalásra, amennyiben úgy van programozva, hogy éljen a párja kihasználásának lehetőségeivel. A természetes szelekció, mivel kifinomította

mindkét fél képességét arra, hogy észlelje a becstelenséget a másiknál, a durva csalást meglehetősen alacsony szinten tartotta. A hímek többet nyerhetnek a becstelenség révén, mint a nőstények, s arra kell számítanunk, hogy még azoknál a fajoknál is, ahol tekintélyes mértékű szülői önzetlenséget tanúsítanak, rendszerint egy kicsit kevesebbet dolgoznak, mint a nőstények, és egy kicsit hajlamosabbak a szökésre. Madaraknál és emlősöknél minden bizonnyal ez a normális.

Vannak azonban olyan fajok, melyeknél a hím ténylegesen többet tesz a gyermekekért, mint a nőstény. A madarak és emlősök között az apai áldozatkészségnek ezek az esetei kivételesen ritkák, ugyanakkor gyakoriak a halak körében. Miért? Ez olyan probléma elé állítja az önzőgén-elméletet, mely hosszú időn át foglalkoztatott. Nemrégiben egy szakdolgozatban szellemes megoldást vetett fel T. E. Carlisle kisasszony. Trivers „kegyetlen kutyaszorító” elvét használja fel, amelyről korábban már volt szó. A következőt állítja.

A halak jó része nem kopulál, hanem egyszerűen kibocsátja ivarsejtjeit a vízbe. A megtermékenyítés a nyílt vízben történik, nem pedig valamelyik partner testének belsejében. Valószínűleg így kezdődött az ivaros szaporodás. Ugyanakkor a szárazföldi állatok, mint a madarak, emlősök és hüllők, nem engedhetik meg maguknak az effajta külső megtermékenyítést, mert ivarsejtjeik túlságosan könnyen kiszáradnak. Az egyik nem gamétáit – a híméit, mivel a spermiumok mozgékonyak –

juttatják a másik nem egyik tagjának – a nősténynek – nedves belsejébe. Ez eddig egyszerűen tény. És most jön a gondolat. Kopuláció után a szárazföldön élő nősténynek fizikailag birtokában marad az embrió. Benne van a testében. Még ha a megtermékenyített petét szinte azonnal lerakja, a hímnek akkor is van ideje arra, hogy eltűnjön, s ezzel belekényszerítse a nőstényt Trivers „kegyetlen kutyaszorítójába”. A hímnek ezért óhatatlanul megvan az a lehetősége, hogy elsőként hozza meg a döntést párja elhagyásáról, megfosztva ezáltal a nőstényt a választás lehetőségétől, és arra a döntésre kényszerítve, hogy vagy biztos pusztulásra ítéli kicsinyeit, vagy pedig velük marad, és felneveli őket. Az anyai gondoskodás ennél fogva közönségesebb a szárazföldi állatok körében, mint az apai gondoskodás.

A halak és más vízben élő állatok esete azonban egészen más. Ha spermiumait a hím nem juttatja be fizikailag a nőstény testébe, akkor semmilyen értelemben sem szükségszerű, hogy a nőstényre maradjon a „magzat kihordása”. Bármelyik partner gyorsan elmenekülhet, és a másakra hagyhatja az újonnan megtermékenyített peték birtoklását. De még arra is van ésszerű indok, hogy miért lehet gyakran éppen a hím az, aki a leginkább ki van téve a cserbenhagyásnak. Valószínűnek látszik, hogy evolúciós harc alakul ki akörül, hogy ki bocsássa ki ivarsejtjeit elsőként. Az a partner, aki az első lesz, azzal az előnnyel bír, hogy ő hagyhatja a másokra a friss embriókat. Másfelől az a partner, aki elsőként rakja le ivarsejtjeit, azt a kockázatot vállalja, hogy jövődöbéli partnere ezután nem

követi példáját. Mármost ebben a hím a sebezhetőbb, már csak azért is, mert spermiumai könnyebbek, és nagyobb valószínűséggel szóródnak szét, mint az ikrák. Ha a nőstény túlságosan korán rakja le petéit, azaz mielőtt a hím felkészült volna rá, az nem nagy baj, mivel a peték, lévén viszonylag nagyok és súlyosak, valószínűleg egy kupacban maradnak egy ideig. A nőstény hal ennél fogva vállalhatja azt a „kockázatot”, hogy korán ikrázik. A hím nem meri vállalni ezt a kockázatot, mivel ha túlságosan korán rakja le ivarsejtjeit, akkor spermiumai szanaszét szóródnak, mielőtt a nőstény felkészülne, a nőstény pedig akkor már nem ikrázik, mivel nem érdemes. A szétszóródási probléma miatt a hímnek meg kell várnia, míg a nőstény lerakja petéit, azután kell ráontania spermiumait a petékre. A nősténynek azonban értékes másodpercei maradnak arra, hogy eltűnhessen; a hímet hagyja így birtokon belül, és rákényszeríti Trivers dilemmáját. Ez az elmélet ily módon szépen magyarázza, hogy miért gyakori az apai gondoskodás a vízben, és miért ritka a szárazföldön.

Elhagyva most már a halakat, rátérek a másik fő nősténystratégiára, a férfias férfi stratégiára. Az ezt alkalmazó fajok nőstényei gyakorlatilag belenyugszanak abba, hogy semmiféle segítséget nem kapnak gyermekeik apjától, és ehelyett minden erejükkel arra törekszenek, hogy jó génekhez jussanak. Megint csak a párázástól való tartózkodás fegyverét használják. Nem hajlandók akármelyik hímmel párosodni, hanem a legnagyobb gonddal válogatnak, mielőtt megengednék egy hímnek, hogy párosodjék velük. Egyes hímek kétségkívül nagyobb

számban tartalmazznak jó géneket, mint mások, olyan géneket, melyek javítanak mind a fiak, mind a lányutódok túlélési esélyeit. Ha egy nőstény külsőleg látható jegyek alapján valamiképpen érzékelné képes a jó géneket a hímeiben, akkor hasznára lehet saját génjeinek azzal, hogy jó apai génekkel egyesíti őket. Hogy evezős analógiákkal éljünk, a nőstény minimálisra csökkentheti annak valószínűségét, hogy génjeinek teljesítménye egy rossz csapatban leromoljék. Megpróbálhatja kiválogatni a jó csapattársakat saját génjei számára.

Valószínűleg a legtöbb nőstény egyetért egymással abban, hogy melyek a legjobb hímek, mivel mindannyian ugyanarra az információra támaszkodnak. Ezért erre a néhány szerencsés hímre jut a legtöbb párosodás. Erre tökéletesen alkalmasak is, mivel mindössze néhány olcsó spermiumot kell a nőstényeknek adniuk. Feltehetőleg ez a helyzet az elefántfókáknál és a paradicsommadaraknál. A nőstények csak néhány hímnek engedik meg, hogy éljen az eszményi önző-kizsákmányoló stratégiával, amire egyébként az összes hím törekszik, de gondoskodnak róla, hogy a legjobb hímek élvezhessék ezt a luxust.

Vajon mire figyel az a nőstény, aki megpróbálja kiválogatni a jó géneket, hogy aztán sajátjaival egyesítse? Először is a túlélési esélyekről akar megbizonyosodni. Nyilvánvaló, hogy mindegyik udvarló bizonyította már, hogy legalábbis a felnőttkort képes megérni, azt azonban nem bizonyította szükségképpen, hogy sokkal tovább is élhet. Nagyon jó taktika lehet a nőstények számára idős hímeiket keresni. Bármilyen fogyatékoságaik legyenek is, azt már

bebizonyították, hogy képesek túlélni, s a nőstény ily módon valószínűleg a hosszú élet génjeivel egyesíti saját génjeit. Igen ám, de nincs értelme, hogy gyermekeinek hosszú életet biztosítson, ha azok nem adnak neki ugyanakkor egy csomó unokát is! A hosszú élet első látásra nem elfogadható bizonyítéka a férfiasságnak. Valóban, egy hosszú életű hím talán pontosan azért maradt életben, mert nem vállalt kockázatot a szaporodás érdekében. Annak a nősténynek, aki idős hímet választ, nem lesz szükségképpen több leszármazottja, mint annak a rivális nősténynek, aki olyan ifjút választ, aki a jó gének valamilyen más jelét viseli magán.

Milyen más jelet? Sok lehetőség van. Talán erős izmokat a táplálékszerzés képességének bizonyítékeként, talán hosszú lábakat a ragadozók elől való menekülés képességének bizonyítékeként. Egy nősténynek előnye származhat abból, ha génjeit ilyen tulajdonságokkal egyesíti, minthogy ezek mind a fiainak, mind a lányainak hasznára válhatnak. Először is tehát úgy kell elképzelnünk, hogy a nőstények a hímeket tökéletesen valódi címkék vagy jelzések alapján választják ki, melyek többnyire jó mögöttes gének bizonyítékai. Van itt azonban egy nagyon érdekes dolog, amit Darwin ismert fel, és Fisher mondott ki világosan. Egy olyan társadalomban, ahol a hímegek azért versenyeznek egymással, hogy férfias férfiként kiválasszák őket a nőstények, az egyik legjobb dolog, amit egy anya tehet a génjeiért, hogy olyan fiút hoz világra, aki azután, amikor reá kerül a sor, vonzó férfias férfinak bizonyul. Ha biztosítani tudja, hogy fia, amikor felnő, azon kevés

szerencsés hím egyike legyen, akik a legtöbb populációhoz jutnak, akkor rengeteg unokája lesz. Ennek az a következménye, hogy a nőstény szemében egy hím egyik legkívánatosabb tulajdonsága egészen egyszerűen maga a nemi vonzerő. Az a nőstény, aki egy rendkívül vonzó férfias férfival párosodik, nagyobb valószínűséggel szül olyan fiakat, akik a következő nősténygeneráció számára vonzóak lesznek, s akik sok-sok unokát nemzenek neki. Elképzelhető tehát, hogy eredetileg a nőstények olyan, nyilvánvalóan hasznos tulajdonságok alapján választják ki a hímeket, mint az erőteljes izmok, de amint az ilyen tulajdonságok egy faj nőstényei körében mint vonzó tulajdonságok széles körben elfogadottá válnak, a természetes szelekció a továbbiakban már pusztán azért is kedvezni fog nekik, mert vonzóak. Vagyis az olyan különbségek, mint a hím paradicsommadarak faroktollai, egyfajta labilis, öngerjesztő folyamatban alakulhattak ki. Valamikor régen a szokásosnál kissé hosszabb faroktollak alapján választhattak a nőstények, s talán éppen azért, mert az erős és egészséges alkat jele volt. Egy hímnél a rövid fark lehetett valamilyen vitaminhiány jele is – a gyenge táplálékszerzési képesség bizonyítéka. Vagy talán a rövid farkú hímeknek leharapták a farkát. Vegyük észre, hogy nem kell feltételeznünk, hogy a rövid fark önmagában genetikailag öröklődött, csupán azt, hogy valamilyen genetikai hátrány mutatójaként szolgált. Mindenesetre tételezzük fel, hogy bármi okból is, az ősi paradicsommadár-faj nősténye előnyben részesítette az átlagnál hosszabb farkú hímeket. Feltéve, hogy a hím

farokhosszának természetes változatossága mögött voltak *bizonyos* genetikai tényezők is, ez idővel oda vezethetett, hogy a populációban a hímek átlagos farokhossza növekedett. A nőtények egyszerű szabályt követtek: nézd végig az összes hímet, és válaszd a leghosszabb farkút. Bármely nőtény, aki eltért ettől a szabálytól, megbűnhődött, *még akkor is*, ha a faroktollak végül már olyan hosszúakká váltak, hogy ténylegesen akadályozták a hímeket. Az a nőtény, aki nem hozott világra hosszú farkú fiakat, csekély eséllyel számíthatott arra, hogy a fiait vonzónak fogják tekinteni. Mint a divat a női ruházkodásban vagy az amerikai autók formatervezésében, a hosszabb farkok „divatja” elszabadult, és már saját lendülete vitte tovább. Csak akkor állt meg, amikor a farkak már oly groteszk hosszúságúra nyúltak, hogy nyilvánvaló hátrányaik kezdtek túlsúlyba kerülni szexuális vonzerejükből fakadó előnyükkel szemben.

Ezt az elgondolást nehéz megemészteni, és sokan kételkednek benne, amióta csak Darwin először felvetette a szexuális szelekció néven. A kételkedők egyike A. Zahavi, akinek „Róka, róka” elméletével már találkoztunk. Rivális magyarázatként saját őrijítően ellentétes „hátrányelvét” fejt ki. Rámutat, hogy már maga az a tény, hogy a nőtények jó hímeket próbálnak kiválasztani a hímek közül, ajtót nyit a hímek részéről jelentkező félrevezetésnek. Lehet, hogy a nőtények eredetileg az erős izom alapján igyekeztek választani, de azután mi akadályozhatja meg a hímeket abban, hogy izomutánzatokat növelessenek, nem több izommal, mint ami

a váltómésekben van? Ha a hímeknek kevesebbe kerül álizmokat növeszteni, mint valódiakat, akkor a szexuális szelekciónak az álizmok létrehozását okozó géneket kellene jutalmaznia. Nem kellene hozzá sok idő azonban, hogy a kontraszelekció olyan nőstények kifejlődéséhez vezessen, akik képesek átlátni a csaláson. Zahavi alapvető premisszája az, hogy a hamis szexuális reklámon végülis átlátnak a nőstények. Ezért arra a következtetésre jut, hogy azok lesznek a valóban sikeres hímek, akik nem reklámoznak hamisan, akik kézzelfoghatóan bizonyítják, hogy nem csalnak. Ha erős izmokról van szó, akkor a nőstények hamarosan észre fogják venni, hogy melyek azok a hímek, akik pusztán az erős izmok *látványára* tettek szert. Ám azok a hímek, akik a súlyemeléssei vagy a hencegő izommegfeszítéssel egyenértékű módon bizonyítják, hogy valóban erős izmaik vannak, sikerrel fogják meggyőzni a nőstényeket. Más szóval: Zahavi úgy véli, hogy nem elég, ha a férfias férfi *látszólag* jó minőségű hím; *valóban* jó minőségű hímnek kell lennie, mert különben nem fogják elfogadni a kételkedő nőstények. Olyan bemutatók alakulnak ki ezért, melyekre csak az igazi férfias férfiak képesek.

Eddig még minden rendben volna. Most jön Zahavi elméletének az a része, ami tényleg a torkunkon akad. Azt veti fel, hogy a paradicsommadarak és pávák farka, a szarvasok óriási agancsa és a többi szexuális szelekció révén létrejött tulajdonság, melyek mindig paradoxnak tűnnek, mivel látszólag hátrányosak tulajdonosaikra nézve,

pontosan azért fejlődtek ki, mert hátrányosak. A hosszú és esetlen farkú hím madár azt mutatja be a nőstényeknek, hogy olyan erős férfias férfi, hogy még e fark *ellenére is* életben tud maradni. Képzeljünk el egy nőt, aki két férfi versenytetését figyeli. Ha mindketten egyszerre érnek célba, de az egyik virtusból egy zsák szenet cipel a hátán, akkor a nő természetesen azt a következtetést fogja levonni, hogy valójában a teherrel futó férfi a gyorsabb.

Én nem hiszek ebben az elméletben, ámbár most már nem vagyok annyira magabiztos, mint amikor először hallottam róla. Rámutattam, hogy a logikus következmény a féllábú és félszemű hímek kifejlődése volna. Zahavi, aki izraeli, azonnal visszavágott: „Legjobb tábornokaink némelyike félszemű!” Mindazonáltal továbbra is megmarad az a probléma, hogy a hátrányelméletben, úgy látszik, alapvető ellentmondás van. Ha a hátrány valódi – és az elmélet lényegéhez tartozik, hogy valódinak *kell* lennie –, akkor maga a hátrány éppoly biztosan fogja büntetni az utódot, mint ahogy vonzhatja a nőstényeket. Mindenesetre fontos, hogy a hátrálynak nem szabad továbbjutnia a lányutódokba.

Ha lefordítjuk a hátrányelméletet a gének nyelvére, akkor valami ilyesmit kapunk. Az a gén, amely a hímeket arra készíti, hogy hátrányos tulajdonságot, például hosszú farkat fejlesszenek ki, elterjed a génkészletben, mivel a nőstények hátrányban levő hímeket választanak. A nőstények azért választanak olyan hímeket, akik hátrányban vannak, mert azok a gének, amelyek a nőstényeket ilyen választásra készítik, ugyancsak gyakorivá válnak a

génekészletben. Ez azért van így, mert a hátrányos helyzetből induló hímeket kedvelő nőtények automatikusan más tekintetben jó génekkel rendelkező hímeket választanak ki, mivel ezek a hímek megérték a felnőttkori hátrányuk ellenére. Ezek az „egyéb” jó gének hasznára lesznek az utódok testének, melyek ennél fogva életben maradnak, és terjesztik magának a hátránynak a génjeit is, valamint a hátrányos helyzetből induló hímelek választásának génjeit. Feltéve, hogy a magát a hátrányt okozó gének hatásukat csak fiúkra fejtik ki, és a hátrány előnyben részesítéséért felelős gének csak a lányokat érintik, az elmélet éppenséggel működhet. Amíg csupán szavakban fogalmazzuk meg, nem lehetünk biztosak benne, hogy működik-e vagy sem. Használható fogalmunk akkor lehet arról, hogy mennyire jó egy ilyen elmélet, ha matematikai modell segítségével fogalmazzuk meg. Mindeddig kudarcot vallottak azok a matematikai genetikusok, akik a hátrányelvet megpróbálták működőképes modellé fölépíteni. Lehet, hogy azért, mert nem működőképes az elv, de az is lehet, hogy azért, mert ezek a kutatók nem elég okosak. Egyikük Maynard Smith, s én inkább az előbbi lehetőségre hajlok.

Ha egy hím olyan módon tudja bizonyítani, hogy felette áll más hímeleknek, hogy közben nem hozza szántsándékkal hátrányba önmagát, ezen a módon kétségkívül növelni tudja genetikai sikerét. Így az elefántfókák nem azáltal győznek és tartják meg háremüket, hogy esztétikailag vonzóak a nőtények szemében, hanem azzal az egyszerű módszerrel, hogy minden hímet legyőznek, aki megpróbál

betörni a háremükbe. A háremtartók többnyire megnyerik ezeket a harcokat a reménybeli bitorlókkal szemben, hiszen éppen ezért háremtartók. A bitorlók ritkán győznek, mert ha képesek lennének győzni, akkor már korábban megtették volna! Ennélfogva az a nőstény, aki csak a háremtartóval párosodik, génjeit olyan hímmel egyesíti, aki elég erős ahhoz, hogy visszaverje a sok elszánt nőtlen hím részéről kezdeményezett, egymást követő kihívásokat. Ha szerencséje van, fiai örökölni fogják apjuk képességét arra, hogy háremet tartson. A nőstény elefántfókanak gyakorlatilag nincs sok választási lehetősége, mivel a háremtulajdonos *őt is* megveri, ha megpróbál félrelépni. Az elv azonban továbbra is az, hogy az a nőstény, aki a küzdelmekből győztesen kikerülő hímeket választ párosodásra, ezzel használhat génjeinek.

Mint már láttuk, vannak példák arra, hogy a nőstények szívesebben párosodnak olyan hímekkel, akiknek territóriumuk van, és olyanokkal, akik magasan állnak a dominancia hierarchiában. Összegezve az ebben a fejezetben eddig elmondottakat, az állatok körében található különböző szaporodási rendszerek – monogámia, promiszkuitás, többnejűség és így tovább – megérthetők a hímek és nőstények közti érdekellentétek alapján. Mindkét nem egyedei maximalizálni „akarják” életük során elért teljes szaporodási teljesítményüket. A spermiumok és petesejtek mérete és száma közti alapvető különbség miatt a hímek általában nagyobb valószínűséggel hajlanak a promiszkuitásra és az atyai gondoskodás elmulasztására. A nőstényeknek két fő ellenjáték áll rendelkezésükre,

melyeket férfias férfi és családi boldogság stratégiáknak neveztem. A faj ökológiai körülményei határozzák meg, hogy a nőstények ezen ellenjátékok közül az egyik vagy a másik felé hajlanak-e, s ezek határozzák meg azt is, hogy a hímek hogyan válaszolnak. A gyakorlatban a férfias férfi és a családi boldogság közti összes átmeneti stratégia megtalálható, és mint láttuk, vannak esetek, amikor inkább az apa gondoskodik a gyermekekről, mint az anya. Ez a könyv nem foglalkozik a konkrét állatfajokra vonatkozó részletekkel, így hát nem térek ki rá, mi hajlamosíthat egy fajt arra, hogy az egyik szaporodási rendszert gyakorolja, s ne a másikat. Ehelyett inkább azokat a különbségeket fogom szemügyre venni, melyek közönségesen megfigyelhetők a hímek és nőstények között általában, és megmutatom, hogy ezek hogyan értelmezhetők. A hangsúlyt ezért nem azokra a fajokra fogom helyezni, amelyekben a nemek közti különbségek csekélyek, lévén ezek általában azok a fajok, melyeknek nőstényei a családi boldogság stratégiát részesítik előnyben.

Először is, jobbra a hímek azok, akik nemileg vonzó, tarka színekben pompáznak, s a nőstények azok, akik terepszínűek. Mindkét nem egyedei el akarják kerülni, hogy megegyék őket a ragadozók, és mindkét nemnél érvényesül bizonyos evolúciós nyomás a kevésbé feltűnő külső irányában. Az élénk színek nem kevésbé vonzzák a ragadozókat, mint a szexuális partnereket. Génnyelven ez azt jelenti, hogy az élénk színekért felelős gének nagyobb valószínűséggel végzik a ragadozók gyomrában, mint a jelentéktelen külsőért felelős gének. Másfelől a terepszín

génjei az eleven színek génjeinél kisebb valószínűséggel találják magukat a következő nemzedékben, mivel a terepszínű egyedeknek nehéz párt találniok. Két egymás ellen ható szelekciós nyomás érvényesül tehát: a ragadozók inkább az eleven szín génjeit távolítják el a génkészletből, a szexuális partnerek pedig inkább a jelentéktelen külső génjeit. Mint oly sok más esetben, a hatékony túlélőgépek itt is az egymás ellen ható szelekciós nyomások közti kompromisszumnak tekinthetők. Minket pillanatnyilag az érdekel, hogy a hím számára, úgy tűnik, más az optimális kompromisszum, mint a nőstény számára. Ez természetesen tökéletesen összhangban van azzal a felfogásunkkal, hogy a hímek nagy kockázatot vállaló, nagy jutalomra törekvő szerencsejátékosok. Mivel a hímek a nőstény által előállított minden petéhez sokmillió spermiumot termelnek, a spermiumok nagyon nagy számbeli fölényben vannak a petékkel szemben a populációban. Bármely adott petesejt ezért sokkal nagyobb valószínűséggel egyesül ellenkező nemű ivarsejttel, mint bármely adott spermium. A peték viszonylag értékes erőforrások, s ennél fogva egy nősténynek, ahhoz, hogy petéi megtermékenyítését biztosítsa, szexuálisan nem kell olyan vonzónak lennie, mint egy hímnek. Egyetlen hím is képes nőstények nagy populációjának összes gyermekét nemzeni. Ha egy hímnek rövid élet jut is, mert tarka farka felhívja a ragadozók figyelmét, vagy belegabalyodik a bokrokba, még mielőtt elpusztulna, nagyon sok gyermeknek lehet apjává. Egy érdektelen vagy szürke hím akár olyan soká is élhet, mint egy nőstény, de kevés

gyermeke lesz, és a génjei nem jutnak tovább. Mit ér egy hímnek az egész világ, ha elveszti halhatatlan génjeit?

Egy másik gyakori nemi különbség az, hogy a nőstények nagyobb ügyet csinálnak abból, hogy kivel párzanak. A kényeskedés egyik oka bármely nem egyedénél az lehet, hogy el kell kerülnie a más fajhoz tartozókkal való párosodást. A hibridizáció több okból is rossz lehet. Néha, például ha egy ember birkával közösül, a közösülés nem vezet embrió kialakulásához, s így nem jelent nagy veszteséget. Ha azonban egymással szorosabb rokonságban álló fajok, például lovak és szamarak kereszteződnek, a költség, legalábbis a nőstény partner számára, számottevő. Valószínű, hogy öszvérembrió képződik, majd 11 hónapon át elfoglalja méhét. Ez nagy mennyiséget emészt fel a teljes szülői ráfordításból, nemcsak a méhlepényen át lekötött táplálék, majd később tej formájában, hanem mindenekelőtt annak az időnek a formájában, melyet az anya más utódok nevelésére fordíthatott volna. Azután, amikor az öszvér felnő, terméketlennek bizonyul. Ennek feltehetőleg az az oka, hogy ámbár a ló kromoszómái és a szamár kromoszómái kellőképpen hasonlítanak egymásra ahhoz, hogy együttműködjenek egy jó erős öszvértest felépítésében, nem hasonlítanak egymásra eléggé ahhoz, hogy megfelelően össze tudjanak dolgozni a meiózis során. Bármilyen legyen is a pontos ok, az a számottevő befektetés, amit az anya az öszvér felnevelésére fordít, tökéletesen elvesz génjei szempontjából. A nőstény szamaraknak nagyon-nagyon vigyázniuk kellene arra, hogy az az egyed,

akivel párzanak, egy másik szamár legyen, s ne egy ló. Gényelven: az a szamárgén, amely így szól: „test, ha nőtény vagy, párosodj bármely idős hímmel, akár szamár, akár ló”, olyan gén, amely legközelebb egy öszvértest zsákutcájában találja magát, az anya öszvércsikóra fordított szülői befektetése pedig nagyon sokat levon abból a képességéből, hogy termékeny szamarakat neveljen fel. Egy hímnak ugyanakkor kevesebb vesztenivalója van, ha nem a megfelelő fajhoz tartozó egyeddel párosodik, és bár lehet, hogy semmit sem nyer, arra kell számítanunk, hogy a hímek kisebb ügyet csinálnak szexuális partnereik megválasztásából. Ahol ennek utánanézték, igaznak találták.

Még fajon belül is van ok a körültekintésre. Megvan a valószínűsége, hogy a vérfertőző párosodásnak, a hibridizációhoz hasonlóan, káros genetikai következményei legyenek, ez esetben azért, mert megnyilvánulhat a letális és szemiletális recesszív gének hatása. A nőtényeknek megintcsak több vesztenivalójuk van, mint a hímeknek, mivel az ő ráfordításuk egy adott gyermekre többnyire nagyobb. Ahol vérfertőzési tabuk állnak fenn, arra kell számítanunk, hogy a nőtények merevebben ragaszkodnak a tabukhoz, mint a hímek. Ha feltesszük, hogy viszonylag nagyobb a valószínűsége annak, hogy egy vérfertőző viszonyban az idősebb partner az aktív kezdeményező, várhatjuk, hogy az olyan vérfertőző kapcsolatok, ahol a hím az idősebb, gyakoribbak, mint az olyanok, ahol a nőtény az idősebb. Például az apa és lánya közti vérfertőzésnek gyakoribbnak kell lennie, mint az

anya és fia közti vérfertőzésnek. A fiú- és leány testvérek közti vérfertőzésnek gyakoriság tekintetében közbülső helyet kellene elfoglalnia.

A hímeknek általában nagyobb hajlamot kellene mutatniuk a promiszkuitásra, mint a nőstényeknek. Mivel a nőstény korlátozott számú petesejtet termel, viszonylag lassú ütemben, kevés haszna származhat abból, ha sokszor párizik különböző hímeikkel. Ugyanakkor a hím, aki naponta spermiumok millióit képes termelni, csak nyerhet azon, ha válogatás nélkül párosodik mindenkivel, akivel csak tud. A fölösleges kopulációk egy kis idő- és energiaveszteségtől eltekintve, ténylegesen talán nem kerülnek sokba a nősténynek, de nem származik belőlük számára semmi haszon. A hím ugyanakkor soha nem túlozhatja el a párosodást, annyi különböző nősténnyel kell kopulálnia, amennyivel csak lehet; a túlzás szónak a hím szempontjából nincs értelme.

Nem beszéltem eddig kimondottan az emberről, de egy olyan evolúciós okfejtés kapcsán, melyet ebben a fejezetben követünk, óhatatlanul el kell gondolkodnunk saját fajunkon és saját tapasztalatainkon. Ismerősen csenghet az az elv, hogy a nőstények tartózkodnak a kopulációtól mindaddig, amíg a hím bizonyosságát nem ad ja hosszú távú hűségének. Ez azt sugallhatná, hogy az emberi nőstények inkább a családi boldogság stratégiát játsszák, mintsem a férfias férfi stratégiát. A legtöbb emberi társadalom csakugyan monogám. A mi társadalmunkban a szülői ráfordítás mindkét szülő részéről nagy, és esetleges kiegyensúlyozatlansága nem nyilvánvaló. Az anyák

nekik szóló magazinok és folyóiratok. A férfiaknak szóló magazinok kevesebbet foglalkoznak a hím szexuális vonzerejével, s az a férfi, aki szokatlanul érdeklődik saját ruházkodása és megjelenése iránt, könnyen kelt gyanút mind a férfiak, mind a nők körében. Ha beszélgetés során akár férfiak, akár nők egy nőt jellemeznek, nagyon valószínű, hogy nemi vonzerejét vagy annak hiányát kiemelt helyen említik. Amikor férfit jellemeznek, sokkal valószínűbb, hogy a jelzőknek semmi közük a szexualitáshoz.

A biológusnak ezek után az a gyanúja támad, hogy olyan társadalmat vizsgál, melyben a nőstények versengenek a hímekért, nem pedig fordítva. A paradicsommadarak esetében arra a következtetésre jutottunk, hogy a nőstények azért szürkék, mert nem kell versengeniük a hímekért. A hímek azért csillogók és kérkedők, mert a nőstények iránt nagy a kereslet, és megengedhetik maguknak, hogy válogatósak legyenek. A nőstény paradicsommadarak iránt azért nagy a kereslet, mert a peték szűkösebben állnak rendelkezésre, mint a spermiumok. Mi történt a modern európai emberrel? Vajon valóban a hím vált a keresett nemmé, öbelőle van hiány, ez az a nem, amely megengedheti magának, hogy válogasson? Ha igen, miért?

X. Te vakarod a hátam,én meg vakarom a tiédet

Eddig megvizsgáltuk az azonos fajhoz tartozó túlélőgépek közti szülői, szexuális és agresszív

interakciókat. Vannak az állati kapcsolatoknak olyan szembeszökő oldalai, amelyeket, úgy tűnik, nem fednek egyértelműen ezek a címkék. Ezek egyike az, hogy nagyon sok állat előszeretettel él csoportokban. A madarak csapatokban, a rovarok, a halak és a bálnák rajokban, a szárazföldi emlősök csordákban élnek vagy falkákban vadásznak. Ezek a csoportosulások rendszerint egyetlen faj tagjaiból állnak, de vannak kivételek is. A zebrák gyakran alkotnak egy csordát a gnúkkal, és néha megfigyelnek vegyes fajú madárrajokat is.

Az önző egyed számára meglehetősen sokféle haszonnal járhat, ha csoportban él. Nem fogom felsorolni a katalógust, hanem csupán néhány lehetőséget említek meg. Ennek során visszatérek a látszólag önzetlen viselkedésnek azokra a példáira, melyekről az 1. fejezetben beszéltem, s melyekről azt ígértem, hogy még visszatérek hozzájuk. Ez elvezet a rovartársadalmak vizsgálatához, ami nélkül az állati önzetlenség magyarázata nem lenne teljes. Végül ebben a meglehetősen vegyes fejezetben említést teszek a kölcsönös vagy reciprok önzetlenség fontos gondolatáról, a „te vakarod az én hátamat, én vakarom a tiédet” elvről.

Ha állatok csoportokban élnek együtt, akkor génjeiknek több hasznot kell húzniuk a társulásból, mint amennyit ráfizetnek. Egy hiénafalka a magányos hiénánál annyival nagyobb prédát képes elejteni, hogy minden egyes önző egyednek kifizetődő falkában vadászni, még ha a táplálékon osztozni is kell. Valószínűleg hasonló oka van annak is, hogy bizonyos pókok együttműködnek egy nagy közös háló építésében. A császárpingvinek konzerválják a

meleget azzal, hogy összebújnak. Mindegyikük jól jár, mert testfelületük kisebb részét teszik ki a hidegnek, mint ha egyedül volnának. Annak a halnak, amelyik rézsútosan egy másik hal mögött úszik, hidrodinamikai előnyt jelenthet az elől úszó hal által keltett örvénylés. Részben ez lehet az oka, hogy a halak rajokban úsznak. A légörvénnyel kapcsolatos, ehhez hasonló trükk jól ismert a versenykerékpárosok előtt, és megmagyarázhatja a költöző madarak V alakban való repülését is. Valószínűleg verseny folyik azért, hogy a csapat hátrányos vezető helyét elkerüljék. Lehet, hogy a madarak váltják egymást akaratlan vezetőkként – ez a késleltetett reciprok önzetlenség egy formája, amit majd a fejezet végén tárgyalunk.

A csoportos életmód sok feltételezett előnye éppen azzal kapcsolatos, hogy az állatok elkerüljék a ragadozókat. Elegáns elméletet fogalmazott meg erről W. D. Hamilton „Az önző csorda alaktana” című cikkében. A félreértés elkerülése végett hangsúlyoznunk kell, hogy „önző csordán” „önző egyedek csordáját” értette.

Megint csak egy olyan egyszerű „modellből” indulunk ki, amely elvont ugyan, mégis segít megértenünk a való világot. Tegyük fel, hogy egy állatfajra olyan ragadozó vadászik, amely mindig a hozzá legközelebb eső zsákmányállatot támadja meg. A ragadozó szempontjából ez ésszerű stratégia, mivel többnyire csökkenti az energiárfordítást. Az áldozat szempontjából ez egy érdekes következménnyel jár. Azt jelenti, hogy minden egyes zsákmányjelölt állandóan arra törekszik, hogy

elkerülje a ragadozóhoz legközelebbi helyzetet. Ha módja van messziről észrevenni a ragadozót, akkor egyszerűen elmenekül. Ám ha a ragadozó képes figyelmeztetés nélkül hirtelen felbukkanni, mondjuk, a magas fűben megbújva leselkedik, az egyes zsákmányállatok még mindig tehetnek lépéseket annak érdekében, hogy minimálisra csökkentsék azt az esélyt, hogy ők legyenek legközelebb a ragadozóhoz. Úgy képzelhetjük el, hogy minden zsákmányállat körül van egy „veszélyövezet”. Ez olyan terület, amelynek bármely pontja közelebb van az illető egyedhez, mint bárki máshoz. Ha például a prédaállatok úgy vonulnak, hogy a területet szabályos mértani alakban töltik ki, akkor a veszélyzóna mindegyikük körül (hacsak nem a szélén vannak) nagyjából hatszögletű. Ha a ragadozó történetesen az A egyed körülvéő hatszögletű veszélyzónában leselkedik, akkor az A egyed valószínűleg áldozatul esik. A csorda szélén vonuló egyedek különösen sebezhetők, mivel az ő veszélyövezetük nem egy viszonylag kicsiny hatszög, hanem a szélén egy nagy terület. Mármost világos, hogy az értelmes egyed megpróbálja veszélyövezetét a lehető legkisebbre csökkenteni. Pontosabban: megpróbálja elkerülni, hogy a csorda szélén legyen. Ha a szélén találja magát, azonnal megpróbál elmozdulni a középpont felé. Sajnos valakinek lenni kell a szélén, de ami az egyes egyedeket illeti, azok úgy gondolják, hogy nem ők lesznek! Ezért szüntelen vándorlás folyik a csoport széleiről a középpont felé. Ha a csorda korábban laza és szétszórt volt, hamarosan szorosan összetömörül a befelé vándorlás következtében.

Még ha modellünk abból induls ki, hogy a prédaállatoknak semmiféle hajlamuk sincs a csoportosulásra, és kezdetben véletlenszerűen szét vannak szóródva, az egyedek önző módon akkor is arra törekednének, hogy csökkentsék veszélyzónájukat: megpróbálnak más egyedek közti résekbe befurakodni. Ez hamarosan egyre sűrűbben összetömörülő csoportosulások kialakulásához vezet.

Nyilvánvaló, hogy a valóságban a tömörülés tendenciáját ellenkező irányú nyomások korlátozzák: máskülönben mind egymás hegyén-hátán tolongának! A modell azonban mégis érdekes, minthogy megmutatja, hogy még nagyon egyszerű feltevések is megjósolhatják a csoportosulást. Más, bonyolultabb modelleket is javasoltak. Az a tény, hogy ezek közelebb állnak a valósághoz, nem csökkenti Hamilton egyszerűbb modelljének azt az érdemét, hogy segít az állati csoportosulás problémájáról gondolkodnunk.

Magában az önző csorda modellben nincs helye az együttműködő interakcióknak. Nyoma sincs itt önzetlenségnek, minden egyed önző módon mindenki mást kihasznál. A valóságban azonban vannak olyan esetek, amikor az egyedek látszólag aktív lépéseket tesznek annak érdekében, hogy csoporttársaikat megóvják a ragadozóktól. A madarak vészjelzései jutnak eszünkbe. Ezek feltétlenül vészjelzések, minthogy azok az egyedek, akik hallják, azonnal menekülésbe fognak. Azt senki sem állítja, hogy a vészkiáltó egyed „megpróbálja a ragadozó támadását elterelni” társairól. Egyszerűen tájékoztatja őket a ragadozó közeledtéről – figyelmezteti őket. Mindazonáltal a jelzés ténye, legalábbis első pillantásra, önzetlennek

tűnik, mert az a hatása, hogy felhívja a ragadozó figyelmét az őrszemre. Erre közvetve következtethetünk egy tényből, melyet P. R. Marler figyelt meg. A vészkiáltás fizikai tulajdonságai olyanok, hogy nehéz legyen a forrását lokalizálni. Ha egy hangmérnököt arra kérnénk, tervezzen meg egy olyan hangot, amelyhez a ragadozó nehezen találja meg az utat, akkor valami nagyon hasonlót találna ki ahhoz, ami sok kis énekesmadár valódi vészjelzése. A természetben a vészjelzés minden bizonnyal a természetes szelekció műve, és tudjuk, hogy ez mit jelent. Azt jelenti, hogy nagyon sok egyed elpusztult, mert vészjelzése nem volt tökéletes. Ezek szerint vészjelzést adni veszéllyel jár. Az önzőgén-elméletnek meg kell találnia azt a vészjelzés hallatásából származó előnyt, amely elég nagy ahhoz, hogy ellensúlyozza ezt a veszélyt. Valójában nem is olyan nehéz megtalálni. A madarak vészjelzéseiről már oly sokszor mondták, hogy „kínos, kényelmetlen leckét” jelentenek a darwini elméletnek, hogy egyfajta sporttá vált a különféle magyarázatok kiagyálása. Ennek folytán most már oly sok jó magyarázatunk van, hogy alig emlékszünk rá, miért is volt a sok hűhó. Nyilvánvaló, hogy ha a csapatban esetleg van néhány közeli rokon, akkor a vészjelzés génje elterjedhet a génkészletben, mert jó esély van arra, hogy benne van némelyik megmentett egyed testében. Ez még akkor is igaz, ha az őrszem drágán fizet önzetlenségéért, ha magára vonja a ragadozó figyelmét.

Ha az olvasót nem elégíti ki ez a rokonszelekciós magyarázat, akkor bőséggel kínálhatok más elméleteket is, amelyekből válogatni lehet. Az őrszem sokféleképpen

húzhat önző módon hasznot társai figyelmeztetéséből. Trivers öt jó elgondolást vonultat fel, én azonban az alábbi két saját ötletemet jóval meggyőzőbbnek tartom. Az elsőt „vigyázz” elméletnek hívom, annak alapján, ahogy a szót az iskolások használják, amikor a tanár közeledtére akarják figyelmeztetni egymást. Ez az elmélet a rejtőzködő madarakra alkalmazható, amelyek dermedten lapulnak az aljnövényzetben, amikor veszély fenyeget. Tegyük föl, hogy egy ilyen madárcsapat táplálkozik a mezőn. Egy héja tűnik fel a távolban. Még nem látta meg a rajt, és nem közvetlenül feléjük repül, de fennáll a veszély, hogy éber szemével bármely pillanatban észreveszi őket, és támadásba lendül. Tegyük fel, hogy a csapat egyik tagja látja a héját, de a többi még nem. Az egyetlen éles szemű egyed azonnal megmerevedhetne és meglapulhatna a fűben. Ez azonban nem sokat használna neki, mert társai még mindig feltűnően és zajosan mozognak. Bármelyikük magára vonhatná a héja figyelmét, és akkor az egész csapat veszélybe kerül. Tisztán önző szempontból a héját először észrevevő egyed számára az a legjobb taktika, hogy gyors szisszenéssel figyelmezteti társait, így elcsendesíti őket, és csökkenti annak esélyét, hogy akaratlanul a nyakára hozzák a héját.

A másik elméletet, amiről szólni akarok, „sose lógj ki a sorból” elméletnek nevezhetnénk. Ez olyan madárfajok esetében alkalmazható, amelyek felrepülnek a ragadozó közeledtére, mondjuk, egy fára. Megint csak képzeljük el, hogy az eszegető madárcsapat egyik tagja észrevesz egy ragadozót. Mit tegyen? Egyszerűen felszállhatna anélkül,

hogy figyelmeztetné a társait. Ám akkor már egyedül volna, nem lenne többé része egy viszonylag jeltelen csapatnak. A héjákról valóban tudjuk, hogy a magányos madarakra vadásznak, de még ha nem így volna is, bőven volna okunk azt gondolni, hogy a sorból kilógás öngyilkos stratégia. Még ha társai végül követik is, a földről elsőként felrepülő egyed átmenetileg növeli veszélyzónáját. Akár helyes Hamilton konkrét elmélete, akár nem, valamilyen fontos előny kell származzék a csoportos életmódból, máskülönben nem lenne olyan gyakori. Bármilyen legyen is ez az előny, az az egyed, aki a többiek előtt hagyja el a csapatot, legalábbis részben eljätssza ezt az előnyét. Ha nem szabad kilógnia a sorból, akkor mit tegyen a ragadozót észlelő madár? Talán úgy kellene tennie, mintha mi sem történt volna, és rábízni magát a csapathoz tartozásából származó védelemre. Ám ez is súlyos kockázattal jár. Még mindig nyílt terepen van, nagyon sebezhető. Sokkal nagyobb biztonságban lenne a fán. A legjobb taktika csakugyan az, hogy felszálljon egy fára, de el kell érnie, hogy mindenki más is ezt tegye. Ily módon nem válik társtalanná, és nem jätssza el a tömeghez tartozásból fakadó előnyét, de szert tesz a rejtőzködésből származó előnyre is. Megint csak azt látjuk, hogy a figyelmeztető jelzés tisztán önző szempontból előnnyel jár. E. L. Charnov és J. R. Krebs hasonló elméletet javasoltak, melyben odáig mennek, hogy a „manipuláció” szót használják annak jellemzésére, amit a vészjelző madár a raj többi tagjával tesz. Messzire jutottunk a tiszta, érdek nélküli önzetlenségtől!

Látszólag ezek az elméletek összeférhetetlenek azzal az állítással, hogy a figyelmeztető jelzést hallató egyed veszélybe sodorja magát. Valójában nincs szó összeférhetlenségről. Még inkább veszélybe kerülne, ha nem jelezne. Egyesek elpusztultak, mert figyelmeztető jelzést adtak, különösen azok, melyeknek kiáltásai könnyen lokalizálhatók voltak. Más egyedek azért pusztultak el, mert nem adtak figyelmeztető jelzést. A „vigyázz” elmélet és a „sose lógj ki a sorból” elmélet csupán kettő a lehetséges magyarázatok közül.

Mi a helyzet a pattogó Thomson-gazellával, melyet az első fejezetben említettem, s melynek látszólag öngyilkos önzetlensége Ardreyt arra készítette, hogy kategorikusan kijelentse: ez csak a csoportszelekció alapján magyarázható. Itt az önzőgén-elmélet keményebb próba előtt áll. A vészjelzések valóban működnek a madaraknál, ám ezek nyilvánvalóan alig észrevehetőek és a lehető legdiszkrétebbek. Nem így a gazella szökdelése. Ez a nyílt provokációig kérkedő. A gazellák mintha szándékosan magukra terelnék a ragadozó figyelmét, mintha ingerelnék a ragadozót. Ez a megfigyelés egy üdítően merész elmélethez vezetett. Az elmélet kezdeményeit N. Smythe-nél találjuk meg, de logikai végkövetkeztetéséig vitt formájában A. Zahavi eltéveszthetetlen kézjegyét viseli magán.

Zahavi elméletét a következőképpen fogalmazhatjuk meg. A kerülő úton való gondolkodás döntő láncszeme az az ötlet, hogy a szökdelés, nemhogy más gazelláknak szóló jelzés volna, valójában a ragadozóknak van címezve.

Észreveszi a többi gazella, és befolyásolja is viselkedésüket, ám ez mellékes, mert elsősorban a ragadozónak szóló jelzésként szelektálódott. Magyarra fordítva nagyjából a következőt jelenti: „Nézd, milyen magasra tudok ugrani, és nyilvánvalóan olyan erős és egészséges gazella vagyok, hogy nem tudsz megfogni, sokkal okosabban tennéd, ha megpróbálnád a szomszédomat elkapni, aki nem ugrik olyan magasra!”

Hogy kevésbé antropomorf kifejezéseket használjunk, nem valószínű, hogy a ragadozók megeszik a kérkedő magasra ugrálás génjeit, mert a ragadozók többnyire olyan zsákmányt választanak, amely könnyű prédának ígérkezik. Sok emlős ragadozóról ismeretes, hogy az öreg és beteg állatokra vadászik. Az az egyed, aki magasra ugrik, túlzó módon azt a tényt reklámozza, hogy sem nem öreg, sem nem beteg. Ezen elmélet szerint a bemutató távolról sem önzetlen. Éppen hogy önző, mivel az a célja, hogy valaki másnak az üldözésére vegye rá a ragadozót. Bizonyos értelemben verseny folyik azért, hogy ki tud a legmagasabbra ugrani, s a vesztes az lesz, akit a ragadozó választ.

A másik példa, amiről azt mondtam, hogy még visszatérek rá, a kamikáze méhek esete, akik fullánkot böknek a mézrablókba, de ezzel szinte biztos öngyilkosságot követnek el. A mézelő méh csupán egyike a nagymértékben társas rovaroknak. Ilyenek még egyes darazsak, a hangyák és a természetek. Általában a társas rovarokat kívánom tárgyalni, s nem csupán az öngyilkos méheket.

A társas rovarok hőstettei legendásak, együttműködésük és látszólagos önzetlenségük megdöbbentő. Öngyilkos fullánkdőfési küldetéseik jellegzetes példái csodálatos önmegtagadásuknak. A „mézesbödön” hangyáknál a dolgozók egyik kasztjának tagjai semmi mást nem tesznek egész életükben, mint groteszk módon megduzzadt, táplálékkal teli hassal, mozdulatlanul lógnak a mennyezetről, puffadt villanykörtékhez hasonlóan, s a többi dolgozó élelemraktárakként használja őket. Emberi értelemben egyáltalán nem is élnek egyéni életet; egyéniségük látszólag a közösség jólétének van alávetve. A hangyák, méhek vagy a természetek társadalma egyfajta magasabb szintű egyéniséget valósít meg. A táplálékon olyan mértékben osztoznak, hogy az ember szinte közösségi gyomorról beszélne. Az információt oly hatékonyan teszik közkinccsé kémiai jelzésekkel és a méhek híres „táncával”, hogy a közösség szinte úgy viselkedik, mintha saját idegrendszerrel és érzékszervekkel rendelkező egység volna. Az idegen betolakodókat olyasfajta szelektivitással ismerik fel és űzik ki, ami a test immunrendszerére emlékeztet. A méhkas meglehetősen magas hőmérsékletét majdnem olyan pontosan szabályozzák, mint az emberi test, annak ellenére, hogy az egyedi méh nem „melegvérű” állat. Végül, ami a legfontosabb, az analógia kiterjed a szaporodásra is. A rovarállamban az egyedek többsége terméketlen dolgozó. A „csírvonal” – a halhatatlan gének folytonosságának vonala – egyedek kisebbségének testén, a reprodukálódó egyedeken át vezet. Ezek az egyedek a mi heréinkben és

petefészkeinkben levő ivarsejtekhez hasonlíthatók. A terméketlen dolgozók májunk, izmunk és idegsejtjeink megfelelői.

A kamikáze viselkedés és a dolgozók önzetlenségének és együttműködésének más formái nem meglepőek, amint elfogadjuk azt a tényt, hogy a dolgozók terméketlenek. Egy normális állat teste génjeinek túlélését kell biztosítsa, mind utódok szülése, mind pedig az azonos géneket tartalmazó, más egyedekről való gondoskodás révén. Az öngyilkosság a más egyedekről való gondoskodás érdekében összeegyeztethetetlen azzal, hogy a jövőben saját utódaink legyenek. Az öngyilkos önfeláldozás ennél fogva ritkán alakul ki. Ám a dolgozó méhek sohasem lesznek saját utódai. Minden erőfeszítése arra irányul, hogy más rokonairól való gondoskodás révén őrizze meg génjeit. Egyetlen steril dolgozó méh halálának semmivel sincs nagyobb súlya génjei szempontjából, mint egy őszi levél lehullásának a fa génjei szempontjából.

Nagy a kísértés, hogy misztifikáljuk a társas rovarokat, erre azonban tényleg semmi szükség. Érdekes közelebbről megnézni, hogy az önzőgén-elmélettel hogyan magyarázható viselkedésük, és különösen azt, hogyan magyarázható a dolgozók terméketlenségének evolúciós eredete, ezé a rendkívüli jelenségé, melyből oly sok minden következik.

A rovarállam óriási család, melynek minden tagja rendszerint azonos anyától származik. A dolgozók, akik ritkán vagy sohasem szaporodnak, gyakran több különálló

kasztra oszlanak, ide érve a kis dolgozókat, a nagy dolgozókat, a katonákat és az oly nagymértékben specializált kasztokat, mint a mézesbödönöké. A szaporodó nőstényeket királynőknek hívják. A szaporodó hímeket néha heréknek vagy királyoknak nevezik. A fejlettebb rovarállamokban a szaporodó egyedek a nemzésen kívül semmi mással nem foglalkoznak, ebben viszont rendkívül jók. A dolgozóktól kapnak táplálékot és védelmet, és ugyancsak a dolgozók felelősek az utódok gondozásáért. Egyes hangya- és termeszfajoknál a királynő gigantikus petegyárrá dagadt, amelynek rovar mivolta alig ismerhető fel, mérete több százszorosa a dolgozóénak, és teljesen mozgásképtelen. Állandóan kiszolgálják a dolgozók, akik tisztogatják, etetik, és petéinek szüntelen folyamát a közösségi utódgondozókba szállítják. Ha egy ilyen éktelen méretű királynőnek valaha is el kell hagynia a királyi kamrát, akkor a gürcölő dolgozók százainak a hátán utazik, nagy pompával.

A VII. fejezetben bevezettem a szülés és a gondozás közti megkülönböztetést. Azt mondtam, hogy normális körülmények között a szülést és gondozást egyesítő, vegyes stratégiák fejlődnek ki. Az V. fejezetben láttuk, hogy az evolúciósan stabil vegyes stratégiáknak két általános típusa lehet. Vagy kevert módon viselkedik a populáció minden egyes tagja – így az egyedek rendszerint a szülés és gondozás ésszerű keverékét valósítják meg –, vagy a népesség két különböző típusú egyedre oszlik – így ábrázoltam először a héják és galambok közti egyensúlyt. Elméletileg lehetséges evolúciósan stabil egyensúlyt

kialakítani a szülés és gondozás között az utóbbi módon: a népesség szétválhat szülőkre és gondozókra. Ám ez csak akkor lehet evolúciósan stabil, ha a gondozók közeli rokonai azoknak az egyedeknek, akiket gondoznak, legalább olyan közeli, mint saját utódaiknak volnának. Noha elméletileg lehetséges, hogy az evolúció ilyen irányt vegyen, úgy tűnik, valójában ez csak az államalkotó rovarok esetében történt így.

Az államalkotó rovarok egyedei két fő osztályra válnak szét: szülőkre és gondozókra. A szülők a reproduktív hímek és nőstények. A gondozók a dolgozók – terméketlen hímek és nőstények a természetnél, terméketlen nőstények az összes többi társas rovarnál. Mindkét típus hatékonyabban végzi dolgát, mivel nem kell egymással megküzdeniük. De vajon kinek a szempontjából hatékonyan? Az a kérdés, melyet a darwini elméletnek szegeznek, a közismert sirám: „És mi jó van ebben a dolgozóknak?”

Egyesek azt válaszolták erre: „Semmi.” Úgy érzik, a királynő mindent a maga javára fordít, kémiai eszközökkel befolyásolva a dolgozókat, hogy az ő önző céljait szolgálják, és gondozzák bőven áradó utódait. Ez annak az Alexander-féle szülői befolyásolási elméletnek egyik változata, amellyel a VIII. fejezetben találkoztunk. Az ezzel ellentétes elgondolás az, hogy a dolgozók „tenyésztik” a reproduktív egyedeket, arra kényszerítik őket, hogy fokozzák termelékenységüket a dolgozógének másolatainak terjesztésében. Kétségtelen, hogy a királynő által előállított túlélőgépek nem utódai a dolgozóknak, mindazonáltal nagyon közeli rokonai. Hamilton volt az, aki

ragyogóan felismerte, hogy legalábbis a hangyák, méhek és darazsak esetében a dolgozók valójában szorosabb rokoni viszonyban állhatnak az utódokkal, mint maga a királynő! Ez vezette azután őt, majd később Triverst és Hare-t az önzőgén-elmélet egyik leglátványosabb diadalához. Az okfejtés a következő.

A rovarok hártványásszárnyúak néven ismert csoportjában, ahova a hangyák, méhek és darazsak is tartoznak, nagyon különös az ivar genetikai meghatározása. A természetek nem tartoznak ehhez a csoporthoz, és nem is osztoznak ebben a sajátosságban. Egy tipikus hártványásszárnyútelepen csakis egyetlen érett királynő van. Egyetlenegyszer párosodott, nászrepülése alkalmával, és egész hátralévő hosszú életére – tíz évre vagy még többre is – elraktározza a spermiumokat. Az évek során petéihez a spermiumokat ő adagolja úgy, hogy a peték akkor termékenyülhetnek meg, amikor áthaladnak petevezetékein. Ám nem termékenyül meg minden pete. A megtermékenyítetlenekből fejlődnek ki a hímek. A hímnek ennél fogva nincs apja, és testének minden sejtje csupán egyetlen kromoszómakészletet tartalmaz (amelynek minden darabját anyjától kapta), nem pedig dupla készletet (egyet az apától, egyet az anyától), ahogy mi is. A III. fejezet hasonlatával élve, a hím hártványásszárnyúnak mindegyik „kötetből” csupán egyetlen példánya van sejtjeiben a szokásos kettő helyett.

A nőstény hártványásszárnyú viszont normális, amennyiben van apja, és a szokásos, dupla kromoszómakészlet található minden testi sejtjében. Hogy egy nőstényből dolgozó lesz-e

vagy királynő, nem a génjein múlik, hanem azon, hogy hogyan nevelik fel. Azaz minden nőténynek teljes készlete van a királynőkészítő génekből, illetve teljes készlete van a dolgozókészítő génekből (vagy még inkább azokból a géncsoportokból, amelyek dolgozók, katonák stb. specializált kasztjait hozzák létre). Hogy melyik génkészletre „kapcsol”, az attól függ, hogy a nőtényt hogyan nevelik, közelebbről pedig attól, hogy mivel etetik. S noha sok egyéb bonyodalom van még, ez a dolog lényege.

Nem tudjuk, hogy az ivaros szaporodásnak el a rendkívüli rendszere miért fejlődött ki. Nem kétséges, hogy jó oka lehetett, de pillanatnyilag egyszerűen a hártványászárnyúakkal kapcsolatos furcsa tényként kell kezelni. Bármilyen legyen is a furcsaság eredeti oka, lehetetlenné teszi a rokonsági fok számítására a VI. fejezetben adott világos szabályokat. Egy adott hím spermiumai, ahelyett hogy különböznenek egymástól, mint nálunk, pontosan azonosak. A hímnek kettő helyett csupán egyetlen génkészlete van minden testi sejtjében. Ennélfogva minden spermiumnak a teljes génkészletet kell megkapnia, s nem egy 50%-os mintát, ezért adott híműl származó összes spermium azonos. Próbáljuk meg mármost kiszámítani egy anya és a fia közti rokonsági fokot. Ha egy hímről tudjuk, hogy birtokában van az A génnek, mekkora az esélye annak, hogy ez közös az anyjával? A válasz feltétlenül 100%, mivel a hímnek nem volt apja, és összes génjét az anyjától kapta. Ám tételezzük fel, hogy egy királynőről tudjuk, hogy hordozza a B gént. Annak az esélye, hogy a fiúban is megvan ez a gén,

csupán 50%, mivel a fiú az anyja génjeinek csak a felét tartalmazza. Ez ellentmondásosan hangzik, pedig nem az. A hím összes génjét anyjától kapja, az anya azonban csak génjei felét adja át fiának. A látszólagos paradoxon feloldása abban a tényben rejlik, hogy a hím a gének szokásos számának csak a felével rendelkezik. Nincs értelme azon törni a fejünket, hogy vajon a rokonsági fok „valódi” mutatója $1/2$ vagy 1 . A mutató csupán ember alkotta mérce, és ha konkrét esetekben nehézségekhez vezet, akkor nyugodtan feladhatjuk, és visszatérhetünk az alapelvekhez. A királynő testében levő A gén szempontjából annak az esélye, hogy a gén közös a fiúban és az anyában, $1/2$, ugyanúgy, mint egy lány esetében. A királynő szempontjából tehát utóda, akármelyik nemhez tartozzék is, ugyanolyan közeli rokonságban áll vele, mint az emberi gyermek az anyjával.

A dolog akkor kezd érdekessé válni, amikor elérkezünk a nővérekhez. Az édesnővéreknek nem csupán azonos az apjuk: a két megtermékenyítő spermium minden génjében azonos. A nővérek tehát az egypetéjű ikrekkel egyenértékűek, ami az apai génjeiket illeti. Ha egy nőstény rendelkezik az A génnel, akkor ezt vagy az apjától, vagy az anyjától kellett kapnia. Ha az anyjától kapta, akkor 50% az esélye annak, hogy osztozik rajta a nővérelével. Ha azonban az apjától kapta, akkor ennek esélye 100%. Ennélfogva a hártványasszárnyú édesnővérek közti rokonsági fok nem $1/2$, mint a normális ivaros szaporodó állatok esetében, hanem $3/4$. Ebből következik, hogy a hártványasszárnyú nőstény közelebbi rokona édesnővéreinek, mint akármelyik nemhez

tartozó utódának. Hamilton felismerte, noha nem pontosan ilyen módon fogalmazta meg, hogy ez a tény hajlamosíthat egy nőtényt arra, hogy saját anyját hatékony nővérgyártó gépként tenyéssze. A nővéreket helyettesítő módon előállító gén gyorsabban másolja magát, mint az utódokat közvetlenül létrehozó gén. Ebből kifolyólag kialakult a dolgozók sterilitása. Feltehetőleg nem véletlen, hogy a dolgozók sterilitásával járó szaporodási rendszerek, a rovarállamok, nem kevesebb mint tizenegy ízben fejlődtek ki egymástól függetlenül a hártásszárnyúaknál, és csupán egyszer az állatvilág teljes fennmaradó részében, nevezetesen a természetnél.

Van azonban itt egy csapda. Ha a dolgozók sikerrel akarják anyjukat nővértermelő gépként használni, akkor valamiképpen meg kell fékezniük azt a természetes hajlamát, hogy ugyanannyi fiútestvért hozzon létre, mint lányt. A dolgozó szempontjából annak az esélye, hogy bármelyik fiútestvéreben megvan az ő valamelyik adott génje, csupán $1/4$. Ennélfogva, ha a királynőnek módja volna egyforma arányban termelni hím és nőstény szaporodóképes utódokat, akkor a tenyésztésből nem származna haszon a dolgozók számára. Ez esetben nem maximalizálnák drága génjeik terjesztését.

Trivers és Hare felismerték, hogy a dolgozóknak meg kell próbálniuk a nemek arányát a nőstények javára billenteni. Fogták a nemek optimális arányára vonatkozó Fisher-féle számításokat (melyekkel az előbbi fejezetben találkoztunk), és átdolgozták őket a hártásszárnyúak sajátos esetére. Kiderült, hogy a befektetés optimális aránya az anya

számára, mint rendszeren, 1 : 1 Egy nővér számára azonban az optimális arány 3 : 1 a nővérek javára. Ha hártványsszárnyú nőtény vagy, akkor génjeid terjesztésének leghatékonyabb módja az, hogy megtartóztatod önmagad az utódnemzéstől, és eléred, hogy anyád 3 : 1 arányban lászon el téged szaporodóképes nővérekkel és fivérekkel. Ha azonban *kell* hogy saját utódaid legyenek, akkor azzal használhatsz legtöbbet génjeidnek, ha egyforma arányban vannak szaporodóképes fiaid és lányaid.

Mint láttuk, a királynők és dolgozók közti különbség nem genetikai. Ami a géneket illeti, a nőtényembriónak az is lehet a sorsa, hogy dolgozó lesz, aki 3 : 1 arányt „akar” a nemek között, és az is, hogy királynő, aki 1 : 1 arányt „akar”. Mit jelent mármost ez az „akarás”? Azt jelenti, hogy az a gén, amely egy királynő testében találja magát, akkor terjesztheti magát a legjobban, ha az illető test egyenlő arányban osztja meg ráfordításait szaporodóképes fiak és lányok között. Ám ha ugyanez a gén egy dolgozó testében találja magát, akkor úgy terjesztheti magát legjobban, ha eléri, hogy az illető test anyjának több lánya legyen, mint fia. Nincs itt valódi paradoxon. Egy génnek azokat az erőket és lehetőségeket kell a legjobban kihasználnia, amelyek éppen rendelkezésére állnak. Ha abban a helyzetben találja magát, hogy egy olyan test fejlődését befolyásolhatja, melynek az a sorsa, hogy királynő legyen, ennek a befolyásnak a kihasználására egy bizonyos fajta optimális stratégiája van. Ha abban a helyzetben találja magát, hogy egy dolgozó testének kifejlődésére fejthet ki hatást, akkor e hatalom kihasználásának optimális

stratégiája más.

Ez azt jelenti, hogy érdeellentét van az egész gazdaságban. A királynő „megpróbál” egyenlő arányban befektetni hímekbe és nőstényekbe. A dolgozók megpróbálják a szaporodóképes egyedek arányát úgy eltolni, hogy három nőstény jusson minden hímre. Ha a dolgozók a gazdák, a királynő pedig tenyészkancájuk, akkor a dolgozók feltehetőleg elérik a 3 : 1 arányt. Ha nem, ha a királynő valóban nevének megfelelően él, és a dolgozók az ő rabszolgái és a királyi nevelőotthonok engedelmes ápolói, akkor 1 : 1 arányra kellene számítanunk, amit a királynő „előnyben részesít”.

Ki győz a nemzedékek harcának e sajátos esetében? Ez olyasmi, amit meg lehet vizsgálni, és pontosan ezt tette Trivers és Hare nagyszámú hangyafajjal. A számunkra érdekes arány a szaporodóképes hím és nőstény egyedek aránya. Ezek a nagy, szárnyas alakok, melyek a hangyabolyból időszakonként nászrepülésekre rajzanak ki, s ezután a fiatal királynők megpróbálnak új kolóniákat alapítani. Ezeket a szárnyas alakokat kell megszámlálni ahhoz, hogy becslést kapjunk a nemek arányáról. Mármost a szaporodóképes hím és nőstény egyedek sok fajnál nagyon eltérő méretűek. Ez bonyolítja a dolgot, mivel – mint az előző fejezetben láttuk – a nemek optimális arányára vonatkozó Fisher-féle számítások szigorúan nem a hímek és nőstények számára, hanem a rájuk fordított befektetés mennyiségére érvényesek. Trivers és Hare ezt oly módon vette számításba, hogy megmérte az állatokat. Vettek húsz hangyafajt, és a szaporodóképes egyedekre való ráfordítás

alapján megbecsülték a nemek közti arányt. Meglehetősen meggyőző egyezést találtak az elmélet által jóslott 3 : 1 nőtény-hím aránnyal, ami alátámasztja, hogy a dolgozók viszik a boltot a saját hasznukra.

Úgy tűnik tehát, hogy a vizsgált hangyák esetében az érdekellentétből a dolgozók kerültek ki „győztesen”. Ez nem túlságosan meglepő, hiszen a dolgozótesteknek, lévén a nevelőotthonok őrei, nagyobb hatalmuk van a gyakorlati dolgokban, mint a királynőtesteknek. Azokon a géneken, melyek királynőtesteken át próbálják manipulálni a világot, kifognak azok a gének, melyek dolgozótesteken keresztül manipulálnak. Érdekes olyan sajátos körülmények után kutatnunk, melyek között azt várhatnánk, hogy a királynőknek nagyobb gyakorlati hatalmuk van, mint a dolgozóknak. Trivers és Hare rájöttek, hogy éppenséggel van egy olyan eset, amely felhasználható lenne az elmélet döntő próbájaként.

Bizonyos hangyafajok rabszolgákat tartanak. A rabszolgotartó fajok dolgozói vagy egyáltalán nem végeznek közönséges munkát, vagy pedig nagyon ügyetlenek benne. Ők a rabszolgaszerző portyákban jók. Olyan igazi háborúkat, amelyekben nagy ellenséges hadseregek harcolnak életre-halálra, csak az embernél és a társas rovaroknál ismerünk. Sok hangyafajban van a dolgozóknak egy katonákként ismert specializált kasztja, akiknek félelmetes állkapcsaik vannak, és idejüket annak szentelik, hogy más hangyaseregekkel a kolóniáért küzdjenek. A rabszolgaszerző portya csupán egyik konkrét fajtája harci erőfeszítéseiknek. A rabszolgaszerzők

megrohamoznak egy másik fajhoz tartozó hangyabolyt, megpróbálják megölni a bolyt védelmező dolgozókat vagy katonákat, és elhurcolni a még ki nem kelt kicsinyeket. Ezek a kicsinyek rabtartóik bolyában kelnek ki. Ők nem „jönnek rá”, hogy rabszolgák, ők – beépített idegrendszeri programjaiknak megfelelően – munkához látnak, elvégezve mindazokat a teendőket, amiket normális körülmények között saját bolyukban végeznének. A rabszolgotartó dolgozók vagy katonák további rabszolgaszerző portyákra indulnak, miközben a rabszolgák otthon maradnak, és végzik a hangyaboly működtetésének mindennapi feladatait: takarítanak, etetnek és gondozzák az utódokat.

A rabszolgák persze a boldog tudatlanság állapotában leledzenek afelől, hogy nem állnak rokonságban azzal a királynővel és azokkal az utódokkal, akiket gondoznak. Anélkül, hogy tudnának róla, rabszolgotartók új osztagait nevelik fel. Nem kétséges, hogy a természetes szelekció a rabszolga-fajok génjeire kifejtett hatásával kedvez a rabszolgaság elleni alkalmazkodásnak. Ez azonban nyilvánvalóan nem eléggé hatásos, mivel a rabszolgaság széles körben elterjedt jelenség.

A rabszolgaság jelen szempontunkból érdekes következménye ez: a rabszolgotartó fajok királynője most már olyan helyzetben van, hogy az általa „előnyben részesített” irányba térítheti el a nemek arányát. Ennek az az oka, hogy az ő valódi gyermekei, a rabszolgotartók, többé nem rendelkeznek gyakorlati hatalommal a nevelőotthonokban. E hatalom most már a rabszolgák kezében van. A rabszolgák „azt hiszik”, hogy saját

testvéreiket gondozzák, és feltehetőleg mindent megtesznek, ami *saját bolyukban* megfelelő volna a kívánt 3 : 1 arány elérésére a nővérek javára. A rabszolgatartó fajok királynője azonban képes olyan ellenintézkedésekre, amelyekkel kibújhat ez alól, és nem érvényesül a rabszolgákon olyan jellegű szelekció, amely semlegesítené ezeket az ellenintézkedéseket, mivel a rabszolgák semmiféle rokoni viszonyban nem állnak az utódokkal.

Tegyük fel például, hogy egy hangyafajnál a királynők „megpróbálják” álcázni a hím petéket: olyan illatúra készítik őket, mint a nőstény petéket. A természetes szelekció normális körülmények között abba az irányba hatna, hogy a dolgozók „átlássanak” az álcán. Olyan evolúciós harcot képzelhetünk el, melyben a királynők állandóan „megváltoztatják a kódot”, a dolgozók pedig „megfejtik a kódot”. A háborút az nyeri, akinek sikerül a szaporodóképes egyedek testén keresztül génjeiből többet átjuttatni a következő nemzedékbe. Ezek – mint láttuk – normális körülmények között a dolgozók lesznek. Ám ha a rabszolgatartó fajok királynője változtatja meg a kódot, akkor a rabszolga dolgozók nem fejleszthetnek ki semmiféle képességet a kód megfejtésére, mert egy rabszolga dolgozó valamely „kódot megfejtő” génje nincs képviselve egyetlen szaporodóképes egyed testében sem, ennél fogva nem jut tovább. A szaporodóképes egyedek mindannyian a rabszolgatartó fajhoz tartoznak, és rokonai a királynőnek, de nem a rabszolgáknak. Ha a rabszolgák génjei egyáltalán utat találnak szaporodóképes egyedekbe, akkor abból az eredeti bolyból származó

szaporodóképes egyedek lesznek azok, ahonnan elraborták őket. A rabszolga dolgozók, ha egyáltalán törődnek a kóddal, akkor nem a megfelelő kódot fejtik meg! A rabszogatartó fajok nőstényei ennél fogva szabadon változtathatják kódjukat, anélkül hogy az a veszély fenyegetné őket, hogy a kód megfejtésének génjei eljutnak a következő nemzedékbe.

E bonyolult érvelés alapján arra kellene számítanunk, hogy a rabszogatartó fajokban a két nembeli szaporodóképes egyedekre való ráfordítás arányának az 1 : 1-hez s nem a 3 : 1-hez kellene közelítenie. Ez egyszer a királynő mindent úgy csinálhat, ahogy akar. Pontosan ez az, amit Trivers és Hare tapasztaltak, ámbár csak két rabszogatartó fajt vizsgáltak meg.

Hangsúlyoznom kell, hogy a történetet idealizáltan adtam elő. A való életben a dolog nem ilyen takaros. Például a legközönségesebb társas rovarfaj, a méh, úgy látszik, egészen „helytelen” dolgot tesz. Jelentős többletbefektetést fordítanak a hímekre a királynőkhöz képest – ennek látszólag semmi értelme sincs, sem a dolgozók, sem pedig az anyakirálynő szempontjából. Hamilton kínált egy lehetséges megoldást erre a rejtélyre. Kimutatja, hogy amikor egy méhkirálynő elhagyja a méhkast, akkor az őt szolgáló dolgozók nagy raja kíséri, akik segítenek az új kolónia megalapításában. Ezek a dolgozók elvesznek a szülő kas számára, és előállításuk költségét a szaporodási költségek részeként kell elszámolnunk: minden távozó nőstényhez sok többlet dolgozót kell előállítani. A ráfordítást ezekre a többlet dolgozókra a szaporodóképes

nőstényekre való ráfordítás részeként kell felszámolnunk. Amikor a nemek arányát számítjuk, a többlet dolgozókat a hímekkel szemben a mérleg másik serpenyőjébe kell tennünk. Így hát ez végülis nem jelentett komoly nehézséget az elmélet számára.

Kínosabban ássa alá az elmélet elegáns építményét az a tény, hogy bizonyos fajoknál a fiatal királynő nászrepülése során nem csupán egy, hanem több hímekkel párosodik. Ez azt jelenti, hogy a lányok közti átlagos rokonsági fok kevesebb, mint $\frac{3}{4}$, és szélsőséges esetekben még az $\frac{1}{4}$ -et is megközelítheti. Csábító, noha valószínűleg nem nagyon logikus az a megoldás, hogy a paráználkodást ravasz leütésnek tekintsük, amivel a királynő nyer a dolgozókkal szemben! Mellesleg ez arra utalhatna, hogy a dolgozóknak gardírozniuk kellene a királynőt nászrepülése során, megakadályozva abban, hogy egynél többször párosodjon. Ám ez semmiképpen sem volna hasznára a dolgozók saját génjeinek – csupán a dolgozók következő nemzedékének génjeit szolgálná. A dolgozókat mint osztályt nem jellemzi a szakszervezeti szellem. Mindegyikük csupán saját génjeivel „törődik”. A dolgozó talán „szerette volna” gardírozni saját anyját, ám erre nem volt alkalma, lévén, hogy még meg sem fogant abban az időben. A fiatal királynő nászrepülésekor nővére a dolgozók jelen nemzedékének, nem pedig anyja. Ennélfogva az ő oldalán vannak, nem pedig a dolgozók következő generációjának oldalán, akik nekik csupán unokahúgaik. Már zsong a fejem, és legfőbb ideje, hogy befejezzük ezt a témát.

A tenyésztés analógiáját használtam arra, amit a hártványászárnyúak dolgozói anyjukkal tesznek. A gazdaság egy géngazdaság. A dolgozók anyjukat saját génjeik másolatainak maguknál hatékonyabb előállítójaként használják. A gének a futószalagról szaporodóképes egyedeknek nevezett csomagokban kerülnek le.

A gazdálkodási analógiát nem szabad összekevernünk egy egészen más értelmű gazdálkodással, amit a társas rovarok folytatnak. A társas rovarok felfedezték, ahogy jóval később az ember is, hogy a helyhez kötött mezőgazdasági termelés hatékonyabb lehet, mint a vadászás és gyűjtögetés. Például számos hangyafaj az Újvilágban és – tőlük teljesen függetlenül – a természetek Afrikában „gombakerteket” művelnek. A legismertebbek Dél-Amerika ún. levélvágó hangyái. Ezek rendkívül sikeresek. Találtak már több mint kétmillió egyedből álló telepeket is. Bolyaik óriási, szétterjedő föld alatti járat- és kamrahálózatokból állnak, melyek három méter mélyre vagy még mélyebbre is lenyúlnak, s melyeket 40 tonna talaj kiásásával hoztak létre! A föld alatti kamrákban vannak a gombakertek. A hangyák szándékosan elvetik a gombák egy bizonyos fajtát, mégpedig speciális komposztgyakba, melyeket úgy készítenek, hogy leveleket darabokra rágnak. A dolgozók ahelyett, hogy közvetlenül saját táplálékuk után kutatnának, levelek után kutatnak, hogy abból komposztot készítsenek. Egy levélvágóhangya-kolónia „étvágya” gargantuai. Ezért jelentős gazdasági kártevők, noha a levelek nem az ő táplálékuk, hanem a gombáké. A hangyák végül learatják és megeszik a gombát, és etetik vele az utódaikat. A

gombák hatékonyabban bontják le a levél anyagát, mint a hangyák saját gyomra tenné, s a hangyák ily módon húznak hasznot ebből a megoldásból. Lehetséges, hogy a gomba is jól jár, még ha learatják is: a hangyák hatékonyabban terjesztik őket, mint saját spóraszóró mechanizmusuk tenné. A hangyák továbbá „gyomlálják” a gombakerteket, tisztán tartva az idegen gombafajoktól. Ez hasznos lehet a hangyák saját házi gombái számára, mivel ezáltal megszűnik számukra a verseny. Mondhatnánk, hogy egyfajta kölcsönösen önzetlen viszony áll fenn a hangyák és a gombák között. Figyelemre méltó, hogy a gombatermesztés nagyon hasonló rendszere alakult ki a hangyákkal rokonságban nem álló természetknél is.

A hangyáknak nemcsak haszonnövényeik, hanem háziállataik is vannak. A levéltetvek – a zöld almatetű és más hasonló rovarok – nagymértékben specializálódtak arra, hogy kiszopják a nedvet a növényekből. A növényi nedveket szállító hálózatot hatékonyabban csapolják meg, mint ahogy azután megemésztik a nedveket. Ennek az a következménye, hogy olyan folyadékot választanak ki, melyből tápértékének csupán egy részét vonták ki. A cukorban gazdag „mézharmat”-cseppecskék nagy mennyiségben távoznak el a hátsó felükön, bizonyos esetekben óránként több, mint amennyi a rovar súlya. A mézharmat normális körülmények között a földre hullik – könnyen lehet, hogy ez volt az ótestamentum „manna” néven ismert közmondásos tápláléka. Számos hangyafaj azonban felfogja ezeket a nedveket, amint elhagyják a rovar testét. A hangyák „fejik” a levéltetveket: testük hátsó

negyedét tapogatóikkal és lábaikkal simogatják. A levéltetvek bizonyos esetekben úgy reagálnak erre, hogy visszatartják cseppecskéiket, amíg egy hangya nem simogatja őket, sőt úgy is, hogy visszaszívják egy cseppet, ha a hangya még nem kész a fogadására. Felvetették, hogy egyes levéltetvek potroha kinézésre és tapintásra olyan, mint egy hangya feje, hogy annál jobban vonzza a hangyákat.

A levéltetvek számára nyilvánvalóan az a jó ebben a viszonyban, hogy védelmet kapnak természetes ellenségeikkel szemben. A mi fejősteheneinkhez hasonlóan, megpróbáltatásoktól mentes életet élnek, és azok a levéltetűfajok, melyeket nagyban tenyésztnek a hangyák, elvesztették normális védekezőmechanizmusukat.

Bizonyos esetekben a hangyák saját föld alatti fészkeikben gondoskodnak a levéltetűpetékről, táplálják a fiatal levéltetveket, s végül, amikor megnőttek, óvatosan felcipelik őket a védett legelőkre.

A különböző fajok közti kölcsönös hasznon alapuló viszonyt szimbiózisnak nevezik. A különböző fajok tagjai gyakran sok mindent tudnak egymásnak nyújtani, mert különböző „képességeket” hoznak magukkal. Az ilyen alapvető aszimmetriák a kölcsönös együttműködés evolúciósan stabil stratégiáihoz vezethetnek. A levéltetvek szájszerve alkalmas a levélnedvek kipumpálására, ám az ilyen szívó száj szerv nem alkalmas az önvédelemre. A hangyák alkalmatlanok a levélnedvek kiszívására, viszont jól tudnak harcolni. A levéltetvek tenyésztésére és védelmezésére

szolgáló hangyagéneknek ezért előnyük volt a hangyagénkészletben, a hangyákkal való együttműködés levéltetűgénjeinek pedig előnyük volt a levéltetűgénkészletben.

A kölcsönös előnnyel járó szimbiotikus viszonyok gyakoriak az állatok és növények között. A zuzmó felszínesen olyan egyedi növénynek látszik, mint bármely más növény. Ám valójában egy gomba és egy zöldmoszat szoros szimbiotikus egysége. Egyik fél sem élhetne a másik nélkül. Ha együttesük éppen csak egy kicsit szorosabbá vált volna, többé már nem tudnánk megmondani, hogy a zuzmó valójában kettős szervezet. Lehet tehát, hogy vannak más dupla vagy multiplex szervezetek is, melyekről még nem ismertük fel, hogy azok. Lehet, hogy még mi magunk is ilyenek vagyunk?

Minden egyes sejtünkben számos kicsiny testecske van, melyeket mitokondriumoknak nevezünk. A mitokondriumok vegyi gyárok, ők biztosítják a számunkra szükséges energia nagy részét. Ha elveszítenénk mitokondriumainkat, másodperceken belül meghalnánk. Nemrégiben meggyőző érveket hoztak fel amellet, hogy a mitokondriumok eredetüket tekintve szimbióta baktériumok, akik az evolúció korai szakaszában egyesítették erőiket a mi sejtjeinkéivel. Hasonló gondolatokat vetettek fel a sejtjeinken belül található más sejtszervecskével kapcsolatban is. Ez is azon forradalmi gondolatok közé tartozik, melyeknek megemésztése időt igényel, ám olyan gondolat ez, amelyre már megérett az idő. Azon tűnődöm, hogy egyszer még el fogjuk fogadni azt a radikálisabb

elgondolást is, miszerint minden génünk egy szimbiotikus egység. Szimbióta gének gigantikus kolóniái vagyunk. Valójában ennek a feltevésnek nincsenek „bizonyítékai”, de ahogy a korábbi fejezetekben megpróbáltam utalni rá, voltaképpen adódik abból, ahogy szerintünk a gének az ivaros fajokban működnek. Az érem másik oldala az, hogy a vírusok viszont talán olyan gének, melyek elszabadultak a hozzánk hasonló „kolóniákból”. A vírusok fehérjetokkal körülvett tiszta DNS-ből (vagy vele rokon önreplikáló molekulából) állnak. Mindannyian élősködők. Elképzelésem szerint olyan „lázkodó” génekből fejlődtek ki, melyek megszöktek, és most közvetlenül a levegőn át utaznak testről testre, ahelyett hogy a szokványosabb hordozóeszközöket – a spermiumokat és petesejteket – használnák. Ha ez igaz, akkor akár víruskolóniáknak is tekinthetnénk magunkat! Némelyikük szimbióta módra együttműködik másokkal, és spermiumokban, illetve petesejtekben utazik testről testre. Ezek a szokványos „gének”. Mások élősködnek, és úgy utaznak, ahogy tudnak. Ha a parazita DNS spermiumokban és petesejtekben utazik, akkor lehet, hogy azt a „paradox” többlet DNS-t alkotja, amelyet a III. fejezetben említettem. Ha a levegőn át vagy más közvetlen módon utazik, akkor „vírusnak” nevezzük, a szokásos értelemben.

Ezek azonban a jövőnek szóló spekulációk. Jelenleg a kapcsolatok magasabb szintjén megvalósuló, a soksejtű szervezetek közötti szimbiózissal, nem pedig a bennük megvalósuló szimbiózissal foglalkozunk. A szimbiózis szót szokványosan a különböző fajok tagjai közti társulásokra

használjuk. Miután feladtuk az evolúció „faj java” felfogását, úgy tűnik, logikailag semmi sem indokolja, hogy különbséget tegyünk a különböző fajok közti társulások és egyazon faj tagjai közötti társulások között. Általánosságban a kölcsönös hasznon alapuló társulások akkor fejlődnek ki, ha az egyes partnerek számára több előny származik belőlük, mint amennyi ráfordítással járnak. Ez független attól, hogy ugyanazon hiénafalka tagjairól beszélünk, vagy olyan nagymértékben eltérő élőlényekről van szó, mint a hangyák és a levéltetvek vagy a méhek és a virágok. A gyakorlatban gyakran nehéz különbséget tenni a valódi kölcsönös előny esetei és az egyoldalú kihasználás esetei között.

A kölcsönös előnyön alapuló társulások evolúcióját elméletben könnyű elképzelnünk, ha az előnyök kölcsönös adásvétele egyidejű, mint például a zuzmókat alkotó partnerek esetében. Ám problémák merülnek fel, ha időeltolódás van a kedvezmény nyújtása és annak viszonzása között. Ennek az az oka, hogy az első haszonélvező kísértést érezhet arra, hogy csaljon, és megtagadja a visszafizetést, amikor reá kerül a sor. E probléma megoldása érdekes, és érdemes részleteiben is taglalni. Erre egy hipotetikus példa a legalkalmasabb.

Tegyük fel, hogy egy madárfajnak van egy különösen kellemetlen élősködője, egy veszélyes betegséget terjesztő atka. Nagyon fontos, hogy a madarak ezektől az atkáktól a lehető leghamarabb megszabaduljanak. Normális körülmények között egy madár ki tudja szedegetni az atkáit, amikor tollászkodik. Van azonban egy hely – a

fejtető –, melyet nem ér el a saját csőrével. A probléma megoldása hamar eszébe jut bárkinek. Ha egy egyed nem éri el a saját feje tetejét, mi sem könnyebb annál, mint hogy egy barátot kérjen meg erre. Később, amikor a barát is fertőződik, a jótett helyébe jót várhat. A kölcsönös tetvézés valóban nagyon mindennapos mind a madarak, mind az emlősök körében. Ennek azonnal belátható értelme van. Bárki, aki tudatos előrelátással van megáldva, megérti, hogy a kölcsönös hátvakarás okos dolog. Ám megtanultuk, hogy óvakodjunk attól, ami első látásra értelmesnek látszik. A gén nem lát előre. Meg tudja-e magyarázni az önző gének elmélete a kölcsönös hátvakarást vagy „reciprok önzetlenséget” ott, ahol a jótett és annak viszonzása között késedelem van? Williams röviden tárgyalta ezt a problémát 1966-os könyvében, amelyre már hivatkoztam. Arra a következtetésre jutott, épp úgy mint annak idején Darwin, hogy a késleltetett kölcsönös önzetlenség kifejlődhet olyan fajoknál, melyek képesek arra, hogy egymást egyedenként felismerjék, és emlékezzenek egymásra. Trivers 1971-ben ennél tovább ment. Midőn erről írt, még nem állt rendelkezésére az evolúciósan stabil stratégia Maynard Smith-féle koncepciója. Ha ismerte volna, sejtelnem szerint felhasználta volna, mert természetes módot kínál gondolatai kifejtéséhez. A „fogoly dilemmájára” való utalása – ez a játékelmélet egyik kedvenc feladványa – azt mutatja, hogy már ő is hasonló szellemben gondolkodott. Tegyük föl, hogy B -nek van egy élősködője a feje búbján. A kiszedi belőle. Később elérkezik az idő, amikor A -nak van élősködője a feje búbján. Természetesen felkeresi B -t,

hogy B viszonozza a korábbi jótettet. B egyszerűen felhúzza az orrát, és odébbáll. B csaló, olyan egyed, aki elfogadja más egyed önzetlenségének előnyeit, de nem viszonozza azokat, vagy nem viszonozza kellőképpen. A csalók jobban járnak, mint a válogatás nélkül önzetlen egyedek, mert hasznot húznak anélkül, hogy megfizetnék az árát. Nem vitás, hogy egy másik egyed fejének tetvézésével járó költség viszonylag csekélynek tűnik ahhoz az előnyhöz képest, amit a veszélyes parazita eltávolítása jelent, mégsem elhanyagolható. Valamennyi értékes energiát és időt rá kell fordítani.

Álljon a populáció olyan egyedekből, akik egyik vagy másik stratégiát teszik magukévá. Mint a Maynard Smith-féle elemzésekben, itt sem beszélünk tudatos stratégiákról, hanem a gének által lefektetett öntudatlan viselkedési programokról. Nevezzük a két stratégiát Baleknak és Csalónak. A Balek válogatás nélkül kivetvéznek bárkit, akinek szüksége van rá. A Csalók elfogadják az önzetlenséget a Balekuktól, de sohasem tetvéznek ki senki mást, még olyasvalakit sem, aki korábban tetvézte őket. A héják és galambok esetéhez hasonlóan, önkényesen állapítjuk meg a nyereségpontokat. A pontos értékek nem lényegesek mindaddig, míg a tetvézés haszna meghaladja annak költségét. Ha az élőködők gyakorisága nagy, akkor a Balek populációjában minden Balek számolhat azzal, hogy ugyanolyan gyakran fogják tetvézni őt, mint ahogy ő tetvészik másokat. A Balek átlagnyeresége a Balek között pozitív. Valójában

mindannyian nagyon jól járnak, és úgy tűnik, a Balek szó nem helyénvaló. Ámde tegyük fel, hogy felbukkan egy Csaló a populációban! Lévén az egyetlen Csaló, számíthat arra, hogy mindenki más kivetvszi, de ő semmit sem fizet ezért. Átlagos nyeresége nagyobb, mint a Balek átlagos nyeresége. A Csaló gének tehát elkezdenek szétterjedni a populációban. A Balek gének hamarosan kivesznek. Ennek az az oka, hogy függetlenül attól, mi az aránya populációban, a Csalók mindig jobban járnak, mint a Balekok. Vegyük szemügyre például azt az esetet, amikor a populáció 50%-ban Balekokból, 50%-ban pedig Csalókból áll. Az átlagnyereség a Balekok és Csalók számára egyaránt kisebb lesz, mint bármely egyed számára egy 100%-ban Balekokból álló populációban. A Csalók mégis jobban járnak, mint a Balekok, mert ők megkapják az összes előnyt – ők már ilyenek –, és semmit sem fizetnek vissza. Amikor a Csalók aránya eléri a 90%-ot, az átlagnyereség az összes egyed számára nagyon alacsony lesz: lehet, hogy már mindkét típus haldoklik az atkák terjesztette fertőzéstől. A Csalók azonban még mindig jobban járnak, mint a Balekok. Még ha már az egész populáció a kihalás felé halad, akkor sem jön el az az idő, amikor a Balekok jobban járnak, mint a Csalók. Ennélfogva mindaddig, amíg csupán ezt a két stratégiát vesszük számításba, semmi sem állíthatja meg a Balekok – és nagyon valószínű, hogy egyben az egész populáció – kihalását.

De most tegyük fel, hogy van egy harmadik stratégia is, amit Bosszúállónak hívunk. A Bosszúállók kivetvsznek

idegeneket is, és olyan egyedeket is, akik korábban már tetvésték őket. Ha azonban bármely egyed csal velük szemben, megjegyzi az esetet, és megtorolják: a jövőben megtagadják az illetőtől a tetvést.

Bosszúállók és Balekok populációjában lehetetlen megmondani, hogy melyik melyik. Mindkét típushoz tartozók önzetlenül viselkednek mindenki más iránt, és mindketten egyformán magas átlagnyereséghez jutnak. Egy nagyrészt Csalókból álló populációban egyetlen Bosszúálló nem volna valami sikeres. Sok energiát emésztene fel kitetvézni a legtöbb egyedre, akivel találkozik – hiszen időbe telne, amíg neheztelése kialakulhatna mindannyiukkal szemben. Ugyanakkor senki sem tetvézne ki őt viszonzásképpen. Ha a Bosszúállók a Csalókhoz viszonyítva kevesen vannak, akkor a Bosszúállókén kihal. Amint a Bosszúállóknak sikerül valamelyest elszaporodniuk, és elérnek egy kritikus arányt, esélyeik az egymással való találkozásra eléggé megnőnek ahhoz, hogy ellensúlyozzák a Csalók tetvézésére elvesztegetett erőfeszítéseiket. Amikor ezt a kritikus arányt eléri, átlagos nyereségük kezd nagyobbá válni, mint a Csalóké, és a Csalókat egyre gyorsabban űzik a kihalás felé. Amikor a Csalók már majdnem kihaltak, hanyatlásuk lelassul, és kisebbségként meglehetősen sokáig fennmaradhatnak, mert akármelyik ritka Csalónak csupán csekély esélye van arra, hogy ugyanazzal a Bosszúállóval kétszer találkozzék; ennél fogva kicsi lesz a populációban azon egyének aránya, akik bosszút állnak egy adott Csalón.

E stratégiák történetét úgy mondtam el, mintha intuitíve

nyilvánvaló volna, mi történik. Valójában egyáltalán nem nyilvánvaló, s én voltam is olyan elővigyázatos, hogy szimuláltam számítógépen, ellenőrzendő az intuíciót. A Bosszúálló csakugyan evolúciósan stabil stratégiának bizonyult a Balekkel és a Csalóval szemben, abban az értelemben, hogy egy nagyrészt Bosszúállókából álló populációba sem a Csaló, sem a Balek nem tör be. Azonban a Csaló is ESS, mert a nagyrészt Csalókból álló populációba nem tör be sem a Bosszúálló, sem a Balek. Egy populáció e két ESS bármelyikében leledzhet. Hosszú távon átbillenhet egyikből a másikba.

A nyereségek pontos értékétől függően – a feltevések a szimulációban természetesen teljesen önkényesek voltak – vagy az egyik, vagy a másik stabil állapotnak nagyobb a „vonzási övezete”, valószínűbb a kialakulása. Megjegyzendő, hogy ámbár a Csalók populációja talán nagyobb valószínűséggel hal ki, mint a Bosszúállók populációja, ez semmiképpen sem érinti a stratégia ESS mivoltát. Ha egy populáció olyan ESS-be jut, amely a kihalás felé űzi, akkor ki fog halni, s ezen legfeljebb sajnálkozhatunk.

Roppant szórakoztató végignézni egy számítógépes szimulációt, amely azzal indul, hogy a Balek nagy többségben vannak, a Bosszúállók olyan kisebbségben, amely éppen hogy csak felette van a kritikus gyakoriságnak, a Csalók pedig körülbelül ugyanilyen kisebbségben. Eleinte az történik, hogy a Balek populációja drámai módon csökken, a Csalók könyörtelenül kihasználják őket. A Csalók szédületes

népességrobbanásnak örvendenek, s éppen akkor érik el csúcspontjukat, amikor az utolsó Balek kiszerved. Ám a Csalóknak még mindig számolniuk kell a Bosszúállókkal. A Balekok meredek hanyatlása során a Bosszúállók száma lassan csökken a sikeres Csalók ostroma alatt, de azért sikerül fenntartani magukat. Miután az utolsó Balek is odalett, és a Csalók már nem tudnak olyan könnyen megélni az önző kihasználásból, a Bosszúállók lassan gyarapodni kezdenek a Csalók rovására. Népeséggyarapodásuk fokozatosan lendületbe jön, meredeken felgyorsul, a Csalók populációja a kihalás közelébe zuhan, majd beáll egy szinten, amikor is a ritka előfordulás előnyeit élvezzi, amennyiben viszonylag kevésbé van kitéve a Bosszúállók haragjának. A Csalók azonban lassan és feltartóztathatatlanul haladnak a kihalás felé, s egyedül a Bosszúállók maradnak birtokon belül. Paradox módon a Balekok jelenléte ténylegesen veszélyeztette a Bosszúállókat az események kezdetén, mivel őket terheli a felelősség a Csalók átmeneti virágzásáért.

Egyébként a társak általi tetvézés hiányából fakadó veszélyek feltételezése teljesen reális. Az egyedül tartott egereken gyakran kellemetlen kelések fejlődnek ki, éppen fejüknek azokon a tájain, amelyeket maguk nem érnek el. Az egyik vizsgálatban a csoportosan tartott egerek nem szenvedtek ettől, mert nyalogatták egymás fejét. Érdekes volna kísérletileg ellenőrizni a reciprok önzetlenség elméletét, s úgy tűnik, az egerek alkalmas alanyok volnának erre a munkára.

Trivers tárgyalja az ún. doktorhalak figyelemre méltó

szimbiotikus viselkedését. Mintegy ötven fajról, köztük kis halakról és rákokról ismeretes, hogy abból élnek, hogy más fajhoz tartozó nagy halak testéről az élősködőket csipegetik. A nagy hal számára nyilvánvalóan hasznos a tisztogatás, a tisztogatók pedig jó táplálékforráshoz jutnak. A viszony szimbiotikus. A nagy hal sok esetben kinyitja a száját, és beengedi a tisztogatókat, s az élő fogpiszkálók a kopoltyúikon át úsznak ki, amelyeket ugyancsak kitisztítanak. Az ember azt gondolná, hogy a nagy hal ravaszul vár, amíg alaposan megtisztítják, majd felfalja a tisztogatót. Ehelyett azonban rendszerint hagyja, hogy a tisztogató háborítatlanul kijusson. Ez a látszólagos önzetlenség figyelemre méltó esete, mert a tisztogató sok esetben ugyanolyan méretű, mint a nagy hal szokásos zsákmánya.

A doktorhalaknak speciális mintázatuk és sajátos táncuk van, ami jelzi, hogy ők tisztogatók. A nagy hal jobbra tartózkodik attól, hogy megegye azokat a kis halakat, akik megfelelő módon vannak csíkozva, és a megfelelő táncot lejtve közelednek. Ehelyett szinte transzba esik, és szabad hozzáférést biztosít a tisztogatónak, külsejéhez és belsejéhez egyaránt. Amilyenek az önző gének, nem meglepő, hogy könnyörtelen, kizsákmányoló csalók hasznot húznak ebből. Vannak olyan kis halfajok, melyek pontosan úgy néznek ki és ugyanúgy táncolnak, mint a doktorhalak, hogy biztonságban a nagy hal közelébe juthassanak. Amikor a nagy hal már transzba esve várja a tisztogatást, a csaló ahelyett, hogy kiszedegetné a parazitákat, kiharap egy darabot a nagy hal uszonyából, majd sietve elmenekül.

Am a csalók ortámadásai ellenére a haltisztogatók és klienseik közötti viszony jobbára barátságos és stabil. A tisztogatószakma fontos szerepet játszik a korallzátony közösségének mindennapi életében. Minden tisztogatónak megvan a maga területe, és megfigyelték, hogy a nagy halak a sorukra várnak, mint a vendégek a fodrászüzletben. Valószínűleg ez a helyhez ragaszkodás teszi lehetővé ebben az esetben a késlettetett reciprok önzetlenség kifejlődését. A nagy hal számára az az előny, hogy ismételten visszatérhet ugyanahhoz a „fodrászhoz”, ahelyett hogy állandóan újat kéne keresni, bizonyára kárpótolja azért az áldozatért, hogy tartózkodik a tisztogató megevésétől. Mivel a tisztogatók kicsik, ezt nem nehéz elhinnünk. A csaló áltisztogatók jelenléte közvetve valószínűleg veszélyezteti a jóhiszemű tisztogatókat, mert enyhe nyomást gyakorol a nagy halakra a csíkos táncosok elfogyasztásának irányába. A helyhez ragaszkodás a valódi tisztogatók részéről lehetővé teszi a kuncsaftok számára, hogy megtalálják őket, és elkerüljék a csalókat.

A hosszú távú emlékezet és az egyének felismerésének képessége jól fejlett az embernél. Ennélfogva feltételezhetjük, hogy a kölcsönös önzetlenség fontos szerepet játszott az emberi evolúcióban. Trivers még azt is felveti, hogy lélektani vonásaink jó részét – irigység, büntudat, hála, rokonszenv stb. – a természetes szelekció alakította ki a csalásra való fokozott képesség, a csalás észlelése, illetve látszatának elkerülése végett. Különösen érdekesek a „rafinált csalók”, akik látszólag viszonznak, de következetesen valamivel kevesebbet fizetnek vissza,

mint amennyit kaptak. Még az is lehet, hogy az ember nagyra nőtt agya és a matematikai gondolkodásra való hajlama is olyan mechanizmusként fejlődött ki, amely egyre körmönfontabb csalást és mások csalásainak egyre hatékonyabb észlelését tette lehetővé. A pénz a késleltetett reciprok önzetlenség formális záloga.

Se vége, se hossza a magával ragadó spekulációknak, melyeket a kölcsönös önzetlenség gondolata hív életre, ha saját fajunkra alkalmazzuk. Bármily csábítók is, az ilyen spekulációkban semmivel sem vagyok jobb, mint akárki más, s az olvasóra hagyom, hogy szórakoztassa magát.

XI. Mémek: az új replikátorok

Mindeddig nem sokat beszéltem konkrétan az emberről, noha okfejtésemből nem is zártam ki szándékosan. Részben azért használtam a „túlélőgép” kifejezést, mert az „állat” szóval kihagytam volna a növényeket és – egyes emberek elméjében – az embereket is. Előadott érveimnek első közelítésben érvényesnek kell lenniük bármely evolúció során kialakult élőlényre. Alapos, konkrét indokaink kell legyenek arra, ha egy fajt kivételként akarunk kezelni. De van-e kellő indokunk arra, hogy saját fajunkat különlegesnek tekintsük? A válasz, azt hiszem, igen.

Ami az emberben kivételes, annak nagy része egyetlen szóban összegezzhető: „kultúra”. A szót tudományos értelemben használom, s nem úgy, ahogy a sznobok. A kulturális átadás analóg a genetikai átadással, amennyiben

bizonyos fajta evolúciót idézhet elő, noha alapvetően konzervatív. Geoffrey Chaucer már nem tudna beszélgetni egy mai angollal, annak ellenére, hogy vagy húsz nemzedék megszakítatlan lánc köti őket össze, akik mind úgy tudtak beszélni láncbéli közvetlen szomszédaikkal, ahogy egy fiú beszél az apjával. A nyelv „evolúciója” nem genetikai jellegű, és nagyságrendekkel gyorsabb, mint a genetikai evolúció.

A kulturális átadás nem kizárólag emberi jelenség. A legjobb nem emberi példát, amit ismerek, nemrég írta le P. F. Jenkins, egy Új-Zélandhoz közeli szigeteken élő nyereghátú madár dalában. Azon a szigeten, ahol dolgozott, körülbelül kilenc különböző dallamból állt a teljes repertoár. Az egyes hímek csak az egyiket vagy egy néhányat énekeltek ezek közül. A hímek „tájnyelvi” csoportokba sorolhatók. Például egy szomszédos területet elfoglaló nyolc hímből álló csoport a CC-nek nevezett dallamot énekelte. Más tájnyelvi csoportok más dallamokat énekeltek. Néha egy tájnyelvi csoport tagjainak egynél több közös dallamuk volt. Az apák és fiúk dalait összehasonlítva, Jenkins kimutatta, hogy a dallamminták nem genetikai úton öröklődnek. Minden fiatal hím nagy eséllyel vett át dallamokat területszomszédaitól utánzás révén, az emberi nyelvel analóg módon. Jenkins ott töltött idejének nagy részében a szigeten rögzített számú dallam élt, egyfajta „dallamkészlet”, s abból merítették az ifjú hímek kisebb repertoárjukat. Ám egyszer-egyszer Jenkinsnek megadatott az a kiváltság, hogy tanúja lett egy új dallam „születésének”, ami egy régebbi dallam hibás utánzása

révén keletkezett. Így ír: „Kiderült, hogy az új dallamformák különbözőképpen bukkannak fel: egy hang magasságának megváltozása, egy hang megisméltése, hangok kihagyása és más meglevő dallamok részeinek kombinálása révén... Az új forma felbukkanása egyik pillanatról a másikra történt, s a termék nagyon stabil volt néhány éven át. Továbbá szárnos esetben az új változatot pontosan továbbadták a kezdő ifjaknak, s így hasonló énekesek felismerhetően koherens csoportja fejlődött ki.”

Jenkins az új dallamok kialakulását „kulturális mutációnak” nevezi. A nyereghátú madár dala valóban nem genetikai módon fejlődik ki. A kulturális evolúciónak vannak más példái is madaraknál és majmoknál, ám ezek csupán érdekes furcsaságok. A mi fajunk mutatja meg igazán, hogy mire képes a kulturális evolúció. A nyelv csupán egy példa a sok közül. A ruházkodási és táplálkozási divatok, a ceremóniák és szokások, művészet és építészet, mérnöki tervezés és technológia, mind úgy alakultak ki a történelem folyamán, hogy kialakulásuk erősen felgyorsult genetikai evolúciónak látszik, de valójában semmi köze sincs a genetikai evolúcióhoz. Ám mint a genetikai evolúció esetében, a változás lehet progresszív. A mai tudomány bizonyos értelemben valóban jobb, mint a régi tudomány. A világegyetemről való felfogásunk nem csupán változik a századok múlásával: tökéletesedik. Be kell vallanunk, a jelenlegi fejlődési hullám csupán a reneszánszra nyúlik vissza, melyet a stagnálás lehangoló korszaka előzött meg, amikor az európai tudományos kultúra megrekedt a görögök által elért szinten. De mint az V. fejezetben láttuk,

a genetikai evolúció is haladhat stabil platók közti rövid nekilendülések révén.

A kulturális és genetikai evolúció közti analógiára gyakran rámutattak, néha teljesen szükségtelen misztikus felhangokkal. A tudományos haladás és a természetes szelekcióval folyó genetikai evolúció közti analógiát különösen Sir Karl Popper világította meg. Én még tovább kívánok menni abban az irányban, amelyben már elindult például a genetikus L.L. Cavalli-Sforza, az antropológus F. T. Cloak és az etológus J. M. Cullen.

Lelkes darwinistaként elégedetlen voltam azokkal a magyarázatokkal, melyeket hasonló felfogású társaik kínáltak az emberi viselkedésre. Megpróbáltak „biológiai előnyöket” keresni a civilizáció különböző sajátosságaiban. A törzsi vallást például a csoporttudat megerősítésének mechanizmusaként szemlélték, ami értékes a falkában vadászó fajok számára, melyeknek egyedei az együttműködésre építenek a nagy és gyors prédák elejtésében. Azok az evolúciós prekonceptiók, amelyek alapján az ilyen elméleteket megfogalmazzák, gyakran a csoportszelekció talaján állnak, de az elméleteket át lehet fogalmazni az ortodox génszelekciós felfogás szerint is. Meglehet, hogy az ember az elmúlt több millió év nagy részét kis rokoni csoportokban élte le. A rokonszelekció és a kölcsönös önzetlenségnek kedvező szelekció kifejthette hatását az emberi génekre, létrehozva sok alapvető lélektani tulajdonságunkat és hajlamunkat. Ezek a magyarázatok idáig rendben is volnának, de úgy találom, hogy még csak közelében sincsenek annak, hogy a kultúra,

a kulturális evolúció értelmezésének félelmetes kihívásával szembenézzenek, vagy hogy megmagyarázzák a világ emberi kultúrái közt fennálló óriási különbségeket az ugandai ikek Colin Turnbull által leírt végletes önzésétől Margaret Mead arapesh-einek nemes önzetlenségéig.

Azt hiszem, megint azzal kell kezdenünk, hogy felidézzük az alapelveket. Bármily meglepő is az előző fejezetek szerzőjétől, azt a nézetemet fogom kifejteni, hogy a mai ember evolúciójának megértéséhez először is félre kell dobnunk a géneket mint az evolúcióra vonatkozó elgondolásaink egyedüli alapját. Én lelkes darwinista vagyok, de azt hiszem, a darwinizmus túlságosan nagy elmélet ahhoz, hogy csak a génekre korlátozzuk alkalmazását. Az én tézisemben a gén csupán analógia, nem több. Végül is, mi olyan különleges a génekben? Az, hogy replikátorok.

A fizika törvényeiről feltételezzük, hogy igazak az egész ismert világegyetemben. Vannak-e vajon a biológiának olyan elvei, amelyek hasonlóan egyetemes érvényűek lehetnek? Amikor az úrhajósok távoli bolygókra utaznak, és az élet nyomai után kutatnak, számíthatnak rá, hogy olyan élőlényeket találnak, akik számunkra elképzelhetetlenül idegenek, és a földi élőlényektől eltérőek. De van-e valami, aminek igaznak kell lennie mindenfajta élet esetében, találják bárhol is, és bármi legyen is a kémiai alapja? Ha léteznek olyan életformák, melyeknek kémiája a szilíciumon és ammónián alapul, nem pedig szénen és vízen, ha olyan élőlényeket fedezünk fel, amelyek felforrva elpusztulnak - 100 °C-on, ha az életnek olyan formájára bukkanunk, amely

egyáltalán nem is kémián, hanem elektronikus reverberációs körökön alapul, lesz-e még valami általános elv, ami minden életre igaz? Nyilvánvaló, hogy ezt nem tudom, de ha fogadnom kellene, pénzemet egyetlen alapvető elvre tenném. Ez pedig az a törvény, hogy minden élet replikálódó egységek eltérő túlélése révén fejlődik ki. A mi bolygónkon uralkodó replikálódó egység történetesen a gén, a DNS-molekula. Elképzelhetők mások is. Ha vannak, akkor – feltéve, hogy bizonyos más feltételek is teljesülnek – szinte elkerülhetetlenül egy evolúciós folyamat alapjává válnak.

De vajon messzi világokba kell-e utaznunk ahhoz, hogy másfajta replikátorokra és ennek folyamányaként másfajta evolúcióra leljünk? Én azt hiszem, hogy nemrégiben egy újfajta replikátor bukkant fel éppen ezen a bolygón. Itt van, és belebámul a képünkbe. Még gyermekcipőben jár, még esetlenül sodródik ide-oda öslevesében, de máris oly gyors evolúciós változáson megy át, hogy mögötte a jó öreg gén messze lemaradva liheg.

Az új leves az emberi kultúra levelese. Az új replikátornak nevet kell adnunk, olyan nevet, amely a kulturális átadás egységének vagy az utánzás, az imitáció egységének gondolatát hordozza. A „miméma” szónak tetszetős görög származása van, de olyan egy szótagú nevet szeretnék találni, amely egy kicsit úgy hangzik, mint a „gén”. Remélem, klasszikus műveltségű barátaim megbocsátanak nekem, ha a mimémát *mémre* rövidítem. Ha ez némi vigaszt nyújt, akkor azt is gondolhatjuk, hogy a „memória” szóval vagy a francia *mème* (ugyanaz) szóval

rokon.

A mém lehet egy dallam, egy gondolat, egy jelszó, ruhadivat, edények készítésének vagy boltívek építésének módja. Éppúgy, ahogy a gének azáltal terjednek el a génkészletben, hogy spermiumok vagy peték révén testből testbe költöznek, a mémek úgy terjednek a mémkészletben, hogy agyból agyba költöznek egy olyan folyamat révén, melyet tág értelemben utánzásnak nevezhetünk. Ha egy tudós egy jó gondolatot hall vagy olvas, akkor továbbadja kollégáinak és tanítványainak. Megemlíti a cikkeiben és előadásaiban. Ha egy gondolatnak sikere van, azt mondhatjuk, hogy agyról agyra terjedve elszaporodik. Ahogy N. K. Humphrey megállapította e fejezet egyik korábbi változatáról: „...a mémeket élő struktúráknak kell tekintenünk, nem csupán metaforikusan, hanem technikai szempontból is. Ha egy termékeny mémet ültetsz az agyamba, akkor szó szerint élősködsz az agyaron, mert a mém terjesztésének eszközévé teszed, pontosan úgy, ahogy a vírus élősködik a gazdasejt genetikai mechanizmusán. És ez nem csupán fogalmazásmód – a »hit a halál utáni életben« mémje például fizikai értelemben is milliósámszámra keletkezik az egyének idegrendszerében levő struktúráként a világ minden táján.”

Vegyük például Isten létének eszméjét. Nem tudjuk, hogyan bukkant fel a mémkészletben. Valószínűleg több ízben keletkezett, egymástól független „mutációk” révén. Mindenesetre valóban nagyon régi. Hogyan készít magáról másolatokat? A mondott és írott szó révén, amit nagyszerű

zene és nagyszerű művészet támogat.

Miért van ilyen nagy túlélési értéke? Ne feledjük, hogy itt a „túlélési érték” nem a gén értékét jelenti a génekészletben, hanem a mém értékét a mémkészletben. A kérdés valójában ezt jelenti: mi adja Isten eszméjének stabilitását és gyakori megjelenését a kulturális környezetben? Az Isten-mém túlélési értéke a mémkészletben nagy lélektani vonzerejéből fakad. Látszólag egyszerű választ kínál a lét mély és zaklató kérdéseire. Azt sugallja, hogy az evilági igazságtalanságok helyrehozhatók egy következő világban. Az „örökkévaló karok” támaszunk saját fogyatékoságainkkal szemben, ami, mint az orvos placebója, attól még nem kevésbé hatásos, hogy csupán a képzelet teremtette. Többek között ez is indokolhatja, hogy Isten eszméje oly könnyedén másolódik egyedi agyak egymást követő generációiban. Isten létezik, ha másképp nem is, olyan mém formájában, amelynek az emberi kultúra kínálta környezetben nagy túlélési értéke vagy fertőzőképessége van.

Néhány kollégám felvetette, hogy az Isten-mém túlélési értékének ez a magyarázata kérdéses dolgokat bizonyítottnak vesz. Végső elemzésben mindig a „biológiai előnyhöz” szeretnének visszanyúlni. Nekik nem elég azt mondani, hogy Isten eszméjének „nagy lélektani vonzereje van”. Tudni akarják, hogy miért van nagy lélektani vonzereje. A lélektani vonzerő az agyakra ható vonzerőt jelent, az agyakat pedig a génekészlet génjeinek természetes szelekciója alakítja. Kollégáim tehát valamilyen magyarázatot keresnek arra, hogy egy ilyen agy

hogyan növeli a gének túlélését.

Nagyon rokonszenves számomra ez a gondolkodásmód, és nincs kétségem afelől, vannak genetikai előnyei annak, hogy ilyen agyunk van. Mindazonáltal azt hiszem, hogy ezek a kollégák, ha gondosan megvizsgálják saját feltevéseik alapjait, rá fognak jönni, hogy éppen annyi kérdéses dolgot vesznek bizonyítottnak, mint én. Alapjában véve azért helyénvaló, ha a biológiai jelenségeket a gének előnye alapján próbáljuk magyarázni, mert a gének replikátorok. Attól a pillanattól kezdve, hogy az ősseves megteremtette azokat a feltételeket, amelyek közt a molekulák másolatokat készíthetnek önmagukról, maguk a replikátorok vették át a hatalmat. Több mint hárommilliárd éven át a DNS volt az egyetlen említésre méltó replikátor a világban. De nem szükségszerű, hogy örökké megőrizze monopóliumát. Ha olyan feltételek alakulnak ki, melyek között egy újfajta replikátor másolatokat *tud* készíteni magáról, az új replikátor át fogja venni a hatalmat, és el fogja indítani a saját új típusú evolúcióját. Amint ez az új evolúció kezdetét veszi, semmiképpen sem szükségszerű, hogy a régit szolgálja. A régi, génszelekción alapuló evolúció, azáltal, hogy megteremtette az agyakat, biztosította azt a „levest”, amelyben az első mémek felbukkantak. Amint az első önmásoló mémek megjelentek, nekilendült saját, sokkal gyorsabb evolúciójuk. Mi, biológusok, oly mélyen elsajátítottuk a genetikai evolúció eszméjét, hogy hajlamosak vagyunk elfelejteni: ez csupán egy az evolúció sok lehetséges fajtája közül.

Az utánpótlás tág értelemben véve a mémek replikációjának

módja. Am éppúgy, ahogy nem minden replikálódásra képes gén sikeres, egyes mémek sikeresebbek a mémkészletben, mint mások. Ez a természetes szelekciónak felel meg. Már említettem konkrét példákat azokra a tulajdonságokra, melyek hozzájárulnak ahhoz, hogy a mém túlélési értéke nagy legyen. Általában azonban ezeknek azonosaknak kell lenniük a II. fejezet replikátoraival összefüggésben tárgyalt tulajdonságokkal: hosszú élet, termékenység és másolási megbízhatóság. A mém egy adott példányának hosszú életű volta valószínűleg viszonylag lényegtelen, éppúgy, ahogy a gén egy példánya esetében is ez a helyzet. Az „Auld Lang Syne” dallamának agyamban levő másolata csupán az én életem végéig fog tartani. Ugyanennek a dallamnak az a másolata, amely a Skót diákénekek könyve birtokomban levő kötetében van kinyomtatva, szintén nem valószínű, hogy sokkal tovább tartana. De arra számítok, hogy a jövő századokon át is lesznek ugyanennek a dallamnak másolatai papíron és az emberek fejében. Éppúgy, mint a gének esetében, a termékenység sokkal fontosabb, mint a konkrét példányok élettartama. Ha a mém egy tudományos gondolat, akkor elterjedése attól függ, mennyire elfogadható a tudós egyedek populációja számára; túlélési értékét durván megmérhetnénk azzal, ha megszámlálnánk, hogy az egymást követő években hányszor hivatkoztak rá a tudományos folyóiratokban. Ha népszerű dallam, akkor elterjedtségét a mémkészletben megbecsülhetjük annak alapján, hogy hány ember fütyüli az utcán. Ha nőicipőmodell, akkor a populációmemetikusok a

cipőboltok eladási statisztikáit használhatják fel. Egyes mémek, éppúgy mint egyes gének, ragyogó átmeneti sikert érnek el, és gyorsan elterjednek, de nem maradnak fenn hosszú ideig a mémkészletben. A popzene és a túsarok lehetnek erre példák. Mások, mint például a zsidó vallási törvények, évezredek át terjeszthetik magukat, rendszerint az írásos emlékek nagy potenciális tartóssága miatt.

Ezzel elérkeztünk a sikeres replikátorok harmadik általános tulajdonságához: a másolási megbízhatósághoz. Be kell vallanom, hogy itt ingatag talajon állok. Első pillantásra úgy tűnik, mintha a mémek egyáltalán nem volnának nagy megbízhatóságú replikátorok. Valahányszor egy tudós hall egy gondolatról, és továbbadja valaki másnak, valószínű, hogy kissé megváltoztatja. Nem csináltam titkot abból ebben a könyvben, hogy számos gondolatért R. L. Triversnek tartozom. Mégsem ismételt meg őket az ő szavaival. Kifordítottam a saját céljaimnak megfelelően, megváltoztattam a hangsúlyukat, összevegyítettem őket saját gondolataimmal és mások gondolataival. A mémek megváltozott formában jutnak el hozzánk. Átvitelük látszólag egészen más, mint a diszkrét, minden vagy semmi jellegű génátvitel. Úgy tűnik, mintha a mémátvitel folytonos mutációnak, valamint keveredésnek volna kitéve.

Lehetséges, hogy ez a nem atomos jelleg csupán illúzió, és a génekkel való analógia nem omlik össze. Végül is, ha megnézzük sok genetikai tulajdonság öröklődését, például az emberi magasságét vagy bőr színét, akkor az sem látszik oszthatatlan és elegyíthetetlen gének művének. Ha

egy fekete és egy fehér ember párosodik, gyermekeik nem feketék vagy fehérek lesznek, hanem közbülsők. Ez nem jelenti azt, hogy a hatást gyakoroló gének nem diszkrét egységek. Azt jelenti csupán, hogy oly sok gén játszik szerepet a bőrszín kialakításában, és mindegyiküknek oly kicsiny hatása van, hogy úgy látszik, mintha keverék gének volnának.

Eddig úgy beszéltem a mémekről, mintha nyilvánvaló volna, hogy miből áll egyetlen egységnyi mém. De természetesen ez távolról sem nyilvánvaló. Mondtam, hogy egy dallam egy mém, de mi a helyzet egy szimfóniával: hány mémből áll? Vajon az egyes futamok alkotnak egy mémet, vagy az egyes felismerhető dallamfrázisok, vagy az egyes ütemek, vagy az egyes akkordok, vagy mi?

Ugyanahhoz a szóbeli trükkhöz folyamodom, amit a III. fejezetben használtam. Ott a „génkomplexet” nagy és kis genetikai egységekre és egységeken belüli egységekre osztottam. A „gént” nem merev, minden vagy semmi módon határoztam meg, hanem alkalmas egységként, olyan kromoszómadarabként, amelynek éppen elegendő a másolási megbízhatósága ahhoz, hogy a természetes szelekció alkalmas egységként szolgáljon. Ha Beethoven IX. szimfóniájának egyetlen frázisa kellőképpen elkülönül, és jól megjegyezhető az egész szimfónia kontextusából kiragadva, sőt egy dühítően tolakodó európai rádióállomás szünetjelként használja, akkor ilyen mértékig megérdemli, hogy egy mémnek nevezzük. Ez mellelleg kézzelfoghatóan csökkentette számomra a teljes szimfónia élvezhetőségét. Hasonlóképpen, amikor azt mondjuk, hogy manapság

minden biológus hisz Darwin elméletében, ezen nem azt értjük, hogy minden biológus agyába bevésődött Charles Darwin pontos szavainak azonos másolata. Minden egyén a maga módján értelmezi Darwin gondolatait. Az illető valószínűleg nem Darwin saját írásaiból ismerte meg őket, hanem újabb szerzők révén. Amit Darwin mondott, annak jelentős része, részleteit tekintve, helytelen. Darwin, ha olvasná ezt a könyvet, aligha ismerné fel benne saját eredeti elméletét, noha remélem, hogy tetszene neki az a mód, ahogy megfogalmazom. Mégis, mindezek ellenére, van valami, a darwinizmusnak valamiféle lényege, ami jelen van minden ember fejében, aki érti az elméletet. Ha nem így volna, akkor értelmetlen volna szinte minden olyan állítás, hogy két ember egyetért egymással valamiben. Egy „idea-mémét” olyan entitásként határozhatnánk meg, mely alkalmas arra, hogy az egyik agyból a másikba átvigyük. Darwin elméletének mémje ennél fogva elképzelésének az a lényegi alapja, amelyben mindazok az agyak egyetértenek, akik értik az elméletet. Az abban levő különbségek tehát, ahogy az egyes emberek az elméletet képviselik, definíció szerint nem részei a mémnek. Ha Darwin elmélete felosztható volna összetevőkre úgy, hogy egyesek elfogadják A részét, de nem B részt, míg mások hiszik B-t, de nem A-t, akkor A-t és B-t különálló mémeknek tekinthetnénk. Ha szinte mindenki, aki hiszi A-t, hiszi B-t is – hogy genetikai kifejezéssel éljünk, ha a mémek szorosan „kapcsoltak” –, akkor célszerű őket egy mémmé összevonni.

Vigyünk tovább a mémek és gének közti analógiát. E

könyvben mindvégig hangsúlyoztam, hogy nem szabad a géneket tudatos, céltudatos tényezőknek képzelnünk. A vak természetes szelekció azonban oda vezet, hogy többé-kevésbé úgy viselkednek, mintha céltudatosak volnának, és kényelmes volt a rövidség kedvéért a génekről a célok nyelvén beszélni. Például amikor azt mondjuk, hogy „a gének megpróbálják növeíteni számukat a jövőző génkészletben”, akkor valójában azt értjük ezen, hogy „azok a gének, amelyek oly módon viselkednek, hogy növelik számukat a jövőző génkészletekben, jobbra ugyanazok a gének, amelyeknek hatásait a világban láthatjuk”. Ahogy kényelmesnek találtuk, hogy a génekről mint aktív ágensekről beszéljünk, melyek céltudatosan dolgoznak fennmaradásukért, talán kényelmes lehet a mémekről ugyanilyen módon gondolkodni. Egyik esetben sem kell misztifikálnunk. A cél fogalma mindkét esetben csupán hasonlat, de már láttuk, hogy milyen termékeny hasonlat a gének esetében. A génekkel kapcsolatban még olyan szavakat is használtunk, mint „önző” és „könyörtelen”, nagyon is jól tudván, hogy csupán nyelvi fordulatok. Kutathatunk-e vajon pontosan ugyanebben a szellemben önző vagy könyörtelen mémek után?

Van itt egy probléma, amely a verseny természetével kapcsolatos. Ahol ivaros szaporodás van, ott minden gén konkrétan a saját alléljaival verseng ugyanazért a kromoszómahelyért. A mémek esetében, úgy tűnik, nincs semmi olyasmi, ami egyenértékű volna a kromoszómákkal vagy az allélokkal. Feltételezem, hogy bizonyos triviális értelemben sok ideáról elmondhatjuk, hogy vannak

„ellentétek”. Altalában azonban a mémek a kezdeti replikálódó molekulákra hasonlítanak, melyek szabadon lebegtek az őselevesben, s nem a takarosan páros kromoszómarendbe állított mai génekre.

Hát akkor milyen értelemben versengenek egymással a mémek? Várhatjuk-e tőlük, hogy „önzők” vagy „könyörtelenek” legyenek, ha nincsenek alléljaik? A válasz az, hogy talán igen, mert bizonyos értelemben valamilyen versenyben kell állniuk egymással.

Mindenki tudja, aki digitális számítógépet használ, hogy milyen drága a gépidő és a memóriatár. Sok nagy számítóközpontban szó szerint pénzbe kerül; másutt minden felhasználónak kiosztják másodpercekben mért időrészét, és „szavakban” mért tárkapacitásrészét. Azok a számítógépek, ahol a mémek élnek, emberi agyak. Az idő valószínűleg fontosabb korlátozó tényező, mint a tárkapacitás, s ezért heves verseny folyik érte. Az emberi agy, és a test, amit vezérel, egyszerre csupán egy vagy legfeljebb néhány dolgot csinálhat. Ha egy mém uralkodni akar az emberi figyelmen, akkor azt csak „vetélytárs” mémek rovására teheti. Egyéb alkalmatosságok, amelyekért a mémek versenyeznek, a rádió és televízió műsorideje, hely a hirdetőtáblán, az újságok hasábjain és a könyvtári polcokon.

A III. fejezetben láttuk, hogy a génkészletben összehangolt génkomplexek bukkanhatnak fel. A lepkék mimikrijével kapcsolatos nagy génkomplex szorosan összekapcsolódott ugyanazon a kromoszómán, olyan szorosan, hogy egyetlen génként kezelhető. Az V.

fejlesztésben az evolúciósan stabil génekészlet finomabban kidolgozott elgondolásával találkozunk. Egymásnak kölcsönösen megfelelő fogak, karmok, belek és érzékszervek fejlődtek ki a ragadozók génekészletében, míg a tulajdonságok ettől eltérő stabil együttese emelkedett ki a növényevők génekészletéből. Történik-e vajon valami ehhez hasonló a memkészletekben? Összekapcsolódott-e, mondjuk, az Isten-mém más konkrét mémekkel, és ez az összekapcsolódás segíti-e a résztvevő mémek mindegyikének fennmaradását? Talán egy szervezett egyházat felépítményével, rítusaival, törvényeivel, zenéjével, művészetével és írott hagyományaival tekinthetnénk egymást kölcsönösen segítő mémek összehangolt, stabil együttesének.

Hogy egy konkrét példát vegyünk, a tan egyik aspektusa, amely nagyon hatásosan kényszerítette ki a vallás előírásainak való engedelmességet, a pokol tüzének fenyegetése. Sok gyermek és még egyes felnőttek is hisznek abban, hogy szörnyű kínokat fognak elszenvedni haláluk után, ha nem engedelmességek a vallási szabályoknak. Ez a meggyőzés különösen visszataszító technikája, s az embereknek nagy lelki gyötrelmeket okozott a középkorban, sőt még ma is. De nagyon hatásos. Szinte szándékosan tervezhette meg így egy mélylélektani indoktrinációs módszerekben jártos machiavellista papság. Kétlem azonban, hogy a papok ilyen okosak lettek volna. Sokkal valószínűbb, hogy öntudatlan mémek biztosították saját fennmaradásukat ugyanolyan pszudokönyörtelenség révén, mint amiről a

sikeres gének esetében is beszéltünk. A pokol tüzének eszméje egészen egyszerűen önfenntartó, a maga mélylélektani hatása miatt. Azért kapcsolódott össze az Isten-mémrel, mert a kettő erősíti egymást, és segíti egymás fennmaradását a memkészletben.

A vallási mémkomplex egy másik tagját hitnek nevezzük. Ez vak bizalmat jelent bizonyítékok hiányában, sőt még a kényszerítő bizonyítékok ellenében is. A Hitetlen Tamás történetét nem úgy mondják el, hogy becsüljük Tamást, hanem úgy, hogy a többi apostolt tiszteljük. Tamás bizonyítékot követelt. Nincs halálosabb veszély a mémek bizonyos fajtáira nézve, mint a bizonyítékok után kutatás hajlama. A többi apostolt, akinek hite oly erős volt, hogy nem volt szüksége bizonyítékra, követésre méltó példaként állítják elénk. A vakhit mémje a racionális vizsgálódástól való elrettentés egyszerű, öntudatlan kibúvójával biztosítja saját fennmaradását.

A vakhit bármit igazolhat. Ha egy ember más istent hisz, sőt ha más rituáléval imádja ugyanazt az istent, a vakhit kijelentheti, hogy meg kell halnia – a kereszten, máglyán vagy keresztes lovag kardjára tűzve, egy bejrúti utcán lelőve, vagy egy belfasti kocsmában felrobbantva. A vakhit mémjeinek megvannak a maguk könyörtelen módszerei önmaguk fenntartására. Ez éppúgy elmondható a hazafias és a politikai vakhitről, mint a vallásosról.

A mémek és a gének gyakran erősíthetik egymást, ám néha szembekerülnek egymással. A papi nőtlenség szokását feltehetőleg nem genetikailag öröklik. A cölibátus génje kudarcra van ítélve a génkészletben, nagyon sajátos

körülményeket kivéve, amelyeneket például az államalkotó rovaroknál találunk. A papi nőtlenség mémje azonban sikeres lehet a mémkészletben. Tegyük fel például, hogy a mém sikere döntő módon azon múlik, hogy mennyi időt töltenek az emberek azzal, hogy tevékenyen átvigyék más emberekbe. Minden perc, amit nem azzal töltenek, hogy megpróbálják a mémet átvinni, a mém szempontjából elvesztegetett időnek tekinthető. A cölibátus mémjét papok viszik át fiatal fiúkra, akik még nem döntötték el, mit akarnak kezdeni az életükkel. Az átvitel eszközei az emberi befolyás különféle módjai, mondott vagy írott szó, személyes példa és így tovább. Az érvelés kedvéért tegyük fel, hogy a házasodás történetesen gyengítette egy pap befolyásának erejét a hívekre, mondjuk azért, mert idejének és figyelmének nagy részét lekötötte. Ezt csakugyan fel is hozták hivatalos indokként a papi nőtlenség kikényszerítése érdekében. Ha igaz volna, akkor az következne belőle, hogy a papi nőtlenség mémjének nagyobb túlélési értéke lehetne, mint a házasodás mémjének. Természetesen ennek pontosan az ellenkezője volna igaz a cölibátus *génje* tekintetében. Ha a pap a mémek túlélőgépe, akkor számára a cölibátus beépítésre érdemes, hasznos tulajdonság.

A cölibátus csupán egy kisebb jelentőségű tag az egymást kölcsönösen támogató vallási mémek nagy együttesében. Az a feltevés, hogy az összehangolt mémkomplexek pontosan olyan módon fejlődnek ki, mint az összehangolt génkomplexek. A szelekció kedvez azoknak a mémeknek, melyek saját előnyükre használják ki kulturális

környezetüket. A kulturális környezet más mémekből áll, melyekre ugyancsak hat a szelekció. A mémkészlet ennél fogva egy evolúciósan stabil készlet tulajdonságait veszi föl, melybe új mémeknek nehéz betörni.

A mémekről idáig egy csöppet elítélőleg szóltam, de megvan a vidám oldaluk is. Amikor meghalunk, két dolgot hagyhatunk magunk után: géneket és mémeket. Géngépeknek épültünk, arra teremtve, hogy továbbadjuk génjeinket. Ez az oldalunk azonban feledésbe merül három nemzedék múlva. Gyermeünk, sőt unokánk emlékeztethet ránk, talán arcvonásaiban, zenei tehetségében, haja színében. Ám ahogy a nemzedékek múlnak, génjeink hozzájárulása feleződik. Nem kell hozzá sok idő, és elhanyagolható töredékké válnak. Génjeink lehetnek halhatatlanok, de génjeinknek az az *együttese*, mely bármelyikünket alkotja, arra ítéltetett, hogy szétporladjon. II. Erzsébet egyenes leszármazottja Hódító Vilmosnak. Mégis nagyon valószínű, hogy egyetlenegy sem hordoz a régi király génjei közül. Nem szabad halhatatlanságot keresnünk a szaporodásban. Ám ha hozzájárulunk a világ kultúrájához, ha van egy jó gondolatunk, komponálunk egy dallamot, feltalálunk egy gyűjtőgyertyát, írunk egy költeményt, az érintetlenül tovább élhet jóval azután is, hogy génjeink már feloldódtak a közös génkészletben. Az is lehet, hogy él még Szókratész egy-két génje a világban, az is lehet, hogy nem, ahogy G. C. Williams megjegyzi, de ki törődik vele? Szókratész, Leonardo, Kopernikusz és Marconi mémkomplexei viszont még mindig életerősek. Bármily spekulatív legyen is az a mód, ahogy

mémelméletemet kidolgozom, van egy fontos tétele, amit újra hangsúlyozni szeretnék: amikor kulturális tulajdonságok evolúcióját és túlélési értékét vizsgáljuk, világosan látnunk kell, hogy minek a túléléséről beszélünk. A biológusok, mint láttuk, ahhoz szoktak hozzá, hogy az előnyöket a gének szintjén vizsgálják (vagy az egyed, a csoport, a faj szintjén, ízlés szerint). Amit eddig még nem vettünk figyelembe, az az, hogy egy kulturális tulajdonság kifejlődhetett úgy, ahogy kifejlődött, egyszerűen azért, mert önmagára nézve előnyös. Nem kell szokványos biológiai túlélési értékek után kutassunk olyan jellegek esetében, mint a vallás, a zene és a rituális tánc, ámbár lehetséges, hogy ilyenek is jelen vannak. Amint a gének olyan aggyal látták el túlélőgépeiket, amely képes a gyors utánzásra, a mémek automatikusan átveszik a hatalmat. Még csak genetikai előnyt sem kell tulajdonítanunk az utánzásnak, noha ez minden bizonnyal segítene. Mindössze az szükséges, hogy az agy képes legyen az utánzásra, s olyan mémek fognak kifejlődni, amelyek a végsőkéig kihasználják ezt a képességet.

Most már lezárom az új replikátorok témáját, és a könyvet mérsékelt reménykedő megjegyzéssel fejezem be. Az ember egyik egyedülálló tulajdonsága, mely lehet hogy mémikusan fejlődött ki, lehet hogy nem, a tudatos előrelátás képessége. Az önző géneknek nincs előrelátásuk (és ha az olvasó helyben hagyja az e fejezetbeli spekulációt, a mémeknek sincs). Öntudatlan, vak replikátorok. Az a tény, hogy replikálódnak, bizonyos további feltételekkel együtt azt jelenti, hogy akarva, nem

akarva, olyan tulajdonságok kifejlődése irányába haladnak, melyek e könyv sajátos szóhasználatával önzőnek nevezhetők. Az egyszerű replikátortól, legyen az gén vagy mém, nem várhatjuk, hogy lemondjon rövid távú önző hasznáról, még akkor sem, ha valójában hosszú távon megfizet érte. Ezt láttuk az agresszióról szóló fejezetben. Annak ellenére, hogy „a galambok konspirációja” jobb lenne *minden* egyes egyed számára, mint az evolúciósan stabil stratégia, a természetes szelekció óhatatlanul az ESS-nek kedvez. Lehetséges, hogy az ember egy további egyedülálló tulajdonsága az igazi, érdektől mentes, valódi önzetlenségre való képesség. Remélem, így van, de nem fogok se mellette, se ellene érvelni, sem pedig lehetséges mémikus evolúciójáról spekulálni. Amit már most állítok, az az, hogy még ha a sötét oldalát nézzük is, és feltételezzük, hogy az egyén alapvetően önző, tudatos előrelátásunk – az a képességünk, hogy a jövőt képzeletben szimulálni tudjuk – megmenthetne bennünket a vak replikátorok legrosszabb önző túlkapásaitól. Megvannak legalábbis a szellemi eszközeink arra, hogy hosszú távú önző érdekeinket segítsük elő, s ne csupán a rövid távúakat. Láthatjuk a „galambok konspirációjának” hosszú távú előnyeit, és összeülhetünk megbeszélni, hogyan tudnánk elérni, hogy ez a konspiráció eredményes legyen. Megvan a hatalmunk ahhoz, hogy dacoljunk velünk született önző génjeinkkel, és ha szükséges, a belénk táplált, belénk nevelt, önző mémekkel is. Még annak módját is megbeszélhetjük, hogy tudatosan ápoljuk a tiszta, érdekmentes önzetlenséget – olyasmit, aminek nincs helye a természetben, olyasmit, ami

még sohasem létezett a világ egész eddigi történetében. Géngépeknek építettek bennünket, és mémgépekként nevelkedtünk, de megvan a hatalmunk ahhoz, hogy szembeforduljunk a teremtőinkkel. Mi, egyedül a Földön, fellázadhatunk az önző replikátorok zsarnoksága ellen.

Vége

Tartalom

- [Előszó](#)
- [I. Miért vannak emberek?](#)
- [II. A replikátorok](#)
- [III. Halhatatlan spirálok](#)
- [IV. A géngép](#)
- [V. Agresszió: stabilitás és az önző gép](#)
- [VI. A génkedés művészete](#)
- [VII. Családtervezés](#)
- [VIII. Nemzedékek harca](#)
- [IX. A nemek harca](#)
- [X. Te vakarod a hátam,](#)
- [XI. Mémek: az új replikátorok](#)