

# Homológia<sup>1</sup>

**Ha jobban megnézzük az élőlények hasonlóságait, akkor e hasonlóságok eloszlása nem az evolucionizmust, inkább az értelmes eredet elképzelését támogatja.**

A taxonómusnak (a rendszertannal foglalkozó szakembernek) az a feladata, hogy az élő szervezeteket például aszerint osztályozza, hogy vajon szőrt, tollat vagy pikkelyt viselnek-e. Az a célja, hogy a szervezeteket hasonlóságaik alapján egymással csoportosítsa, illetve eltéréseik alapján egymástól megkülönböztesse. A taxonómiában azonban van értelmezés is. Ha már leírta a hasonlóságokat, a taxonómus megpróbálja megmagyarázni, hogy ezek mit is jelentenek. Miért tudjuk az élő szervezeteket különböző kategóriák szerint osztályozni, annak megfelelően, hogy milyen fajt, nemzetséget, családot, rendet, osztályt és törzset képviselnek? Miért van az, hogy a gerincesek teste alapvetően azonos módon épül fel, az őket elválasztó számos nyilvánvaló különbség ellenére is? Egyáltalán, miért osztályozhatók az élő szervezetek? Az élő szervezetek eloszlása elméletileg teljesen véletlenszerű is lehetne, vagy alkothatnának egymásba átmenő, egymást átfedő csoportokat is, ahelyett, hogy takarosán egyre kisebb csoportokat alkotnak a nagyobb csoportokon belül.

## Marinak volt egy barija (*Ovis aries*)

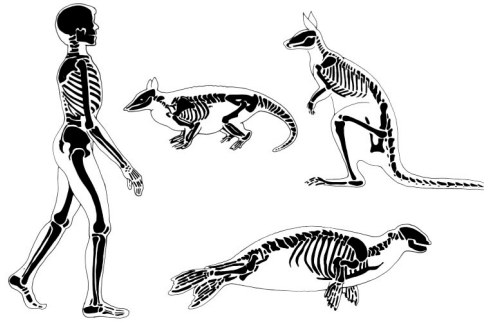
Az, hogy az élőlényeket egyáltalán osztályozni tudjuk, azt jelenti, hogy különböző fokú hasonlóságokat figyelhetünk meg közöttük. A kutya sokkal inkább hasonlít a farkasra, mint a rókára, ezért a kutya és a farkas ugyanahhoz a nemzetséghez (*Canis*) tartozik, míg a róka egy másikhoz. A kutya ugyanakkor sokkal jobban hasonlít a rókára, mint a macskára, ezért ugyanabba a családba (*Canidae*) sorolják őket, míg a macskát egy másik családba. Azonban a kutya és a macska között sokkal több a hasonlóság, mint a kutya és a ló között, ezért ugyanahhoz a rendhez (*Carnivora*) tartoznak, míg a ló egy másikhoz. De még mindig sokkal jobban hasonlít egy kutya egy lóhoz, mint egy halhoz, ezért ugyanabba az osztályba (Emlősök) sorolják őket, míg a halat egy másikba. Ugyanakkor a kutya jobban hasonlít egy halhoz, mint egy féreghez, ezért ugyanabba az altörzshez (Gerincesek) soroljuk, míg a férgeket egy másikba. Mindazonáltal a kutya és a féreg között több a közös vonás, mint egy tölgyfa és egy kutya között, ezért az előbbieket az állatvilághoz, míg a tölgyfa a növényvilághoz tartozik.

Darwin számára a hasonlóság volt az egyik legfőbb érv az evolúció mellett. A hasonlóságot „családi vonásként” értelmezte: két szervezet azért hasonlít egymásra, mert egy közös ős-től erednek. Képzeljünk el egy fényképet egy nagy, népes családról. A családi vonások nyilvánvalóak: a testvérek sokkal jobban hasonlítanak egymásra, mint az unokatestvérek, és így tovább. Ugyanígy, mondják az evolucionisták, a hasonlóság foka azt mutatja meg, mennyire közeli rokonságban vannak egymással az egyes szervezetek. Az, hogy például az összes emlős azonos testfelépítésű (lásd 6. ábra), számukra azt sugallja, hogy egy közös őstől származnak, amely eredetileg kifejlesztette ezt a testfelépítést. Feltételezésük szerint az emlősök közötti különbségek azt mutatják, hogyan alkalmazkodott az alapfelépítés az egyes fajokban a természetes kiválasztódás hatására.

A hasonlóságokon alapuló érvek a megkövült maradványok közötti hézagok miatt napjainkra sokkal fontosabbak lettek, mint Darwin idejében voltak. Mivel a paleontológusok a kőületek alapján eddig nem tudtak leszármazási láncot kimutatni az egyik szervezettől a másikig, egyedül a hasonlóságokra hagyatkozhatnak a feltételezett rokonsági fokok megállapítása során.

---

<sup>1</sup> Szerkezeti hasonlóság a különböző organizmusok anatómiai részei között, amely az evolucionisták szerint a közös távoli ős azonos (vagy közel azonos) megfelelő testrészének evolúciós differenciálódásával alakult ki. Különbözik az *analógiától*, amely a különböző eredetű és szerkezetű anatómiai szervek azonos funkcióját jelenti.



6. ábra. Példák az emlősök testfelépítésére

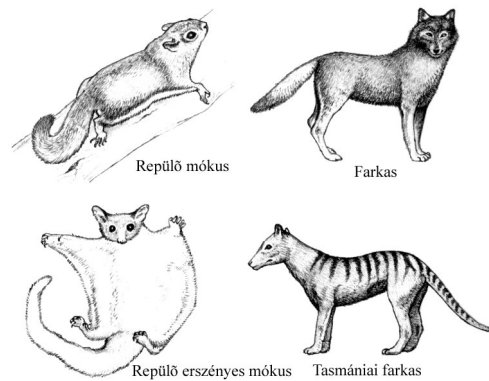
## Összevissza mintázatok

A darwini elmélet szerint, minél több hasonlóság van két szervezet között, annál közelebbi evolúciós kapcsolatban állnak egymással. Azonban a hasonlóságok felismerése és értelmezése nem olyan egyszerű, mint ahogy első pillantásra tűnik. Ha megpróbálunk túllépni a legnyilvánvalóbb hasonlóságokon – a legtöbb madárnak tolla van, a halak legtöbbje pikkelyes –, nem mindig könnyű eldönteni, hogy mely szervezeteket kell egy csoportba sorolni. A hasonlóságok összevissza mintázatot mutatnak, ami rendkívül megnehezíti az osztályozást.

## Ellentmondó hasonlóságok

Vizsgáljuk meg az erszényeseket – azokat az emlősöket, amelyek újszülött kicsinyeiket az anya hasán található erszényben nevelik (ellentétben a méhlepényes emlősökkel, amilyen az ember is). Az erszényes és a méhlepényes emlősök néha meglepően hasonlóak (lásd 7. ábra). Például csontvázuk tekintetében az észak-amerikai farkas és a ma már kihalt tasmániai farkas nagyon közel állnak egymáshoz, néhány tulajdonságukban szinte megkülönböztethetetlenek. A tasmániai farkas viselkedése és életmódja is nagyon hasonló volt az észak-amerikai farkaséhoz. Azonban e közeli párhuzamok ellenére, mivel néhány tulajdonságukban (pl. állkapocs, fogazat, szaporodási mód) eltértek egymástól, a két állatot a taxonómia egészen eltérő kategóriába sorolja: az észak-amerikai farkast a kutyákkal, a tasmániai farkast pedig a kengurukkal egy csoportba.

A farkasokon kívül találunk még olyan erszényes állatokat, amelyek rendkívül hasonlóak a macskához, a mókushoz, a földikutyához, a hangyászhoz, a vakondhoz és az egérhez. Az erszényesek egy rendkívül érdekes taxonómiai kérdést vetnek fel: Ha a taxonómiai osztályozás alapja a hasonlóság, mit tegyünk, amikor a hasonlóságok ellentmondásosak? Az erszényes farkas a megtévesztésig hasonlít a méhlepényes farkashoz a legtöbb tulajdonságában, ám egy alapvető tulajdonsága a kenguruéval egyezik meg. Vajon melyik hasonlóság alapján építsük fel osztályozási rendszerünket?



7. ábra. Példa a szembeszökő párhuzamokra a méhlepényes (fent) és az erszényes (lent) emlősök között

## Funkció kontra szerkezet

A madarak és a rovarok szárnya is a repülést szolgálja. Mindkettő ugyanazon az elven működik: a légáramlat a szárny felületén emelőerőt kelt, a szárnycsapások előre mozgást eredményeznek. Azonban a madarak és a rovarok szárnyának belső szerkezete teljesen eltérő. A madarak szárnya izmokból áll, amelyeket a vérerek hálózata lát el energiával és oxigénnel. A szárnyat belülről csontok támasztják. A rovarok szárnyában ezzel ellentétben nincsenek csontok vagy vérerek. Egy vékony hártyából áll, amelyet a papírsárkányhoz hasonlóan drótszerű hálózat feszít ki.

Mi a fontosabb az osztályozás szempontjából? A működésbeli vagy a szerkezeti hasonlóság? Az első nagy rendszertan szakértő, Linné szembesült ezzel a problémával, és az utóbbit választotta: a repülő rovarokat az egyéb rovarokkal sorolta egy osztályba, mert azokkal hasonló szerkezeti felépítésűek, és nem a madarakkal, ami pedig szintén indokolható lett volna. A szerkezeti hasonlóságot **homológiának**, a funkcionális hasonlóságot **analógiának** nevezte el.

A darwini elmélet követői azt feltételezik, hogy a homológiák az evolúciós leszármazás bizonyítékai. Például a gerincesek csontváza közötti hasonlóságokat úgy értelmezik, hogy azok a közös őstől való leszármazás bizonyítékai. Az analógiákat ugyanakkor az ún. **konvergens evolúciónak**, azaz a hasonló környezethez való hasonló alkalmazkodásnak tulajdonítják. A rovarok és a madarak evolúciója egymástól független folyamat volt – mondják –, amely a környezeti hatások nyomására azonos irányt követett.

Azonban a homológiát és az analógiát olykor nehéz egymástól megkülönböztetni. A homológiának gondolt szerkezeti felépítések néha egészen eltérőek lehetnek mind megjelenésüket, mind funkciójukat tekintve. Gondoljunk csak a denevérek szárnyára és a lovak mellső lábára. Ugyanakkor nagyon hasonlóknak látszó struktúrákat, amelyek azonos funkciót töltenek be, tisztán analógiáknak, s így az osztályozás szempontjából lényegtelennek kellene tekintenünk. Gondoljunk csak a halak és a bálnák testének formájára. Pályafutása elején Linné a ceteket (bálnák) a halakhoz sorolta, mert akkor még nem jött rá, hogy halformájú testük nem homológ, hanem analóg hasonlóság.

A taxonómia történetében sokszor előfordult, hogy a megdöbbenően hasonló struktúrákról, amelyeket eleinte homológiának tekintettek, a későbbiekben kiderült, hogy analógiák. Úgy tűnik, nagyon sok szerkezeti felépítés keverék, azaz egyszerre mutat homológ és analóg hasonlóságokat.

## A rejtélyes panda

Az óriáspanda és a kis- vagy vörös panda ékesszóló bizonyítéka a homológ és analóg struktúrák problémájának. Mindkét panda a délnyugat-kínai bambuszerdőkben honos. A tudósok több mint egy évszázadon keresztül képtelenek voltak megegyezni abban, hogy a kétféle panda vajon a medvék vagy a mosómedvék családjába tartozik-e. A velük foglalkozó kutatások fele arra a következtetésre jutott, hogy a pandák medvék, a másik fele pedig arra, hogy mosómedvék. Végül 1964-ben végeztek egy kutatást, amelynek következtetése mára általánosan elfogadottá vált. Hogy mi a végső következtetés? Az, hogy az óriáspanda medve, míg a vörös panda mosómedve!



*A kis- vagy vörös panda. Az óriáspandához hasonlóan a vörös panda is Délnyugat-Kínában őshonos bambuszevő*

Ez a történet klasszikus példája annak, hogy a tudósok gyakran képtelenek eldönteni, melyik hasonlóságot kezeljék döntő fontosságúnak. Az 1964-es kutatásig legalább a tekintetben azonos állásponton voltak, hogy a kétféle panda közeli rokonságban van egymással, és ugyanabba a családba kell sorolni őket. Lenyűgöző hasonlóságokat látunk csontvázuk, belső szerveik, viselkedésük és kromoszómáik száma tekintetében, ami a két állatot szorosan összekapcsolja, a többi állattól pedig elkülöníti.

Talán a legmegdöbbentőbb hasonlóság az, hogy mindkét pandának van „nagyujja” (lásd 8. ábra). Ez nem igazi nagyujj, hanem inkább a csuklóízület csontkinövése. Azonban nagyon is hüvelykujjként működik, és valamelyest szembe is fordítható a tenyérrel. Az óriáspanda bambuszhámozásra használja, amivel a nap legnagyobb részében foglalkozik. A vörös panda hüvelykujja kisebb, mint az óriáspandáé, de nagyjából ugyanarra használja.

A két pandaféle közötti szembeszökő hasonlóságokat évszázadokon keresztül homológoknak tekintették, és az állatokat egy csoportba sorolták. Ma azonban külön családba sorolják őket, így hasonlóságaikat is „analógiákként” értelmezik, ami elég visszás egy olyan különleges valami esetében, mint a szokatlan hüvelykujj.

A hasonlóságokat nem mindig könnyű észrevenni vagy értelmezni. Egy állat bizonyos tulajdonságaiban hasonlíthat az egyik csoporthoz, más jellemzőiben viszont egy másik csoporthoz (lásd az erszényesek példáit), ami választásra kényszeríti a rendszertanásokat, hogy mely

hasonlóság alapján osztályozzanak. Mi alapján dönti el egy tudós, hogy mely hasonlóságok fontosak az osztályozás szempontjából (homológiák) és melyek mellékesek (analógiák)?



8. ábra. A pandák „tenyere” a hüvelykujjal

A taxonómusok igyekeztek meghatározni, mely feltételek alapján lehet megkülönböztetni az analógiákat a homológiáktól. Az általános nézet az, hogy a természetes kiválasztódás sokkal inkább hasonló struktúrákat produkál – mint amilyen az észak-amerikai farkas és a tasmániai farkas csontváza –, nem pedig olyan igen specifikus tulajdonságokat, mint az erszényesek erszénye. Ezáltal az általános csontvázbeli hasonlóságok sokkal ésszerűbben magyarázhatók a konvergens evolúcióval, míg az erszényes emlősök erszényére sokkal kézenfekvőbb magyarázatot kínál az evolúciós leszármazás. De még ennek a feltételnek a meghatározása is szubjektív a tekintetben, hogy el kell dönteni, az evolúció során milyen változás lenne a legvalószínűbb, s gyakran még a taxonómusok is összevesznek azon, hogyan osztályozzák az organizmusokat. Van egy mondás, mely szerint ahány taxonómus, annyiféle osztályozási rendszer. Bár ez így kissé túlzó kijelentés, azért van némi igazságtartalma.

Ez a megközelítés továbbá eleve feltételezi, hogy a makroevolúció megtörtént, ahelyett, hogy azt próbálná kideríteni, vajon *tényleg* megtörtént-e. Sajnos már magát a „homológ” kifejezést is gyakran úgy definiálják, hogy az magában foglalja az evolúció fogalmát. A mai biológiai könyvek többsége azt a meghatározást adja a homológiáról, hogy az egy közös őstől származó szerkezeti hasonlóság. Ennek eredményeképp az evolucionisták néha akaratlanul is a körkörös érvelés hibájába esnek: az evolúciós leszármazás fogalmát alkalmazzák a hasonló struktúrák megmagyarázására, a strukturális hasonlóságok meglétét pedig a makroevolúció lejátszódásának bizonyítékeként idézik.

## A tervezés eredménye

Amennyiben a pusztán tény, hogy az élőlények osztályozhatók, óhatatlanul darwini következtetéshez vezet, igen meglepő, hogy az osztályozás ténye kétezer évig nem gyakorolt ilyen hatást. Az emberek azelőtt is hatékonyan osztályoztak, hogy Charles Darwin feltűnt volna a színen a 19. században, anélkül, hogy a családi kapcsolatok fogalmát alkalmazták volna. Ehelyett azokat a struktúrákat, amelyek organizmusok nagy csoportjaira voltak jellemzőek, egy eredeti terv kibontakozásaként és adaptációjaként értelmezték.

Nagyon sok olyan dolog van, amelyek nem egy közös őstől származnak, mégis osztályozhatóak: autók, festmények, ácsszerszámok. Röviden: minden ember alkotta tárgy. Mi teszi az összes Fordot, az összes Rembrandtot, az összes csavarhúzókat hasonlónak? Az, hogy mindegyik egy közös minta, az őket létrehozó ember elméjében megszülető terv alapján készült. Saját tapasztalatainkból tudjuk, hogy amikor az emberek tárgyakat – például autómotorokat – tervez-

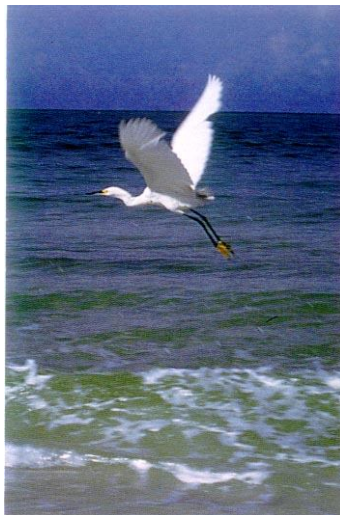
nek, egy alapelképzelésből indulnak ki, s aztán azt a különböző rendeltetési céloknak megfelelően alkalmazzák, módosítják. Lehetőség szerint a tervezők már meglévő sablonokból és elképzelésekből indulnak ki, nem pedig mindent előlről kezdenek. Az emberi gondolkodás működéséről szóló tapasztalatainkból következtethetünk arra, vajon hogyan működhetett az ősertelem.

## Az élő mozaik

Az intelligens tervezés és a természetes leszármazás elmélete egyaránt magyarázattal szolgál arra, hogy az élőlények között miért találunk hasonló struktúrákat. S mivel mindkét elmélet képes megmagyarázni a hasonlóságokat, *a hasonlóságok pusztá ténye nem tekinthető bizonyítéknak egyik elmélet igazolására vagy cáfolására sem.* Van azonban még egy dolog, amit figyelembe kell vennünk, mégpedig a hasonlóságok szabálytalan, rendszertelen mintázatát.

Emlékezzünk vissza az erszényesek rejtélyére. A darwini elmélet szerint a farkasok, macskák, mókusok, mormoták, hangyászok, vakondok és egerek sablonja kétszer alakult ki: egyszer a méhlepényes emlősöknél, és még egyszer, az előbbiektől teljesen függetlenül, az erszényeseknél. Ez ugyanolyan, mintha elképesztő módon azt állítanánk, hogy a mutációk és a természetes kiválasztódás véletlen, irányítatlan folyamata valahogyan többször is azonos tulajdonságokat hozott létre teljesen különböző organizmusokban.

Vagy vegyük a repülés problémáját. A levegőnél nehezebb tárgyak repülése hihetetlenül komplex adaptációs csomagot igényel, amely gyakorlatilag a test minden szervére kihatással van. A darwinisták azonban azt állítják, hogy a repülés képessége nem egyszer, hanem *négy-szer* alakult ki, egymástól teljesen függetlenül: a madarak, a rovarok, az emlősök (denevérek) és a pterozauruszok (repülő hüllők) esetében.



***Nemcsak a szárnyak, de a csontváz, a szív, a légzőrendszer és sok egyéb szerv összehangolására van szükség ahhoz, hogy a madár repülni tudjon***

Ezek a példák arra mutatnak rá, hogy a hasonlóságok nem evolúciós (genealógiai) leszármazást sugalló, egyszerű leágazásos mintázatot követnek, hanem komplex mozaikként, azaz moduláris mintázatként fordulnak elő. Hasonló struktúrák – pl. a hemoglobinmolekula – sok helyen előfordulnak az élő szervezetek mozaikjában, ahhoz hasonlóan, mint a fel-felbukkanó ezüstsál a hímzett faliszőnyegen. A hasonlóságokat úgy is le lehet írni, mint állandósult sablonokat vagy egyedi építőköveket, amelyekből különböző mintázatok alakíthatók ki, hasonló-

an a számítógép-programok szubrutinjaihoz. A genetikai programok mindegyike magában foglalja e szubrutinok különböző alkalmazásait, amelyek a ma látható biológiai formák változatosságát idézik elő.

Egy másik hasonlattal élve, az élő szervezetek közötti hasonlóságok olyanok, mint az előre összeszerelt egységek, amelyek egy bonyolult elektronikai áramkörbe csatlakoztathatók. Aszerint variálhatók, hogy az organizmusnak mely tulajdonságokra van szüksége ahhoz, hogy az egyes funkciókat el tudja látni a szárazföldön, a vízben vagy a levegőben. A szervezetek mozaikok, amelyek minden egyes biológiai szinten ilyen egységekből épülnek fel. E nézet szerint a hasonló struktúrák meglétéből semmiféle evolúciós eredet nem következik.

(Percival Davis és Dean H. Kenyon: Pandák és emberek c. könyve alapján.)