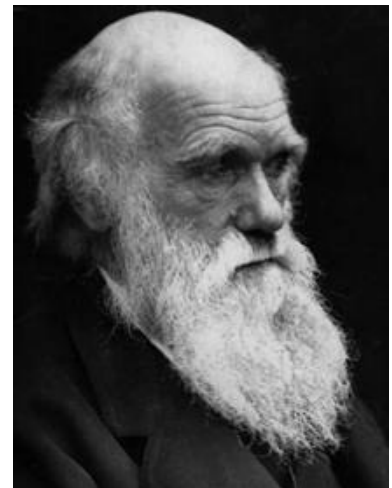


Az evolúciós gondolat

Evolúció: (természet)tudományos elmélet

- Természet tudományos elmélet:
 - (végső soron) megfigyeléseken alapuló jóslatokat tesz
 - jól megválasztott kísérletekkel, megfigyelésekkel cáfolható (falszifikálható)
- Az „evolúció” szó a tudományos szóhasználatban jelenti:
 - Az élővilág történetét
 - A fajok átalakulásának tényét és mechanizmusait
- Az evolúció **nem** jelenti:
 - az élőlények tökéletesedését, a komplexitás növekedését
 - a többi természettudományos elmülethez hasonlóan az azt elfogadók filozófiai állásfoglalását
- Charles Darwin: *The Origin of Species by Means of Natural Selection (A fajok eredete természetes szelekció útján)*, 1859)1. kiadás, 1872 (6. kiadás): az addigi nézetek kiváló szintézisét adja, eredeti meglátásait ma is az evolúció alapvető jellemzőinek tekintjük (számosat újra felismertek a 20. században!)

- Alfred Russell Wallace: Darwintól függetlenül felismerte a természetes szelekció jelentőségét



Irodalom:

• *Charles Darwin: A fajok eredete, 1999, Typotex, Budapest (ford.: Kampis György)*

• *Ernst Mayr: Mi az evolúció? Vince Kiadó, 2003.*

Az evolúciós gondolat története dióhéjban

A konvencionális nézeteket megkérdőjelező felfedezések:

•Geológiai megfigyelések: a Föld rendkívül ősi

- James Hutton (1726-1797): a múltban geológiai struktúrákat létrehozó erők ma is működnek
- Charles Lyell (1797-1875): a modern geológia megalapozója, az ember ősi eredete mellett is érvel (Föld: több száz millió éves)

• Egyre nagyobb számban előkerülő leletek

- Kétségtelenül ma nem élő állatok maradványai (pl. Sir Richard Owen)
- Felsőbb rétegekben egyre jobban hasonlítanak a maiakra (pl. Georges Cuvier)

Megoldási javaslatok:

• Katasztrófaelméletek:

- Lokális vagy globális katasztrófák sorozata, új benépesülés (G. Cuvier, A. Sedgwick)

• Az élőlények átalakulása egymásba (evolúció)

- Erasmus Darwin (1731-1802): az élet „fonala”
- Jean Baptiste de Lamarck (1744-1829): szerzett tulajdonságok öröklődése
- Charles Darwin (1809- 1882): bemutatja a fajok változásra való képességét (házasítás, variációk), és a versengés létét (ihletője Malthus (1766-1834): a populáció növekedése igen hamar kimeríti az erőforrásokat): egységes keretbe foglalja és a komoly tudományos elméletek szintjére emeli az evolúciót

A(z első) nagy összecsapás:

• A Brit Tudományfejlesztési Társaság 1860-as közgyűlése:

- Samuel Wilberforce (Owen) vs. Thomas Huxley (Darwin)

Az evolúció bizonyítékai

Pontosabban: megfigyelések, amelyek alátámasztják az elméletet (messze a teljesség igénye nélkül!!)

- Tenyésztői tapasztalat:
 - élőlények szelektálhatók adott tulajdonságokra
- Járványok kialakulása:
 - A kórokozók (vírusok, baktériumok) mindig újabb változatai jelennek meg, sőt, terjednek fajról fajra
- Biogeográfia:
 - egy adott területen sokszor igen hasonló (rokon) élőlényeket találunk (élőket és kihaltakat is)
- Paleontológia:
 - A régebbi korokra datálható kövületek ma már nem élő formáknak felelnek meg, időben távolodva a mai élőlényektől egyre jobban különböző fajokat találunk
- Embriológia:
 - Az egyedfejlődés igen sok állatcsoportban nagyon hasonló módon indul, nem ritkán felfedezhetőek az egyes komplex szervekhez vezető fokozatos módosulások
 - Csökevényes szervek megléte
- Molekuláris biológia:
 - Az élőlények molekuláris működése az egész élővilágban igen nagy hasonlóságot mutat
 - A genetikai állomány a rokonnak tekintett fajoknál igen hasonló
- Elméleti biológia:
 - Az evolúciós mechanizmusok alapjai jól modellezhetők pl. számítógéppel (pl. „genetikus algoritmusokkal” való problémamegoldás)

Homológia / analógia

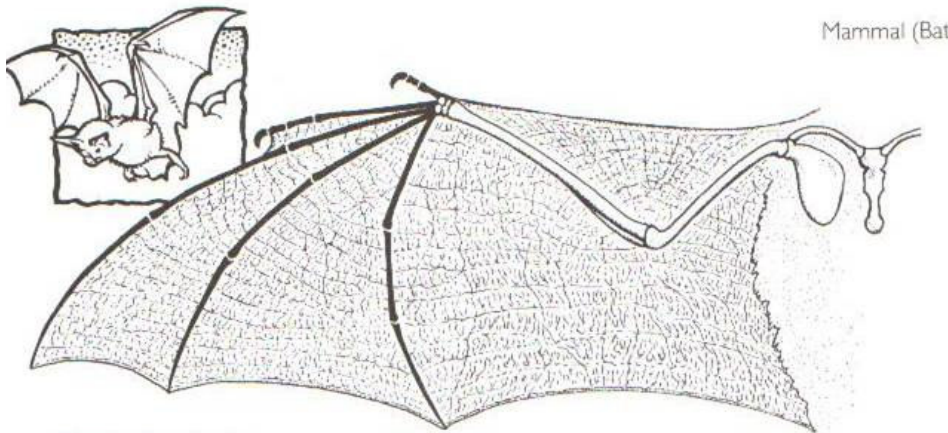
- Homológia: közös eredet (közös őstől származtatható)
- Analógia: hasonlóság (felépítés, funkció stb).
- Az adott kérdés dönti el, mikor mi homológ és/vagy analóg!



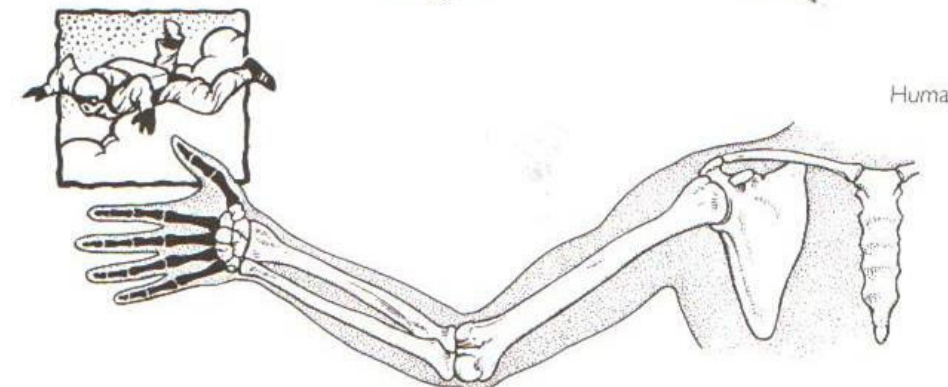
pteroszaurusz



madár



denevér



ember

Az evolúciós folyamatok néhány jellemzője

A természetes szelekció mechanizmusa dióhéjban:

- Variációk (allélok) keletkezése
- Szelekció: a legrátermettebbeknek lesz a legtöbb utóda
- Az újabb generációban más az allélgyakoriság

Egyéb tényezők, folyamatok

- Véletlenek (kihalások, egyedi sikerek/kudarok nagy része, az evolúció iránya megjósolhatatlan!)
- Neutrális evolúció: ami nem jelentős a túlélés szempontjából, véletlenszerűen megváltozhat (amíg nem hátrányos, pl. növényi szervek alakja, nem kódoló DNS-szakaszok nagy része stb.)
- Szerepváltás: egy adott célra szelektálódott struktúra (molekula, gén) később más funkciót is betölthet (úszóhólyag – tüdő; szemlencse kristallinok kialakulása)

Populációméret szerepe

- Nagy populáció: kiegyenlítő hatás (a párválasztás sok egyed közül történni): az allélgyakoriság hosszabb távon is stabil marad
- Kis populáció: az allélgyakoriság gyorsabban változik, az új változatok elterjedésének esélye nagyobb (genetikai sodródás, alapító hatás)

Fajképződés:

Több lehetséges forgatókönyv, leginkább elfogadott és megérthető (duplikáció-divergencia):

- nagy populációból kiszakad egy kisebb (földrajzi izoláció)
- a kis populációban a genetikai változások gyorsabbak
- mire az eredeti populációval érintkezhetne, már reprodukzív izoláció van

Az evolúciós folyamatok néhány jellemzője

Mi a szelekció egysége? (Mire hat a szelekció?)

- Egyed: legtöbb biológus szerint (az egyed rátermettsége számít [rátermetség: életképes utódok számával arányos])
- Gén (pl. Dawkins): mindig más génekkel együtt van jelen!
- Populáció: csak az ember esetében általánosan elfogadott (csoportszelekció: az adott csoporthoz tartozás előnyt jelent)

Adaptív radiáció

- Amikor megjelenik (térben, időben) egy sikeres csoport, viszonylag rövid idő alatt számos változat alakul ki, betöltve a rendelkezésre álló élőhelyeket (niche)
- A ma kevés fajjal rendelkező csoportok esetében sokszor megtaláljuk az erre utaló leleteket (pl. ormányosok)

Versengés, populációk kölcsönhatásai

- A környezet része a többi élőlény, kapcsolatrendszerük bonyolult hálózatot alkot (a ragadozóm ragadozója a barátom)
- A versengés egy faj egyedei között a legnagyobb (ugyanazokat az erőforrásokat használják!), pl. szexuális szelekció szerepe
- Az élőlények különböző stratégiákat alkalmaznak a túléléshez (játékelmélet alkalmazhatósága)

Földtörténeti távlatok:

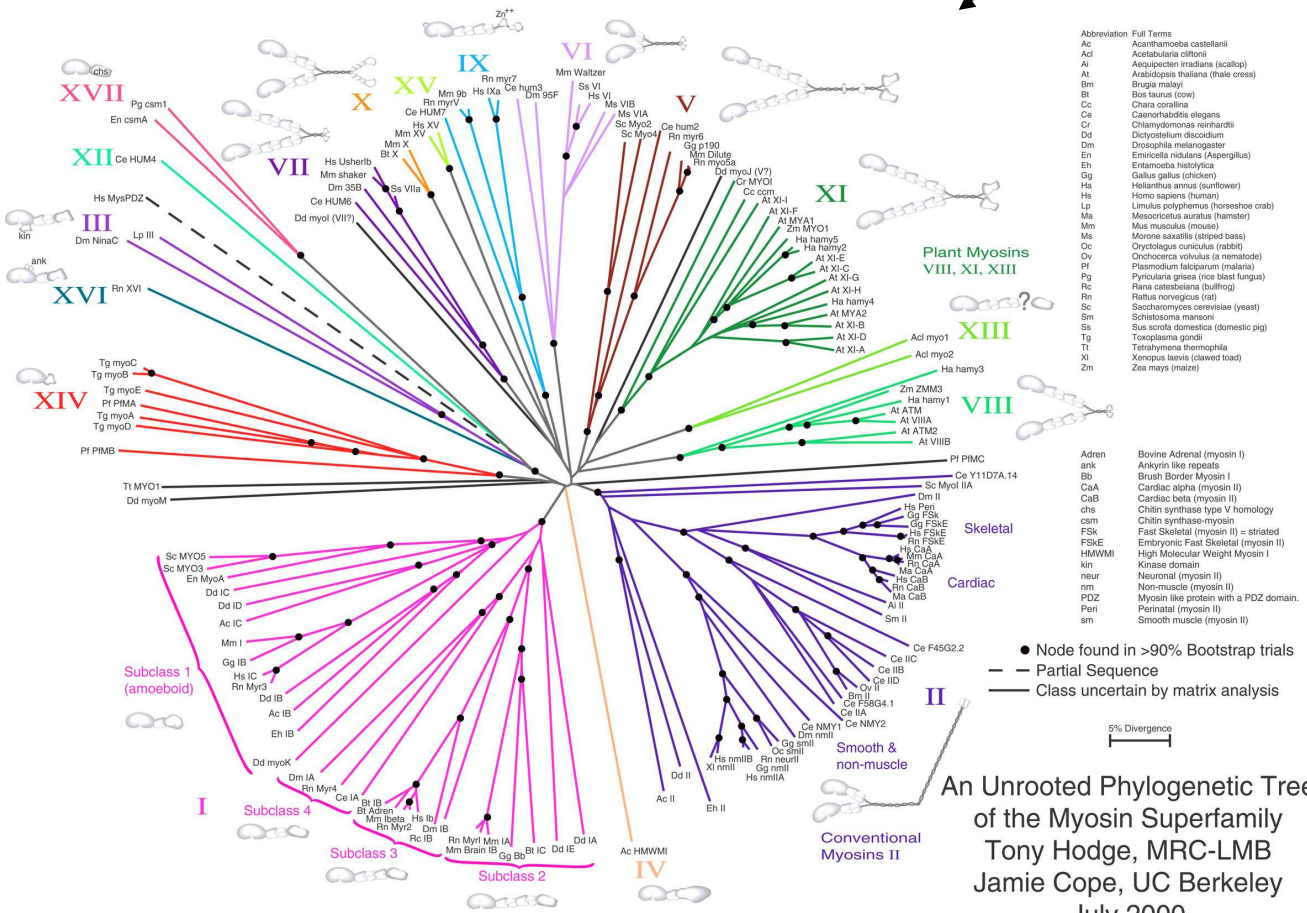
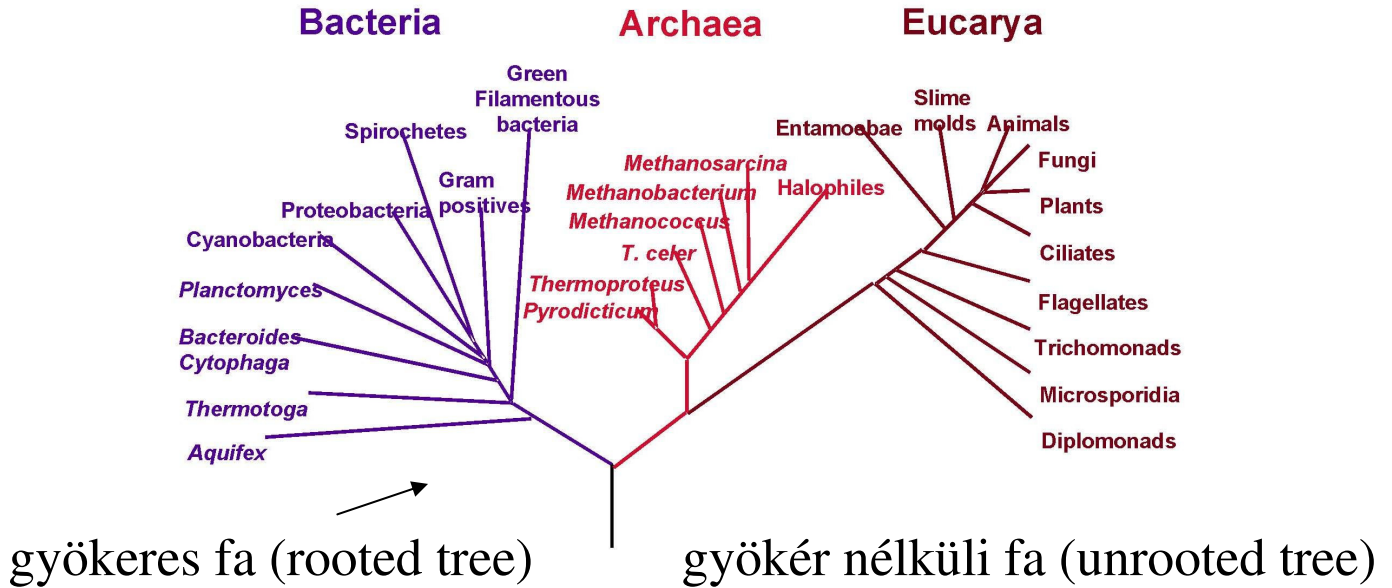
- Nem minden korból maradt fent (elegendő, értékelhető) fosszília (véletlen szerepe!): irreális elvárás a „hiánytalan leszármazási sor” (ráadásul:)
- Az evolúció nem lineáris, a „hiányzó láncszem” koncepció félrevezető (ős megtalálásának esélye ≈ 0)
- A leletként megtalált fajok mindegyike sikeres volt a maga korában! (Nem igaz, hogy azért halt ki, mert primitív)

Evolúciós hipotézisek I.

Törzsfa: az élőlények (vagy molekulák, gének) feltételezett leszármazási viszonyait ábrázolja

Tesztelhető: új fajoknak-molekuláknak stb. beilleszthetőeknek kell lennie az alapvető struktúra megváltoztatása nélkül

Phylogenetic Tree of Life



An Unrooted Phylogenetic Tree of the Myosin Superfamily
 Tony Hodge, MRC-LMB
 Jamie Cope, UC Berkeley
 July 2000

Evolúciós hipotézisek II.

Mikor alakultak ki egyes tulajdonságok (pl. toll)

Tesztelhető: ha találunk megerősítő / cáfoló fosszíliákat (leleteket), ezek persze vitathatók!



Archaeopteryx

Hipotézis:

a tollak a madarak őseinek tartott dinoszaurusz-csoportban, hőszigetelést szolgálva alakultak ki



Microraptor

Bizonyíték:

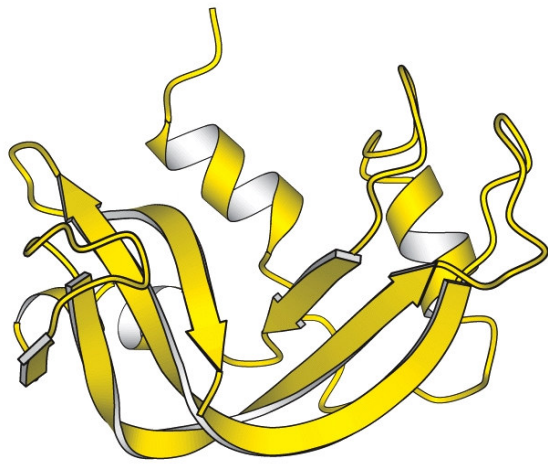
pici, tollas dinoszaurusz

Kínából 2003-ban!

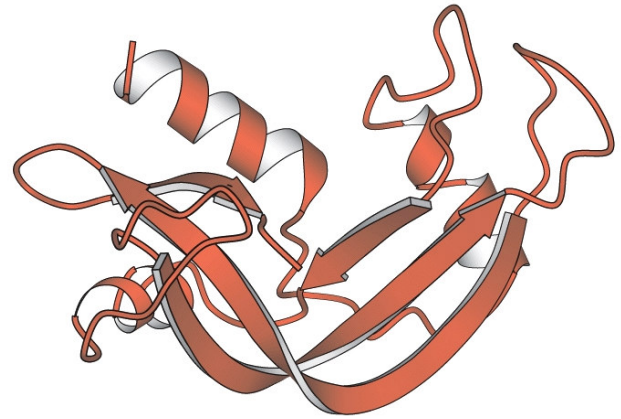
(egyértelműen nem madár)

Molekuláris evolúció

• Homológia



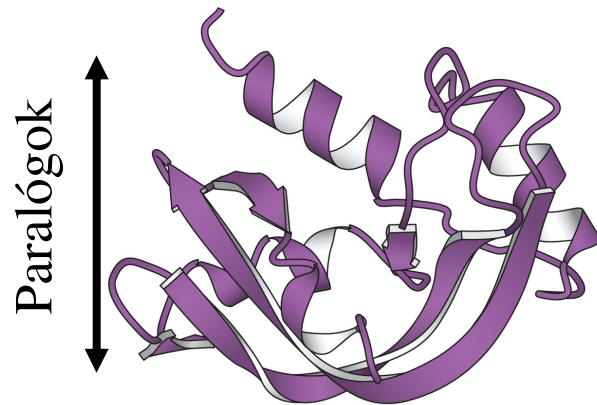
Szarvasmarha
ribonukleáz



Emberi
ribonukleáz

↔
Ortológok

- Ortológ gének: egymásnak megfelelő funkciójú gének különböző organizmusokban
- Paralóg gének: homológ, de eltérő funkciójú gének



↑
Paralógok
↓

Angiogenin:
érfejlődést
serkentő faktor

↔
Paralógok



„A” faj

↕
Ortológok
↕



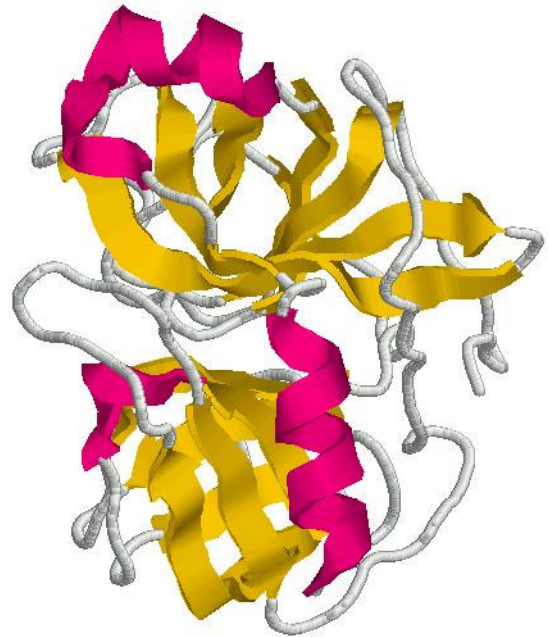
„B” faj

Molekuláris evolúció

- Analógia

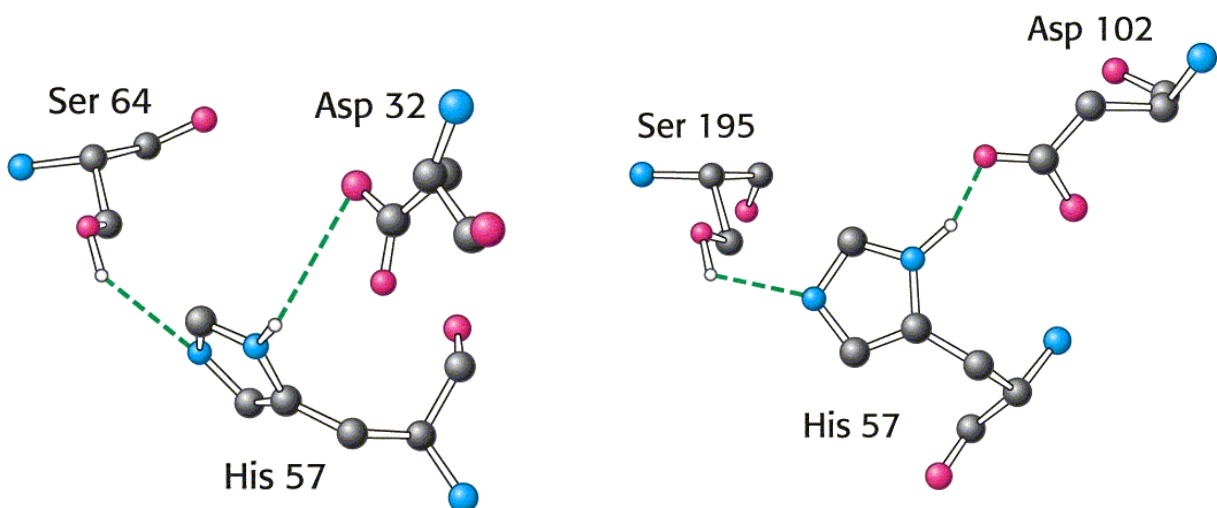


Szubtilizin



Kimotripszin

Mindkettő szerin-proteáz Asp-His-Ser katalitikus triáddal, de ezen aminosavak szekvenciális sorrendje eltérő és a 3D szerkezet is teljesen más: független leszármazás, **konvergens evolúció** miatt hasonlóak (lásd még erszényes és méhlepényes emlősök)



Molekuláris evolúció

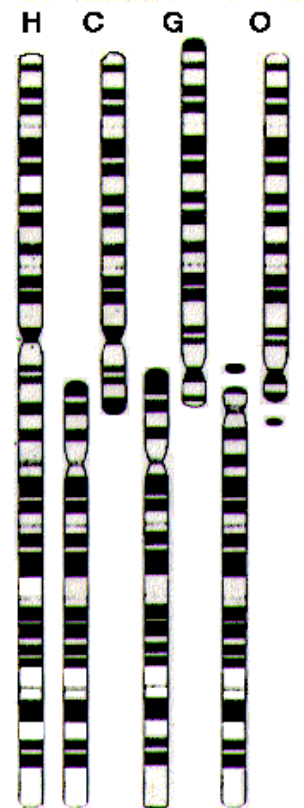
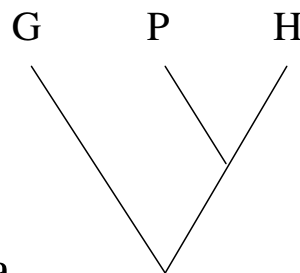
- „neutrális evolúció”: a fenotípust nem befolyásoló mutációk (pl. same sense helyettesítések, nem kódoló régiók változása stb.)
- A helyettesítések többsége neutrális

A molekuláris óra

- Feltevés: a mutációs ráta adott génekben (vagy legalábbis a gén adott szakaszán) állandó \Rightarrow a gének összehasonlításából és a közös őstől való elválás óta eltelt mutációk számának megbecslésével kiszámítható a közös őstől való szétválás ideje
- Ma általánosan alkalmazott módszer evolúciós változások idejének megbecslésére
- A molekuláris órát kalibrálni kell: fosszíliák (leletek) szerepe
- Gond: a mutációs ráta sem térben, sem időben nem állandó, vannak időszakok, amikor igen gyorsan változik a genetikai anyag: az óra „többet mutat” (alkalmasan kell DNS-szakaszokat választani!)

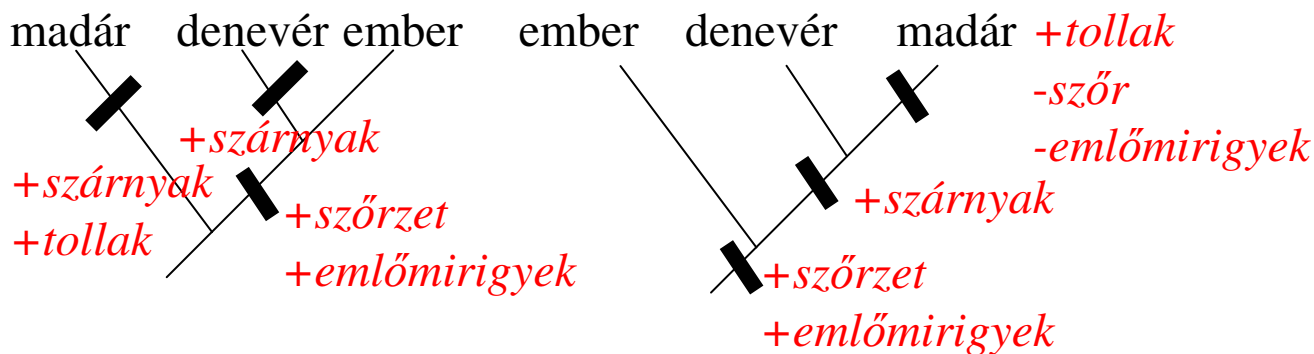
Ember és emberszabásúak

- Legközelebbi élő rokon: csimpánz (*Pan troglodytes*)
- Ember-csimpánz elválás: 5-7 millió éve (Myr, ezt először molekuláris óra alapján állapították meg)
- Az ember 2-es kromoszómája az emberszabásúakban 2 külön kromoszómának felel meg (ez a legnagyobb és leglátványosabb különbség)



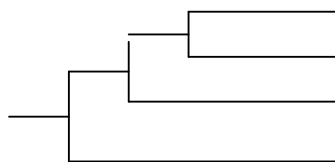
Részletesebben a törzsfákról

- Adott jelleg(ek) (pl. szekvencia, egy szerv alakja/funkciója stb.) alapján építhető fel
- utolsó közös ős (LCA=last common ancestor): mindig feltételezett taxon (rendszertani egység): HTU (hypothetical taxonomical unit), ezek a törzsfá elágazásai
- Parszimónia: gazdaságosság, a feltételezett evolúciós folyamatok egyik legfontosabb rendező elve: a lehető legkevesebb változást feltételező forgatókönyvet fogadjuk el, ha csak nincs ellentmondó bizonyíték (erszényesek és méhlepényesek füle: nem jött ez be, ún. paralelofília van) (=„Occam borotvája”)



Az első (bal oldali) fa takarékosabb: 5 változás, másodikban 6 (egyéb jellegek megerősítik)

Legegyszerűbb törzsfáépítő módszer: szomszédillesztés (neighbor joining):



Bonyolultabb algoritmusok figyelembe veszik a parszimóniát és/vagy az egyes változások valószínűségét

Filogram és kladogram: előbbiben az ágak hossza arányos az idővel (pontosabban az evolúciós változás mértékével)