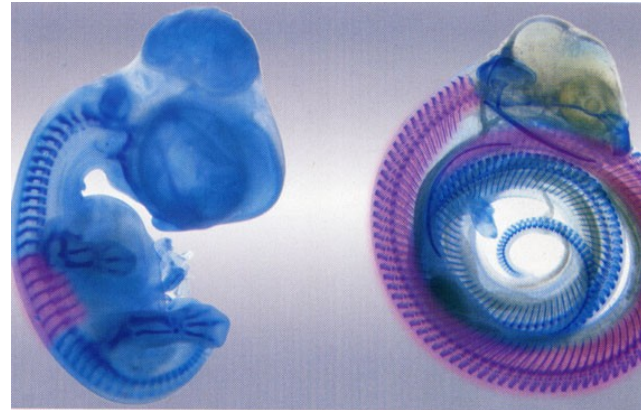
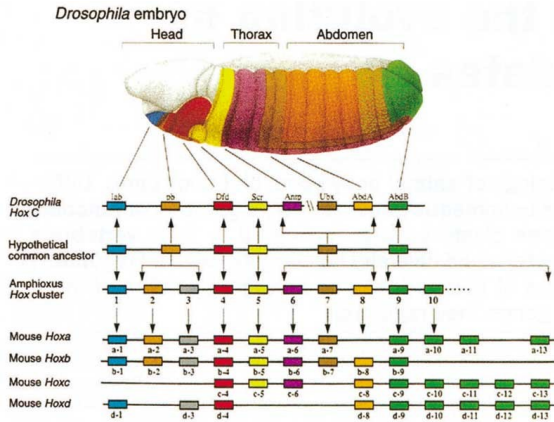
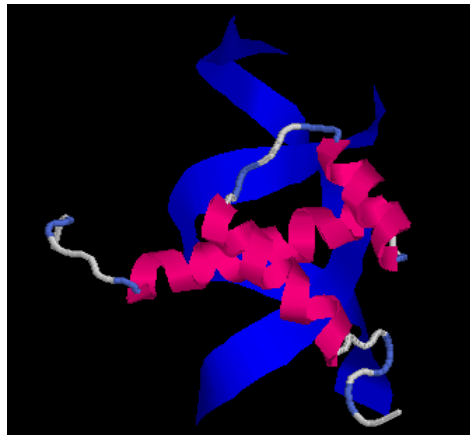


MAKROEVOLUCE



Mouse embryo



Phyletic Gradualism



Morphology



Punctuated Equilibrium

Time

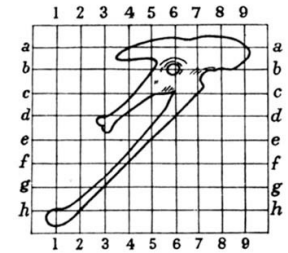


Fig. 161. Pelvis of *Archaeopteryx*.

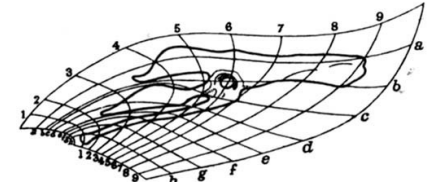
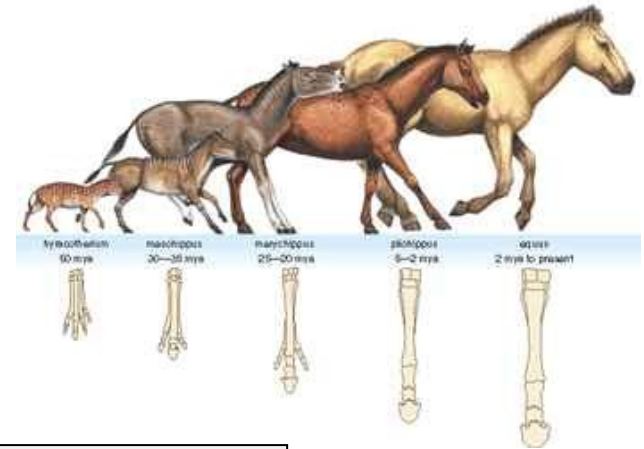


Fig. 162. Pelvis of *Apatornis*.



TEMPO EVOLUCE TEORIE PŘERUŠOVANÝCH ROVNOVAH

Rychlost evoluce:



rozdíl hodnoty
znaku v čase t_2 a t_1

Haldane (1949)

$$r = \frac{\ln x_2 - \ln x_1}{\Delta}$$

časový
interval $t_2 - t_1$

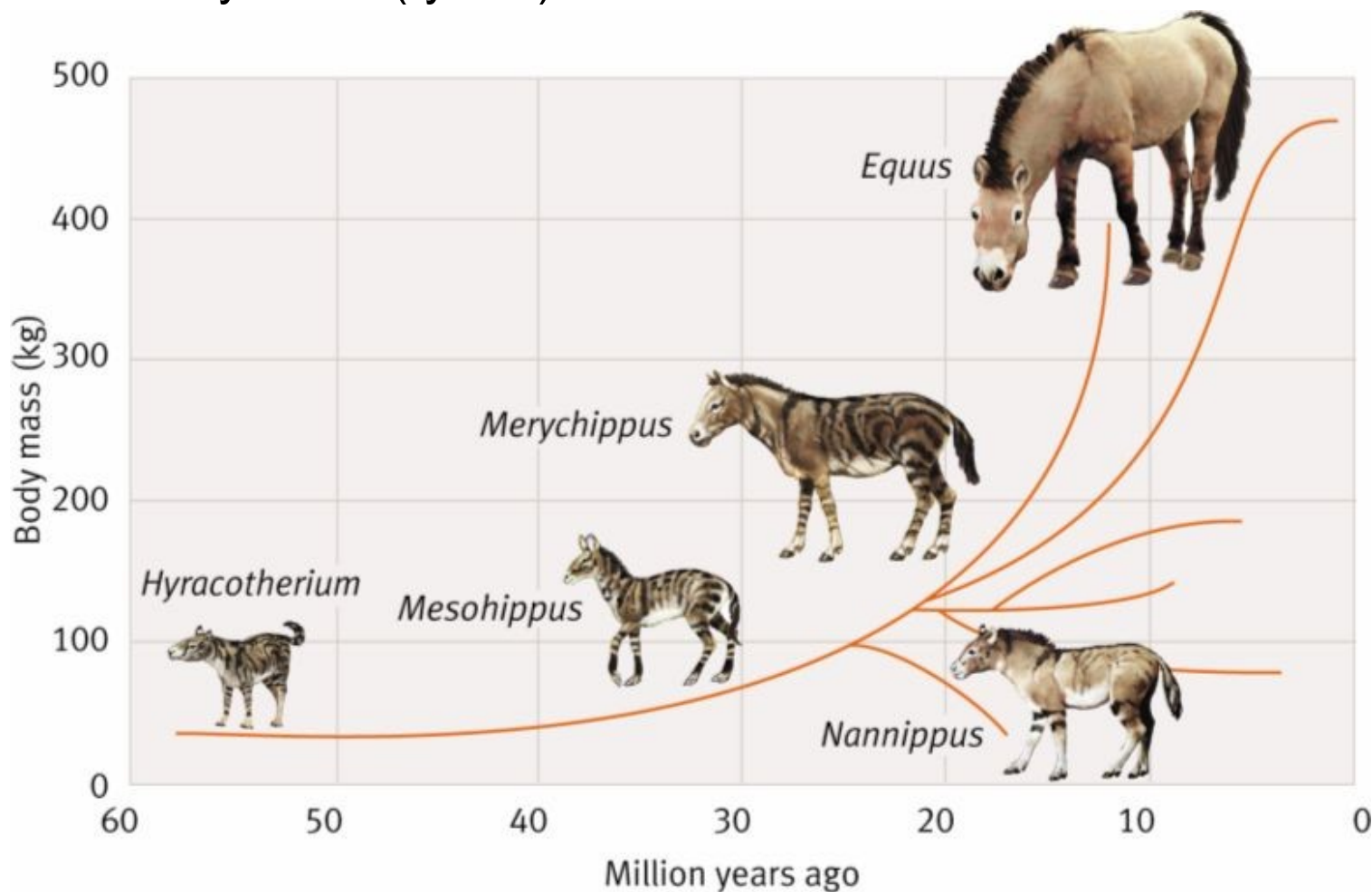
1 darwin = změna znaku o faktor e za 1 milion let

G. G. Simpson:

evoluce bradytelická (pomalá)

horotelická (standardní, např. koně)

tachytelická (rychlá)



Haldane (1949): třetihorní koně – 0,04 darwinů
domestikace – 10^3 darwinů

Kuertén (1959): holocénní savci – 12,6 darwinů
pleistocénní savci – 0,5 darwinů
třetihorní savci – 0,02 darwinů

... důvodem rozdílů odlišné časové intervaly

nevýhody:

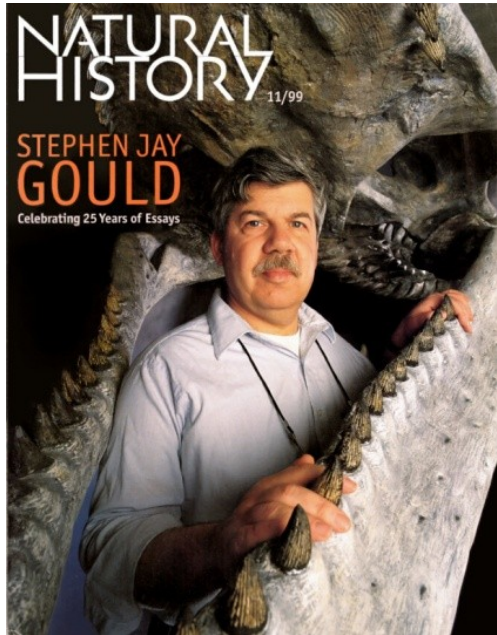
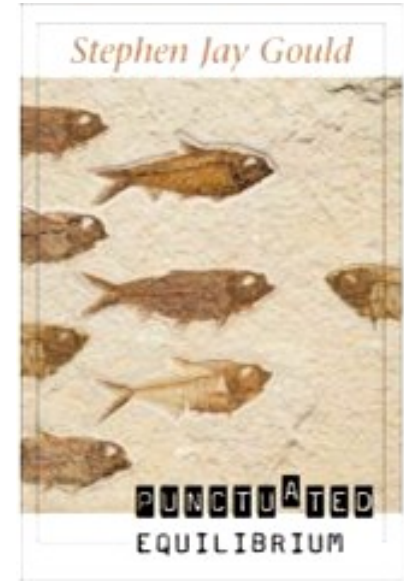
1. faktor e není biologicky přirozený
2. používá absolutní čas
3. nebere v úvahu měřený časový interval
4. nelze srovnávat plochy/objemy/lineární rozměry

⇒ Haldane (1949), Gingerich (1993): 1 haldane = změna měřená v jednotkách standardní odchylky za 1 generaci

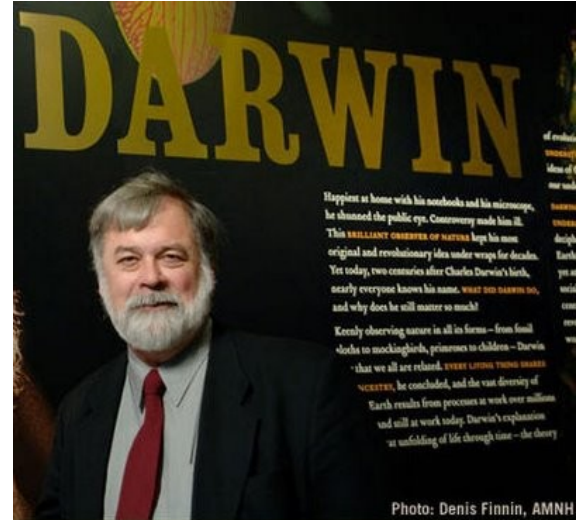
Teorie přerušovaných rovnovah:

Stephen Jay Gould, Niles Eldredge (1972)

stáze vs. rychlá změna

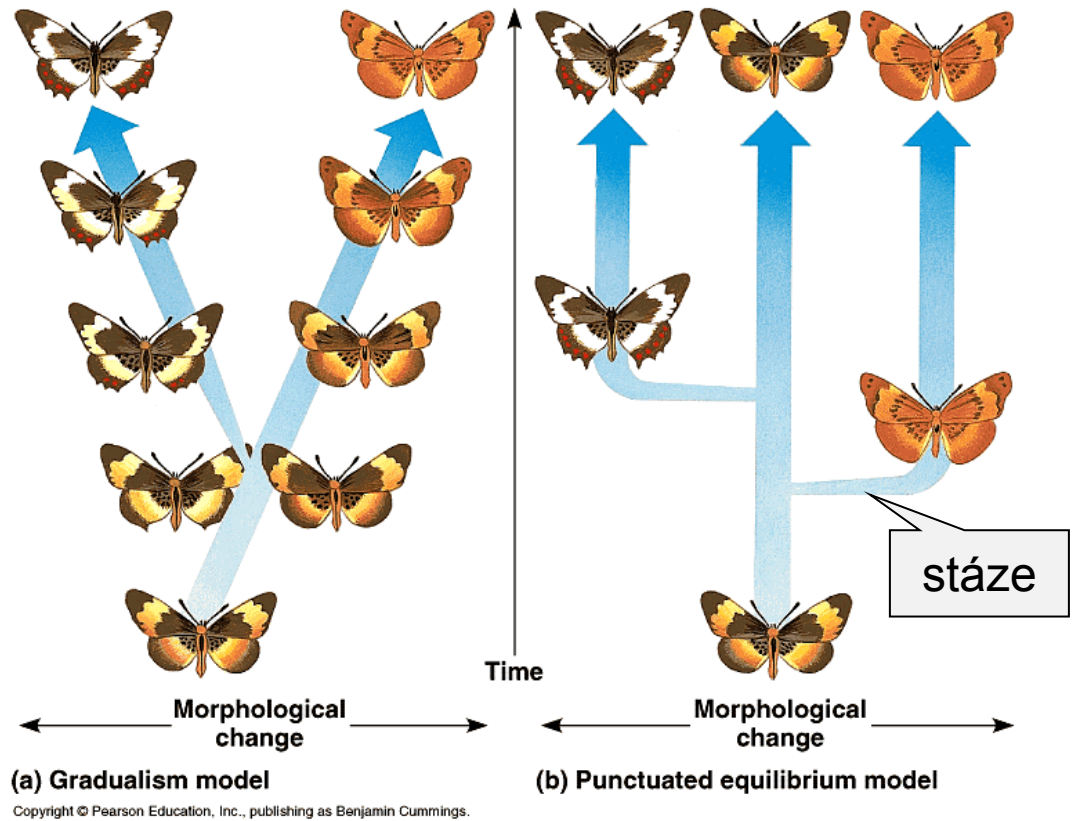
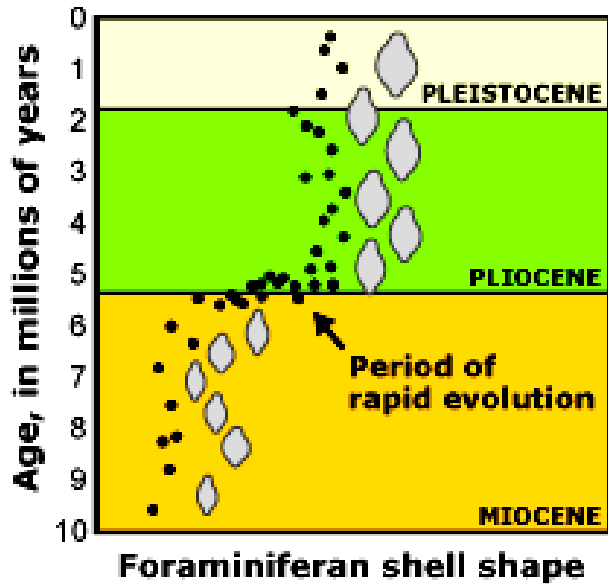


S.J. Gould



N. Eldredge

stáze vs. rychlá změna

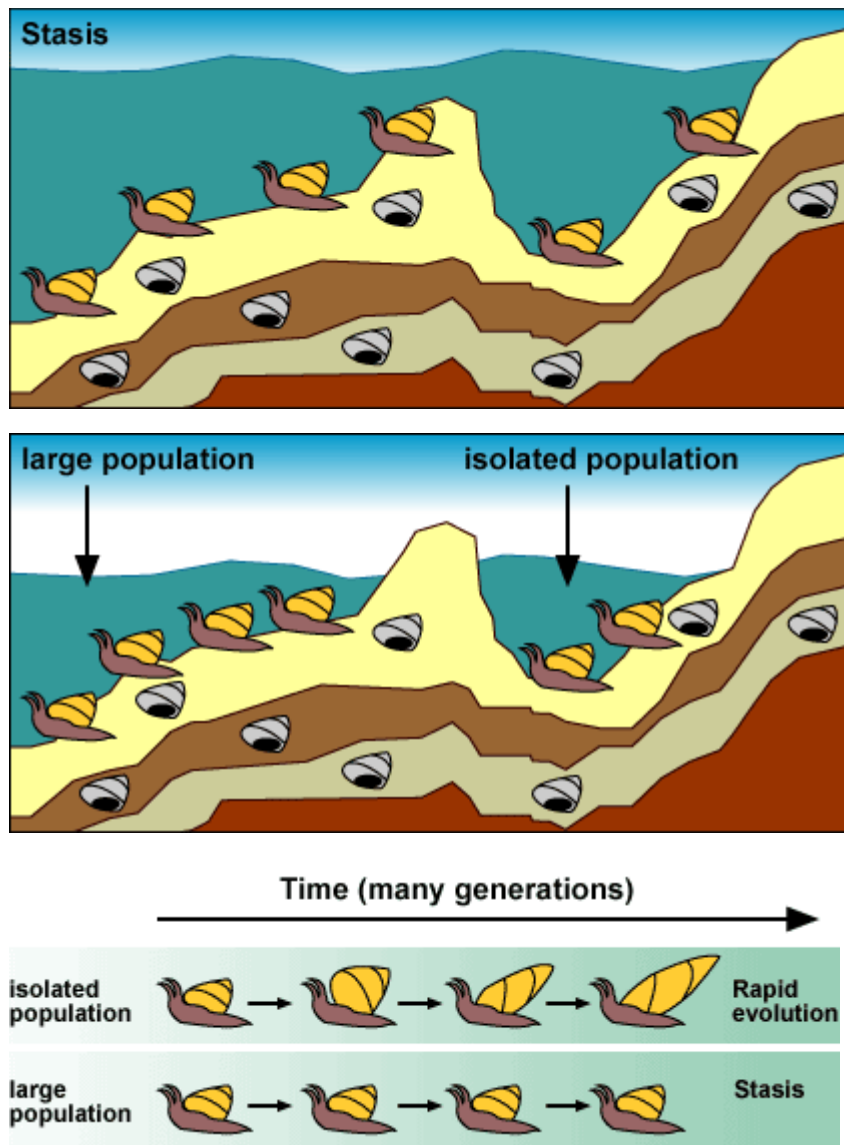


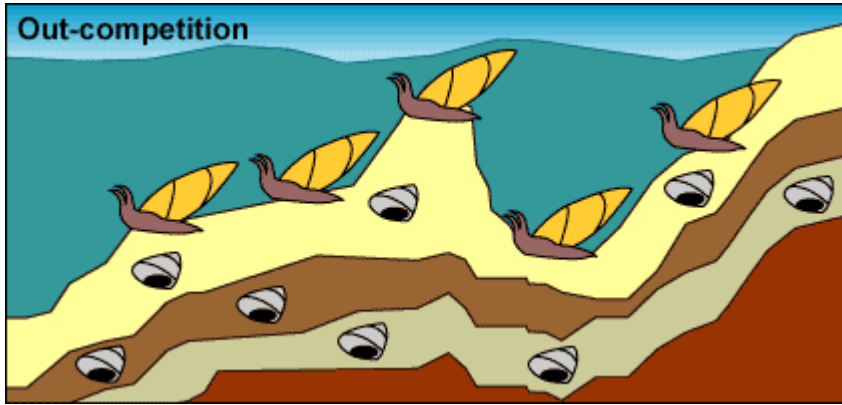
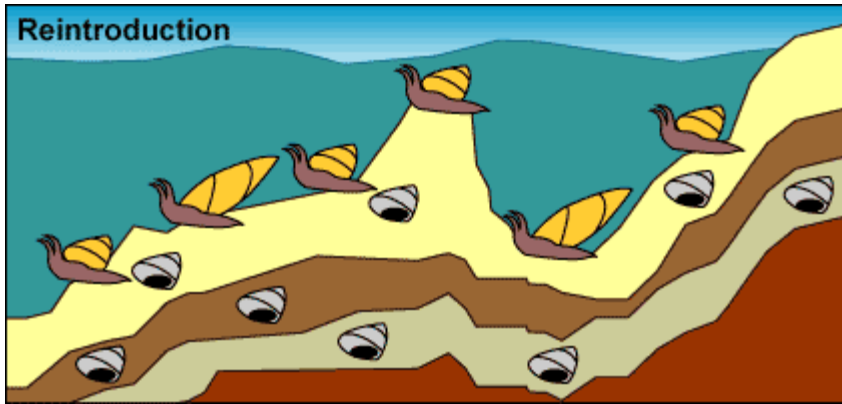
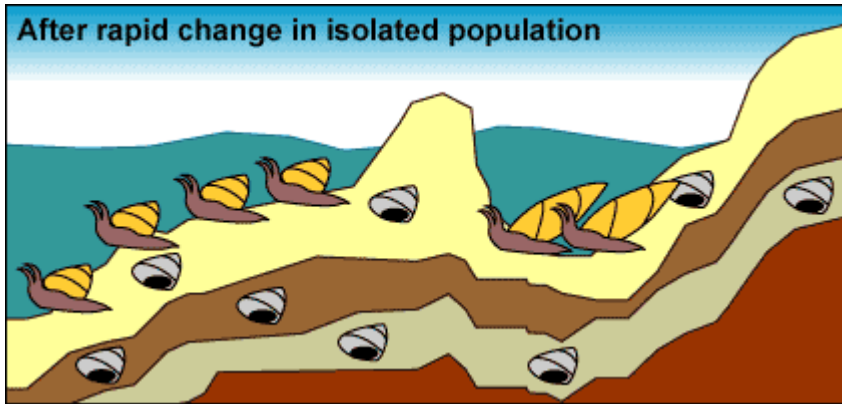
Mechanismus?

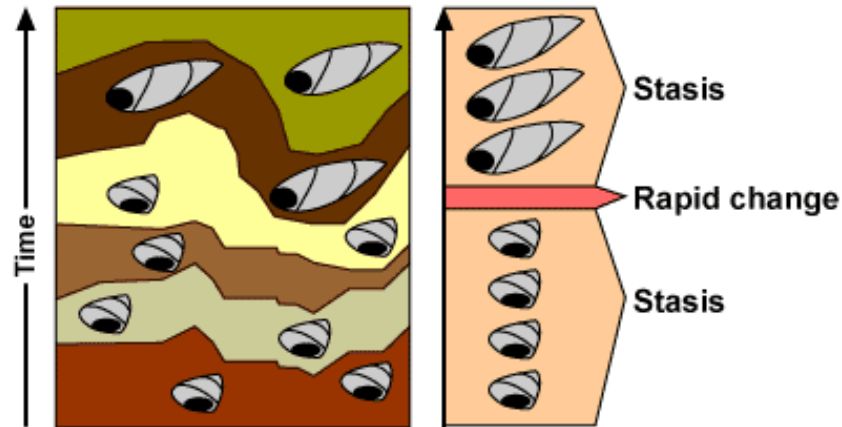
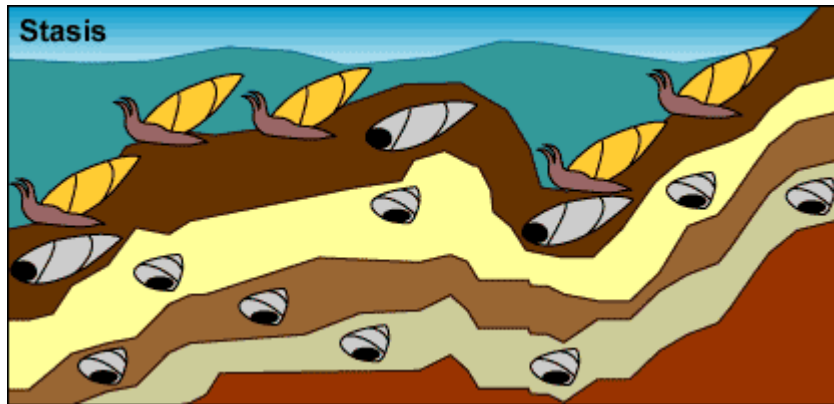
peripatrická speciace

makromutace – R. Goldschmidt, *The Material Basis of Evolution* (1940):
„nadějná monstra“

Peripatrická speciace a přerušované rovnováhy



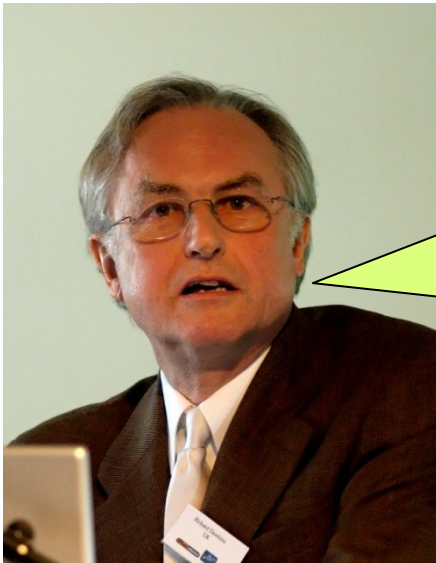
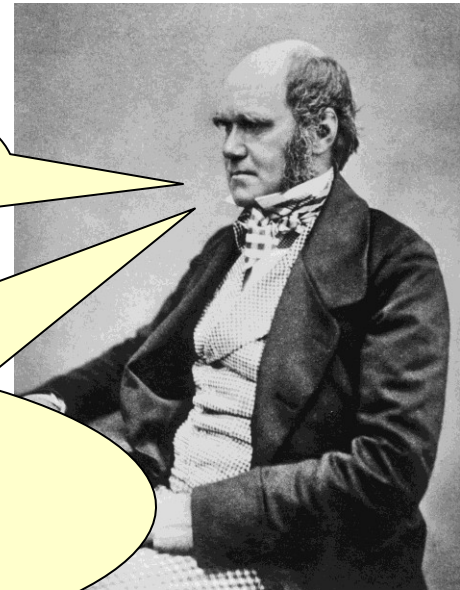




Druhy různých rodů a tříd se neměnily stejným tempem nebo ve stejné míře (viz „živé fosilie“).

Období, během kterých se druhy měnily, byla krátká ve srovnání s obdobími, během nichž zůstaly nezměněny.

Kromě (neexistujícího) zcela konstantního tempa existuje pouze tempo proměnlivé – buď se mění v diskrétních krocích (punktuacionismus), nebo pozvolna. Stáze je tedy pouze extrémním případem pomalé evoluce.



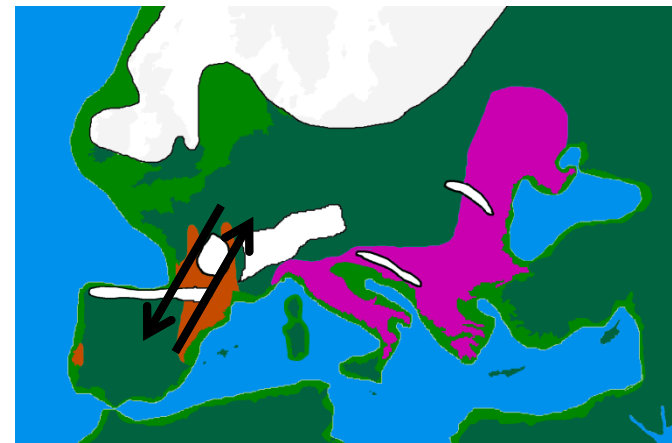
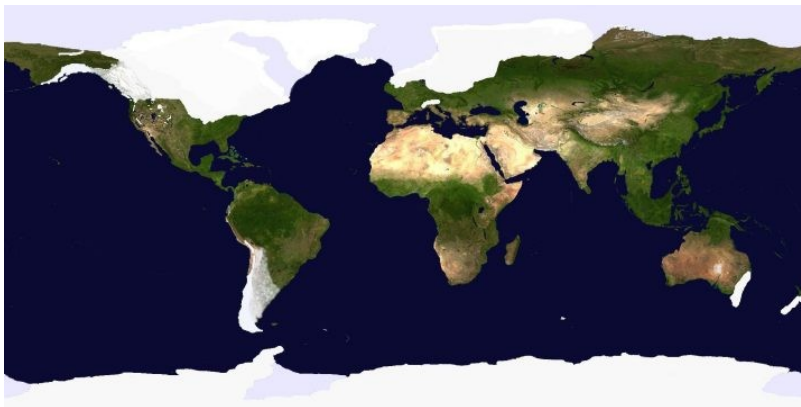
R. Dawkins: Slepý hodinář

Puntuacionistický vývoj typický pro evoluci jazyka:
změny hraji důležitou roli v obdobích odštěpení nového jazyka z jazyka
původního
bantuská, indoevropská a austronéská skupina: 10-33 % rozdílů spojeno
s jazykovým štěpením

Jak vysvětlit stázi?

genetická nebo ontogenetická omezení

sledování habitatu (*habitat tracking*) – glaciální/interglaciální cykly



krátkodobá místní divergence – rychlé změny prostorově omezené

Vztah mikro- a makroevoluce

Steven M. Stanley (1975): makroevoluce oddělena od mikroevoluce

S.J. Gould (1980): „svržení neodarwinismu z trůnu“, „efektivní smrt neodarwinismu“

Moderní syntéza úzká, extrapolacionistická a redukcionistická

Je makroevoluce skutečně odlišná od mikroevoluce?

evoluce koní

Darwinovy pěnkavy

evoluce savců



evoluce jako „matrjoška“

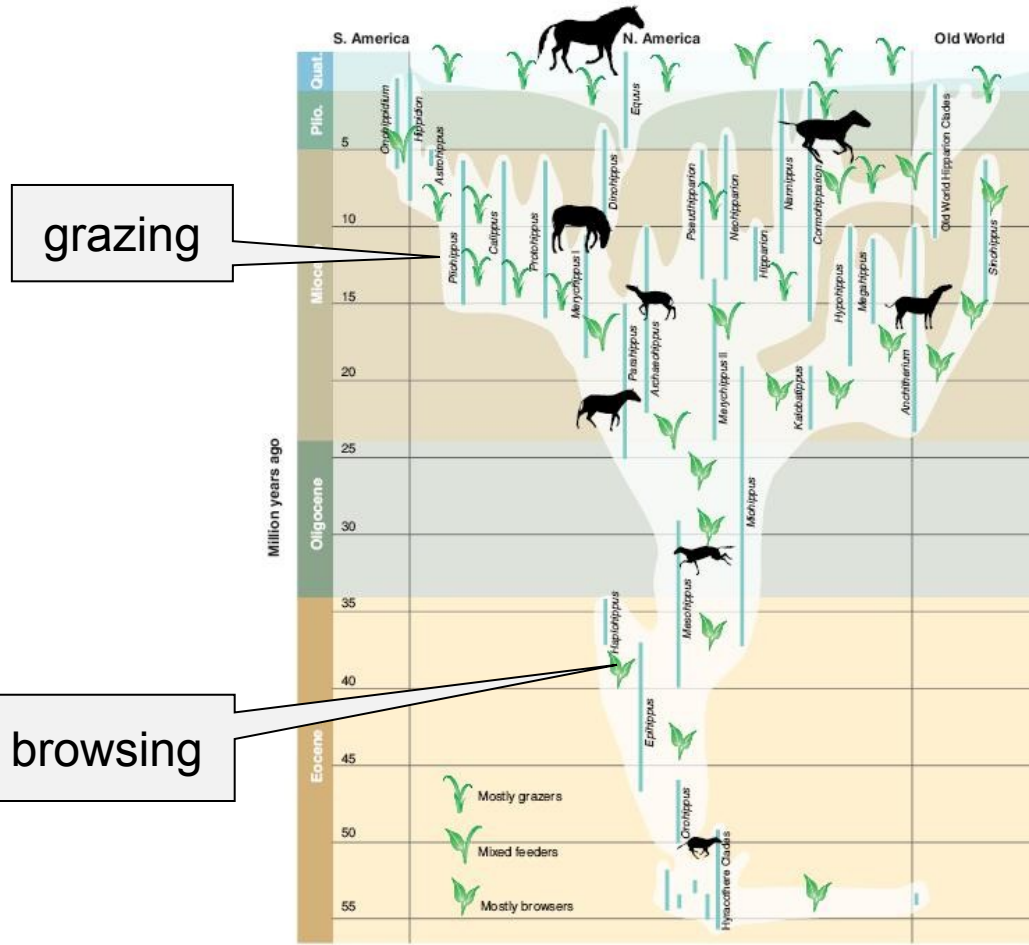
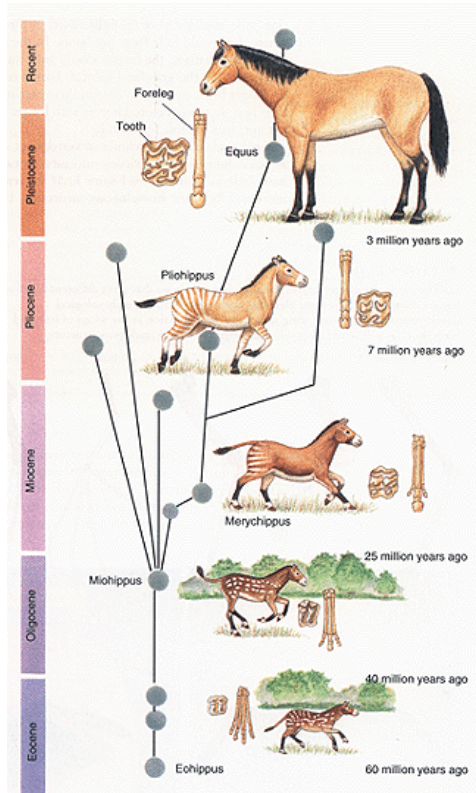
Evoluce koní:

2 rozměry zubů

průměrná rychlost vysvětlitelná působením usměrňující selekce
(stačí 2 selektivní smrti/milion jedinců/generaci)

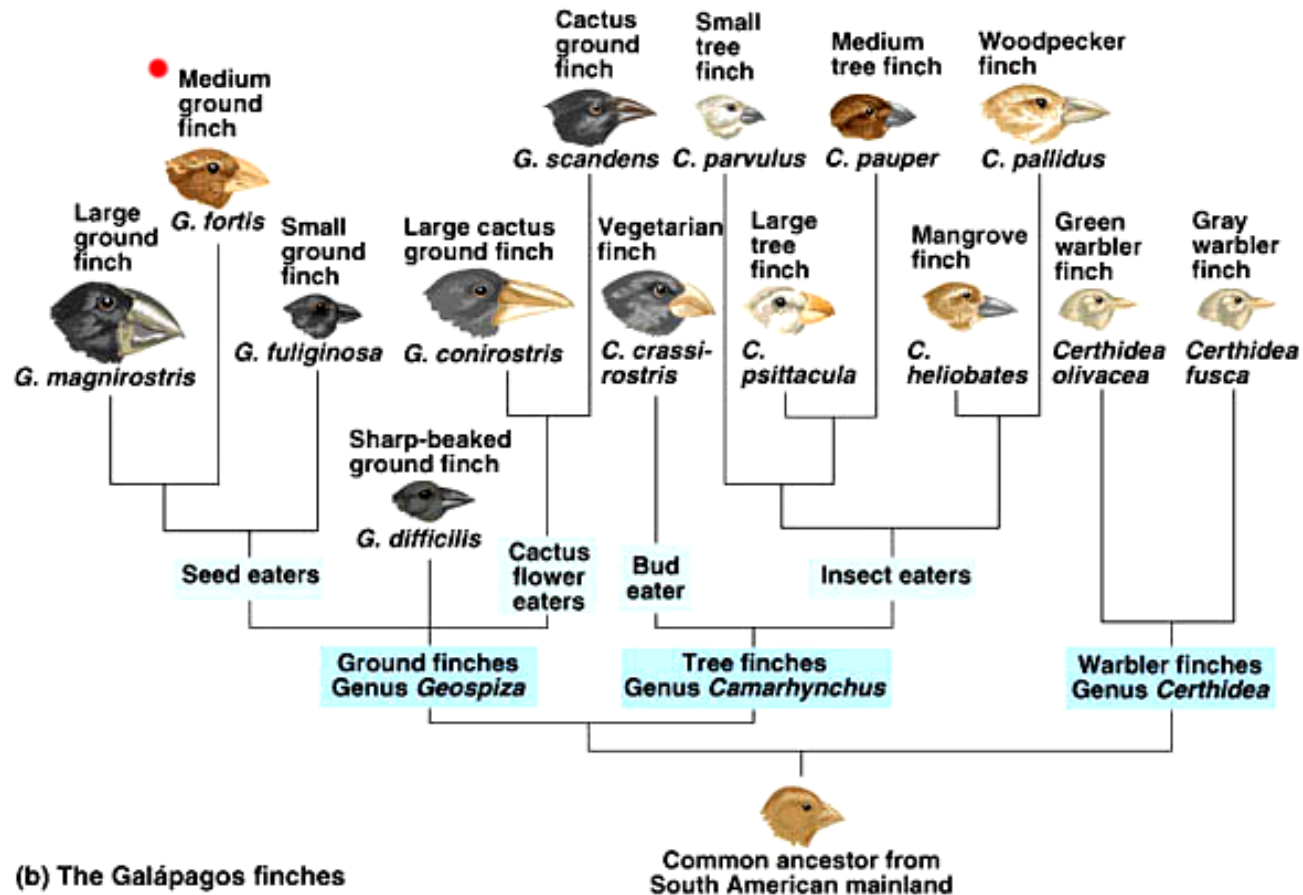
jestliže $N_e < 10^4$ jedinců, lze vysvětlit i pouhým driftem

podobně i jiné fosilie



Darwinovy pěnkavy:

při známém stáří Galapág dost času k diverzifikaci do 14 druhů
(ve skutečnosti komplikovanější – reverze, možná extinkce některých druhů)

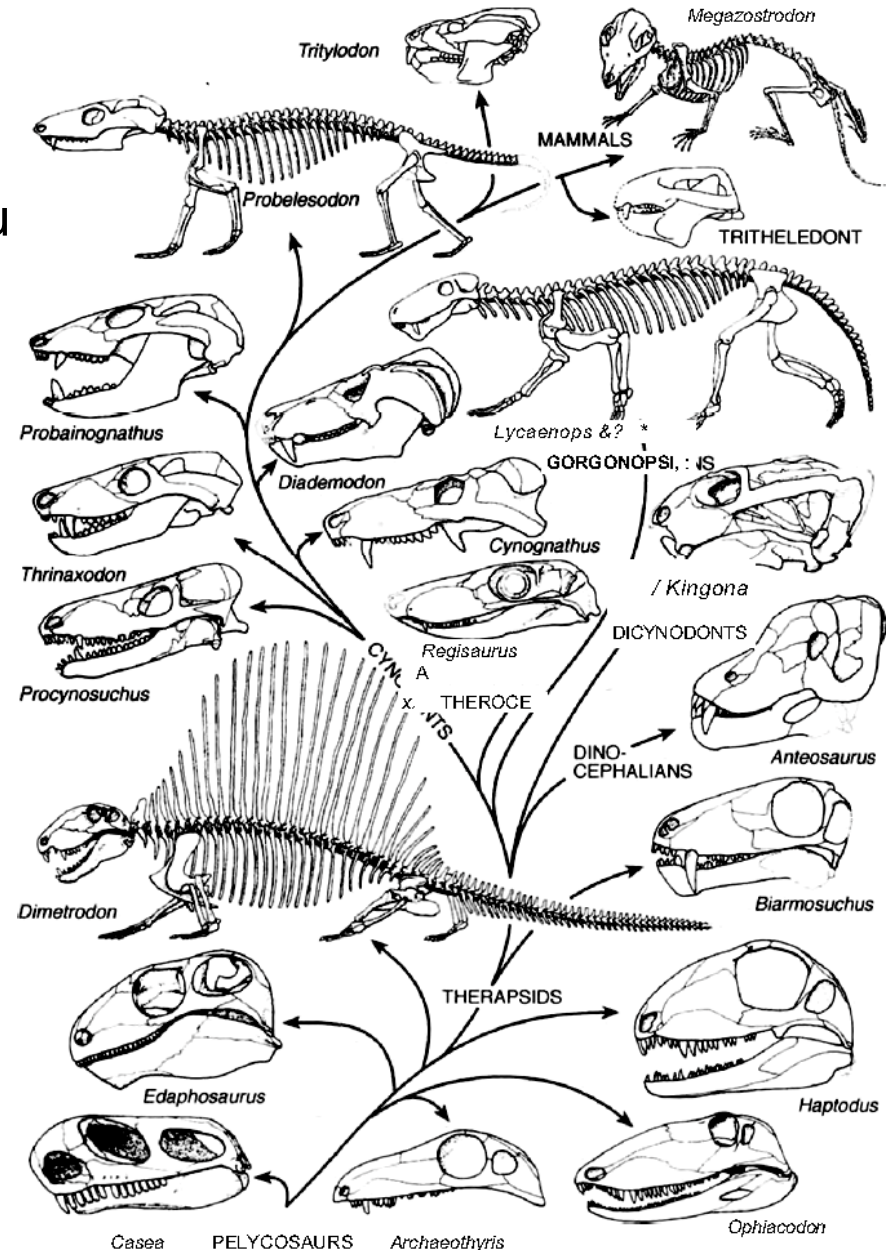


(b) The Galápagos finches

Evolve savců z therapsidních plazů:

změny pozvolné

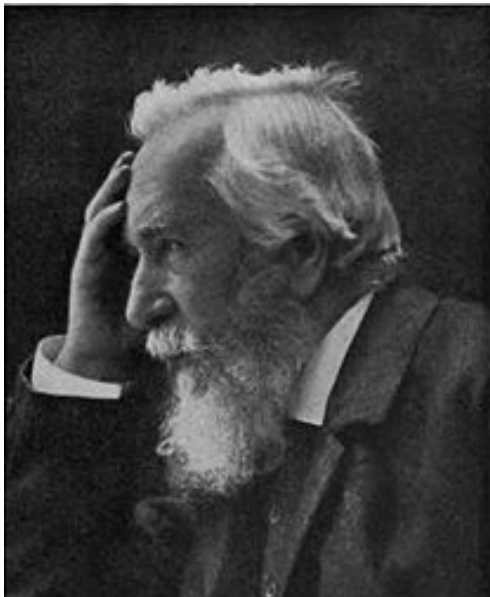
velké rozdíly mezi plazy a savci jsou adaptivní u jednotlivých článků
⇒ stejné mechanismy jako v mikroevoluci



Vztah makroevoluce a ontogeneze

J. F. Meckel, E. Serres: embrya vykazují znaky embryí druhů, které předchází na *Scala Naturae*

Ernst Haeckel – **biogenetický zákon** (= z. **rekapitulace**): ontogeneze rekapituluje fylogenezi (např. žábry v embryonálním vývoji savců)



RECAPITULATION IN MAN (?)

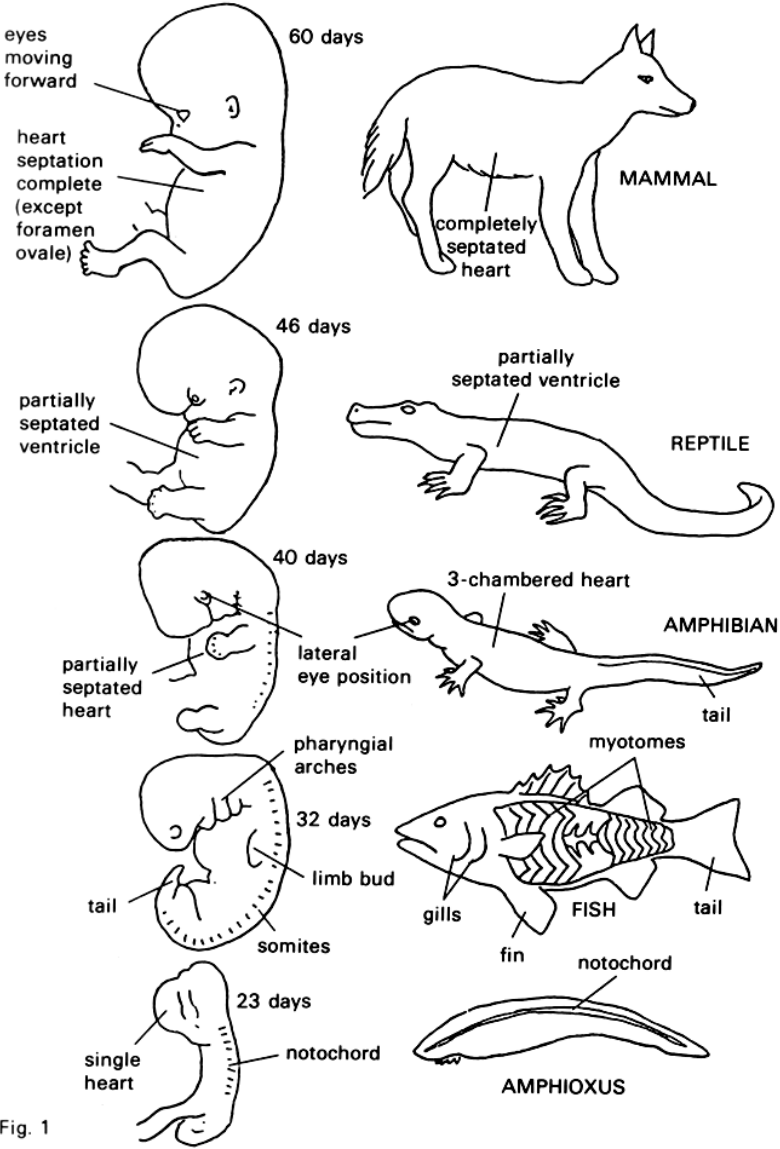
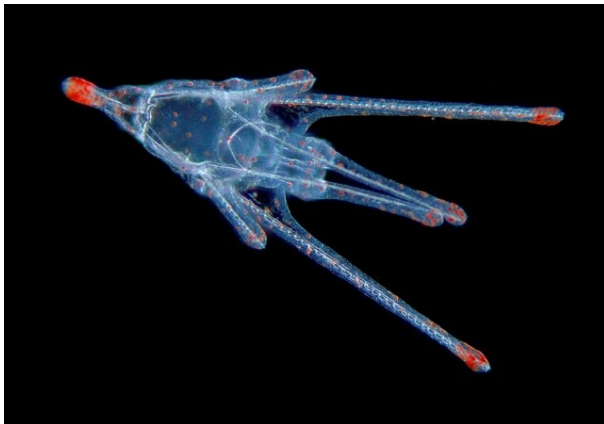
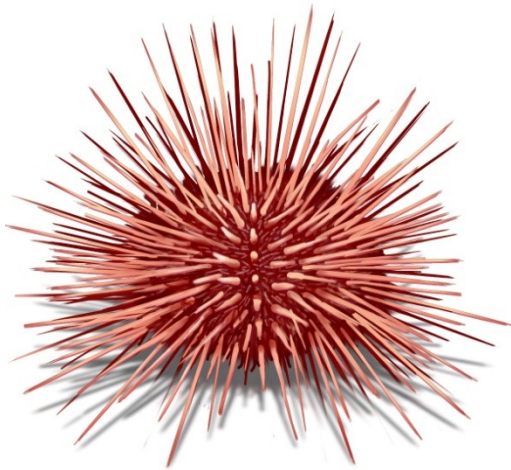


Fig. 1

× specializované larvální formy (= neterminální adice): zoëa krabů, Müllerova larva ostnokožců, housenka motýlů atd.

terminální vs. neterminální adice



Karl Ernst von Baer – embryologické zákony:



Embrya obratlovců procházejí během svého vývoje stálými stádii, která nejsou totožná s žádným živočišným druhem.

Embrya příbuzných druhů se vzájemně podobají, nepodobají se dospělcům ancestrálních druhů.

Developmental stages



Stage 1

Stage 2

Stage 3

Stage 4



Amphibian



Reptile



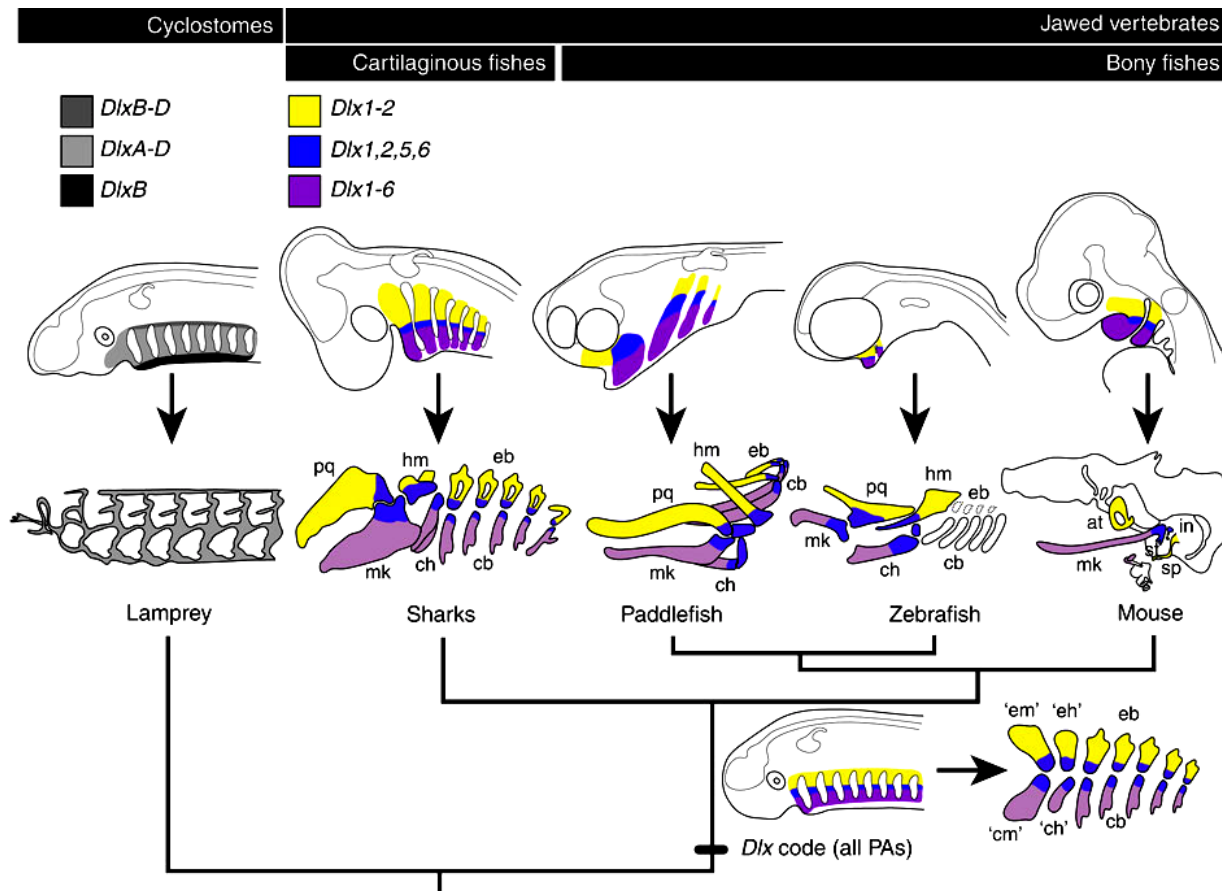
Mammal

Stage 1 embryos are most similar to each other

Stage 4 embryos are least similar to one another

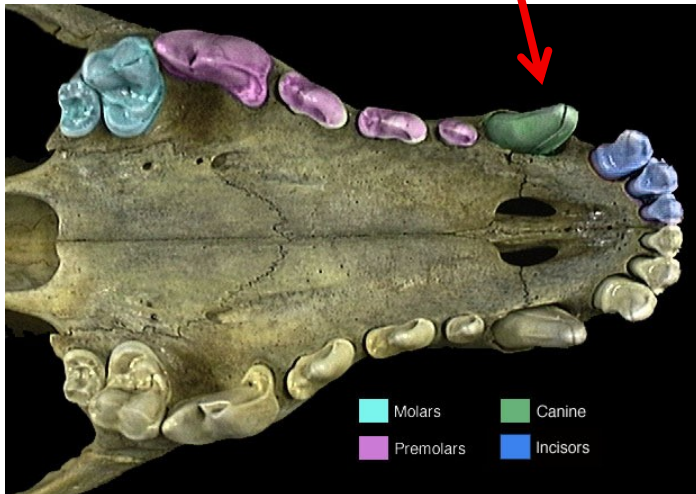
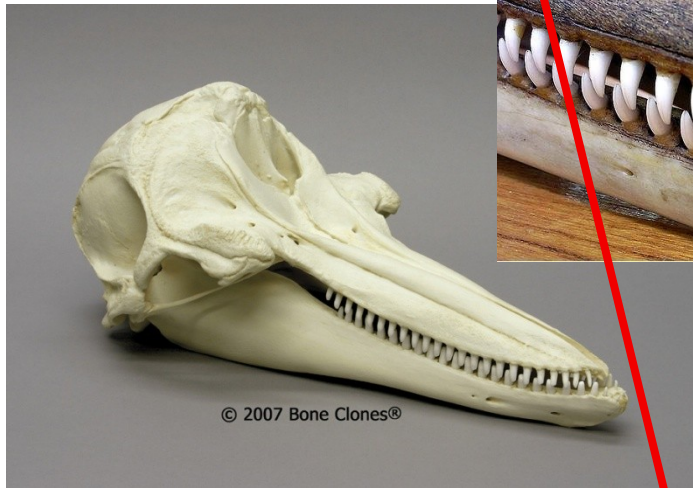
Karl Ernst von Baer – embryologické zákony:

1. zákon: obecné znaky velké skupiny živočichů se u embrya vyskytují dříve než znaky speciální (např. chrupavka u kostnatých ryb)



Obecné zákonitosti ontogeneze a evoluce:

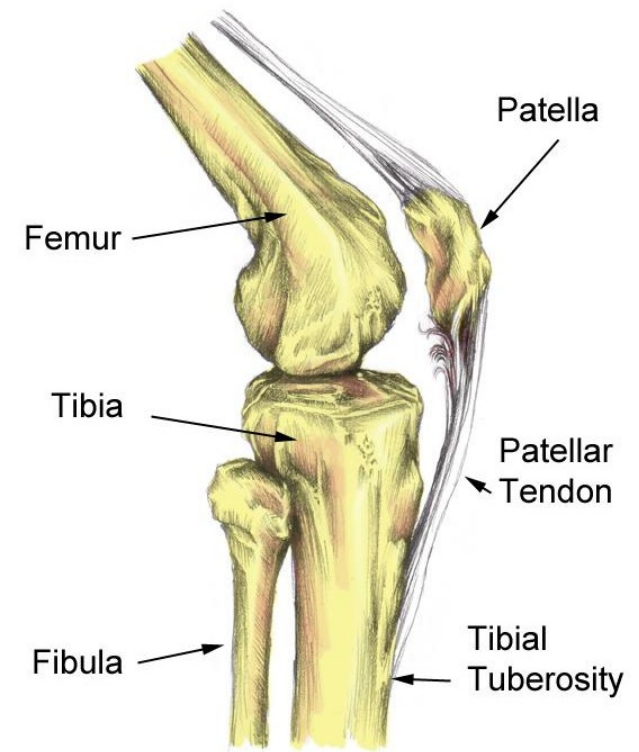
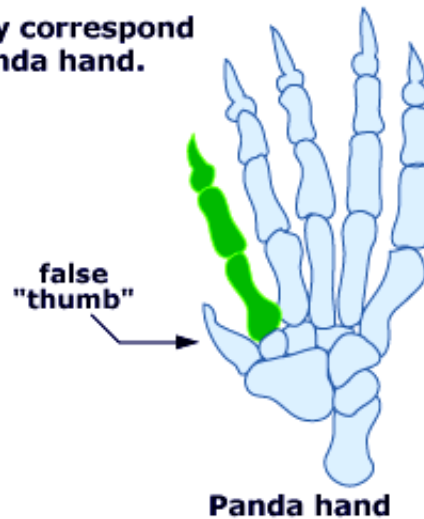
modularizace a individualizace: seriální homologie (když jsou za sebou),
homonymie (když nejsou)



Obečné zákonitosti ontogeneze a evoluce:

heterotopie = změna pozice, kde dochází k fenotypovému projevu znaku (např. fotosyntéza ve stonku sukulentů; sezamské kosti – *patella*, osifikované šlachy v ocasu dinosaurů, „pandin palec“)

■ Human thumb bones actually correspond to the sixth finger on the panda hand.

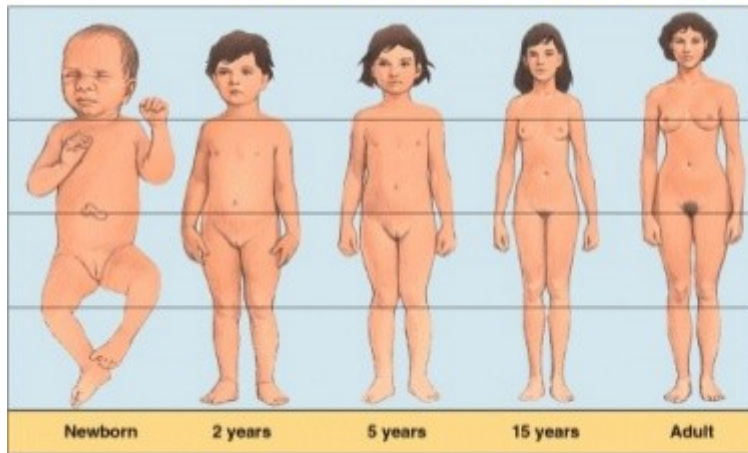


Obečné zákonitosti ontogeneze a evoluce:

heterochronie a alometrie

Heterochrony

<http://www.bio.miami.edu/dana/dox/heterochrony.html>



Allometric Growth

Differential growth in organs and body parts



Paedomorphy

Retention of juvenile structures

Heterochronie:

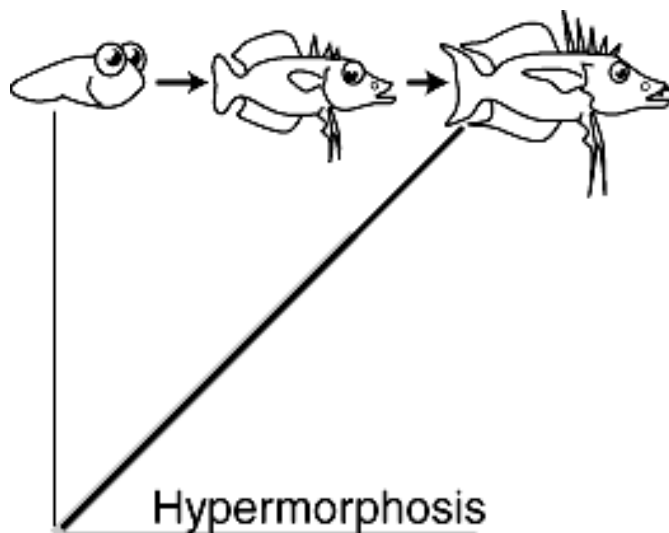
| | | Somatické znaky | Reprodukční org. |
|-------------|--|-----------------|------------------|
| peramorfóza | | | |
| | | | |
| pedomorfóza | | | |
| | | | |

= změna časování ontogenetických jevů:

1. rychlost procesu
2. časování procesu

Heterochronie:

| | | Somatické znaky | Reprodukční org. |
|-------------|--------------|-----------------|------------------|
| peramorfóza | hypermorfóza | -- | zpomalení |
| | akcelerace | akcelerace | -- |
| pedomorfóza | | | |
| | | | |



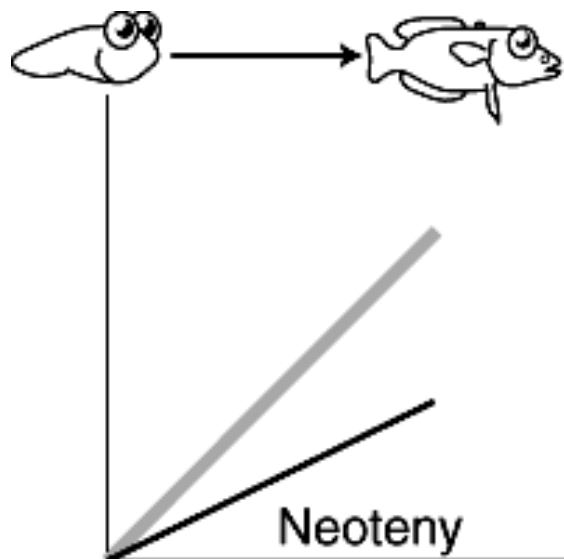
hypermorfóza



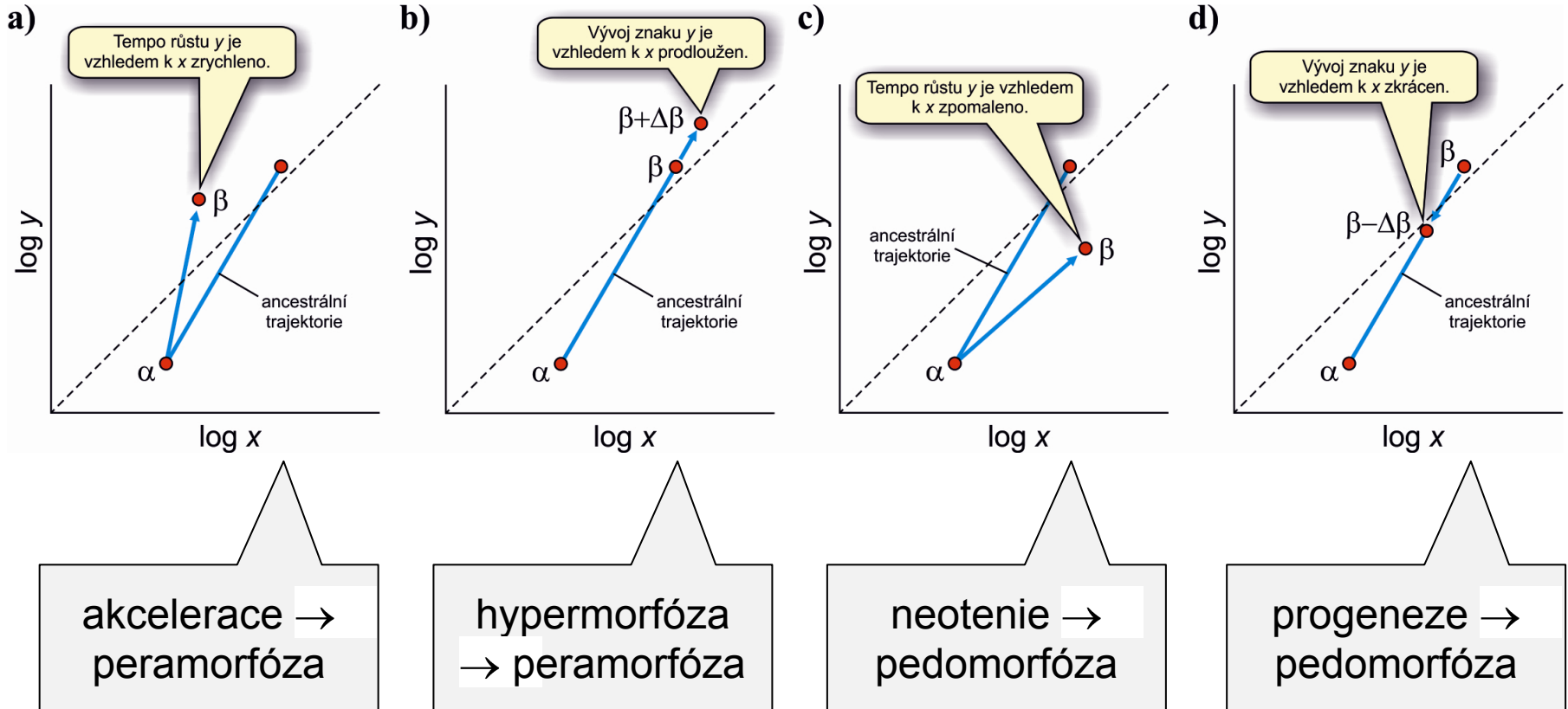
Megaceros giganteus

Heterochronie:

| | | Somatické znaky | Reprodukční org. |
|-------------|--------------|-----------------|------------------|
| peramorfóza | hypermorfóza | -- | zpomalení |
| | akcelerace | akcelerace | -- |
| pedomorfóza | progeneze | -- | akcelerace |
| | neotenie | zpomalení | -- |



Heterochronie a alometrie:



neotenie:



Ambystoma mexicanum



Birds have pedomorphic dinosaur skulls

Bhart-Anjan S. Bhullar¹, Jesús Marugán-Lobón², Fernando Racimo¹, Gabe S. Bever³, Timothy B. Rowe⁴, Mark A. Norell⁵ & Arhat Abzhanov¹

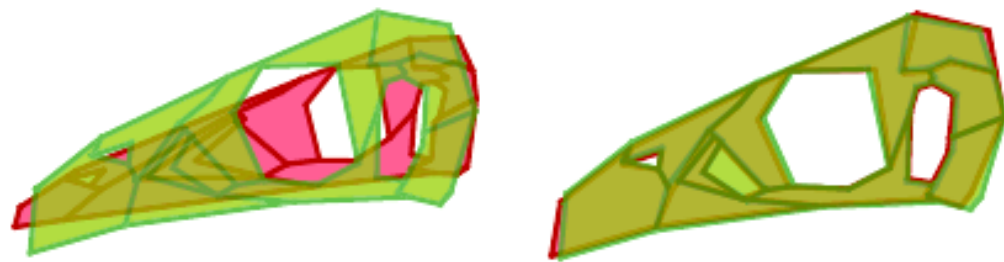
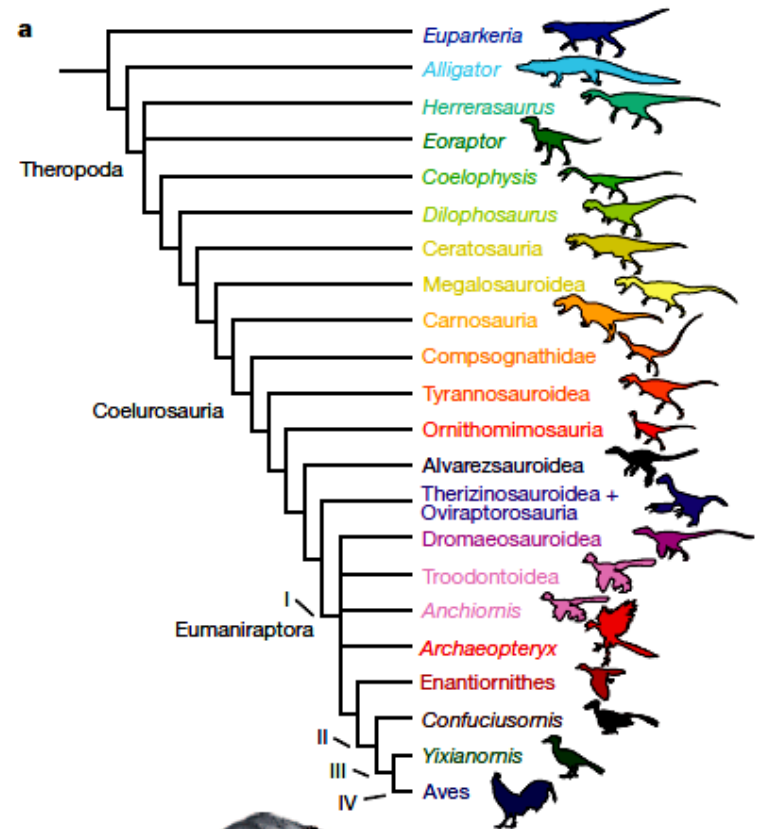
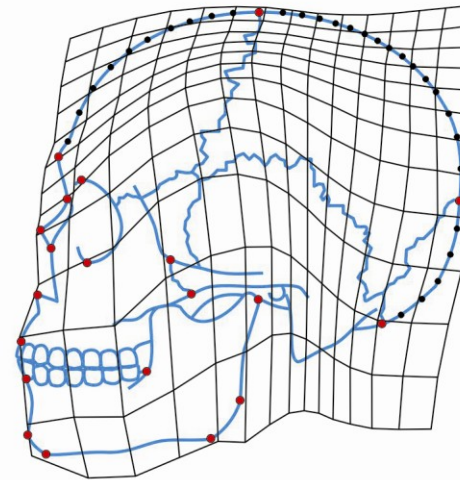
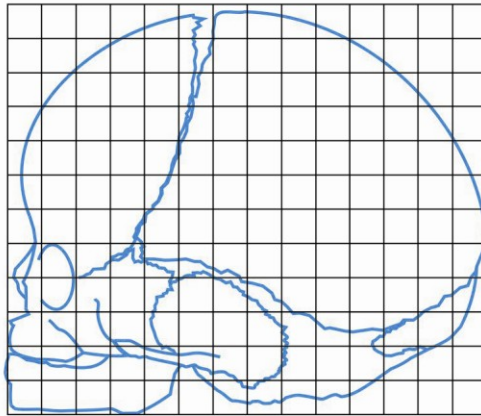


Figure 4 | Similarity of embryonic *Alligator* and adult *Confuciusornis* skulls. Superimposition of *Alligator* embryo skull (green) onto *Alligator* adult skull (red, left) and onto *Confuciusornis* adult skull (red, right), showing the nearly identical skull configuration of the latter two and indicating pedomorphic cranial morphology in *Confuciusornis*.

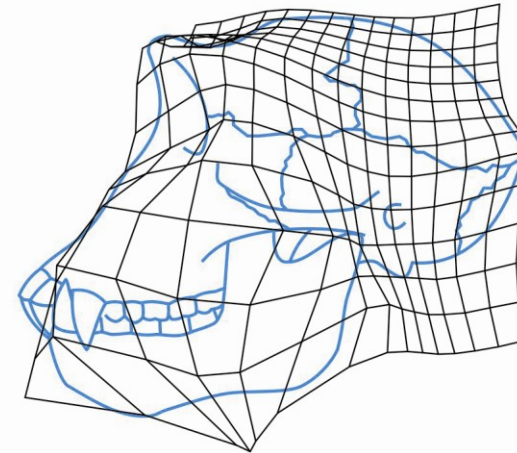
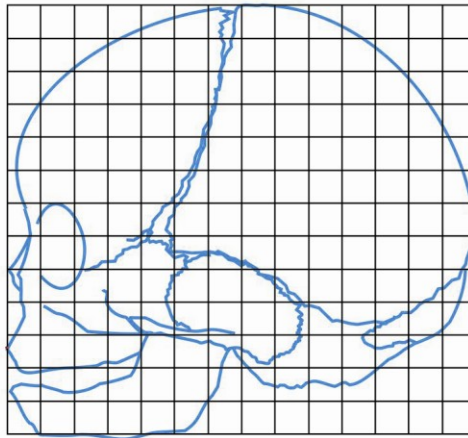


Neotenie u člověka?

a)



b)



Neotenické znaky člověka v porovnání se šimpanzem*) (Wikipedie):

Hlava:

- zaoblená lebka
- tenké lebeční kosti
- redukované nadočnicové oblouky
- velký mozek
- plochý obličej
- rozšířený obličej
- bezsrstý obličej
- vlasý na vrcholu hlavy
- větší oči
- tvar uší
- malý nos
- malé zuby
- malá horní a dolní čelist



Genitálie:

- absence bakula (*os penis*)
- přítomnost panenské blány (*hymen*)
- vagína mířící kupředu

Končetiny/postava:

- nohy delší než ruce
- struktura chodidla
- vzpřímená postava

„Nahé“ tělo

*) některé ve skutečnosti neotenní nejsou!

Vznik makroevolučních novinek:

změna funkce genového produktu:

enzym produkující pigment → změna zbarvení

trávicí enzym → změna potravních zvyklostí

ztráta funkce:

geny potlačující vlastní patogenitu

delece proteinu hostitele rozeznávaná parazitem (např. delece

CCR5- Δ 32 v genu *CCR5* → odolnost vůči viru HIV a neštovic

.... 5-14 % Evropanů, u Afričanů a Asiatů vzácná)

změny v regulaci genů

priony – nesprávná terminace translace ⇒ bovinní encefalopatie krav,

scrapie ovcí, kuru, varianta Creutzfeld-Jakobovy nemoci u člověka

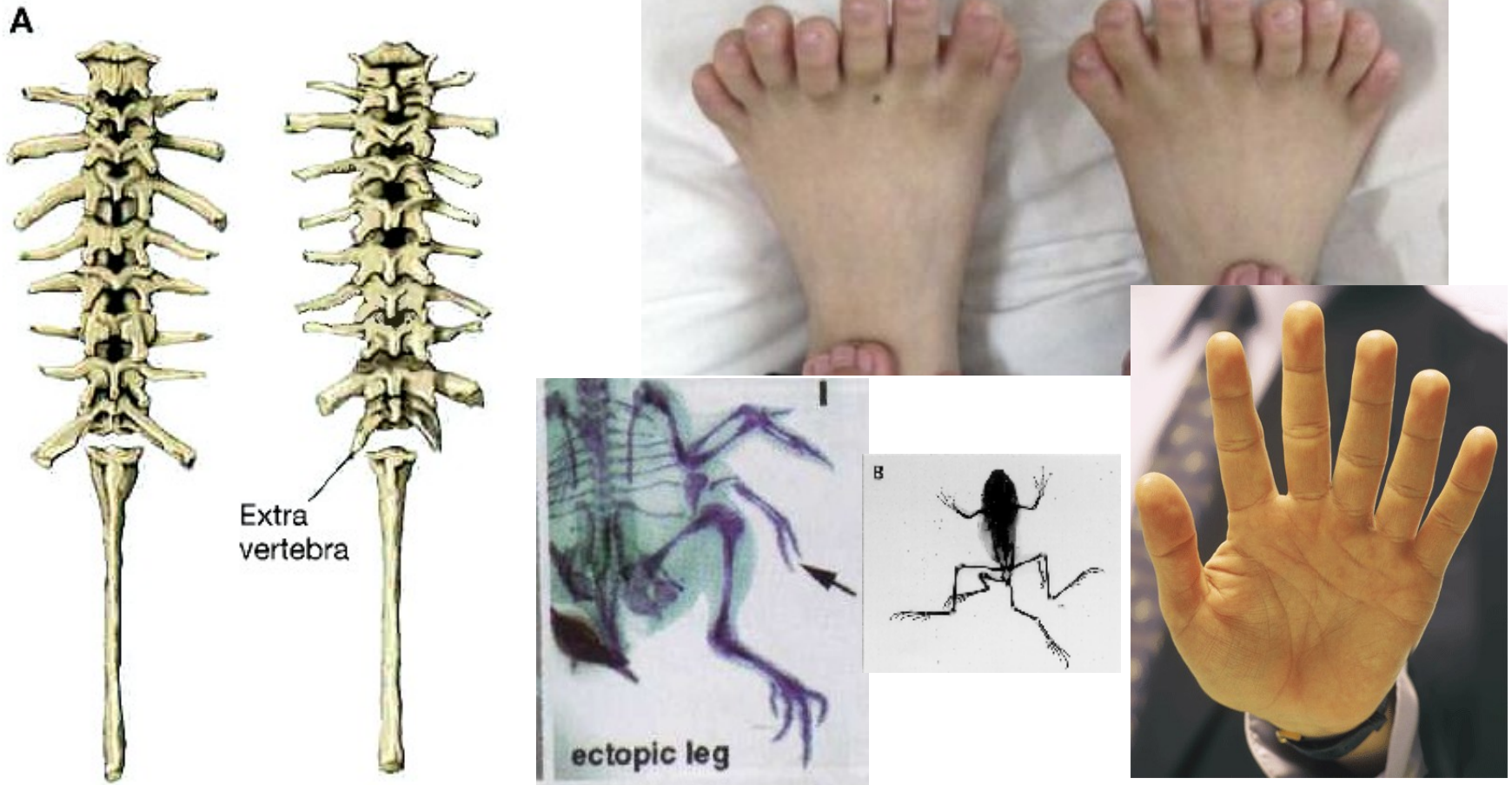
role duplikace genů – umožněny radikálnější změny

symbióza, přenos genů (retroviry)

homeotické geny

Homeotické (*Hox*) geny

William Bateson: „homeosis“ = anatomické změny velkého rozsahu (např. vývoj nadpočetného prstu, krční obratel místo hrudního, končetina v ektopické pozici)



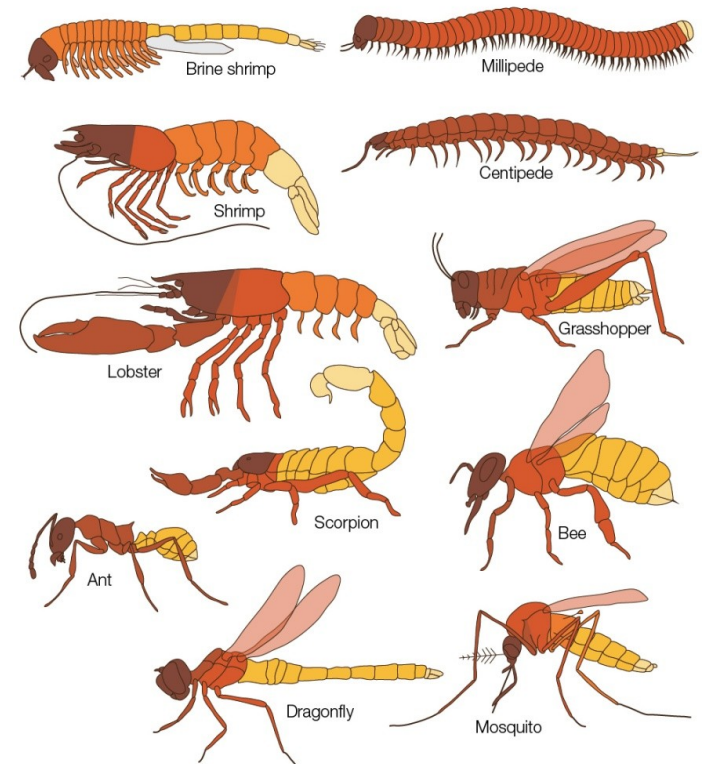
Homeotické (*Hox*) geny

Edward Lewis: **homeotické geny** = geny zodpovědné za základní segmentaci mnohobuněčných živočichů – homeotické mutace nemění počet segmentů, ale jejich identitu

kontrola transkripce dalších genů (např. *Ubx* pravděpodobně reguluje stovky „cílových“ genů)

určení základní segmentace těla

vysoká evoluční konzervativnost

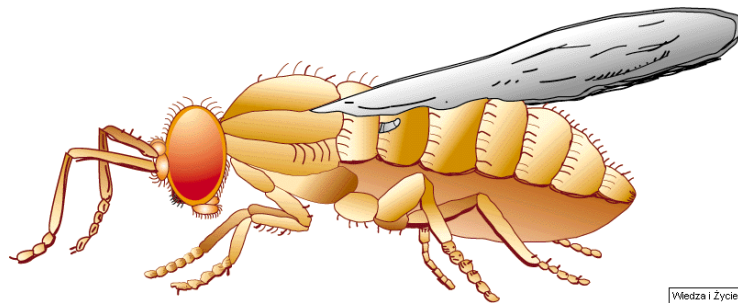
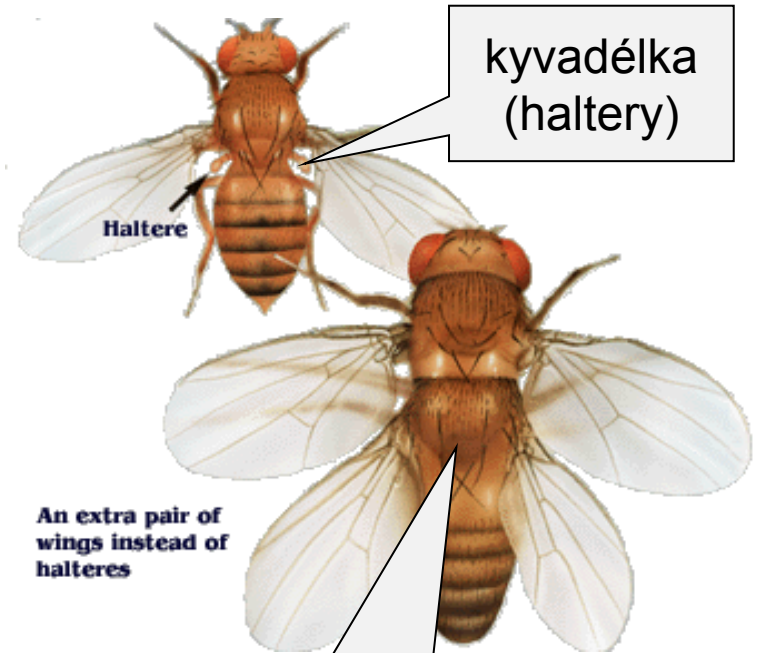


Homeotické mutace

Antennapedia:

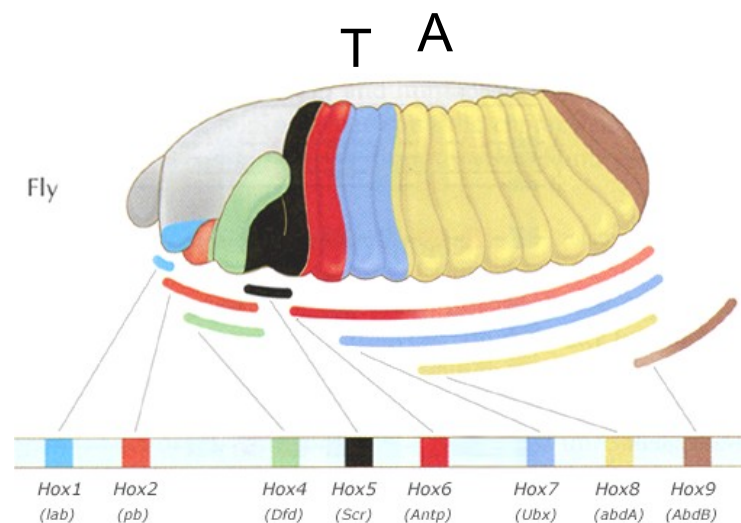
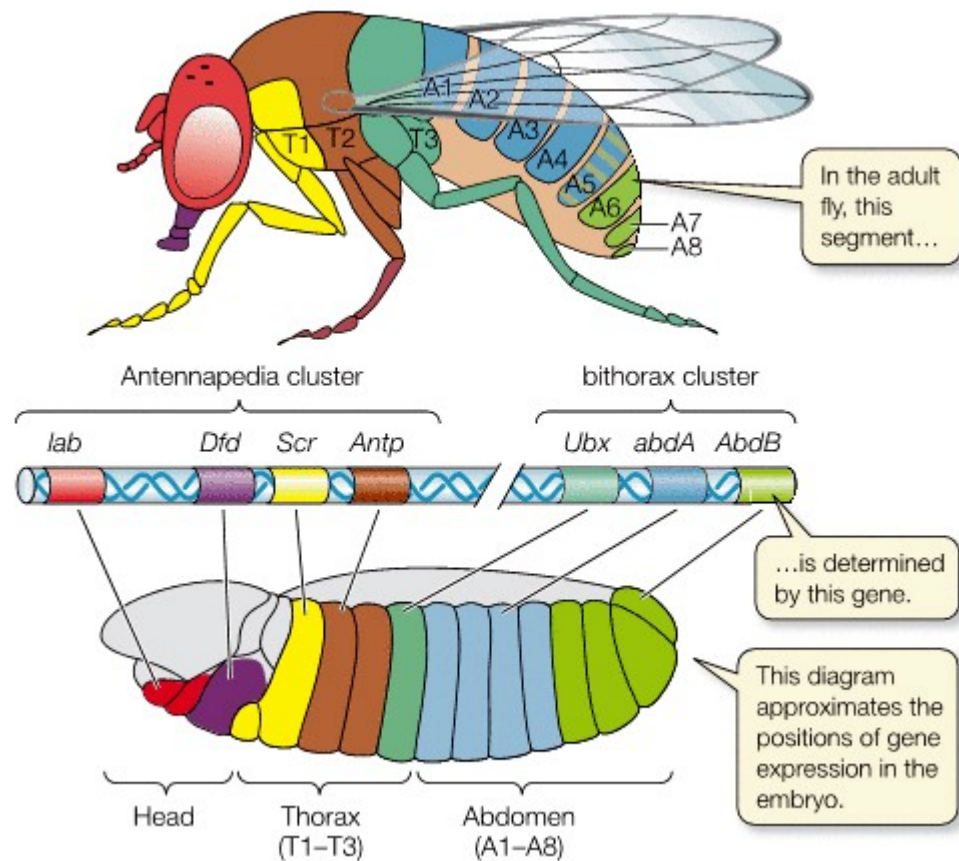


Bithorax:



mutace v genu
Ultrabithorax: 3. hrudní
článek (T3) → T2

Hox geny: základní antero-posteriorní segmentace těla
shluky lineární, stejné pořadí jako segmenty



působení *Hox* genů se překrývá

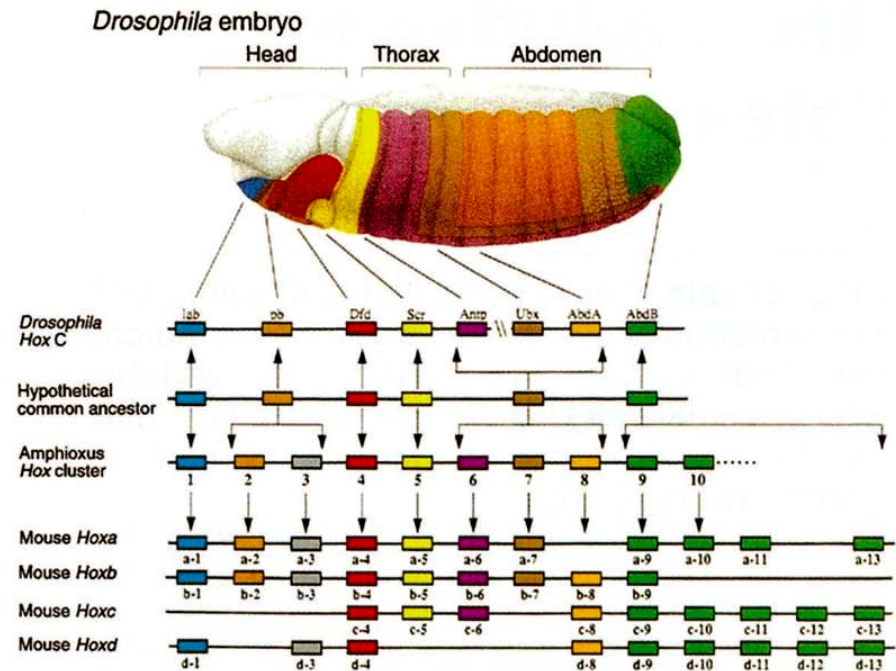
Drosophila: 1 vazebná skupina, 2 shluky:

Antennapedia (ANT-C)

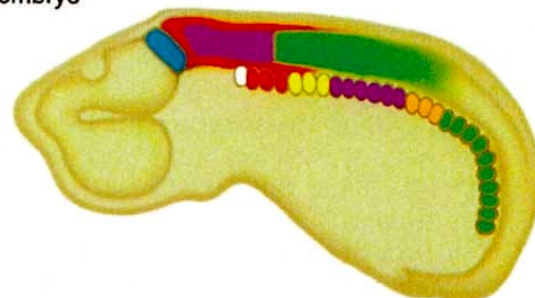
Bithorax (BX-C)

obratlovci:

4 vazebné skupiny

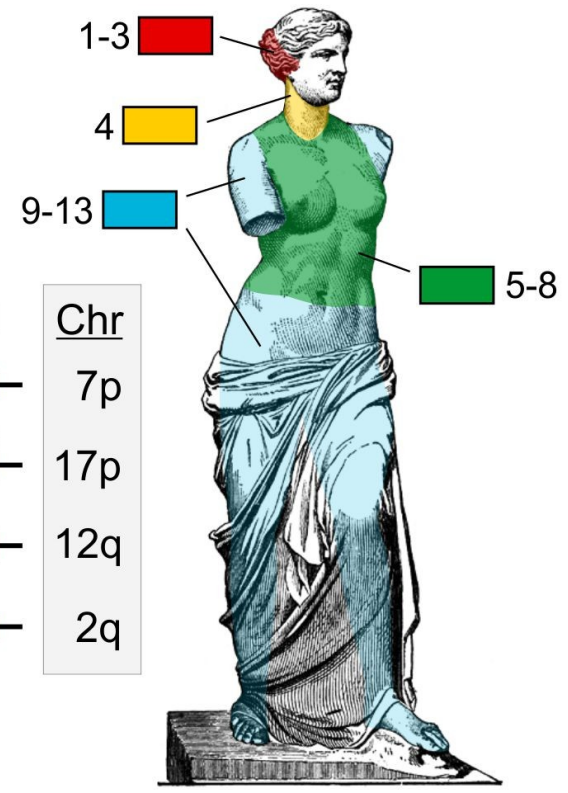
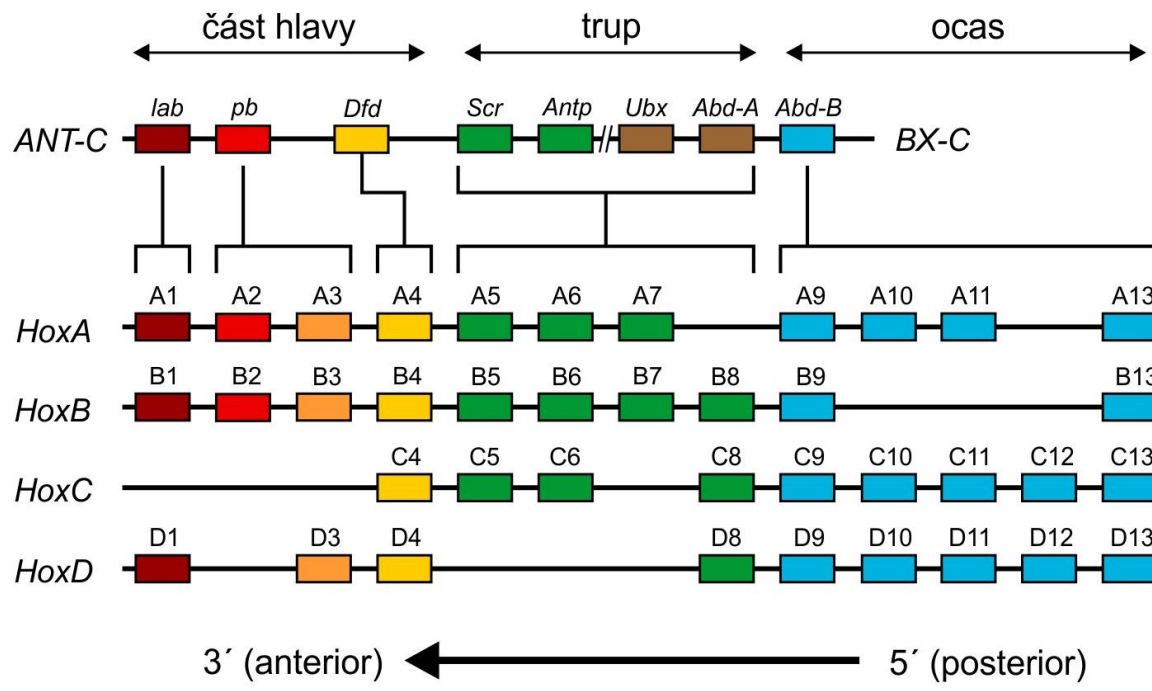


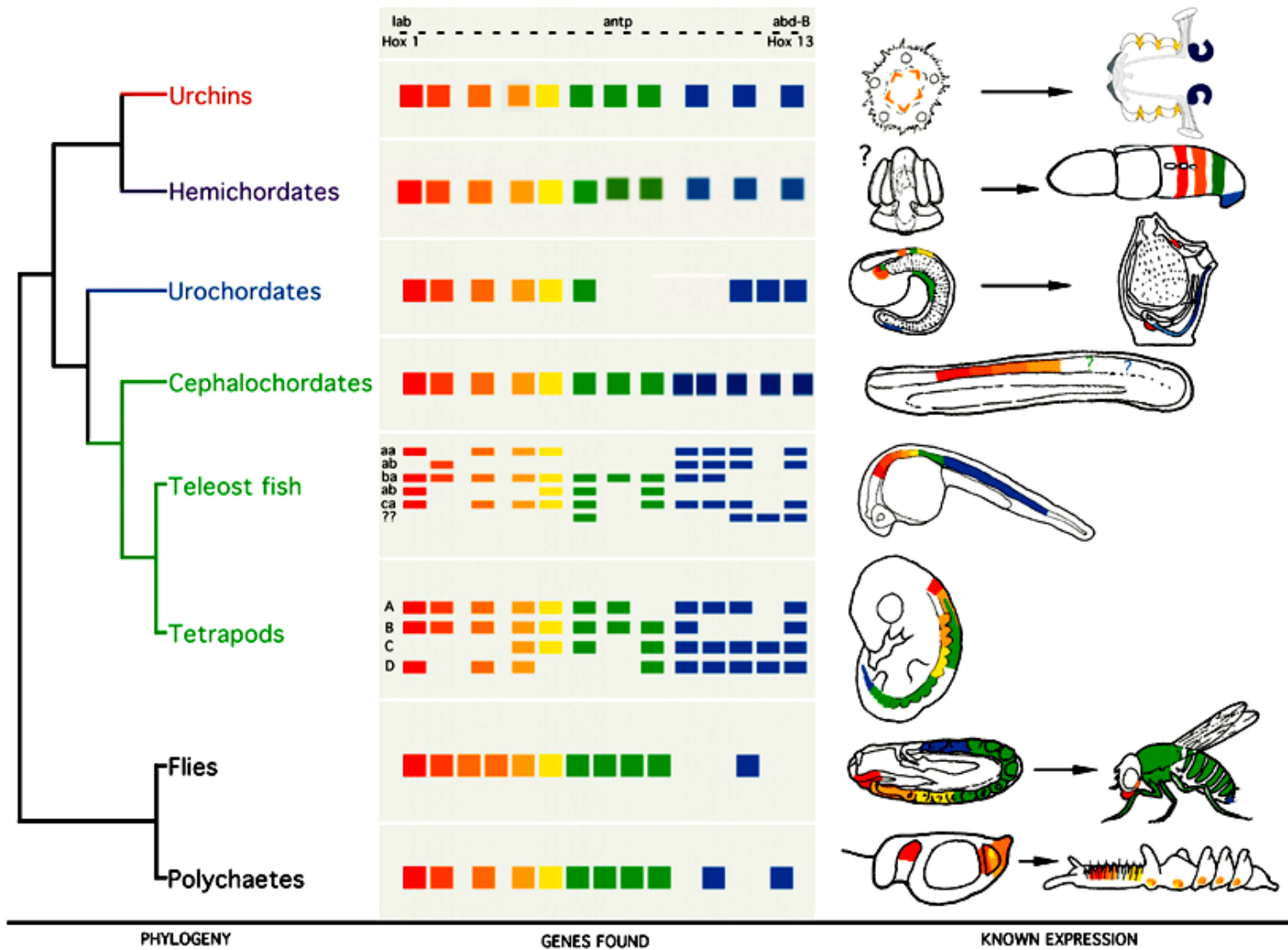
Mouse embryo

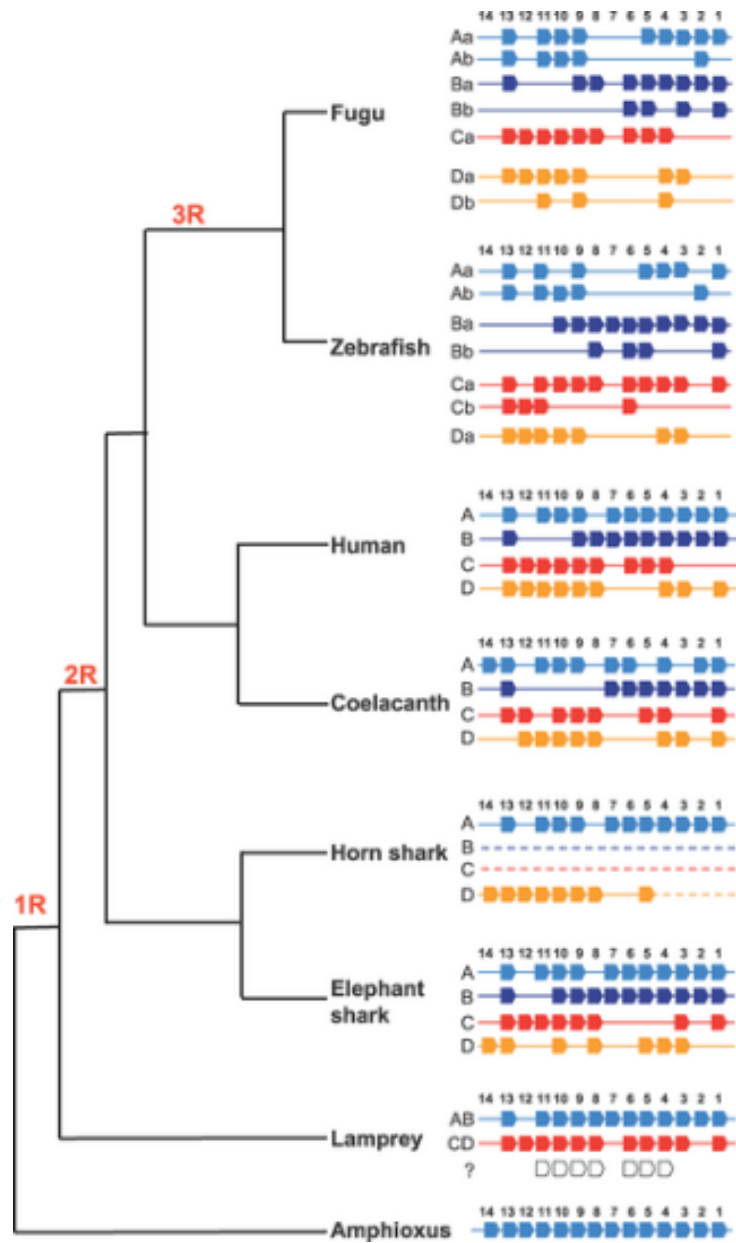


Drosophila

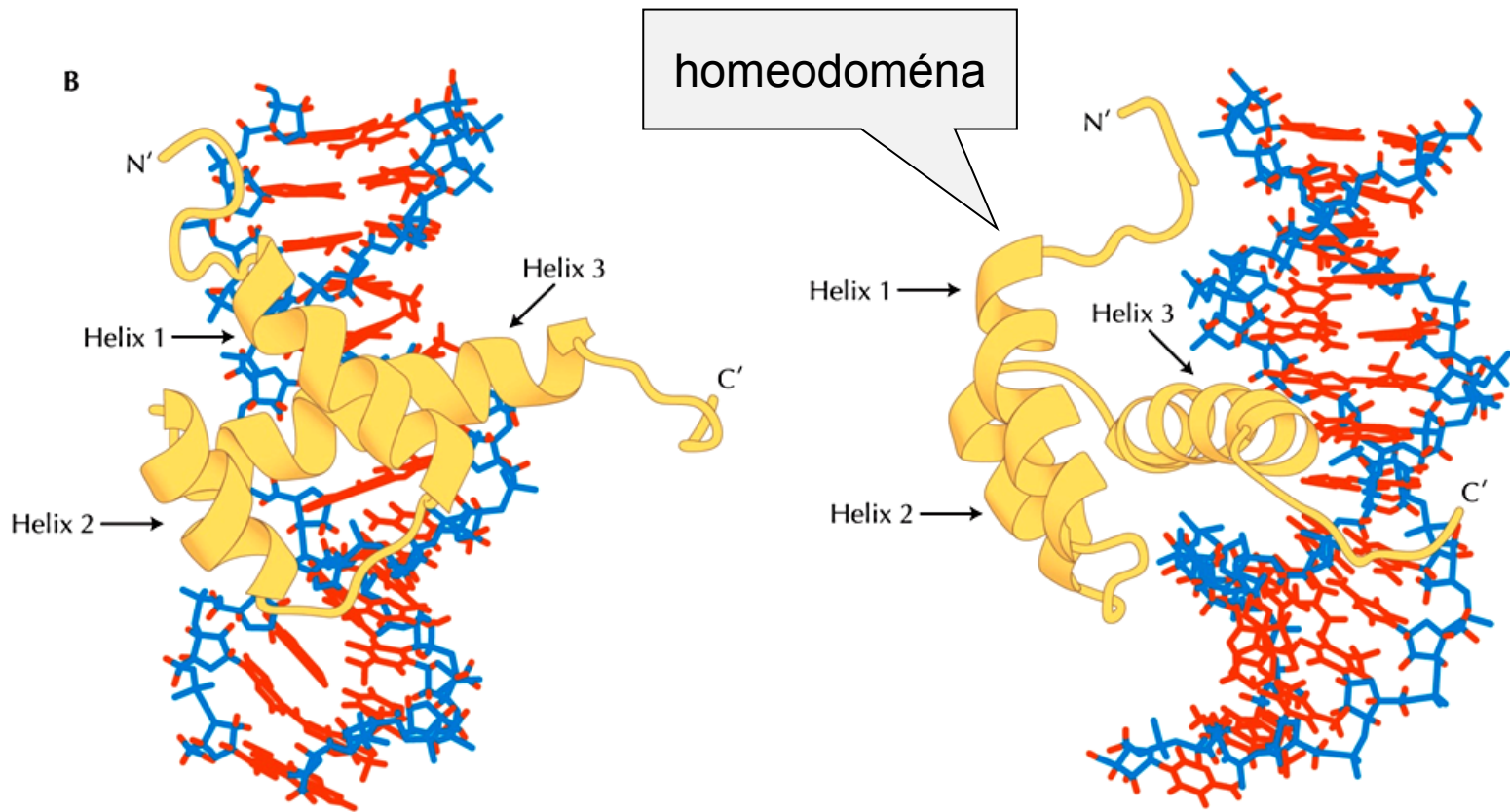
člověk







Homeobox: 180 bp → homeodoména: 60 AA (regulace exprese)



Hox-geny jsou vysoce konzervativní

A

Scr group

| | |
|--------------|---|
| Fruit fly | TKRQRTSYTRYQTLELEKEFHFNRYLTRRRRIEIAHALCLTERQIKIWFQNRRMKLKEH |
| Grasshopper | TKRQRTSYTRYQTLELEKEFHFNRYLTRRRRIEIAHALCLTERQIKIWFQNRRMKWKKEH |
| Beach hopper | TKRQRTSYTRYQTLELEKEFHFNRYLTRRRRIEIAHALCLTERQIKIWFQNRRMKWKKEH |
| Centipede | TKRQRTSYTRYQTLELEKEFHFNRYLTRRRRIEIAHSLCLSERQIKIWFQNRRMKWKKEH |
| Mite | TKRQRTSYTRYQTLELEKEFHFNRYLTRRRRIEIAHSLCLSERQIKIWFQNRRMKWKKEH |
| Leech | NKRTRTSYTRHQTLELEKEFHFNRYLSRRRRIEIAHVNLNLSERQIKIWFQNRRMKWKKDH |
| Sea urchin | SKRSRTAYTRYQTLELEKEFHFNRYLTRRRRIEIAHALGLTERQIKIWFQNRRMKWKKEH |
| Zebra fish | GKRARTAYTRYQTLELEKEFHFNRYLTRRRRIEIAHALCLSERQIKIWFQNRRMKWKKDN |
| Mouse | GKRARTAYTRYQTLELEKEFHFNRYLTRRRRIEIAHALCLSERQIKIWFQNRRMKWKKDN |
| Human | GKRARTAYTRYQTLELEKEFHFNRYLTRRRRIEIAHALCLSERQIKIWFQNRRMKWKKDN |

Antp group

| | |
|--------------|--|
| Fruit fly | RKRGRQTYTRYQTLELEKEFHFNRYLTRRRRIEIAHALCLTERQIKIWFQNRRMKWKKEN |
| Grasshopper | RKRGRQTYTRYQTLELEKEFHFNRYLTRRRRIEIAHALCLTERQIKIWFQNRRMKWKKEN |
| Beach hopper | RKRGRQTYTRYQTLELEKEFHFNRYLTRRRRIEIAHALCLTERQIKIWFQNRRMKWKKEN |
| Centipede | RKRGRQTYTRYQTLELEKEFHFNRYLTRRRRIEIAHALCLTERQIKIWFQNRRMKWKKEN |
| Spider | RKRGRQTYTRYQTLELEKEFHFNRYLTRRRRIEIAHALCLTERQIKIWFQNRRMKWKKEN |
| Leech | QKRTRQTYTRYQTLELEKEFYSNRYLTRRRRIEIAHSLALSERQIKIWFQNRRMKWKKEN |
| Sea urchin | GKRGRQTYTRQQTLELEKEFHFVTRRRRFEIAQSLGLSERQIKIWFQNRRMKWKREH |
| Zebra fish | GRRGRQTYTRYQTLELEKEFHFNRYLTRRRRIEIAHALCLTERQIKIWFQNRRMKWKKEN |
| Mouse | GRRGRQTYTRYQTLELEKEFHYNRYLTRRRRIEIAHALCLTERQIKIWFQNRRMKWKKES |
| Human | GRRGRQTYTRYQTLELEKEFHYNRYLTRRRRIEIAHALCLTERQIKIWFQNRRMKWKKES |

ParaHox geny

MADS-box geny u rostlin

