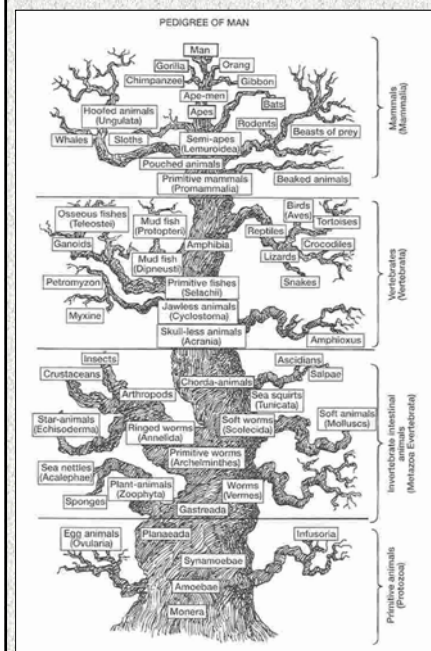


Základní termíny a koncepty – klasifikace

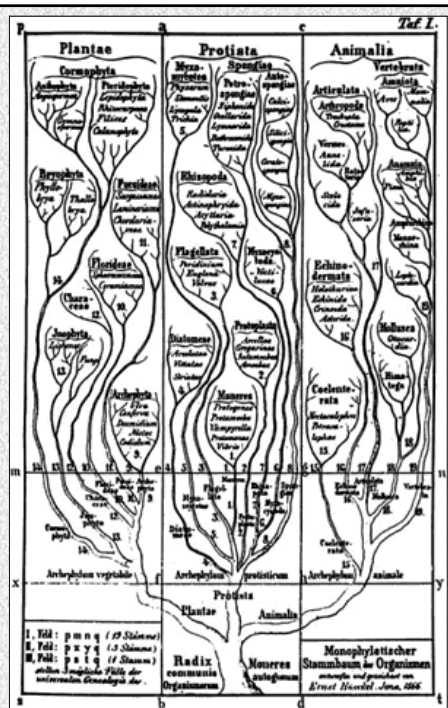


- variabilita živé přírody vs. umělých artefaktů
- různé principy třídění (kritéria)
- klasifikace: praktická nezbytnost?
- stvoření – organismy nepřibuzné
- evoluce – organismy přibuzné
- klasifikace umělá vs. přirozená

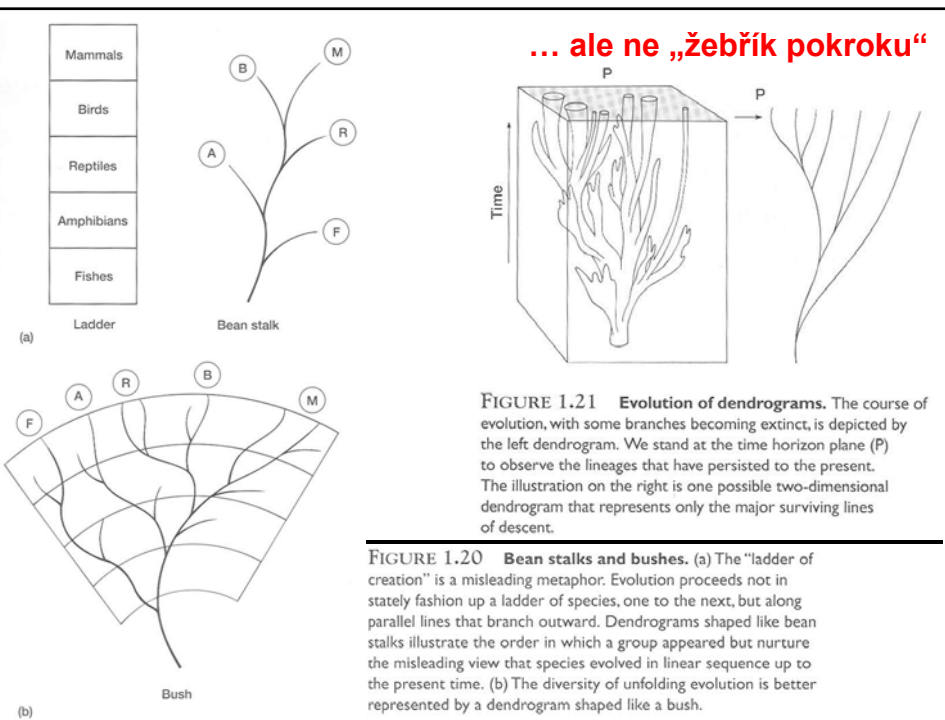
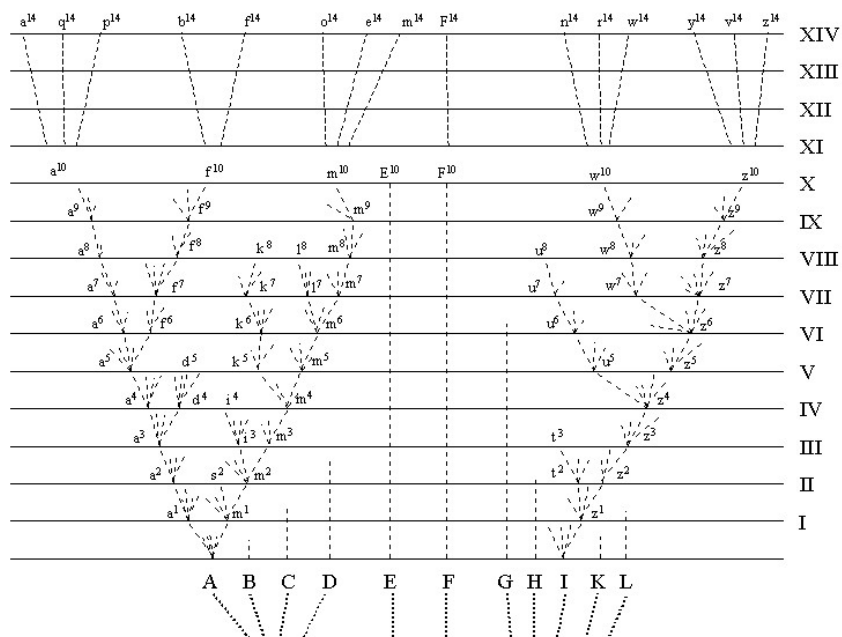
Klasifikace

- existuje **jediný** přirozený = správný systém, který je obrazem jednou proběhlých evolučních procesů a změn (= fylogenetický s.)
- telefonní seznam druhů?
- systematická zoologie se zabývá nenáhodným seřazením taxonů
- k dalšímu čtení – povinnému: **Dawkins R. 2002: Slepý hodinář.** Zázrak života očima evoluční biologie. Paseka, Praha. (kap. 10)

Kdo nečetl „Slepýše“ není biolog!

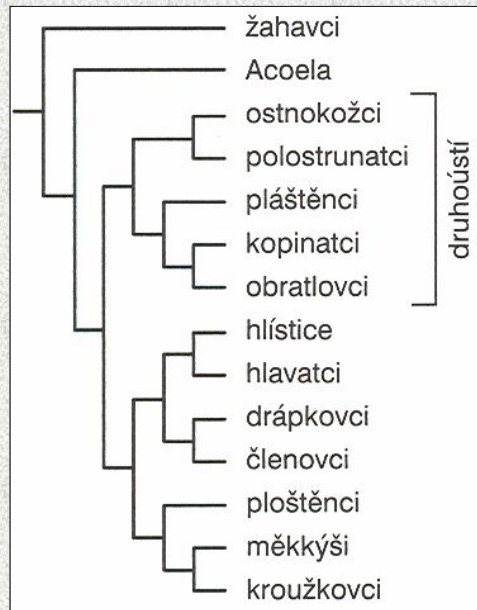


Evoluce je hromadění odvozených znaků...



Kladistika

- fylogenetická systematika = kladistika
- metoda hierarchické klasifikace
- diskrétní jednotky a pod-jednotek („matrjoška“)
- kladogram – hypotéza o příbuzenských vztazích (společný předek)
- štěpení evolučních linií je jediná jednoznačná událost umožňující objektivní klasifikaci
- hierarchické uhnízdění podle mnoha podobných znaků
- vs. systém na základě náhodně vybraných podobností
- ne všechny znaky jsou „dobré“



kladogram

Není podobnost jako podobnost: Homologie vs. konvergence

- **konvergence** = homoplázie = analogie
- funkční podobnost
- daná ekologickými podmínkami

Gryllotalpa gryllotalpa

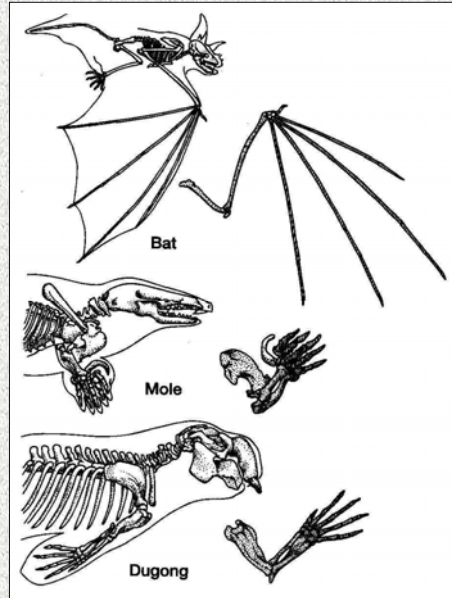


Není podobnost jako podobnost: Homologie vs. konvergence

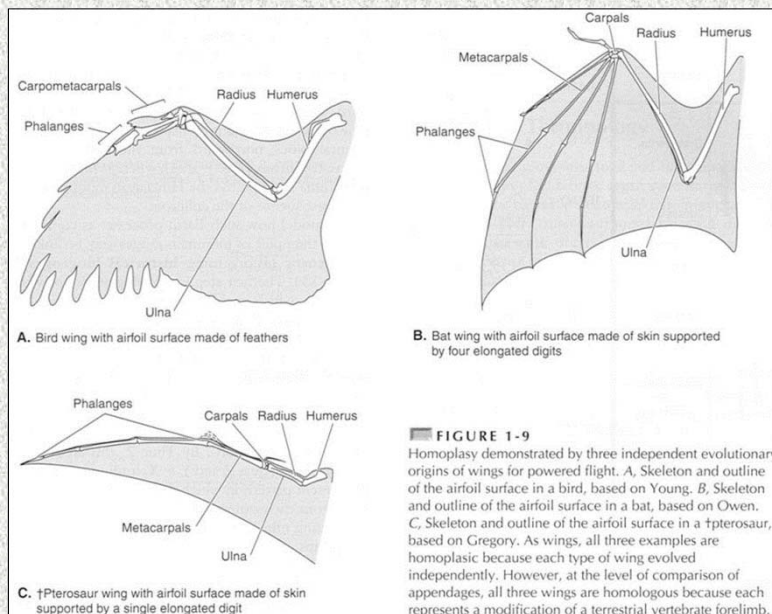
- **homologie**
 - strukturální podobnost
 - daná příbuzností

typy homologií:

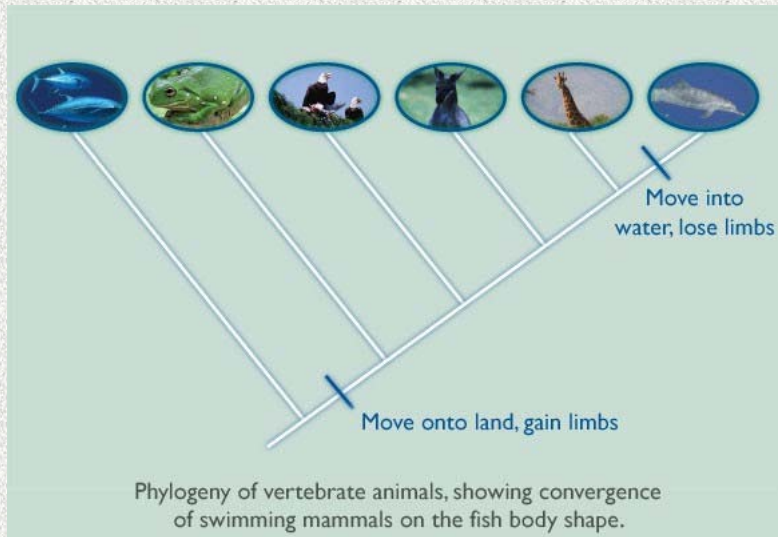
- **ortologie**
 - homologie vzniklá speciací
 - přední křídlo brouka a komára
 - ⇒ informace o průběhu fylogeneze
- **paralogie**
 - homologie vzniklá duplikací genů
 - dvoukřídly hmyz:
 - mesothorax – křídla,
 - metathorax – kyvadélka (haltery)
 - ⇒ informace o evoluci funkcí, tvarů



Pozor na některé podobnosti: funkčně homoplázie, ale strukturálně homologie!



**(Ne)podobnost ≠ (ne)příbuznost:
divergence vs. konvergence**

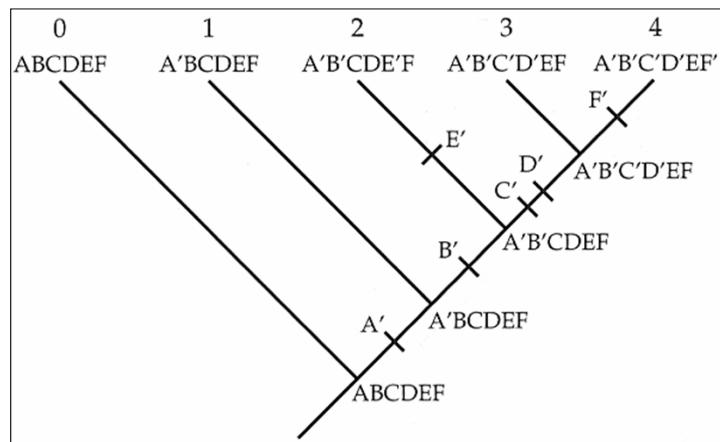


**(Ne)podobnost ≠ (ne)příbuznost:
divergence vs. konvergence**



<http://core.ecu.edu/biol/summersk/summerwebpage/Research/Mimicry/Mimicry.htm>

Kladistika – homologické znaky

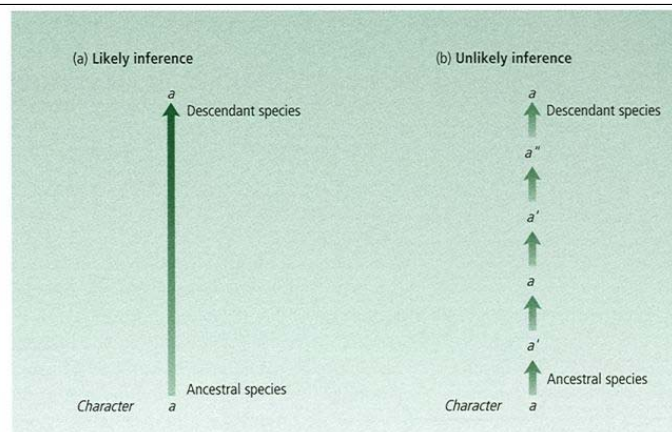


- **apomorfie** vs. **plesiomorfie** (odvozené vs. primitivní znaky)
- synapomorfie vs. symplesiomorfie
- význam pro klasifikaci mají jen **synapomorfie**
- hierarchické uspořádání kladů na základě sdílených odvozených znaků

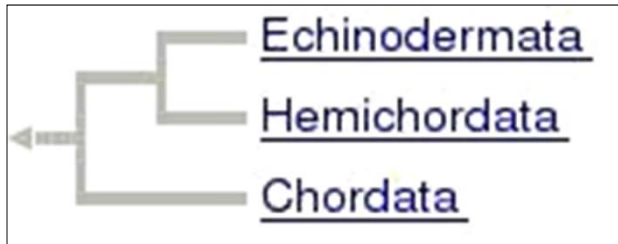
Parsimonie

Figure 15.15

The same character is found in both a descendant species and one of its ancestors. It is more likely (a) that the character has remained constant and has been passed on by inheritance than (b) that it has changed and reverted to its original state a number of times between the ancestor and descendant.



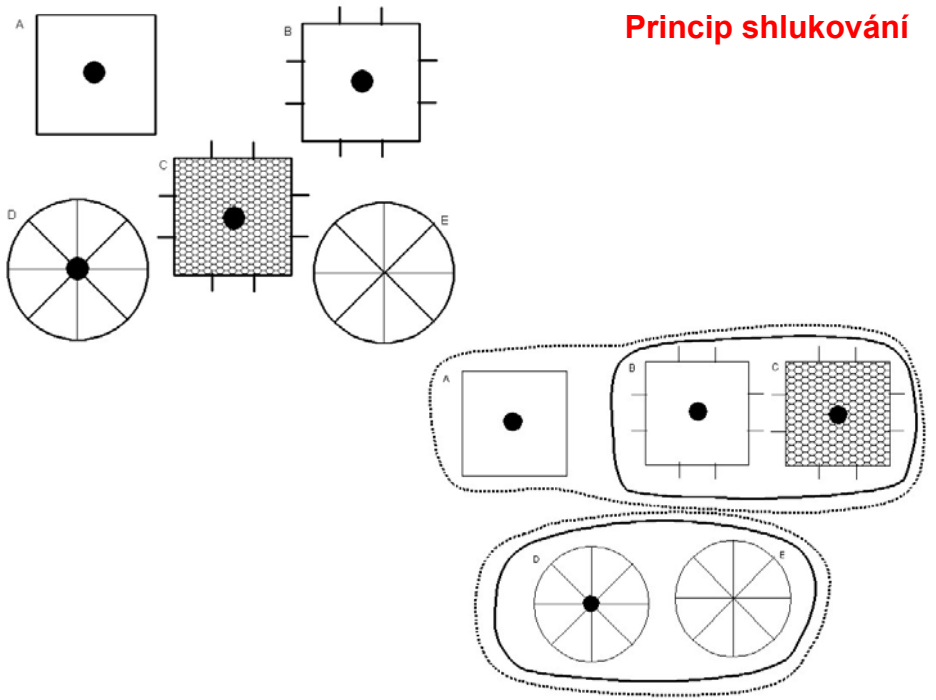
Kladistika



- úroveň analýzy! – vnější apomorfie se stává vnitřní plesiomorfii:
spodní čelist – dentale:
plazi, ptáci, savci **vs.** kůň, antilopa, velryba
- charakteristika skupin na základě **synapomorfii**
- charakteristika druhů na základě **autapomorfii**
- apomorfie = autapomorfie + synapomorfie
- každý znak: autapomorfie ⇨ synapomorfie ⇨ symplesiomorfie

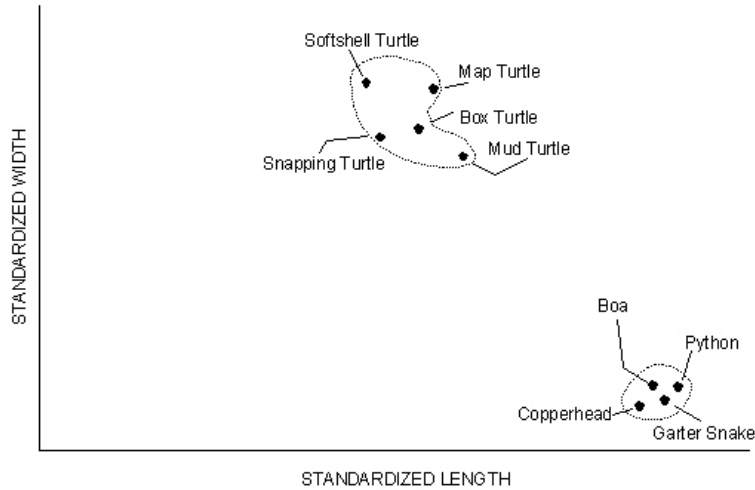
Zrzavý J., Storch D. & Mihulka S. 2004: Jak se dělá evoluce. Paseka, Praha. 296 stran

Princip shlukování








Shlukování

Imagine measuring a bunch of animal species and graphing their widths against their lengths. Each species would appear as a single dot on the graph, and the dot would tell us something about their shapes, and how those shapes compare with each other. Snakes, for instance, would show up as long, skinny things, but turtles as shorter, wider things. The graph would let us distinguish their shapes at a glance, and would "cluster" the similar body shapes together.

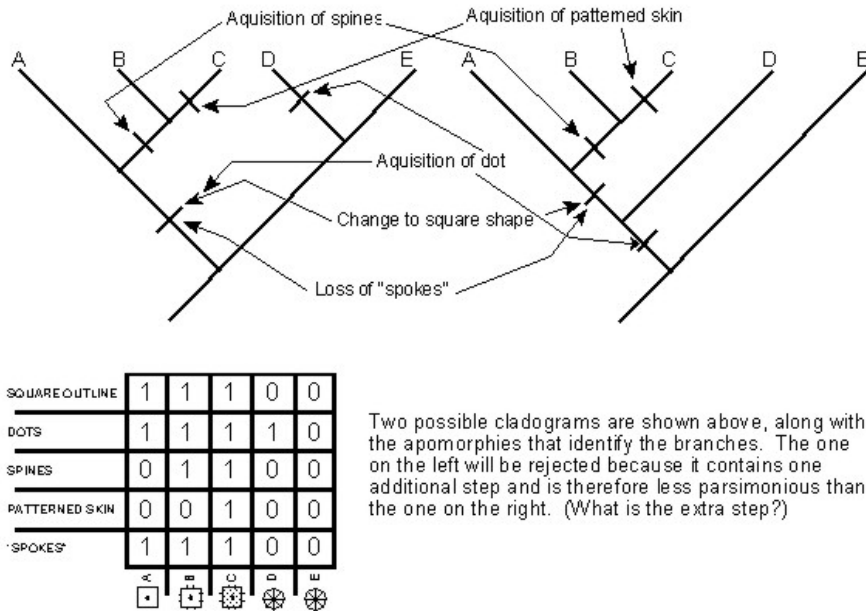


Kódování znaků

CREATION OF A DATA MATRIX – A "1" IMPLIES THAT A CHARACTER IS PRESENT IN THE O.T.U., A "0" IMPLIES IT IS ABSENT IN THE O.T.U.

ROUND OUTLINE	0	0	0	1	1
SQUARE OUTLINE	1	1	1	0	0
DOTS	1	1	1	1	0
SPINES	0	1	1	0	0
PATTERNED SKIN	0	0	1	0	0
"SPOKES"	0	0	0	1	0
	A	B	C	D	E
					

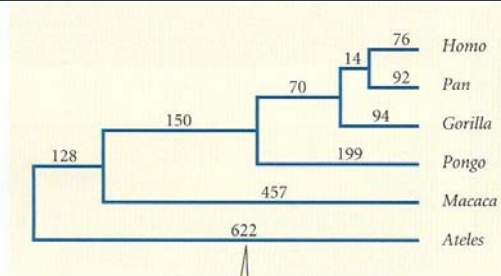
Princip parsimonie



Typy znaků

anatomické	sekundární tvrdé patro, 2 – 3 polokružné chodby ve vnitřním uchu, srůst kostí, poměr velikostí kostí, tvar spánkové jámy, ztráta zubů
molekulární	sekvence nukleotidů, pořadí genů, duplikace Hox-genů, změny genetického kódu
embryologické	neurenterický kanál, zárodečné obaly, typ rýhování vajíčka
ontogenetické	(ne)ukončený růst
fyzilogické	endotermie
ekologické	návrat do vodního prostředí
behaviorální	žvýkání, péče o potomstvo, schopnost letu

Typy znaků: molekuly



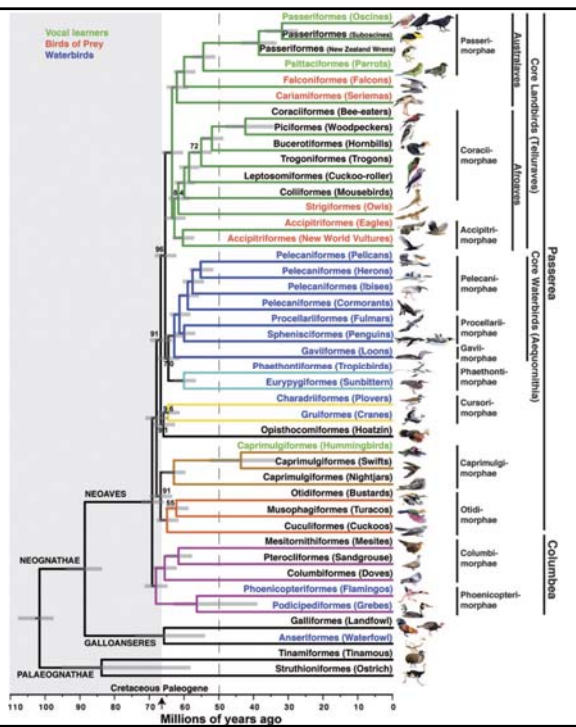
Numbers indicate the minimum possible nucleotide substitutions, which produce this "most parsimonious" phylogeny.

Yellow indicates Great Ape synapomorphy (Homo/Pan/Gorilla/Pongo).

Red indicates Homo/Pan synapomorphy.

Homo	* * * *	C A C A A T A	• • •	T G A G C	• • •	G A A G A G A T G	• • •
Pan	* * * *	A A		G C		G C G	
Gorilla	T A A T	A A		T T		T G G	
Pongo	T A A T	A A		T T		T C G	
Macaca	T A A T	C G		T T		T C A	
Ateles	T A A T	A C		T T		T A T	
	• • • • •	• • •		• • • • •		• • • • •	
	3903	3913		5361	5365	6367	6375

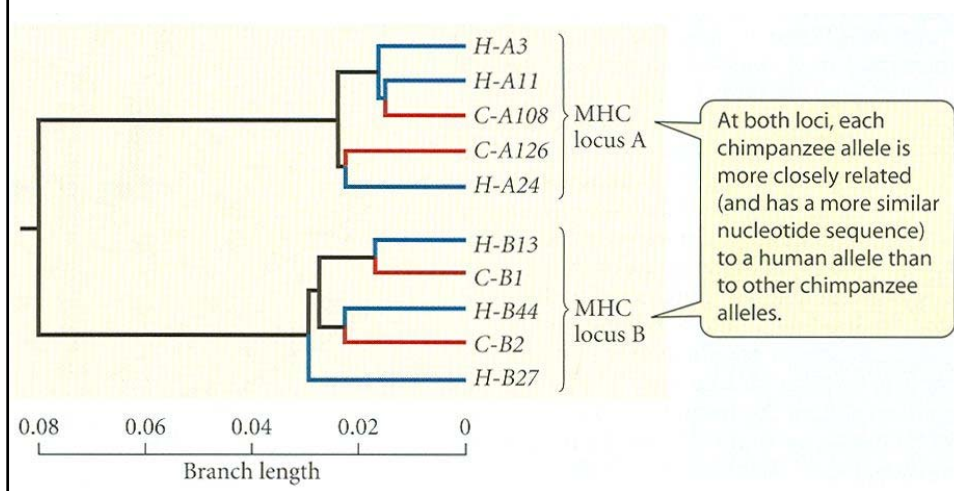
Typy znaků: molekuly



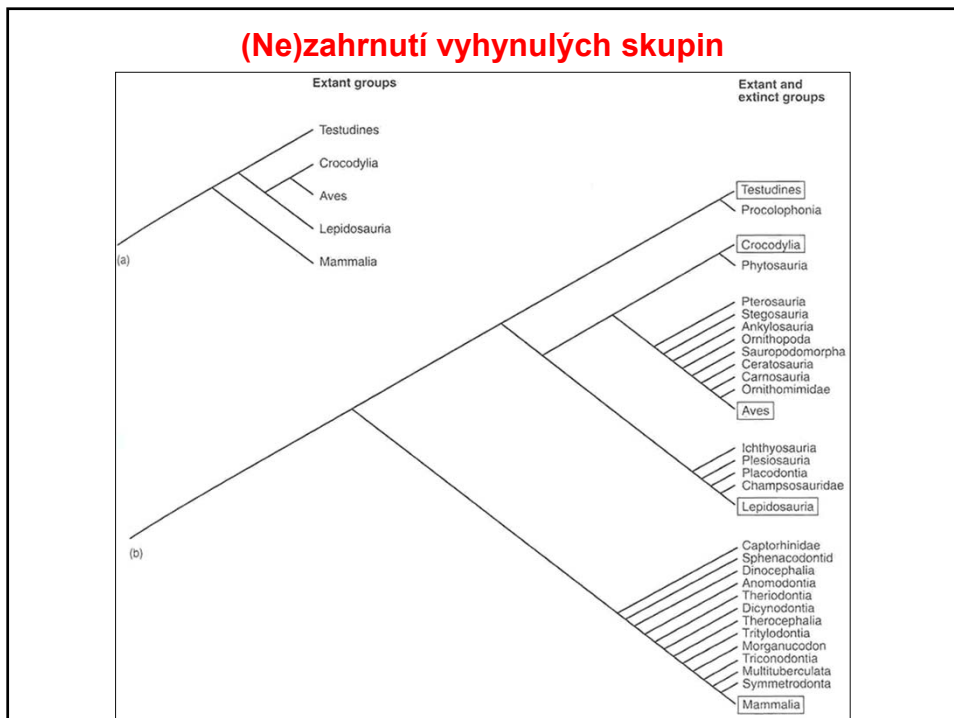
Jarvis et al. Science 2014

Genové stromy

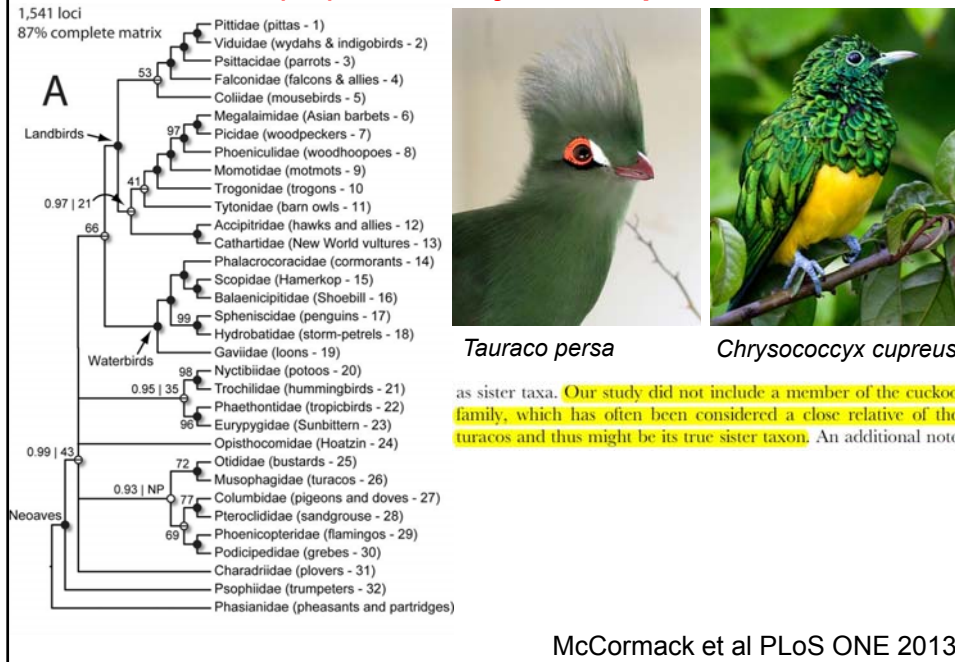
- trans-speciační polymorfismus
- kladogram podle genů vs. více znaků



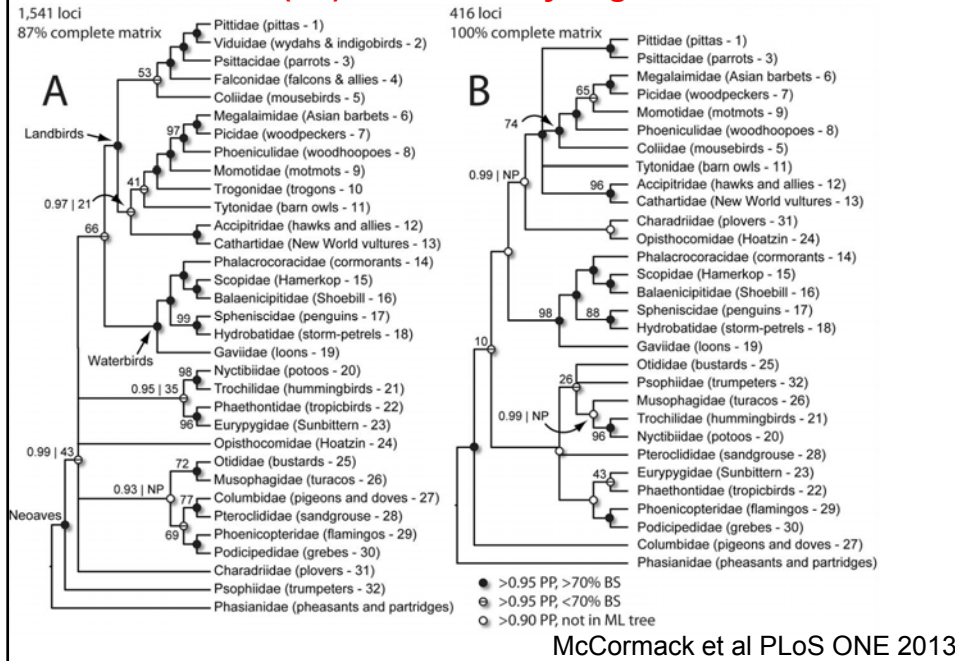
(Ne)zahrnutí vyhynulých skupin



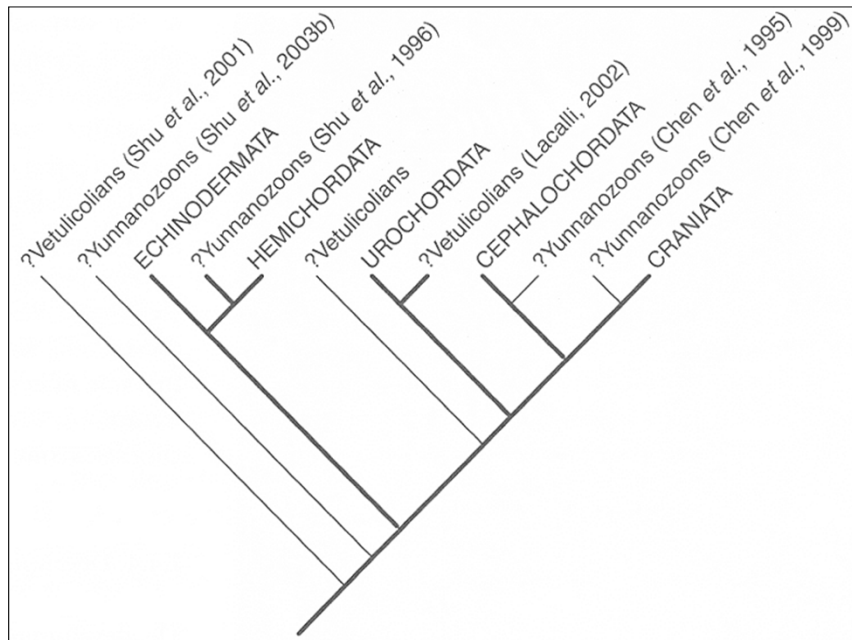
(Ne)zahrnutí žijících skupin



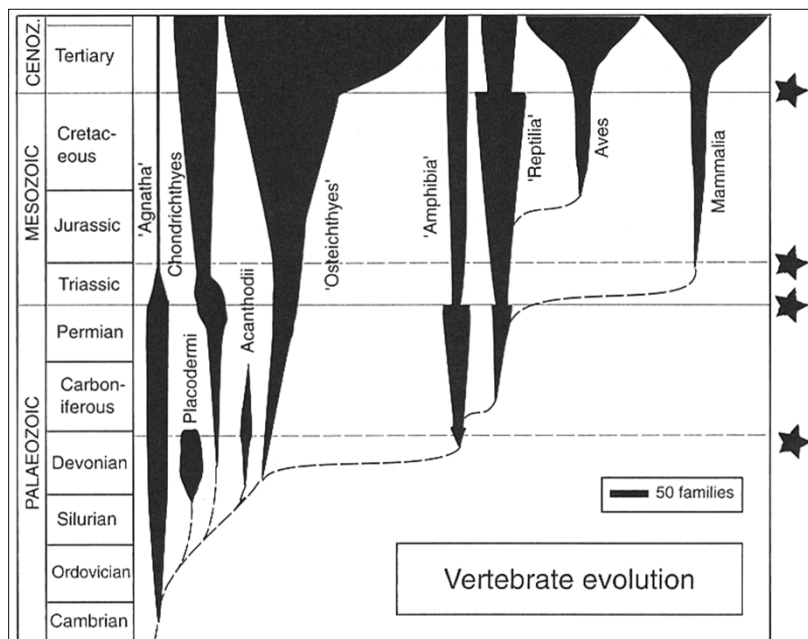
(Ne)zahrnutí různých genů

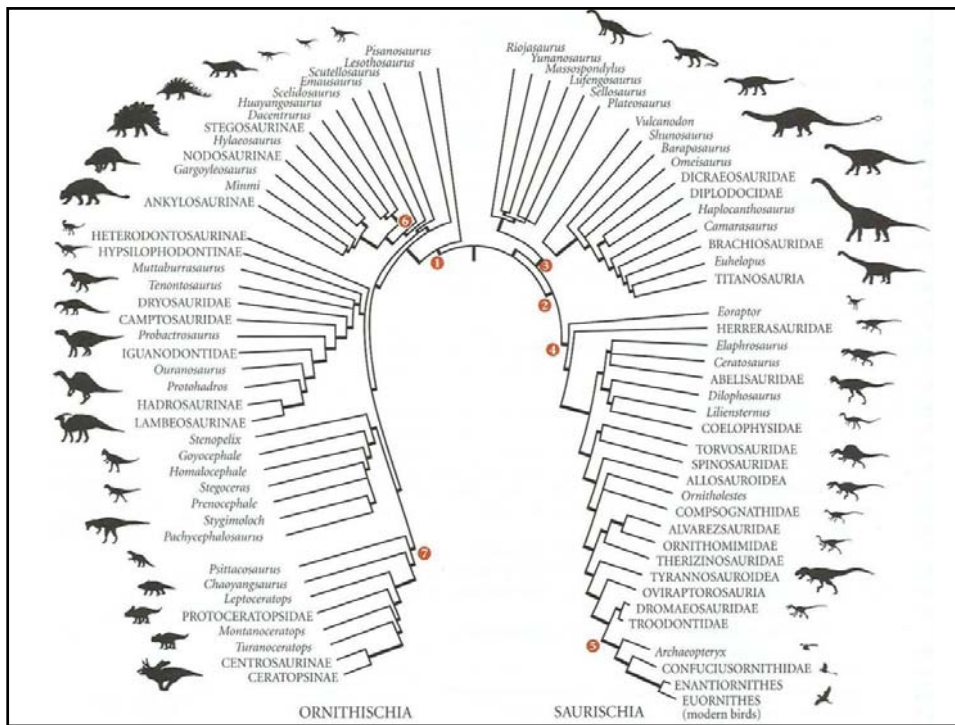


Problematické zařazení vyhynulých skupin

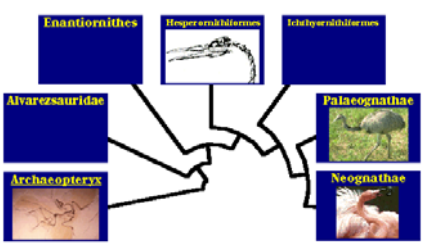
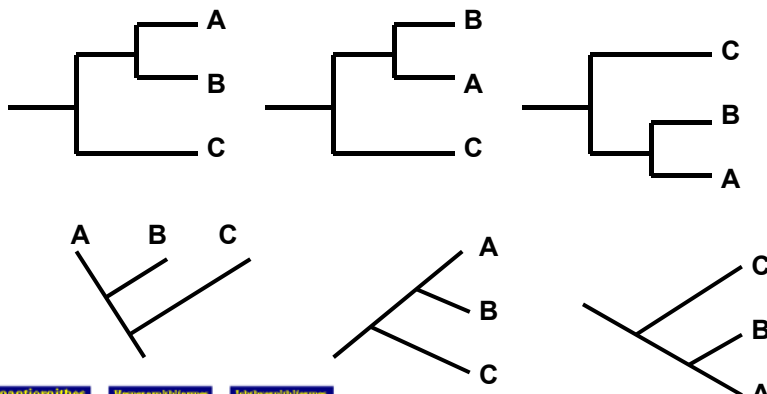


Abundanční dendrogram





Zobrazení kladogramu



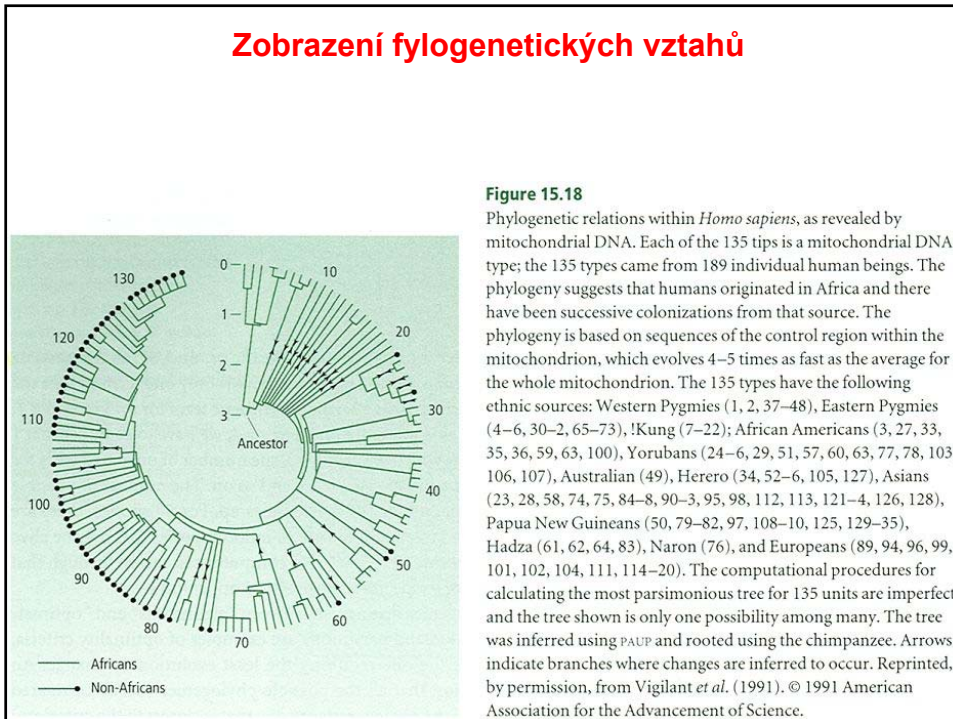
Zobrazení fylogenetických vztahů

Table 4. Comparison of the likelihood values of different topologies within the Actinopterygii, applying the Kishino–Hasegawa test (KH) and the Shimodaira–Hasegawa-test (SH) based on the sox11-tyrosinase dataset

Topology	Li	ΔLi	± SE	PKH	PSH	PAU
1. (A(L(((G + E) (O + I)) (D(C + T))))))	-6782.639	0.000	0.000	-1.000	-1.000	0.839
2. (A(L(((G(E(O + I))) (D(C + T))))))	-6785.527	-2.887	3.137	0.179	0.685	0.228
3. (A(L((G + E) (O + I))) (D(C + T))))	-6812.590	-29.951	11.394	0.004	0.046	0.002
4. (A(((G + E) (O + I)) (L(D(C + T))))))	-6812.568	-29.929	11.425	0.004	0.047	0.001
5. (A(L((G + E) ((O + I) (D(C + T))))))	-6809.472	-26.833	12.003	0.013	0.073	0.006
6. (A(L((O + I) ((G + E) (D(C + T))))))	-6809.938	-27.299	11.850	0.011	0.068	3.004

Note. The first topology is the maximum likelihood tree. Abbreviations: *Acipenser* (A), *Lepisosteus* (L), *Gnathonemus* (G), *Elops* (E), *Oncorhynchus* + *Takifugu* (O), *Danio* + *Ictalurus* (I), *Danio* (D), *Oreochromis* (C), *Takifugu* (T), likelihood (Li), difference of likelihood (ΔLi), *P* value for Kishino–Hasegawa (PKH), *P* value for Shimodaira–Hasegawa (PSH), *P* value for approximately unbiased test (PAU). Values in boldface indicate significance at the 5% level.

Zobrazení fylogenetických vztahů



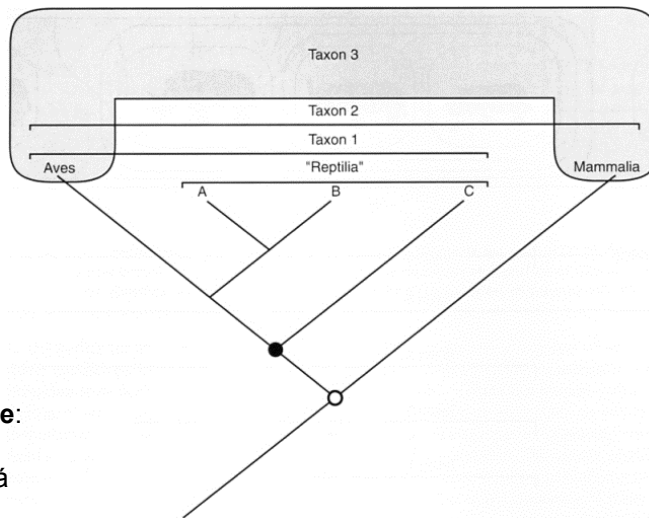
Typy skupin

- polyfyletická
- parafyletická
- monofyletická = klad (clade)

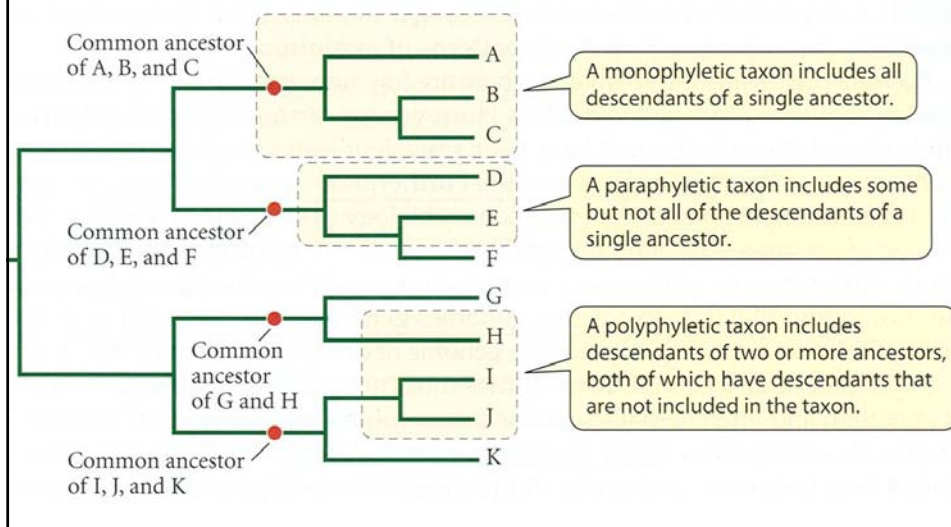
- sesterská skupina
- bazální klad
- korunový klad

- evoluční taxonomie: ptáci, savci – výrazná anagenetická divergence ⇒ "třídy"

- kladistika: nelze definovat tradičně používané taxonomické kategorie: čeledi, řády, třídy neexistují (třída ptáci vs. hmyz)



Typy skupin



Skupiny a znaky „v kostce“

Skupina	Znaky
Monofyletická	Apomorfní
Parafyletická	Plesiomorfní
Polyfyletická	Konvergentní

Některé druhy jsou parafyletické

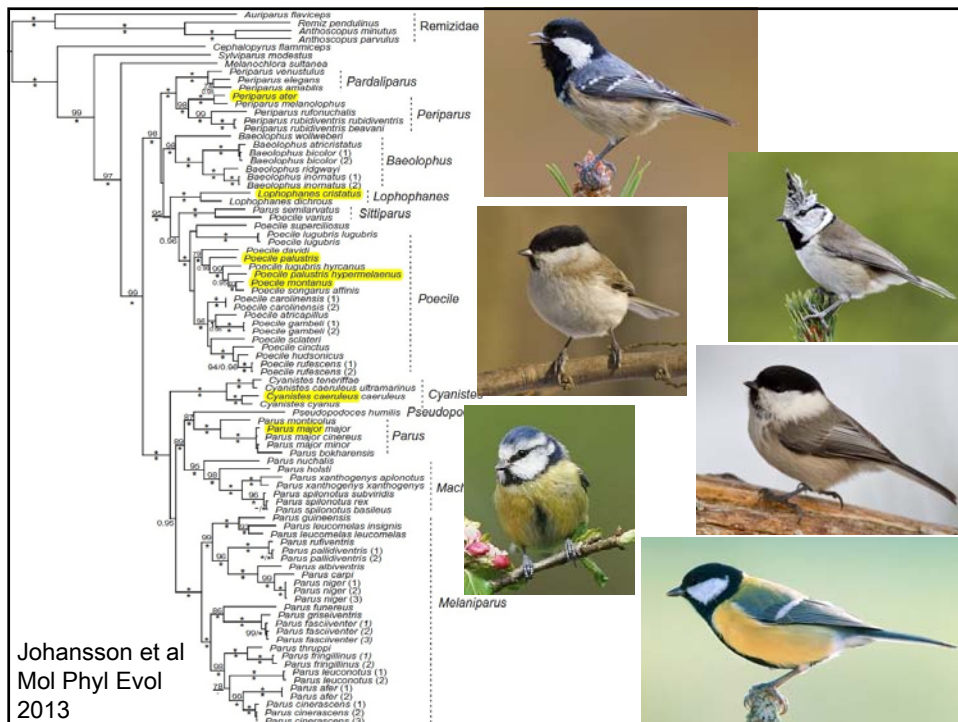
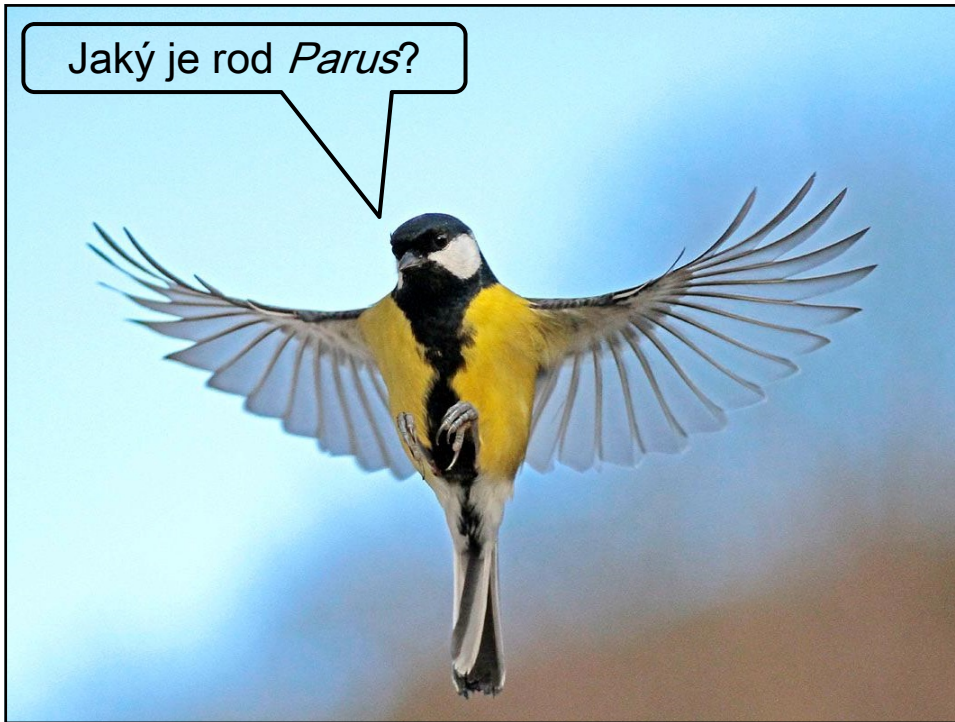
Slípka takahe *Porphyrio hochstetteri* (ex-*Porphyrio mantelli*) vs. modrá (*P. p.*)



Foto: TG

Trewick Phil Trans R Soc 1997

Jaký je rod *Parus*?



Turdus merula

- mnohonásobně polyfyletický
- spol. předek: třetihory!!!
- konvergence – barva: opeření, zobák
- divergence – zpěv



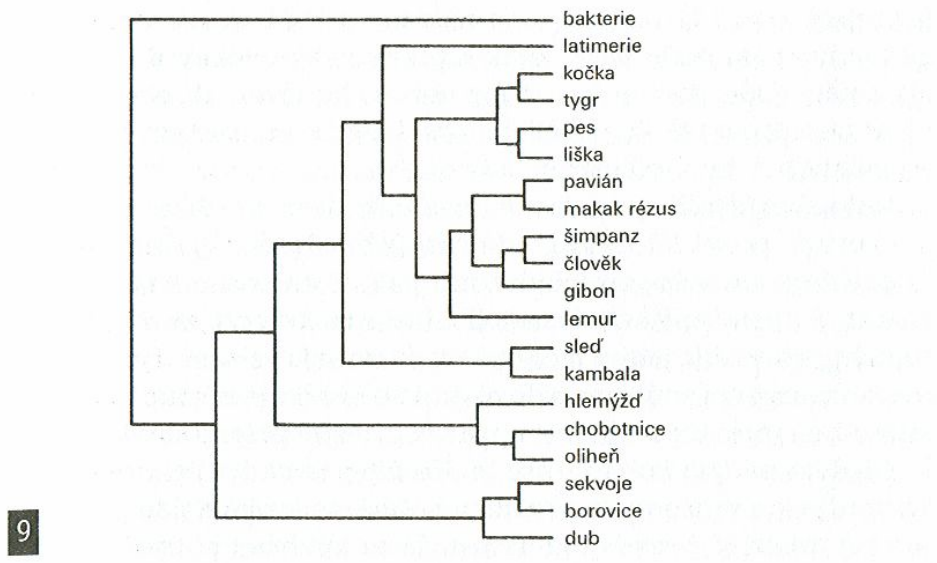
Morfologie neříká o příbuznosti *nic*

2 Reed Warblers » Systematics – relationships and diversification in the family of acrocephalid warblers



Photo 2.10 These three birds in the hand (from left to right Eastern Olivaceous, Upcher's and Olive-tree Warblers) are a striking example of the astonishing monomorphism within the Acrocephalidae family, which is amplified by convergent similarities in species that are not close relatives: Eastern Olivaceous Warbler is an *Iduna* species, Upcher's and Olive-tree Warblers are sister species in the genus *Hippolais* (photo Yoav Perlman).

Technické zapeklitosti výroby kladogramů



Tento rodokmen je správný. Existuje 8 200 794 532 637 891 559 374 dalších způsobů, jak klasifikovat 20 organismů - všechny z nich jsou špatné.

Trudný život kladisty

Počet taxonů	Počet nezakořeněných (un-rooted) stromů
1	–
2	1
3	1
4	3
5	15
6	105
7	945
8	10 395
9	135 135
10	2 027 025
20	221 643 095 476 699 771 875
62	666 409 461 * 10 ⁹⁸

počet atomů ve vesmíru: 10⁷⁹ – 10⁸¹

Tělní plány

- soubor významných znaků charakt. velké taxony („kmeny“)
- archetyp – základní vstup do fylog. analýz
- jenže: mozaikovitý postupný vznik apomorfií
- běžná selekce
- netřeba žádných speciálních evolučních mechanismů
- standardní hromadění evolučních novinek
- kladogram: molekulára vs. morfologie
- kladogram: archetyp vs. konkrétní druhy!!!

„tělní plány“ vznikají jako vedlejší produkt neznalosti přechodných článků

Evoluční novinky a o tom, jak Edison nevyalezl žárovku



- klíčová adaptace – klíčová evoluční novinka
- evoluční „novinky“ vs. preadaptace (např. Choanoflagellata, Metazoa & tirosinkinázy)
- obratel: sliznatky (nic), mihule (aspondylní), paryby (s těly)
- lidské vynálezy – kumulativní selekce memů
- evoluční novinky – kumulativní selekce genů
- evol. novinky vznikají postupně, nikdy ne „z ničeho (nic)“

tělní plány, archetypy a evoluční novinky nejsou

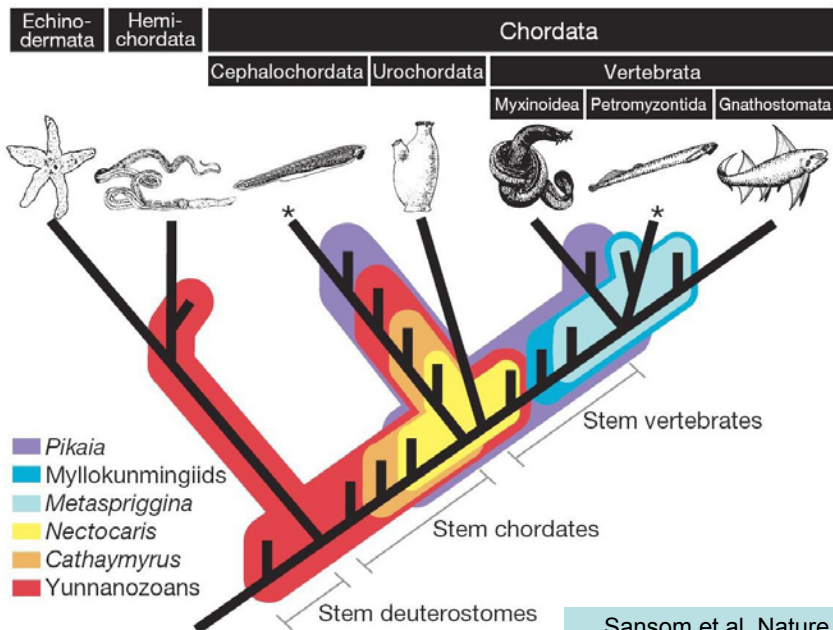
Význam paleontologie pro kladistiku (?)

Paleontologie =
deformované fragmentární fosílie a
sugestivní interpretace



Acanthostega: fossil. . .

Proč je tak těžké zařadit zkameněliny na fylog. strom?



Nenáhodný rozklad synapomorfii vs. sympleziomorfii!

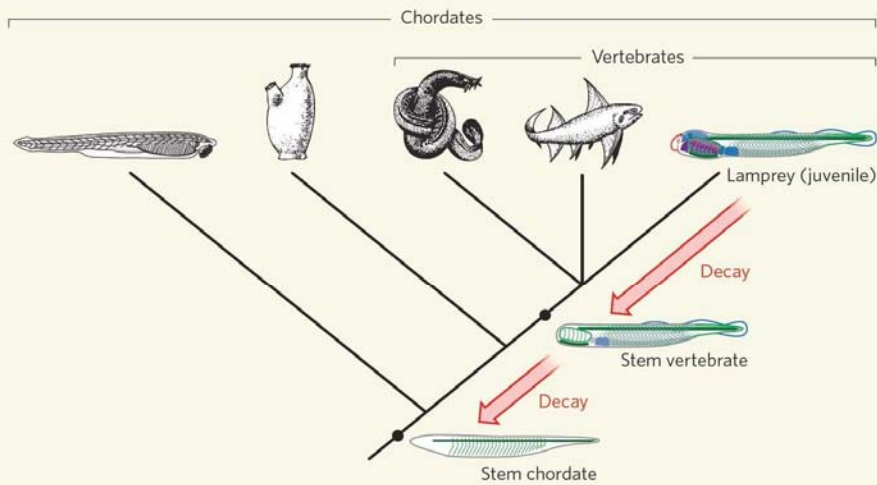


Figure 1 | 'Stem-ward slippage.' Decomposition and the loss of morphological features have the effect of making a fossil seem less evolved than the organism was in life, and therefore closer to an ancestral (stem) position on an evolutionary tree.

Briggs Nature 2010

Shrnutí: proč je každá klasifikace vždy jen pokusem?

- ❖ definice znaku vs. formy znaku
- ❖ vážení znaku (např. velikost orgánu vs. genetický kód)
- ❖ konflikt morfologických a molekulárních dat
- ❖ neúplnost paleontologických dat
- ❖ dlouhé evoluční větve (viz „kruhoústí“)
- ❖ interpretace pozorování (viz paleontologie)
- ❖ lidský faktor (*Xenoturbella* měkkýšem)
- ❖ archetyp vs. existující kombinace znaků

Shrnutí: klasifikace fenetická vs. fylogenetická

A. numerická taxonomie (= fenetika, numerická fenetika)

B. evoluční taxonomie

C. fylogenetická systematika (= kladistika)

Dawkins R. 2002: Slepý hodinář.

Zrzavý J. et al. 2004: Jak se dělá evoluce.

klasifikace	skupiny			používané znaky		
	mono- fyletické	para- fyletické	poly- fyletické	homo- plázie	homologie	
					ancestrální	odvozené
fenetická	+	+	+	+	+	+
evoluční	+	+	-	-	+	+
kladistická	+	-	-	-	-	+

Ridley M. 2004: Evolution. Blackwell, USA.

Evoluční taxonomie vs. fylogenetická systematika: klasický příklad

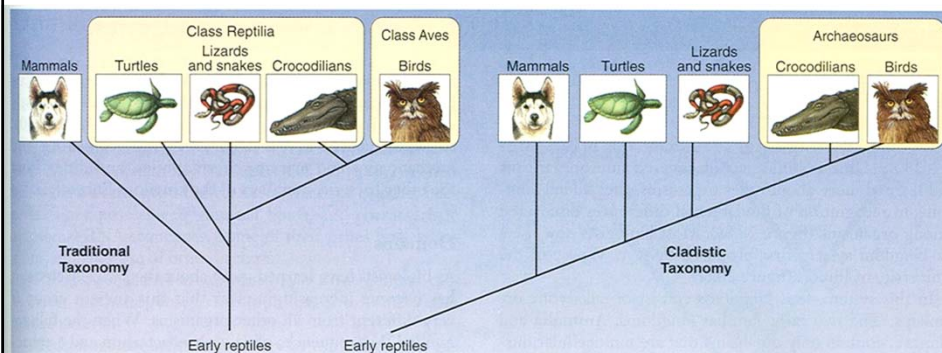
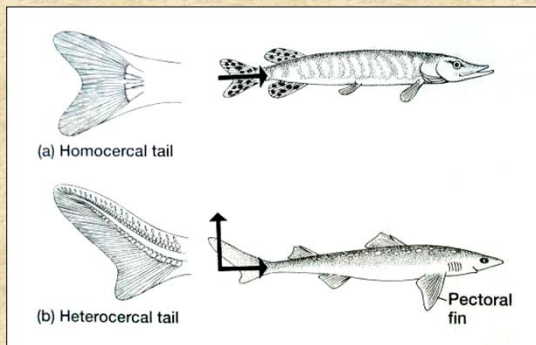


FIGURE 28.7

Traditional and cladistic interpretations of vertebrate evolution. Traditional and cladistic taxonomic analyses of the same set of data often produce different results: in these two classifications of vertebrates, notice particularly the placement of the birds. In the traditional analysis, key characteristics such as feathers and hollow bones are weighted more heavily than others, placing the birds in their own group. Cladistic analysis gives equal weight to these and many other characters and places birds in the same grouping with crocodiles, reflecting the close evolutionary relationship between the two.

Evoluční morfologie



Forma a funkce

- adaptivní problémy (např. plavání)
- odlišná funkce ⇒ odlišná forma/struktura
- adaptace jsou hypotézami o prostředí

Evoluční morfologie

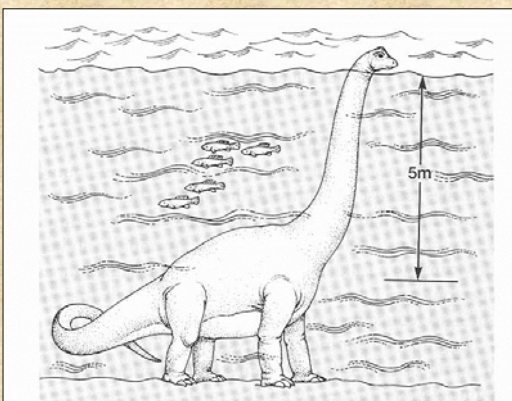


FIGURE 4.31 Water pressure. Water pressure increases with depth, but at any given depth, pressure is equal from all directions. For each meter below the surface, the pressure in fresh water increases by about 9,800 Pa. A large sauropod submerged up to its chin would experience water pressure of about 49,000 Pa ($5 \text{ m} \times 9,800 \text{ Pa}$) around its chest, too much pressure to allow chest expansion against this force. Breathing would be impossible. Sauropods such as *Brachiosaurus* shown here were probably not completely aquatic.

fyzikální zákony jsou časoprostorově univerzální ⇒ rekonstrukce života vyhynulín

Evoluční morfologie

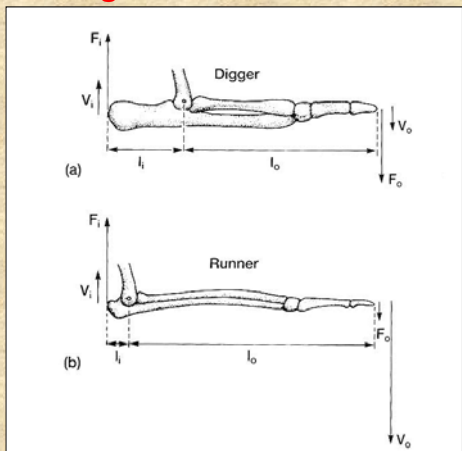
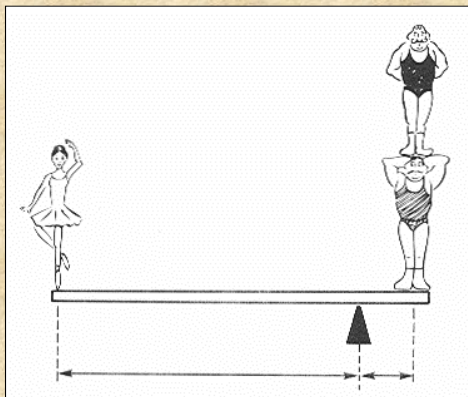


FIGURE 4.25 Strength versus speed. The forearms of a digger (a) and a runner (b) are drawn to the same overall length. Input forces (F_i) and input velocities (V_i) are the same, but output forces (F_o) and velocities (V_o) differ. The differences result from the differences between the lever arm ratios of the two forearms. Output force is greater in the digger than in the runner, but output velocity of the digger is less. Formally, these differences can be expressed as differences in mechanical advantages and in velocity ratios.

- biomechanika
- princip páky ⇨ morfologie kostry

Evoluční morfologie

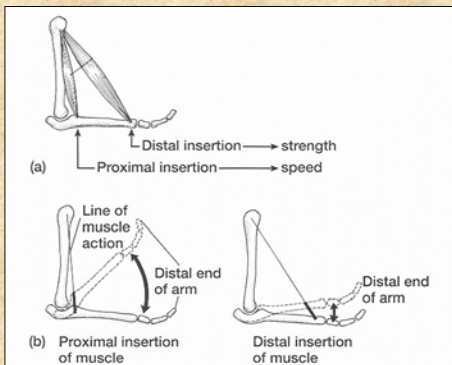


FIGURE 10.14 Strength versus speed. A muscle inserted on different points in a lever system produces different mechanical advantages. (a) If inserted near (proximal) the point of rotation, the muscle favors speed. If inserted distal to its point of rotation, it favors strength. (b) Proximal insertion also favors greater excursion of the distal end of the part rotated. The thick solid bar represents the distance of muscle shortening, which is equal in both.

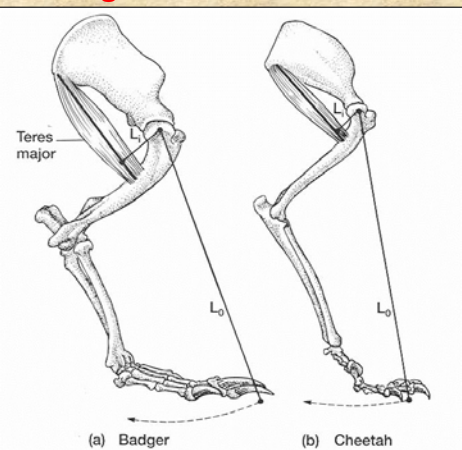


FIGURE 10.15 Strength versus speed in the design of forelimbs. (a) In the badger, the teres major is inserted distally on the humerus. (b) In the cheetah, the teres major is inserted closer to the point of rotation. The resulting change in the lever arm in (l_i) and lever arm out (l_o) changes the mechanical advantage from one favorable to strength (the badger) to speed (the cheetah). Both forelimbs are viewed medially and drawn to the same overall length.

- biomechanika
- princip páky ⇨ morfologie svalů

Úrovně analýzy I

Strukturální analýza

- popis organismu + částí (buňky, tkáně, orgány)
- i popis je hypotéza! (peří Archeopteryxe)

Funkční analýza

- jak to funguje? biomechanika
- funkční párování – čelisti Salamandridae vs. Plethodontidae
- funkční omezení – dýchání ještěrka vs. pes; křídlo racek, alka, tučňák

Andrias davidianus

Eurycea longicauda



funkční omezení

Úrovně analýzy I

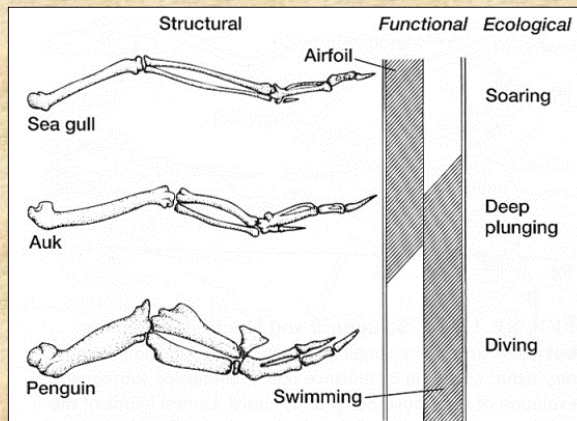


FIGURE 18.9 Functional compromise. The wings of the gull serve flight; those of the penguin serve swimming. As a result, the demands on each are quite different, which is reflected in design. The auk, which flies but also uses its wings when diving below the water, is a morphological intermediate. The design of its wing is a compromise between these different mechanical demands.

Úrovně analýzy II

Ekologická analýza

- v jakém reálném ekologickém kontextu zvíře funguje?

Evoluční analýza

- fylogenetická omezení – plavání delfín vs. ichthosaurus

Viz také:

- Grim T. 2000: Paralelní vysvětlení. *Proč a jak se ptát "proč" a "jak"*. *Vesmír* 79(2): 92–93.

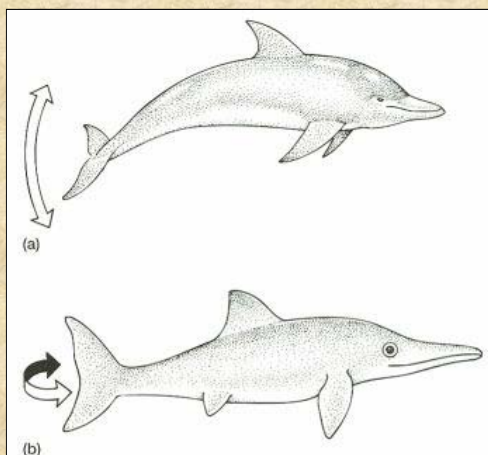


FIGURE 18.10 Convergent design. Both porpoises (a) and ichthosaurus (b) are designed for swimming in similar aquatic habitats. However, orientation of the tail flukes is horizontal in porpoises and vertical in ichthosaurus. These differences are probably explained by differences in the evolutionary histories out of which each comes rather than from functional or ecological factors alone.

„Chybějící“ mezičlánky & mozaikovitá evoluce

- mezičlánek jako „průměrný“ organismus → the missing link fallacy
- mezičlánek jako produkt mozaikovitě evoluce

Table 2 Representative examples of intermediate forms linking major groups of vertebrates. The specimens were discovered, described or analyzed during the last 20 years and represent connecting links in the fossil record of vertebrates

Evolutionary transition (genus)	Age (Ma)	Description	Reference
1. Fish/amphibian (<i>Panderichthys</i>)	370	Intermediate form fish/amphibian in the series <i>Eustenopteron</i> (fish ~380 Ma) – <i>Panderichthys</i> – <i>Acanthostega</i> (amphibian ~363 Ma)	Ahlberg et al. (1996)
2. Amphibian/land vertebrate (<i>Pederpes</i>)	350	Intermediate grade between primary aquatic Upper Devonian amphibians and early tetrapods	Clack (2002)
3. Reptile/mammal (<i>Thrinaxodon</i>)	230	Mammal-like reptiles that show a blend of mammalian and reptilian characteristics	Rubidge and Sidor (2001)
4. Terrestrial reptile/ichthosaurus (<i>Utatsusaurus</i>)	240	Extinct marine reptile that shows features that are transitional between ancestral terrestrial amniotes and aquatic ichthosaurus	Motani et al. (1998)
5. Anapsid reptile/turtle (<i>Nanoparia</i>)	260	Pareiasaur with turtle-like rigid body; all osteoderms are united, forming a rigid covering over the entire dorsum	Lee (1996)
6. Dinosaur/bird (<i>Microraptor</i>)	126	Bird-like four-winged dromaeosaurid that could glide, representing an intermediate stage between the flightless theropods and volant primitive birds such as <i>Archaeopteryx</i>	Xu et al. (2003)
7. Lizard/snake (<i>Pachyrhachis</i>)	95	Primitive snake with limbs, transitional taxon linking snakes to an extinct group of lizard-like reptiles	Tchernov et al. (2000)
8. Land mammal/seacow (<i>Pezosiren</i>)	50	Intermediate form of a primitive seacow with both terrestrial and aquatic adaptations	Domning (2001)
9. Hoofed land mammals/whales (<i>Ambulocetus</i> , <i>Rodhocetus</i>)	48–47	Connecting links between amphibious and terrestrial even-toed ungulates and aquatic whales	Thewissen and Williams (2002)
10. Ancestor of chimpanzees/modern humans (<i>Sahelanthropus</i>)	7–5	The most basal ape-like African hominid. Mosaic of primitive (chimpanzee-like) and derived hominid features	Wood (2002)