

Mammaliologie

Jiří Gaisler

(s použitím materiálu Jana Zimy)



Předmětem kurzu jsou savci. Jeho název je odvozen od taxonu Mammalia, existuje jen v množném čísle, proto *mammaliologie*. Latina nezná termín savec, slovo mammalia je odvozeno od názvu mléčné žlázy – glandula mammaria nebo mamma. Alternativní název theriologie, z řečtiny.

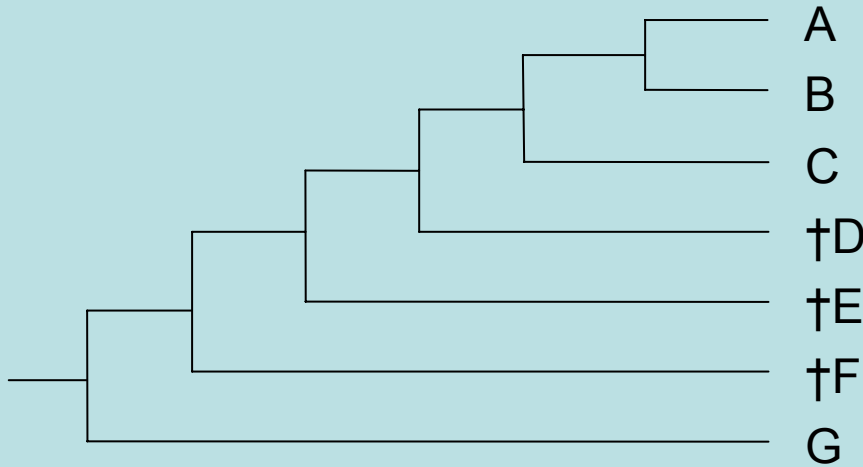
- Definice: savci jsou blanatí obratlovci (Amniota) se synapsidní lebkou a teplokrevností (endotermií).
- Morfologické synapomorfie: rozvoj kožních žláz, unikátní žlázy mléčné; srst složená z epidermálních chlupů; spodní čelist tvoří pouze dentale; tři sluchové kůstky; heterodontní chrup s konstantním počtem zubů; rozvoj isokortexu; erythrocyty bez jader.
- Synapomorfie v chování: kojení mláďat, sání mléka; specifická péče o potomstvo; rozvoj získaného chování – podmiňování a jiné formy učení.

Základní pojmy systematiky a fylogenetické analýzy

- Fenetický a kladistický přístup
- Homologní a homoplastické znaky
- Pleziomorfní a apomorfní znaky
- Synapomorfní znaky
- Monofyletické, polyfyletické a parafyletické skupiny
- Taxony jako monofyletické skupiny
- Problémy nomenklatury, hierarchické kategorie taxonů
- Molekulární fylogenetika
- Genetická vzdálenost a molekulární hodiny
- Ortologní a paralogní znaky
- Molekulární apomorfie
- Syntetické přístupy

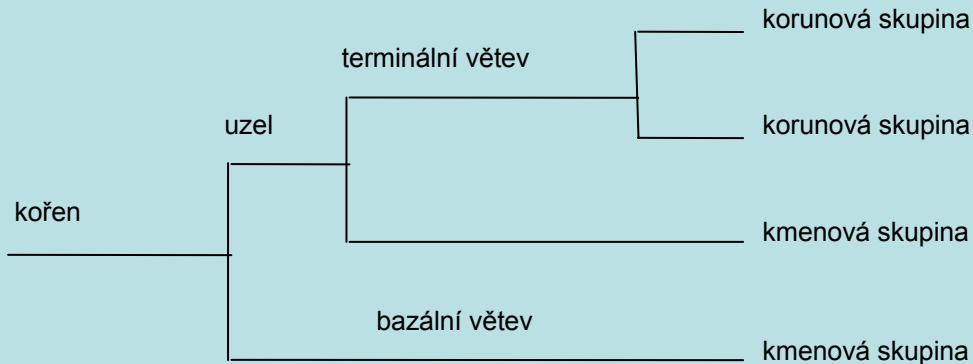
Fylogenetické stromy

A



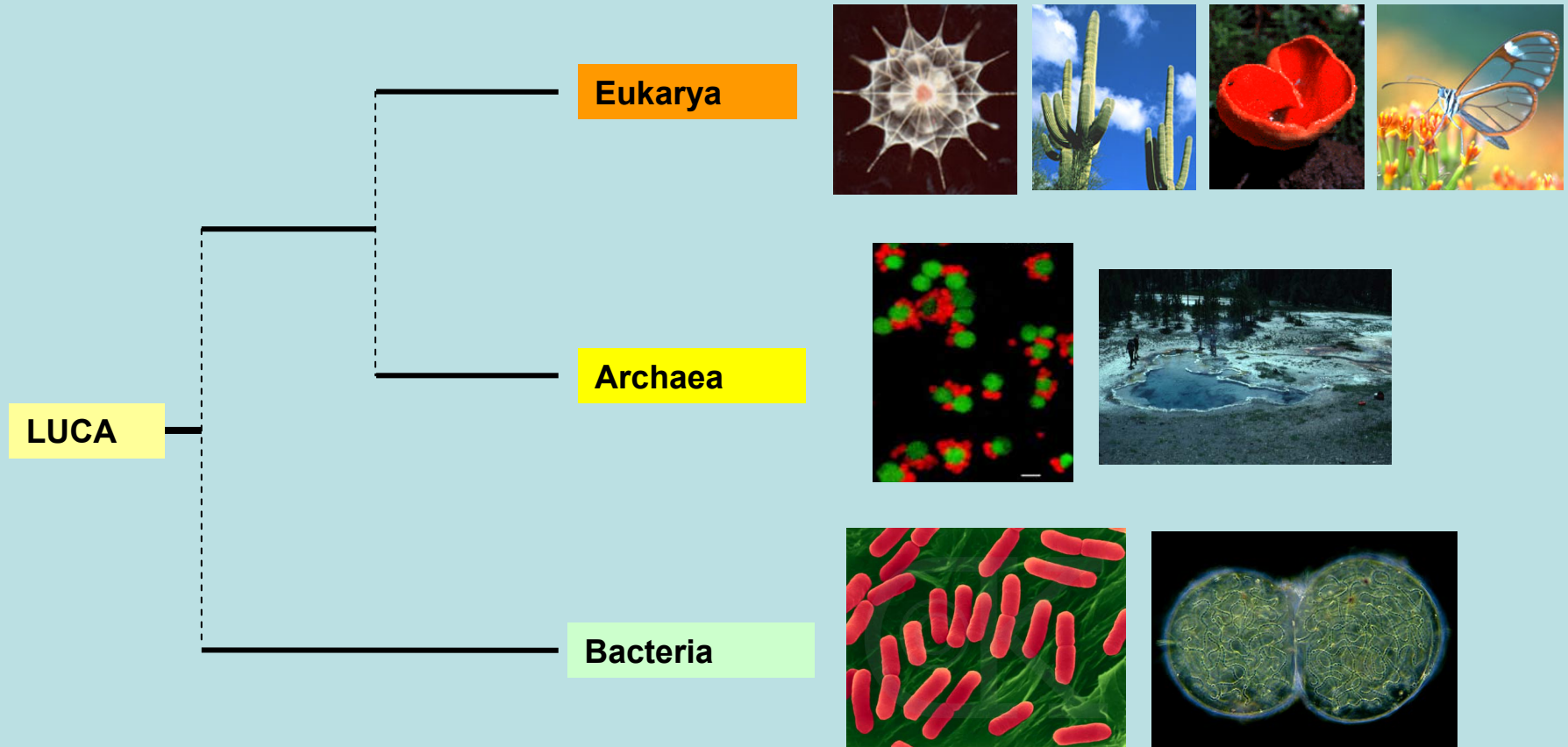
Strunatci (Chordata) jsou monofyletický klad, jehož součástí jsou obratlovci (Vertebrata). Amniota představují klad v rámci obratlovců.

B



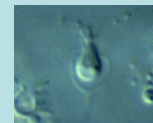
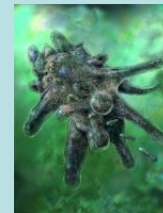
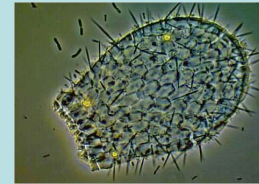
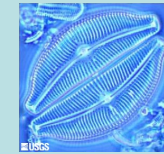
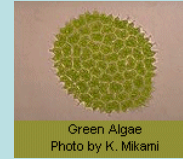
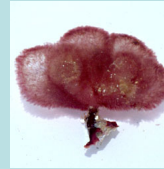
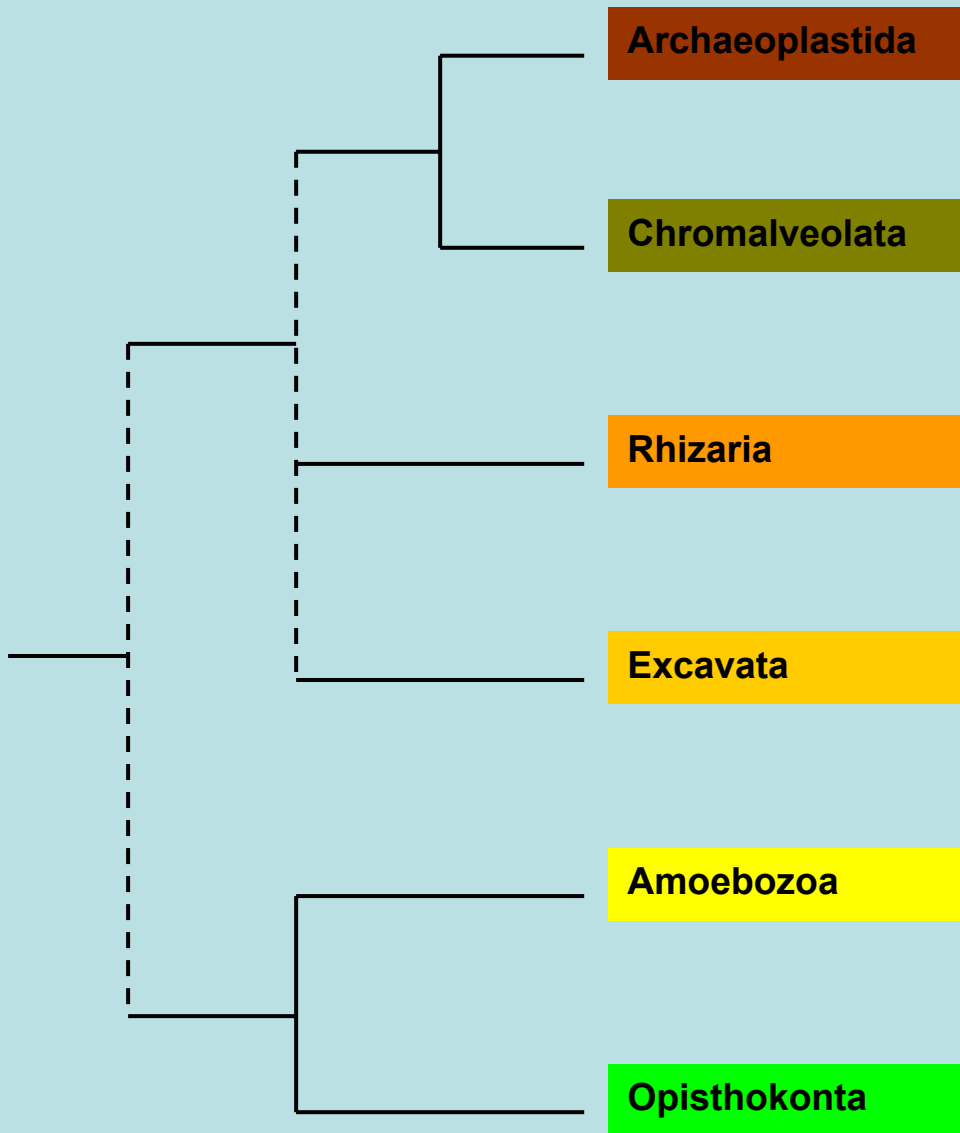
Příbuzenské vztahy mezi klady ukazují kladogramy čili fylogenetické stromy.

Tři základní fylogenetické linie života

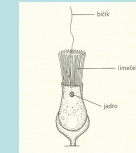
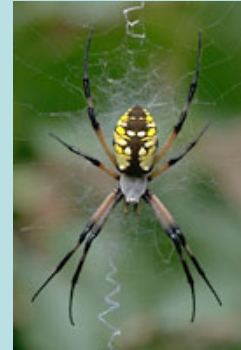
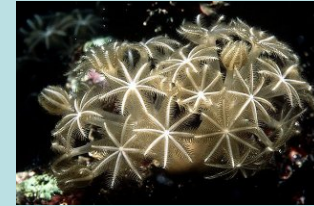
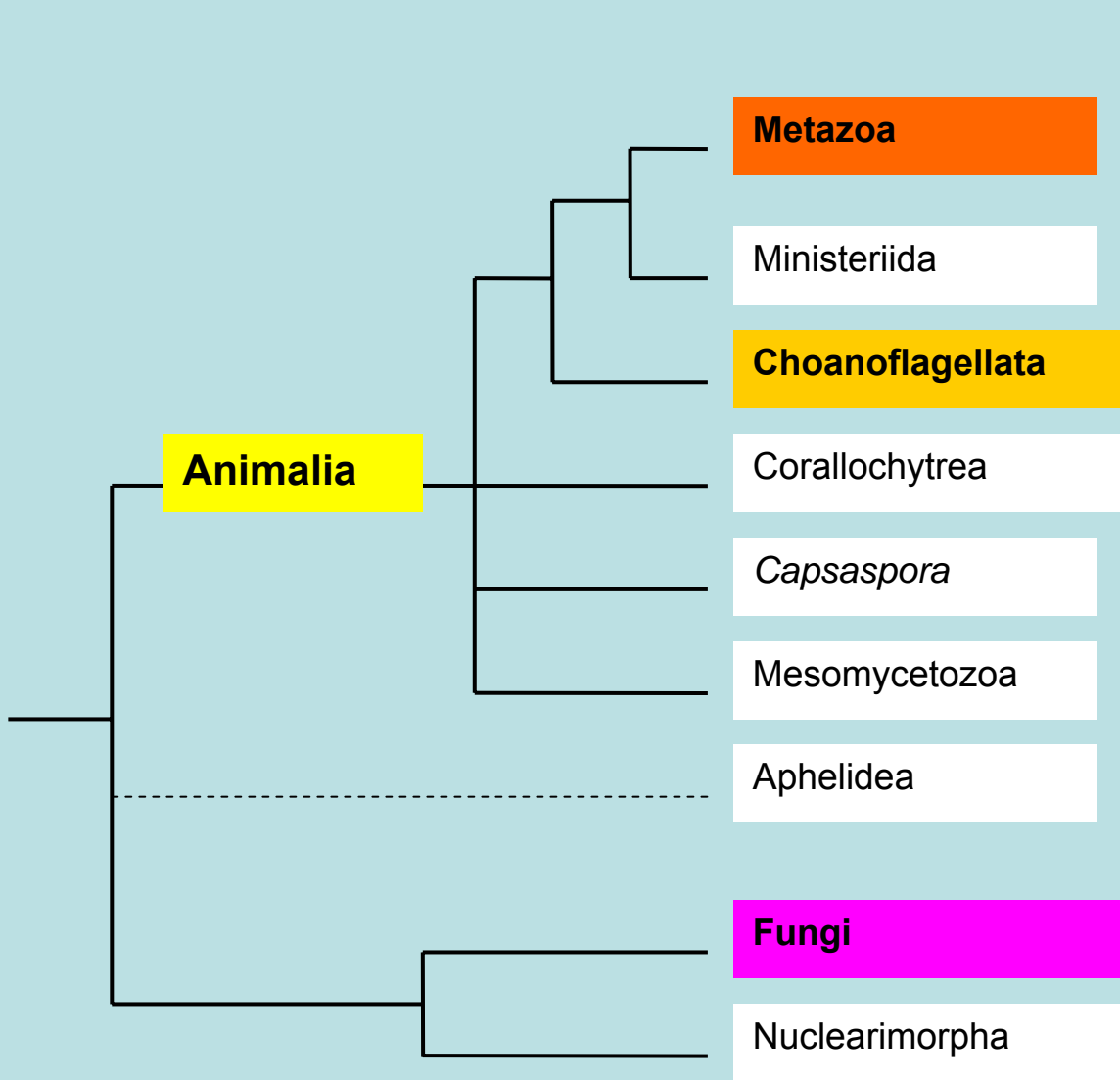


LUCA = Last Universal Common Ancestor, poslední společný předek

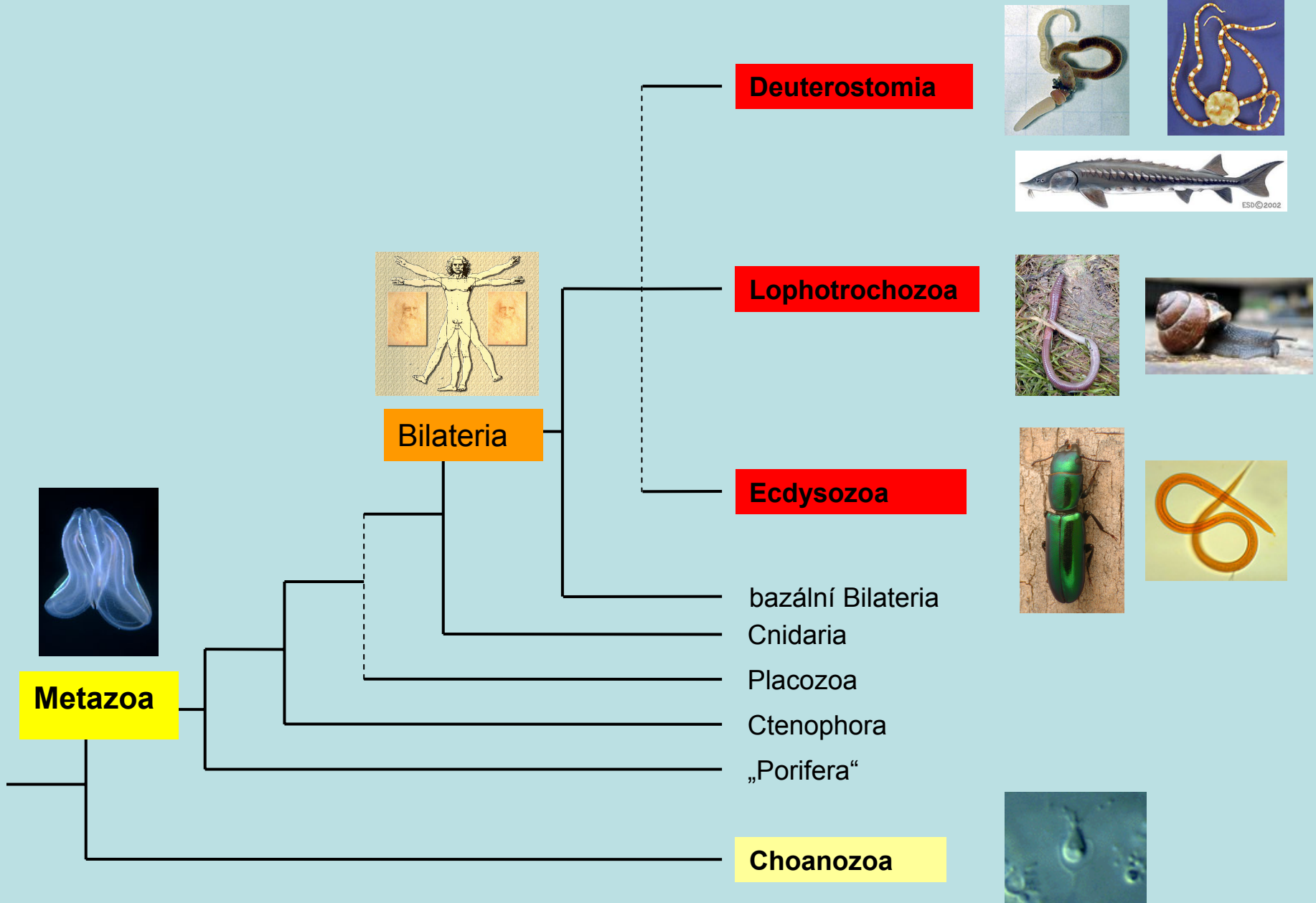
Předpokládaná fylogeneze eukaryotních organismů



Fylogeneze opisthokontů



Fylogeneze živočichů (Animalia)



Apomorfie druhoústých (Deuterostomia)

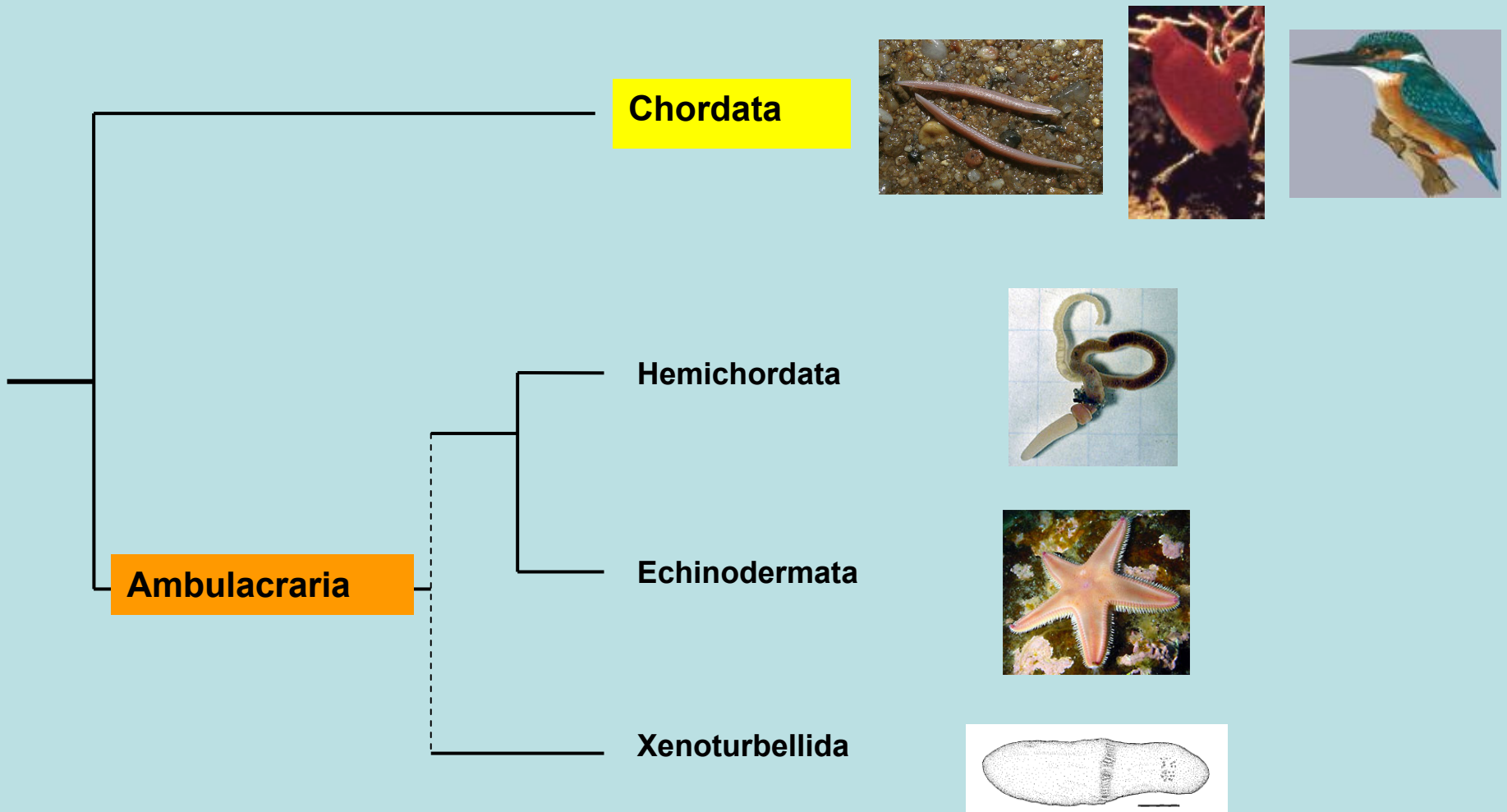
Tradičně uváděné odvozené znaky:

- Tělo rozdělené do tří oddílů.
- Enterocélní způsob vzniku céloru.
- Radiální (nebo bilaterální) rýhování vajíčka.
- Druhotný vznik ústního otvoru.

Nyní se uvažuje o tom, že alespoň některé z těchto znaků mohou mít starobylý charakter a vznikaly již v časně fylogenezi bilaterálních živočichů. Skutečné apomorfie druhoústých mohou být:

- Žaberní štěrbin (faryngotremie).
- Endogenní sialové kyseliny, které se podílí na mezibuněčné komunikaci.
- Pravolevá asymetrie těla a célorových dutin.

Fylogeneze druhoústých živočichů



Znaky strunatců (Chordata)

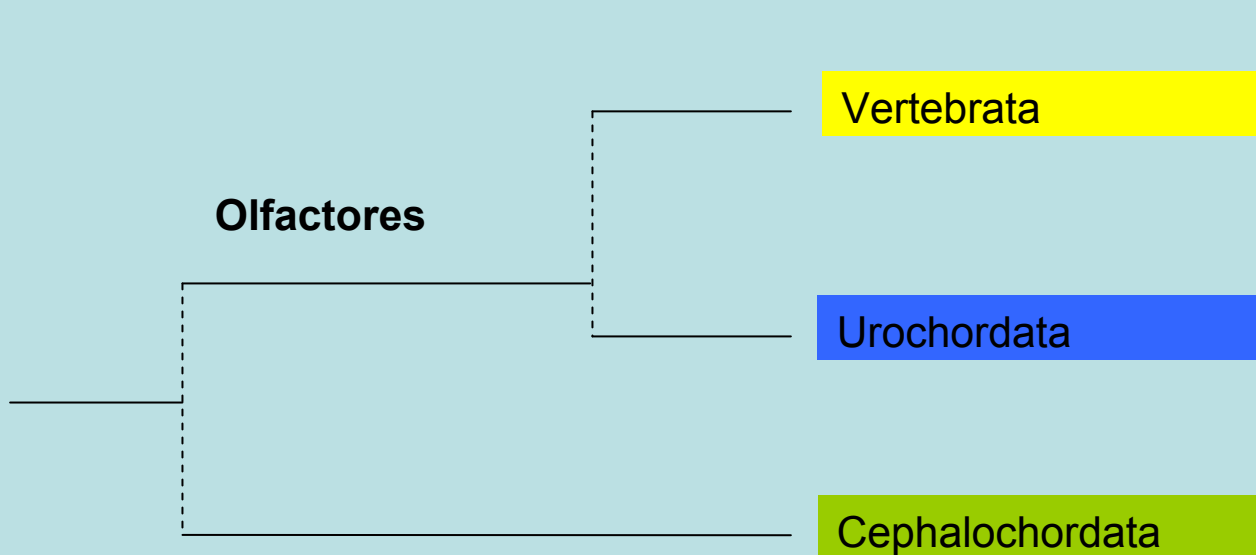
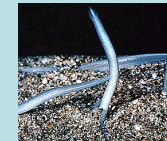
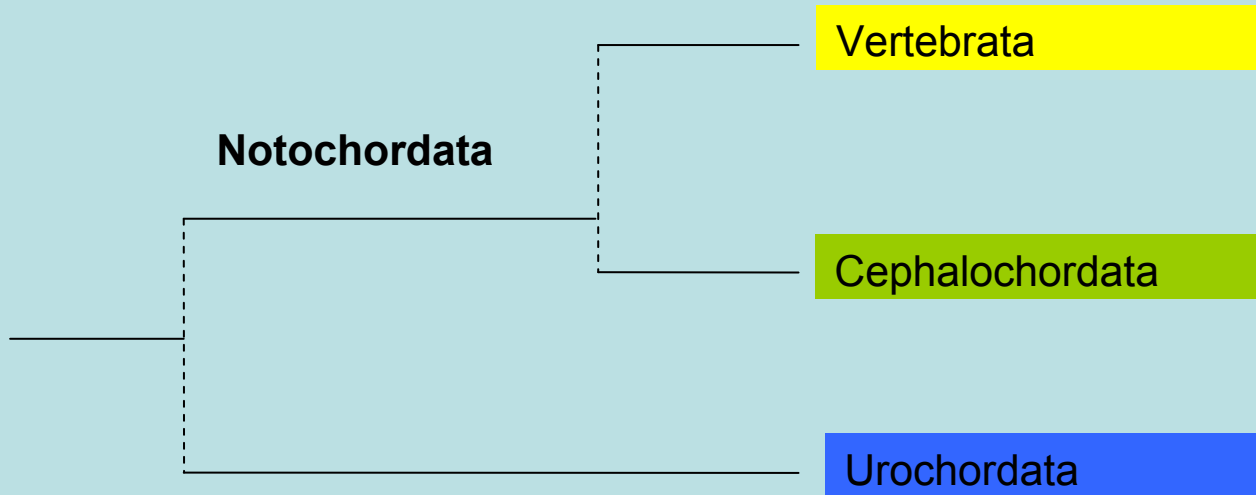
Pleziomorfní znaky

- Mnohobuněční živočichové, jejichž tělo je tvořeno třemi zárodečnými listy, ektodermem, entodermem a mezodermem. Mají druhotnou dutinu tělní i další znaky célomových živočichů (apomorfie Metazoa, Bilateria).
- Vyznačují se dvoustrannou souměrností a segmentací řady struktur a ústrojů vzniklých z céloму (apomorfie Bilateria).
- Během zárodečného vývoje se prvoústa strunatců uzavírají a později v jejich místě vzniká řitní otvor. Ústní otvor se prolamuje druhotně, na opačném konci těla (apomorfie Deuterostomia).
- Přední oddíl trávicí trubice, hltan, je proděravěn žaberními štěrbinami, které jsou původně po stranách ve větším počtu párů. U suchozemských skupin se žaberní štěrbiny zakládají během zárodečného vývoje a později zanikají (apomorfie Deuterostomia).

Hlavní apomorfní znaky

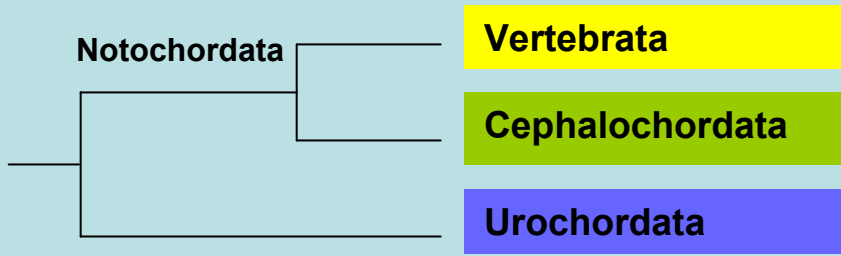
- Mají vnitřní kostru, jejímž základem je struna hřbetní (*chorda dorsalis*), která vzniká z entodermu hřbetní strany prvostřeva. Je to elastická tyčinka probíhající tělem pod nervovou a nad trávicí trubicí.
- Základem nervové soustavy je trubice s centrálním kanálem, probíhající tělem na hřbetní straně nad chordou. Během ontogenetického vývoje vzniká vchlípením neuroektodermu ve stádiu zvaném neurula.

Dvě hypotézy fylogeneze strunatců



Dvě hypotézy divergence žijících skupin strunatců

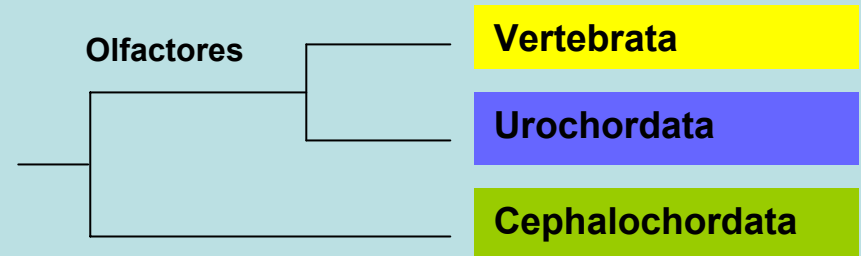
A



Apomorfie Notochordata

- chorda je protažena podél celé hřbetní strany těla
- vývoj nervové tkáně je indukován chordou
- embryonální céloom je segmentován na somity a na jejich základě vzniká segmentovaná svalovina (myomery).
- z nervové trubice odstupují segmentálně dorzální spinální nervy
- cévní soustava má charakteristické uspořádání

B



Apomorfie Olfactores

- nervová lišta
- neuromasty
- histologická stavba chordy
- odvozený typ mezibuněčných spojení

Autapomorfie kopinatců (Cephalochordata)

- Asymetrie těla.
- Zvýšený počet žaberních štěrbin.
- Prodloužení chordy k rostru.
- Přítomnost svalových vláken v buňkách chordy.
- Zvláštní úprava ústního otvoru a sousedících struktur, vířivý orgán v předústní dutině.
- Nově vytvořený peribranchiální prostor.
- Fotoreceptory rozptýlené v nervové trubici.
- Žaberní srdce.

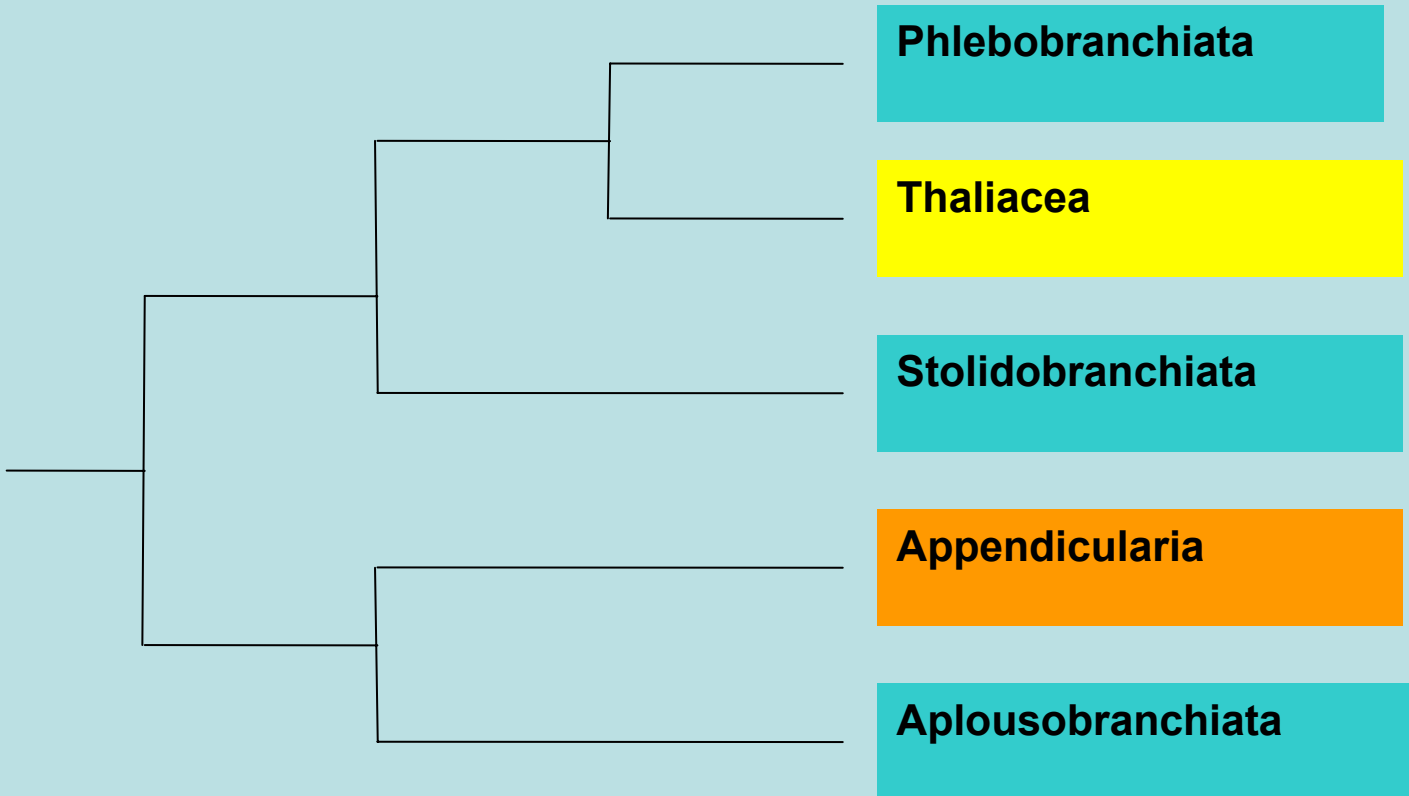


Apomorfie pláštěnců

- Rosolovitý plášť kolem těla z polysacharidu tunicinu, který je vylučován buňkami pokožky.
- Přítomnost pylorické žlázy v trávicím ústrojí a adhezivních papil u larev
- Otevřená cévní soustava napojená na srdce se střídavou pulzací
- Nepřítomnost vylučovacích orgánů



Fylogenetický strom pláštěnců



sumky

salpy

vršenky

Apomorfní znaky obratlovců

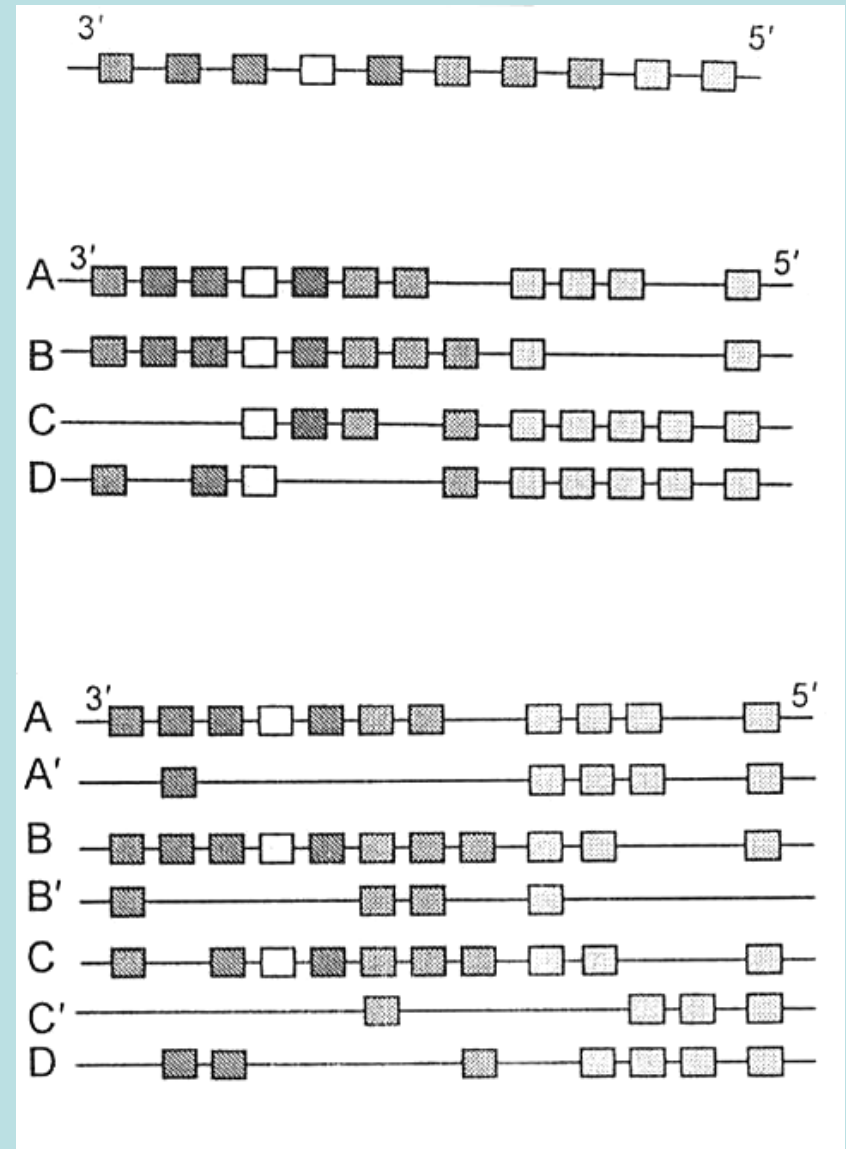
- Tělo je rozčleněno v hlavu, trup a ocas.
- V ontogenezi se objevila nervová lišta a jejím působením se vytváří řada jiných apomorfních znaků jako jsou hlava a lebka. Na dorzálních kořenech míšních nervů se vytvořila spinální ganglia.
- Mají mnohohvrstevnou pokožku. Vznikly ektodermové neurogenní plakody, ze kterých se vytvářejí párové smyslové orgány.
- Mozek se diferencoval do několika dílů, je přítomen přední mozek a kraniální nervy.
- Vytvořily se nové typy oporných tkání – chrupavka a kost.
- Vznikla viscerální svalovina.
- Cévní soustava je plně uzavřená a oběh krve zajišťuje několikadílné srdce. Cévy mají vlastní mezodermový epitel. Krev obsahuje červené barvivo hemoglobin, vázané na specializované buňky (erytrocyty).
- Vylučovacími orgány jsou párové ledviny mezodermového původu.
- Je vytvořena složitá soustava žláz s vnitřní sekrecí, jejichž funkce spolu s funkcí nervové soustavy zajišťuje neurohumorální integraci životních pochodů. Na spodině mezimozku vznikly neurohypofýza a adenohypofýza. Z endostylu, přítomného jen výjimečně u larválních stádií, se u dospělců vytváří štítná žláza.
- Došlo k nárůstu počtu genů a znásobením počtu kopií shluku genů *Hox*.

Homeotické geny *Hox* strunatců

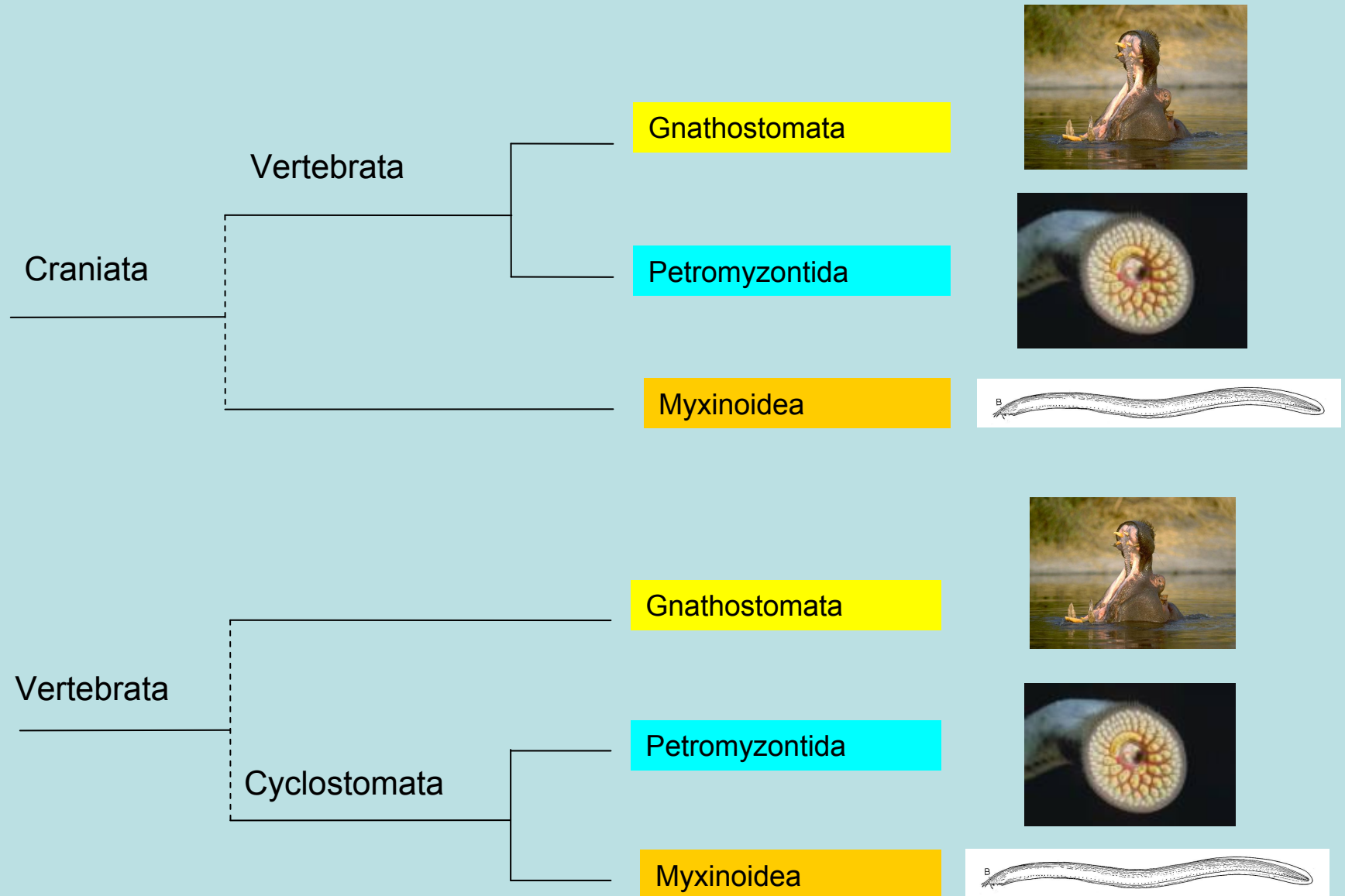
jediný shluk genů *Hox* u kopinatce

čtyři shluky genů *Hox* u většiny obratlovců

sedm shluků genů *Hox* u některých kostnatých ryb (Teleostei)



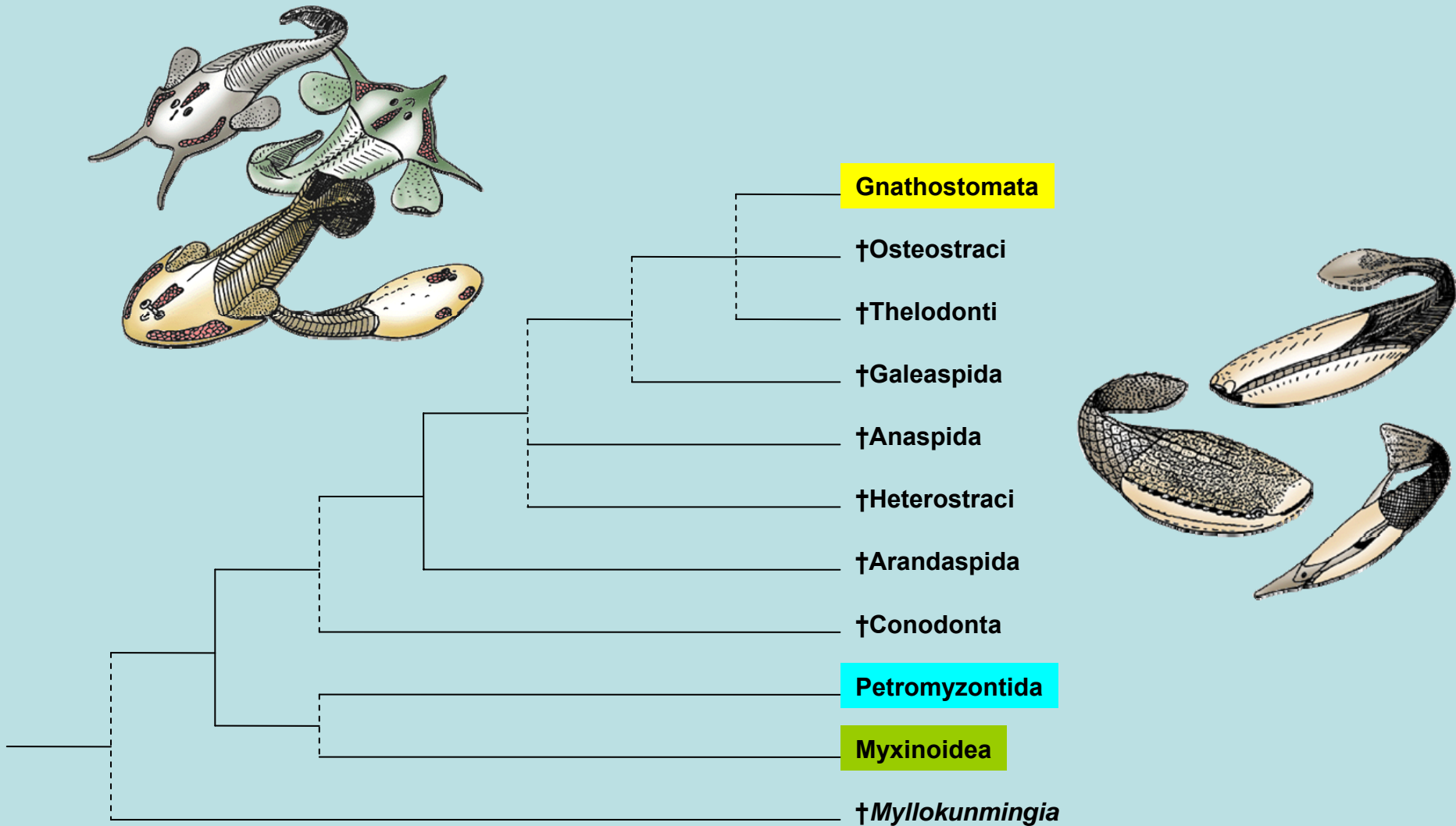
Dvě hypotézy fylogeneze obratlovců nebo strunatců s lebkou



Apomorfní znaky čelistnatců a mihulí

- Jsou vytvořeny alespoň chrupavčité základy horních (neurálních) oblouků obratlů a postupně vznikají obratle s oblouky a centrálním tělem, které se spojují v páteř.
- Nepárové ploutve jsou ovládány radiálními svaly, objevila se hřbetní ploutev.
- Ve vnitřním uchu jsou vytvořeny alespoň dvě polokružné chodby. Vznikla postranní smyslová čára s neuromasty.
- Mají dobře vyvinuté komorové oči s rohovkou, čočkou a okohybnými svaly.
- Nejsou přítomna přídatná srdce a vytvořila se nervová regulace srdeční činnosti. Objem krve je menší než 10% objemu těla, v krvi jsou přítomny pravé lymfocyty vytvářející tři buněčné typy.
- Účinnost trávicích procesů ve střevě je zvýšena vytvořením spirální řasy a po jejím zániku v pokročilejších liniích je vnitřní povrch střeva zvětšen jinými způsoby.
- Pronefros nepřetrvává do dospělosti, dochází ke změnám morfologie pozdějších vývojových stádií ledvin a k úpravám funkce sběrných kanálků a primárních močovodů.
- Osmotický tlak solí v tělních tekutinách je asi o jednu třetinu nižší než v mořské vodě a vytvořily se mechanismy hyperosmoregulace.
- Adenohypofýza vzniká z ektodermu ústní dutiny (stomodea) a její histologická struktura je diferencována.

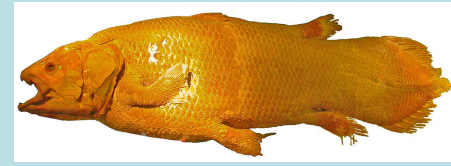
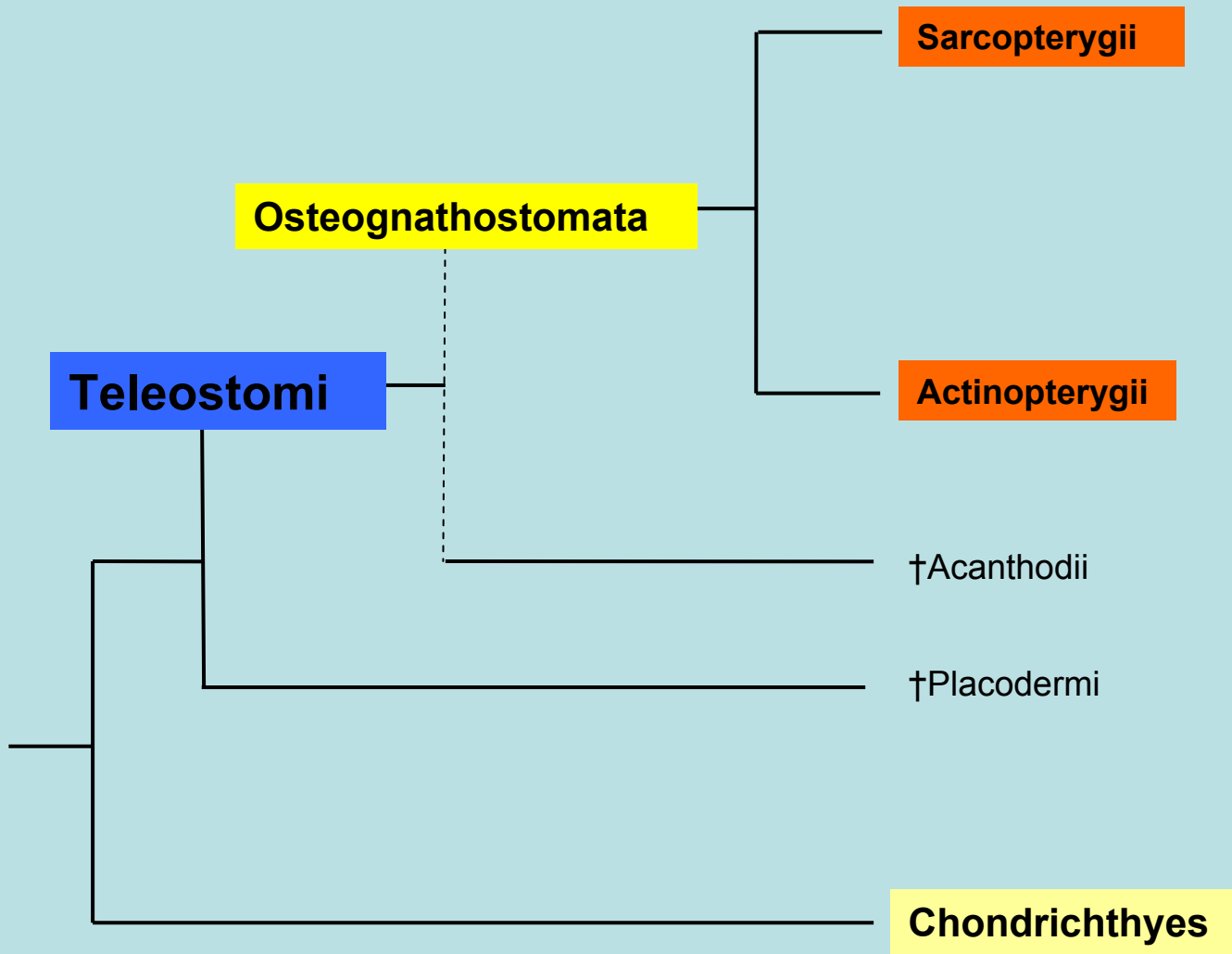
Fylogeneze vymřelých a žijících skupin obratlovců



Apomorfie čelistnatců (Gnathostomata)

- Jsou vytvořeny čelisti, které vznikly přeměnou párového prvního žaberního oblouku.
- Zpravidla je přeměněn také další párový žaberní oblouk, jazylkový. První žaberní štěrbinu (*spiraculum*) mezi čelistním a jazylkovým obloukem je redukována.
- Je vytvořen endoskelet z kostní tkáně vznikající z chrupavky (endochondrální osifikace nebo perichondrální osifikace). Objevují se plakoidní šupiny a pravé zuby.
- Je vytvořen jeden pár předních a jeden pár zadních párových končetin s vnitřní kostrou a pletenci.
- Hřbetní a ocasní ploutev jsou podepřeny kostěnými elementy.
- Vznikají žebra.
- Kořeny dorzálních a ventrálních spinálních nervů se překřížují a splývají.
- Je vytvořena myelinová pochva axonů nervových buněk.
- Dorzální a ventrální svalovinu trupu odděluje vodorovná vazivová přepážka (*septum horizontale*).
- Nosní otvor je párový stejně jako čichový orgán, který neleží v sousedství hypofýzy.
- V labyrintu vnitřního ucha vzniká třetí, horizontální, polokružná chodba.
- Mají oči s akomodačním aparátem.
- V trávicí soustavě je diferencován žaludek.
- Pokud dýchají žábry, leží žábry zevně od kosterního žaberního koše (žaberních oblouků). Změna pozice žaber je důsledkem jejich ektodermového původu. Žábry nejsou uloženy ve váčcích.
- Po genové duplikaci vznikla molekula hemoglobinu se čtyřmi řetězci.
- Je vytvořen vrátnicový krevní oběh v ledvinách.
- Pohlavní orgány mají vývody, které u samců vznikají zpravidla z vývodů vylučovacích orgánů.
- Je vytvořen adaptivní systém imunitní odpovědi se schopností selektivity, regulace a paměti.

Fylogeneze obratlovců s čelistmi

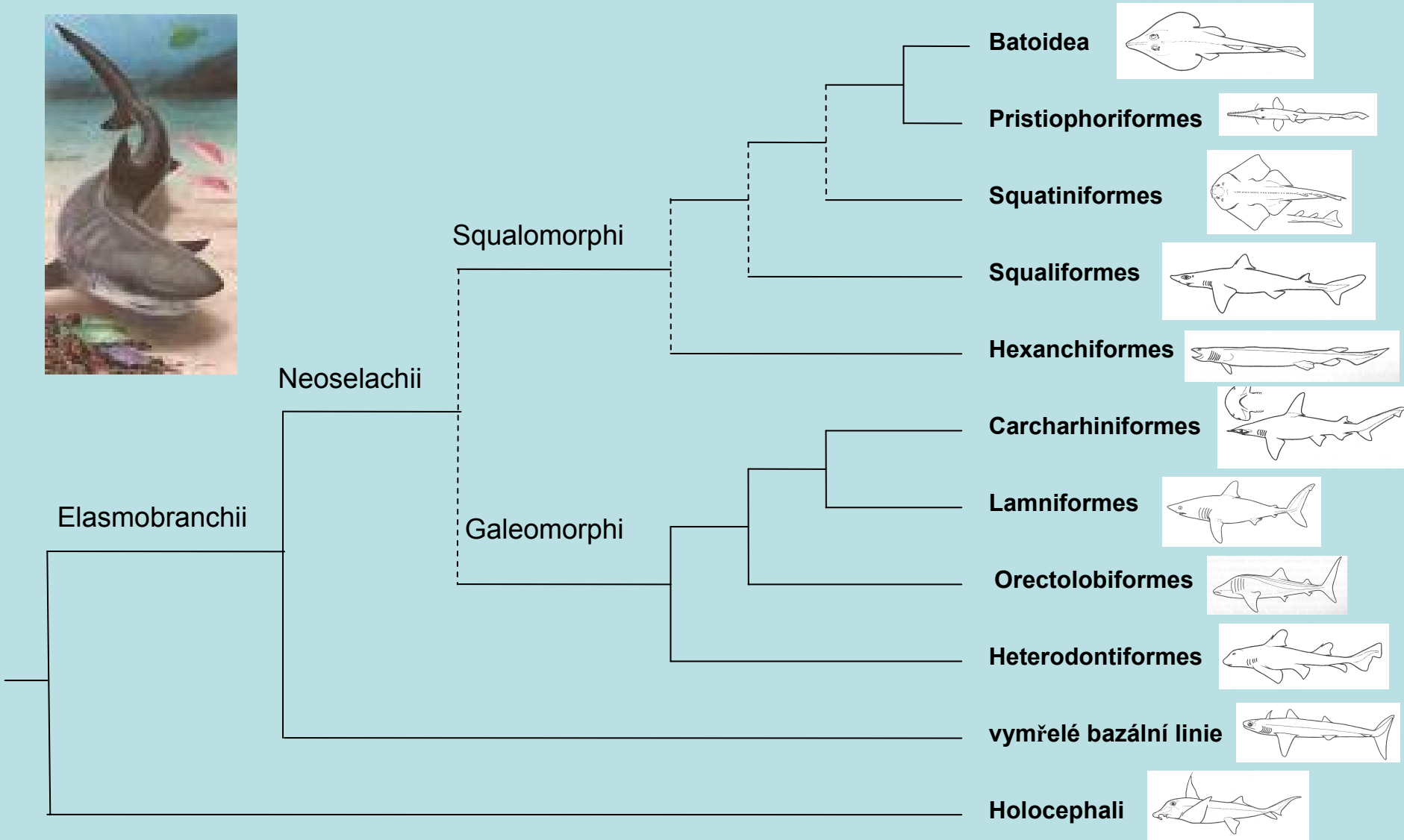


Apomorfie paryb (Chondrichthyes)

- Plakoidní šupiny, zuby a způsob jejich výměny.
- Redukce dermálního skeletu.
- Chrupavčitý endoskelet s prizmaticky zvápenatělou chrupavkou.
- Uzavřené neurocranium (*chondrocranium*).
- Je vytvořen protáhlý rypec (*rostrum*).
- Kopulační orgány na břišních ploutvích samců (pterygopody).
- U juvenilních stádií nejsou vytvořeny vnější žábry.



Fylogenetický strom žijících paryb



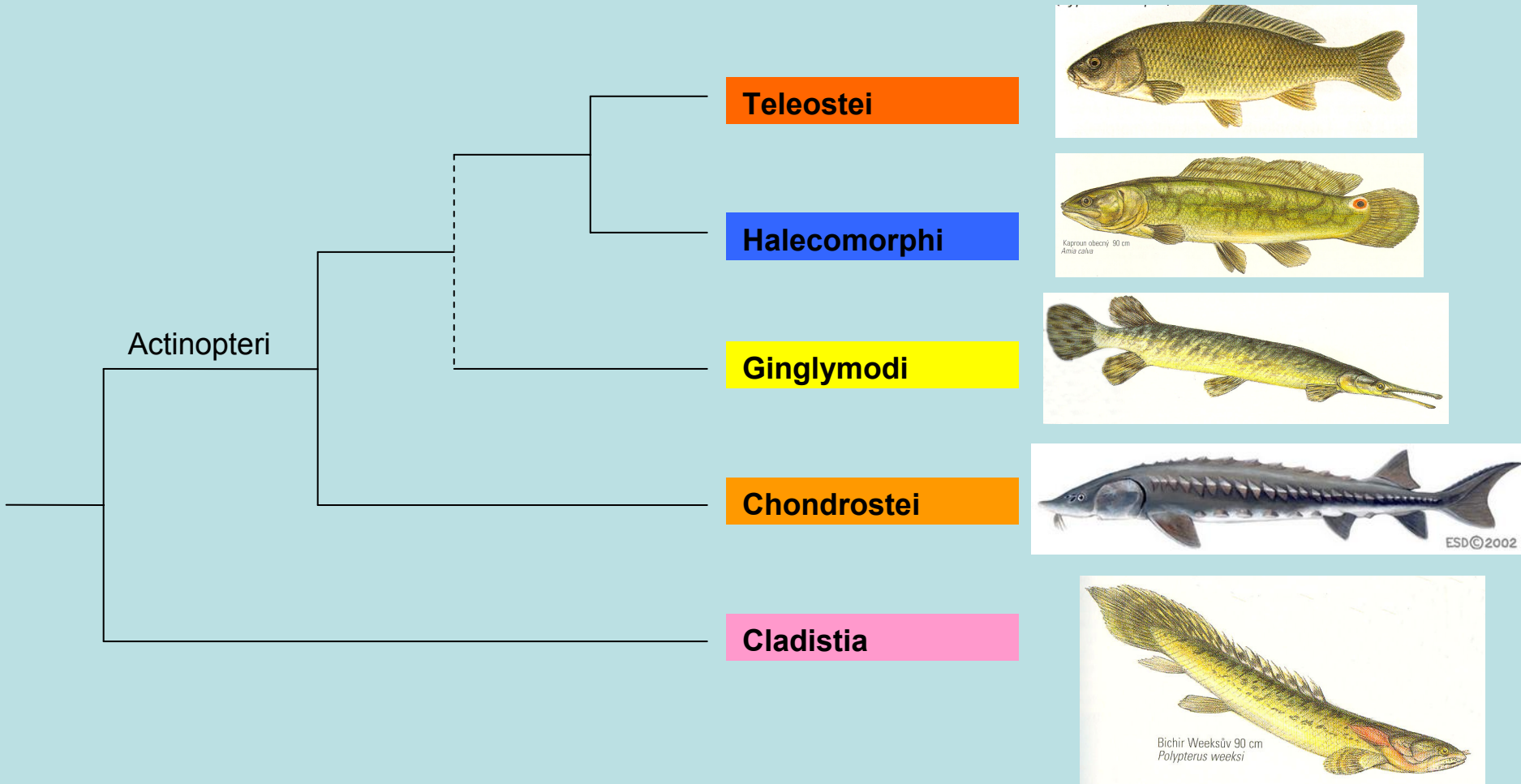
Apomorfie čelistnatců s kostní tkání

- Kostra je vždy alespoň částečně endochondrálně osifikována, kosti obvykle výrazně převažují nad chrupavkami.
- Součástí kožní kostry jsou kostěné šupiny, které mohou druhotně vymizet.
- Původně existoval velký počet dermálních kostí, zvláště na lebce.
- V patrovém komplexu se objevují nové krycí kosti – původně párový *vomer* a nepárový *parasphenoid*.
- V blanitém labyrintu vnitřního ucha bývá malý počet velkých otolitů, nejčastěji tři.
- Proudový orgán u primárně vodních forem vytváří postranní čáru, zpravidla zevně patrnou jako řada otvůrků v šupinách.
- Žaberní přepážky jsou částečně nebo úplně redukovány, žaberní lupínky se pak připojují k žaberním obloukům a leží ve společné žaberní dutině.
- Vychlípením přední části trávicí trubice vznikají párové nebo nepárové tenkostěnné vaky, modifikované pro velmi rozmanité funkce.

Apomorfie paprskoploutvých ryb (Actinopterygii)

- Párové ploutve jsou vyvinuty zpravidla ve tvaru ichtyopterygia, výjimečně brachiopterygia. Pokud jsou přítomna bazália, je v kontaktu s pletencem končetiny více než jedno. Po ztrátě bazálií ploutevní paprsky nasedají vějířovitě na radiálie.
- Původně jedna hřbetní ploutev.
- Zuby jsou kryty akrodinovou enameloidní čepičkou.
- Šupiny měly původně vytvořenu vnější sklovinovou vrstvu ganoinu, která se však zachovala jen u starobylých skupin.
- Žaberní otvory jsou kryty soustavou skřelových kostí s typickou stavbou a přítomností *praeoperculare*.
- Chybí parietální otvor, není však jisté, zda k této ztrátě nedošlo až v pokročilejších liniích.
- Zvláštní vývoj a stavba everzního koncového mozku.
- Je vytvořen sekundární cévní systém.
- Mají vytvořen zvláštní urogenitální otvor, kloaka chybí.
- Ve vnější membráně vajíček je vytvořen otvůrek zvaný mikropyle.
- Původním znakem jsou přichycovací žlázy, které jsou přítomny v rané fázi vývoje embrya a vyskytují se pouze u starobylých skupin.

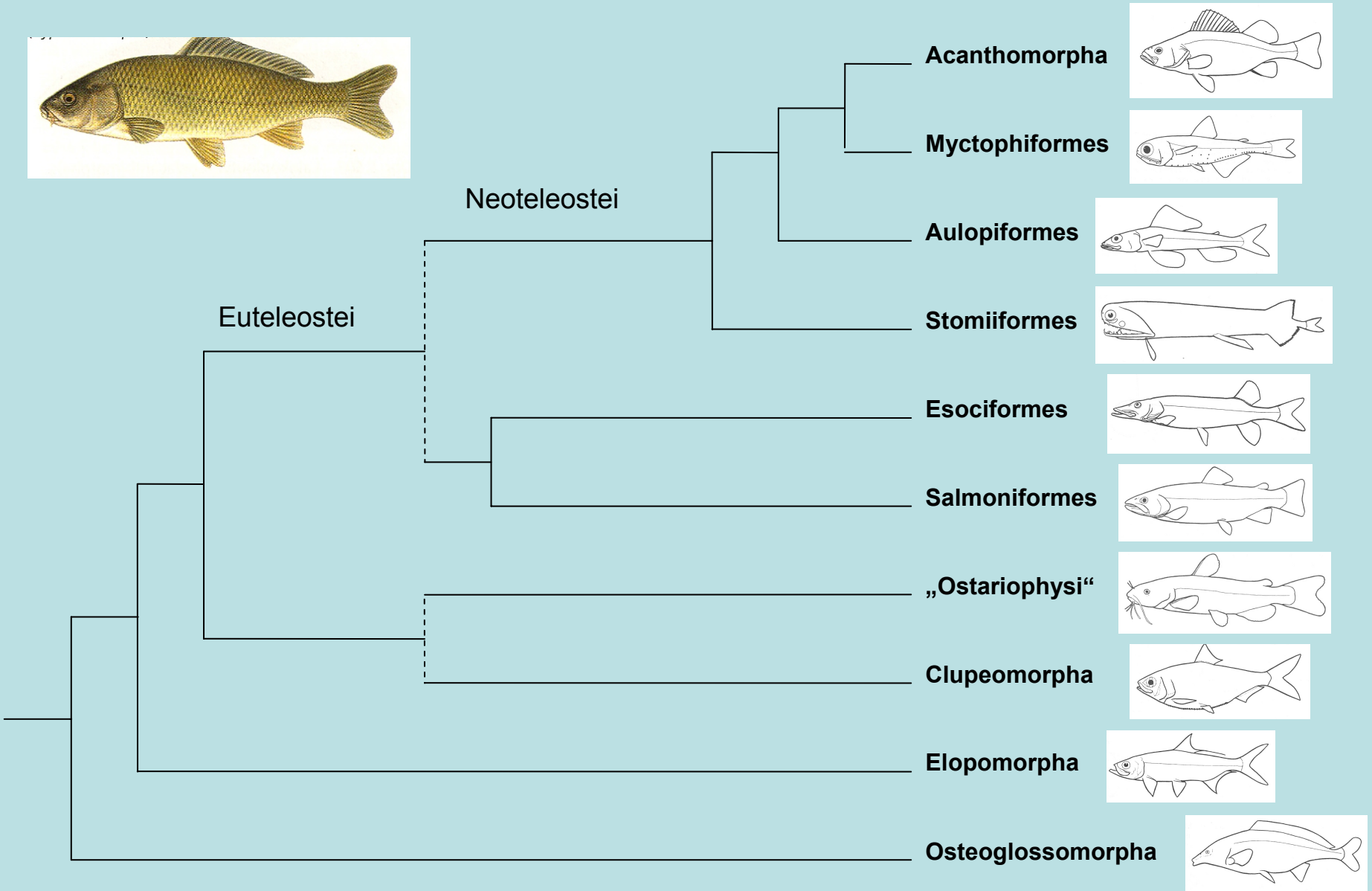
Fylogeneze paprskoploutvých ryb (Actinopterygii)



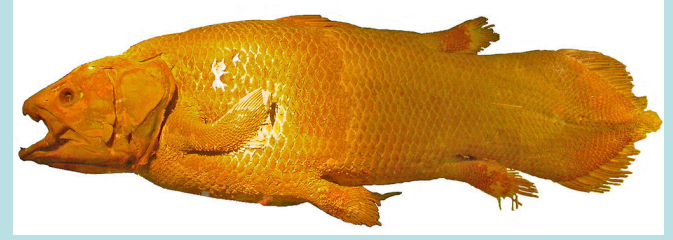
Apomorfie kostnatých ryb (Teleostei)

- V šupinách zcela chybí ganoinová vrstva.
- Není přítomna ani spirální řasa ve střevě.
- Ocasní ploutev je homocerkní.
- Nejsou vytvořeny jazylkové položábry.
- *Conus arteriosus* na srdci je redukovaný a naopak na ventrální aortě je *bulbus arteriosus*.
- Kostí na lebce nemají původní pravidelné uspořádání a získaly pohyblivost. Vomer je nepárový, na kosti čtvercové se postupně vyvinul kostnatější nástavec, některé krycí kosti ve spodní čelisti zanikly.
- Ve skřelích je přítomna kost *interoperculare*.
- Kleitrum je nejméně třídílné.
- V kostře prsní ploutve jsou čtyři radiália a počet hypurálií v ocasní ploutvi byl redukován na sedm.

Fylogeneze kostnatých ryb



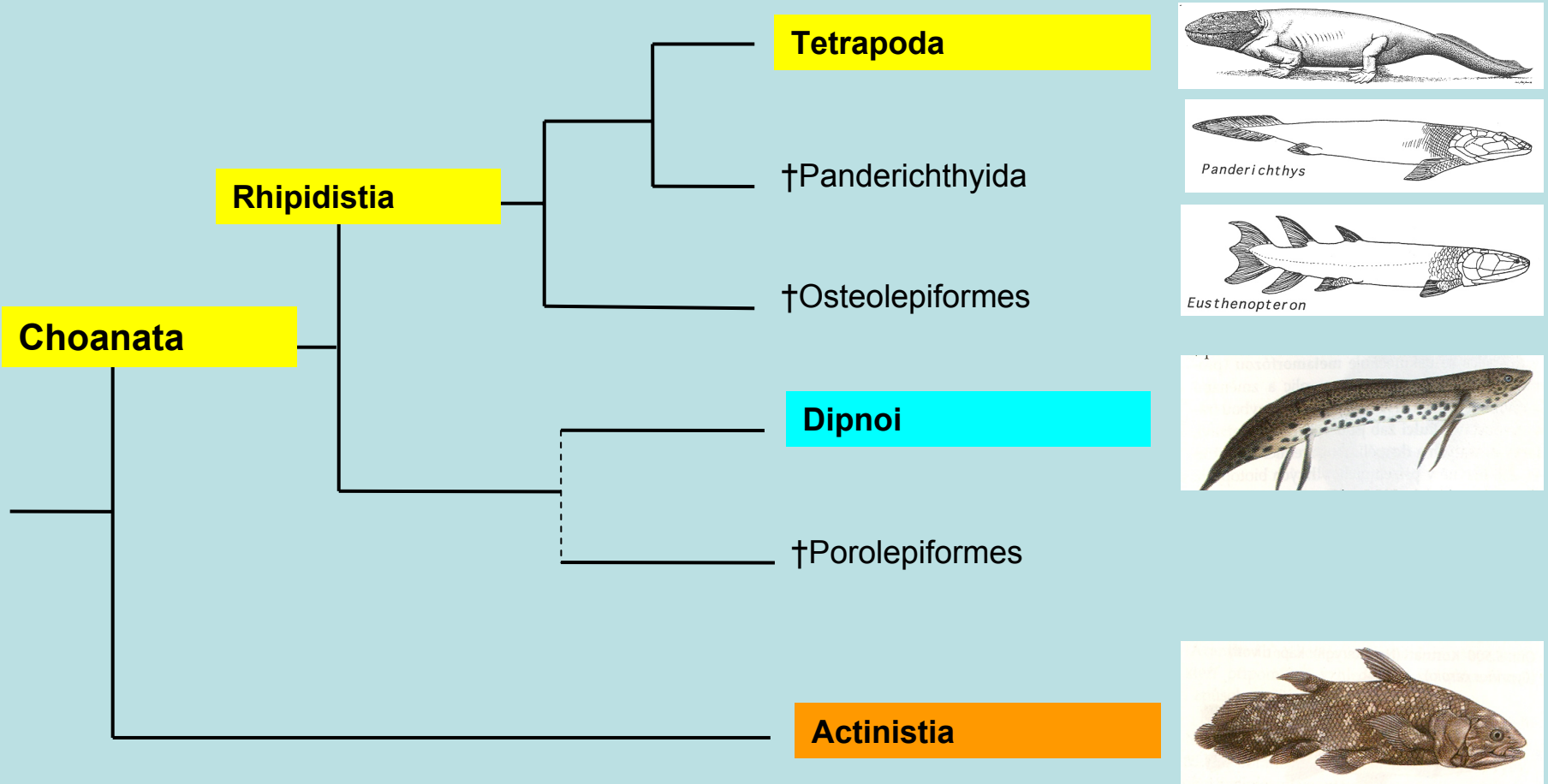
Apomorfie svaloploutvých (Sarcopterygii)



- Svalnaté párové končetiny (původně ploutve) s osní kostrou, ve které je jediné proximální bazále.
- V šupinách byla původně přítomna kosminová vrstva.



Fylogeneze svaloploutvých obratlovců



Znaky čtvernožců (Tetrapoda)

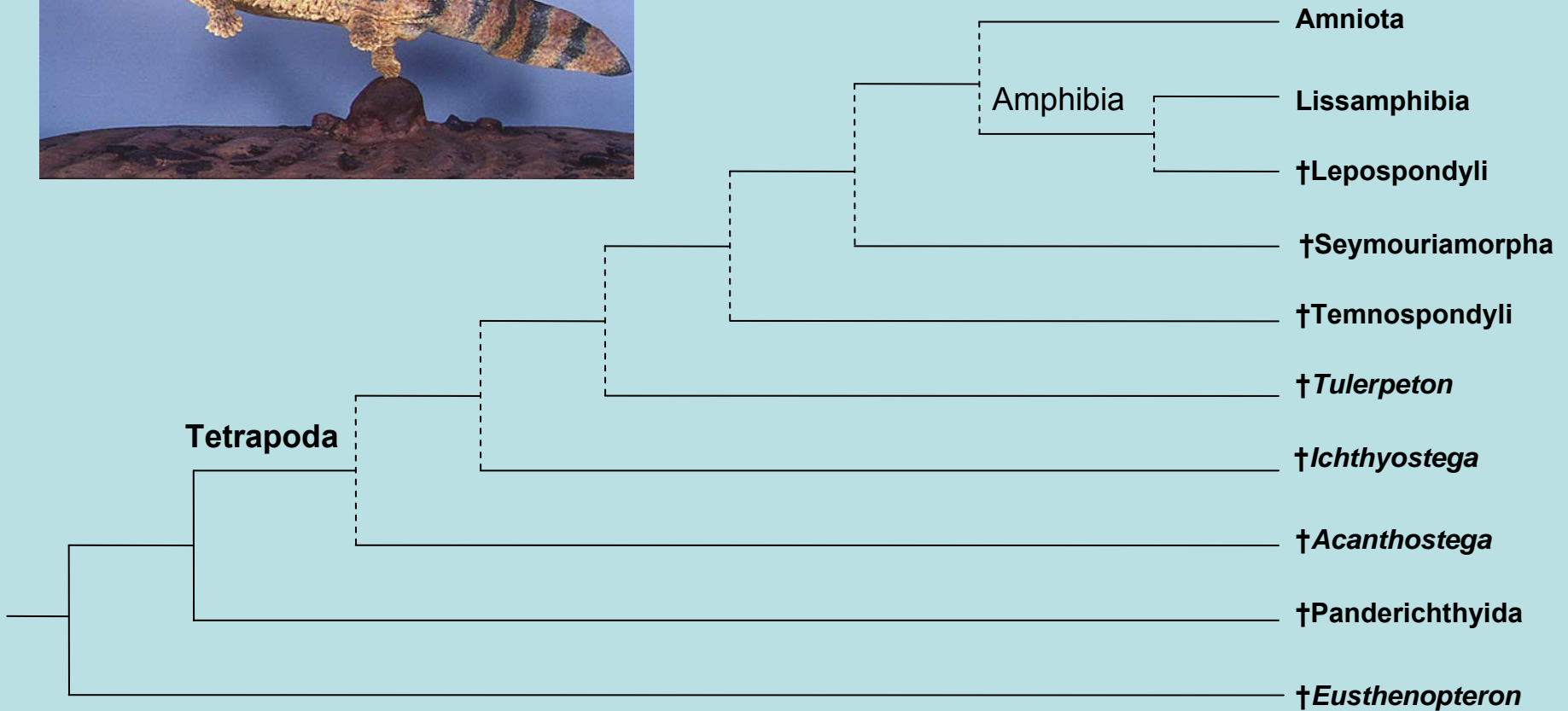
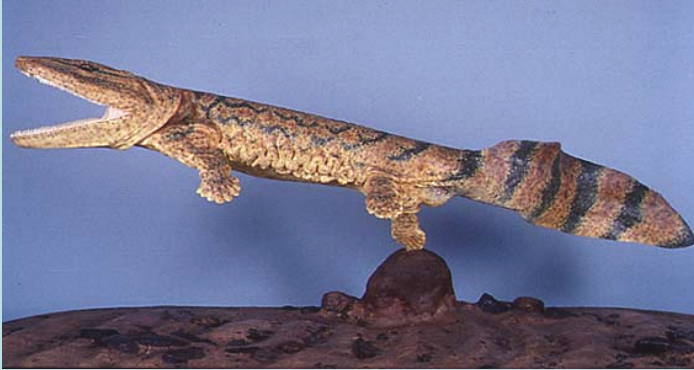
Pleziomorfní znaky (sdílené s fylogeneticky blízkými skupinami vodních svaloploutvých)

- Vytvořené vnitřní nozdry (choany) spojující nosní cesty s ústní dutinou.
- Těla obratlů jsou tvořena dvěma osifikačními centry, jež srůstají (*intercentrum* a *pleurocentrum*).
- Kompaktní, odvozeně autostylní lebka (metautostylie), ve které je horní čelist pevně spojena s mozkovnou.
- Labyrintodontní chrup.
- Přítomnost plicních vaků vznikajících vychlípěním ventrální stěny hltanu.
- Přestavba srdce a žaberních tepen, zvláště oblouků aorty.

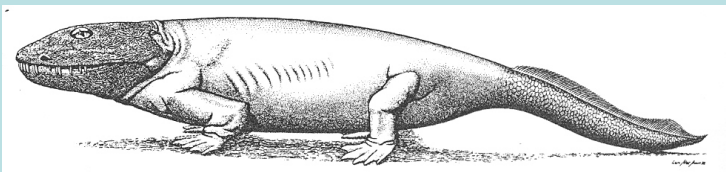
Apomorfní znaky

- Ztráta ploutevních paprsků a vznik kráčivé končetiny s prsty.
- Vymizení nepárových ploutví.
- Formování krční oblasti páteře, vznik nepárového kloubu mezi lebkou a páteří.
- Ztráta aparátu skřelí.
- Uzavření žaberních štěrbin a přeměna *hyomandibulare* na sluchovou kůstku kolumelu (*columella*).
- Uvolnění pletence hrudní končetiny od lebky, vznik hrudní kosti (*sternum*).
- Zvětšení pánevního pletence a jeho spojení s křížovou oblastí páteře.
- Diferenciace dvou mozkových plen.
- Zdokonalení plic, vytvoření průdušnice (*trachea*) a hrtanu (*larynx*), který usnadňuje překřížení dýchacích a trávicích cest.
- Vznik kosti slzní (*lacrimale*) se slzným kanálkem, vytvoření očních žláz.
- Vznik jazyka se žláznatým polem.

Rekonstrukce fylogenetického stromu čtvernožců (Tetrapoda)



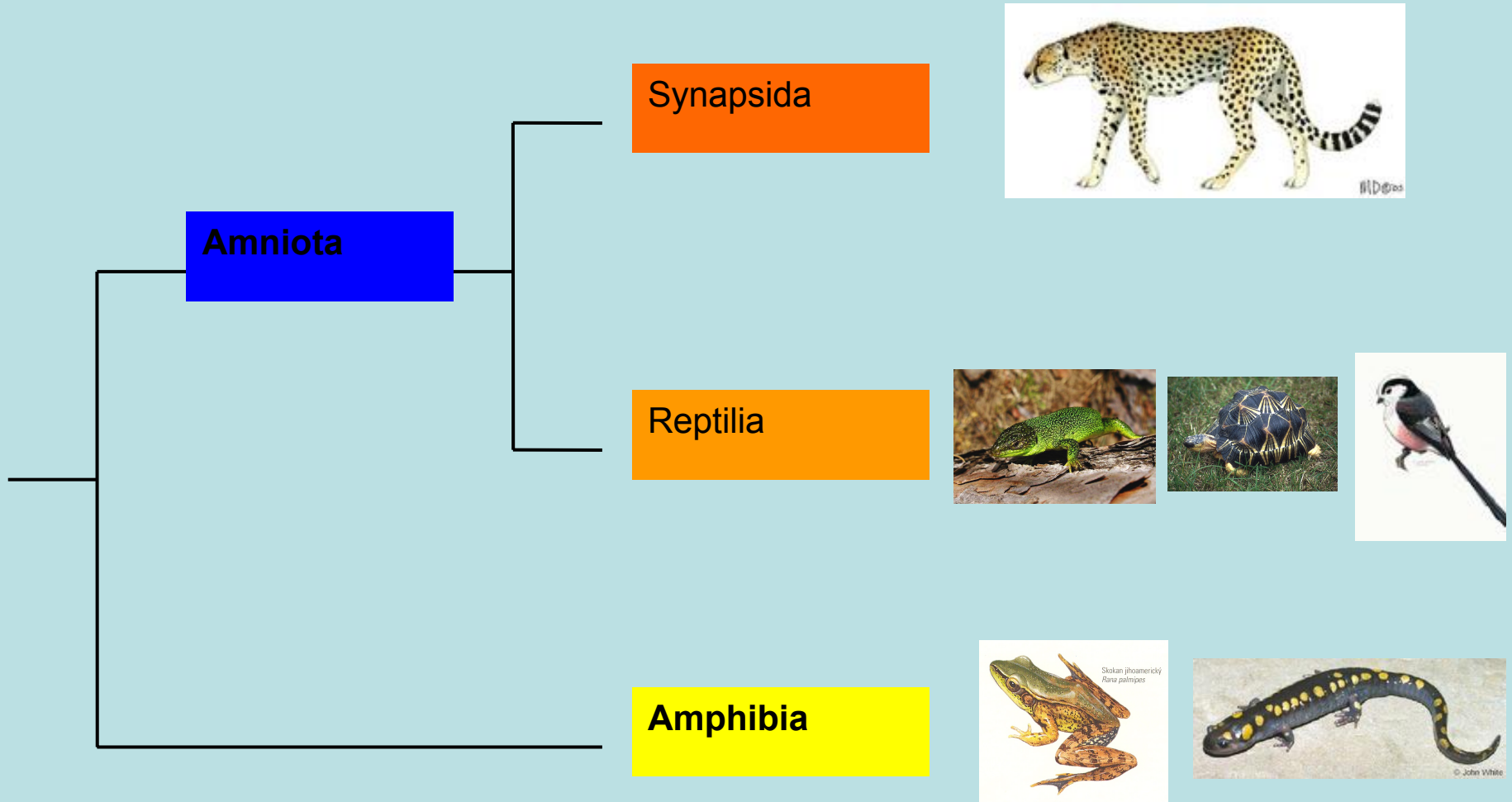
Existují plazi? Podle současných názorů (rok 2008) tvoří všechny skupiny blanatých s jinou než synapsidní lebkou monofyletický klad. Můžeme je tedy nazvat plazi (Reptilia nebo Sauropsida) s tím, že mezi ně patří i ptáci (Aves). Mezi plazy nepatří Synapsida.



Ichthyostega, starobylý čtvernožec, model možného fenotypu předka všech blanatých

Savci patří do synapsidní vývojové větve blanatých obratlovců (Amniota), která není příbuzná vymřelým skupinám jako byli ryboještěři nebo dinosauři ani žijícím skupinám jako jsou želvy, šupinatí, krokodýli a ptáci. Synapsidi (Synapsida) vznikli ve spodním karbonu před více než 300 miliony let, kdy se jim ve spánkové oblasti lebky na hranici kostí *jugale*, *squamosum* a *postorbital* vytvářela spodní spánková jáma, jejíž ventrální okraj se zúžil do podoby spodního jařmového oblouku. Během prvohor a starších druhohor vytvořili řadu postranních vývojových větví. Ve svrchním permu se objevila masožravá skupina Theriodontia, u níž se postupně vytvářel druhotný čelistní kloub. Vymírání koncem permu přežila skupina Cynodontia, od níž se v triasu odštěpili savci (Mammalia). Savci jsou tedy součástí kladu Cynodontia.

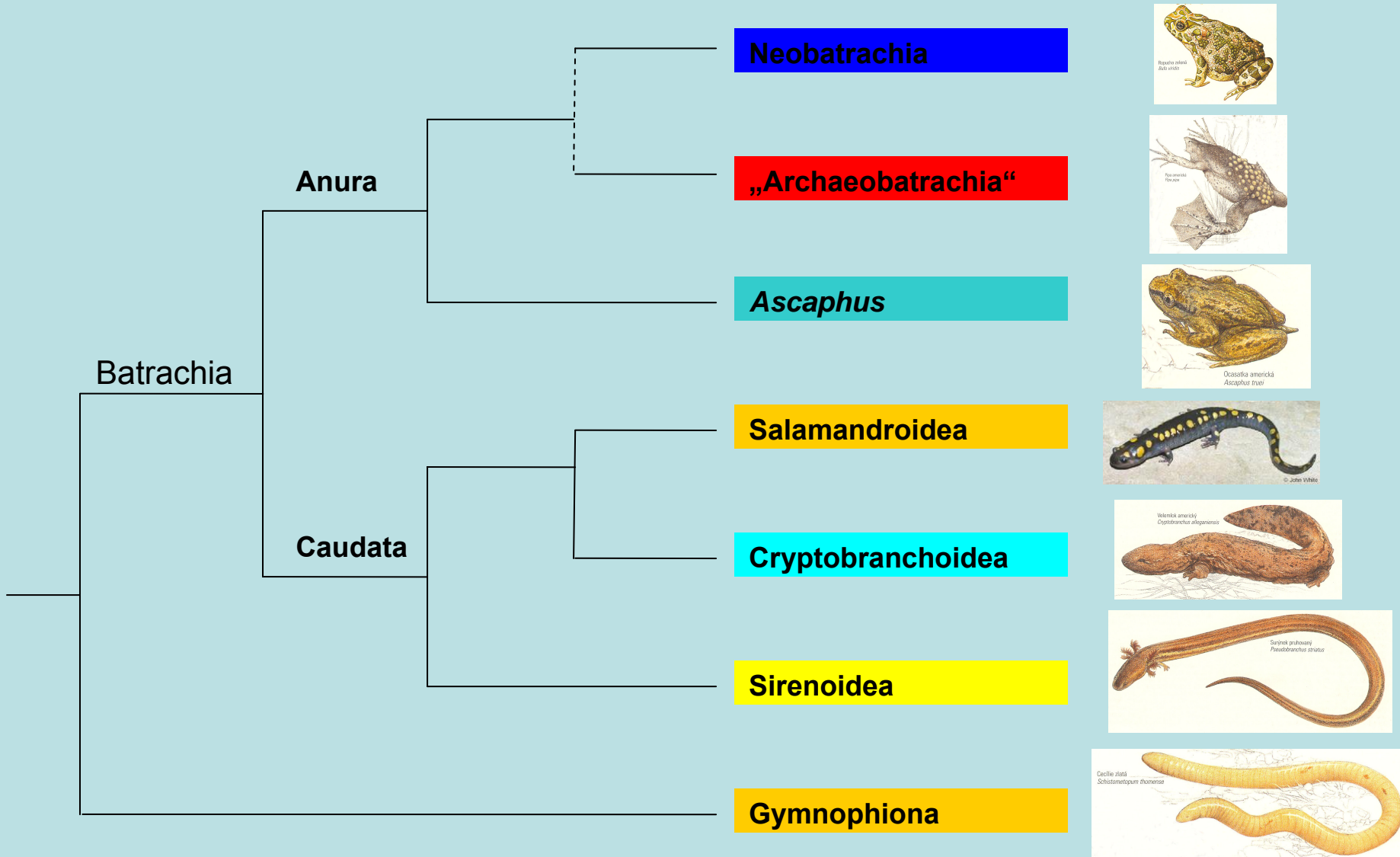
Fylogeneze suchozemských obratlovců



Apomorfie obojživelníků (Lissamphibia)

- Redukce počtu prstů na přední končetině na čtyři.
- Alveolární slizové a jedové žlázy.
- Ztráta některých kostních elementů lebky, její zploštění a zkrácení v postotické oblasti.
- Absence pineálního otvoru.
- Takzvané pedicelární bikuspidní zuby rozčleněné na bazální násadec (*pedicellus*) a distální korunku.
- Zdvojený týlní hrbol (bikondylní lebka), připojení páteře k lebce bez účasti *basioccipitale*.
- Obvykle jsou vytvořena buď žebra nebo hrudní kost, ale nikdy uzavřený hrudní koš.
- Zvláštní oblast sluchového vnímání (*papilla amphibiorum*) ve vnitřním uchu.
- Specializovaná muskulatura oka (*mm. retractor a levator bulbi*).
- Tukové těleso v oblasti ledvin.

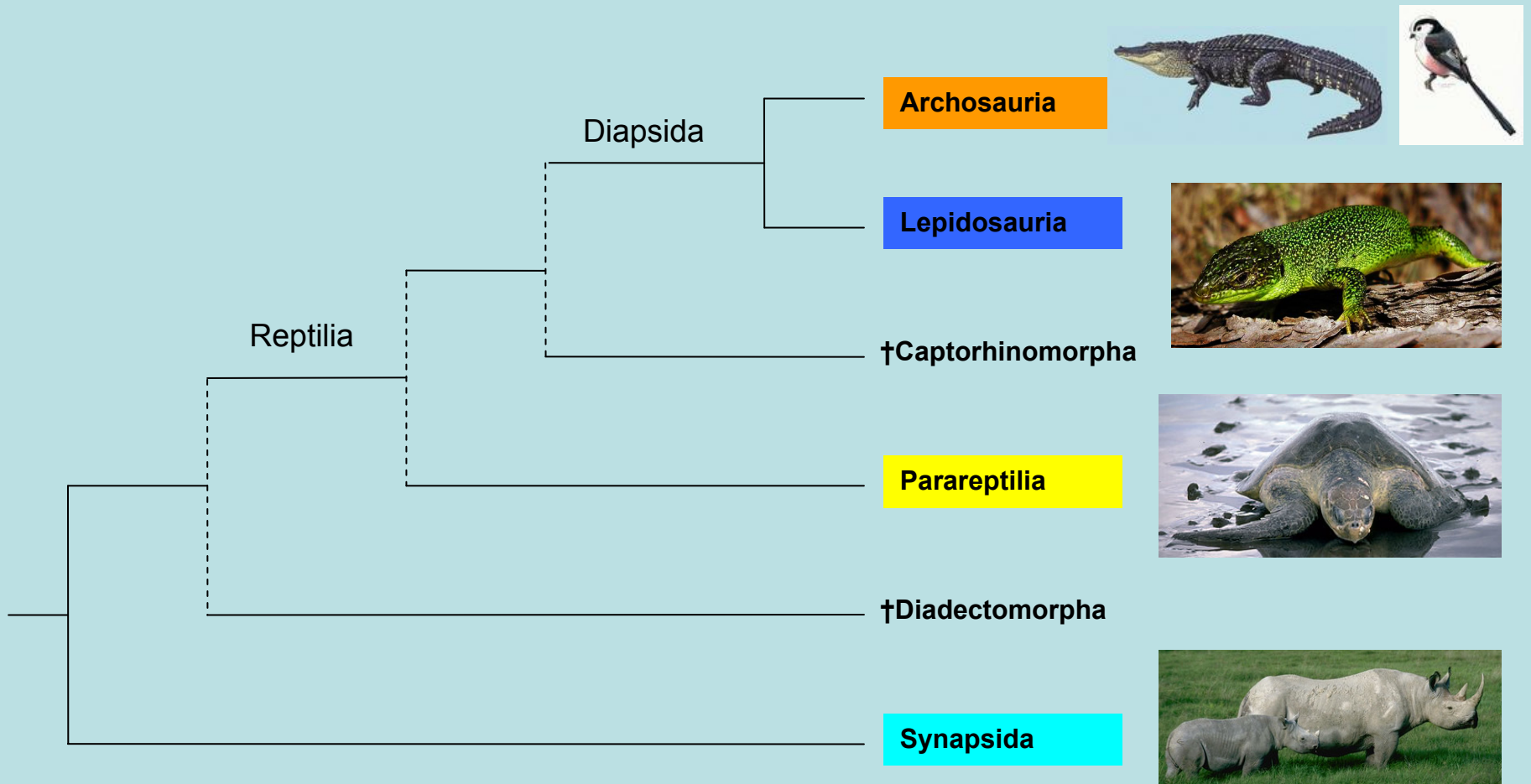
Fylogenetický strom moderních obojživelníků (Lissamphibia)



Apomorfie blanatých obratlovců (Amniota)

- Vznik velkého terestrického vejce, zvětšení obsahu žloutku a vytvoření pevného obalu (skořápky). Vznik plodových obalů amnionu a serózy, zvětšení alantois a vytvoření močového měchýře. Zánik metamorfózy a akvatického stádia larvy.
- Na prstech se utvářejí drápy, povrch těla tvoří rohovinové šupiny.
- Intercentra obratlů jsou potlačena, tělo obratlů tvoří téměř výlučně zvětšená pleurocentra spojená mediálně. Rozvoj regionalizace páteře, počátek diferenciacie atlasu a čepovce.
- Úplná ztráta kanálků postranní linie na dermálních kostech lebky, silné zmenšení kleitra, které u recentních forem zcela chybí.
- Tropibazická lebka s jedním velkým konvexní týlní hrbolem
- Redukce horizontální svalové přepážky.
- Zvětšování palia a striata v koncovém mozku. Zbytnělá oblast dorzálního komorového hřebenu dominuje centrální části hemisfér.
- Vytvoření třetího víčka ve vnitřním koutku oka (*membrana nictitans*).
- Trávicí trubice s jedním nebo dvěma slepými střevy.
- Posunutí perikardu, složitější stavba srdce s postupným dělením srdeční komory na dvě části, oddělování tělního a plicního oběhu krve.
- Ztráta segmentálního charakteru ledvin, funkční ledvinou je kaudální část opistonefros – metanefros s vlastním vývodem, ureterem. Konečným produktem metabolismu dusíku je primárně kyselina močová.
- Vznik samčího nepárového pářícího orgánu.

Fylogenetický strom blanatých obratlovců (Amniota)

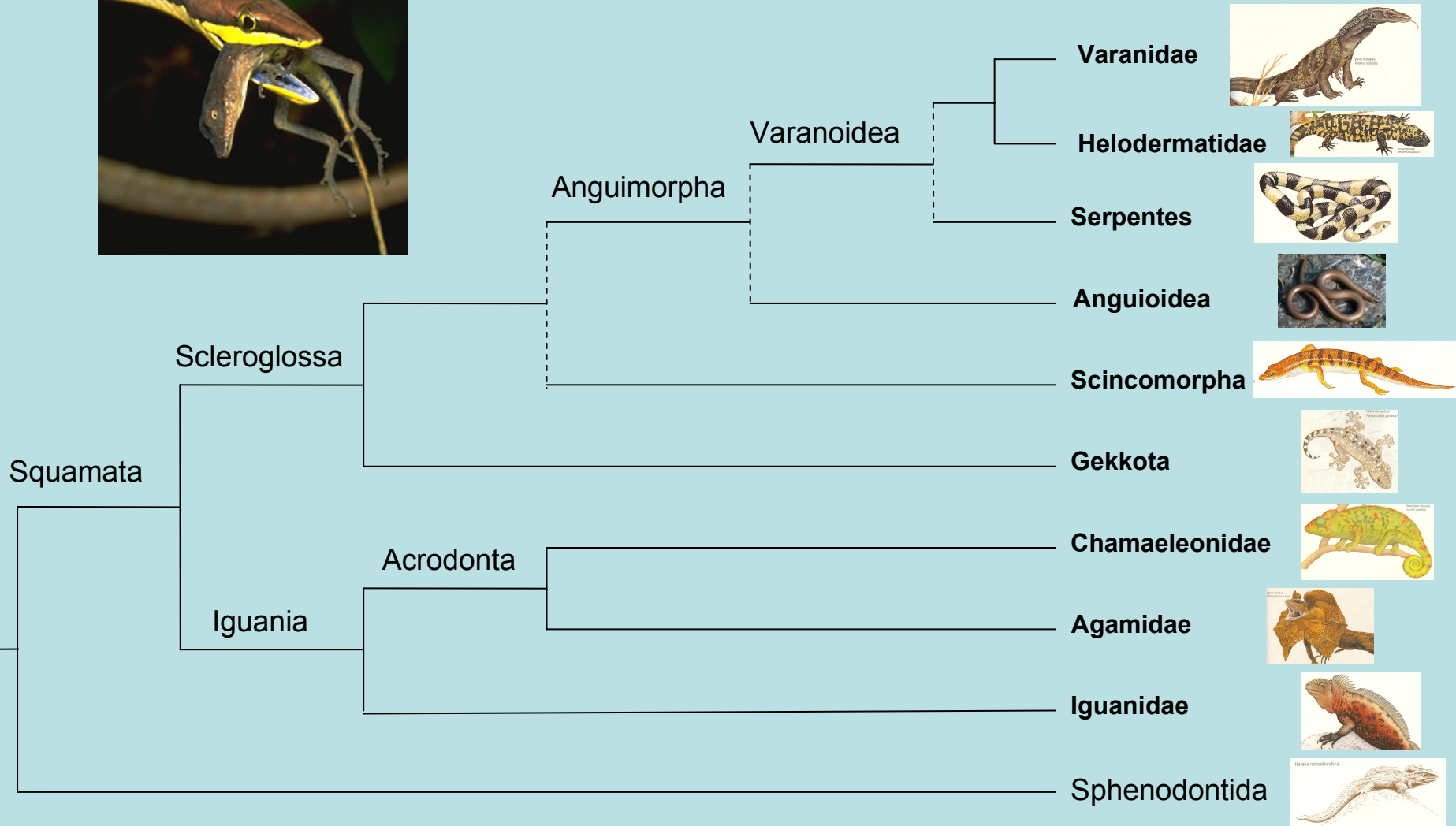


Pleziomorfní znaky plazů (Reptilia)

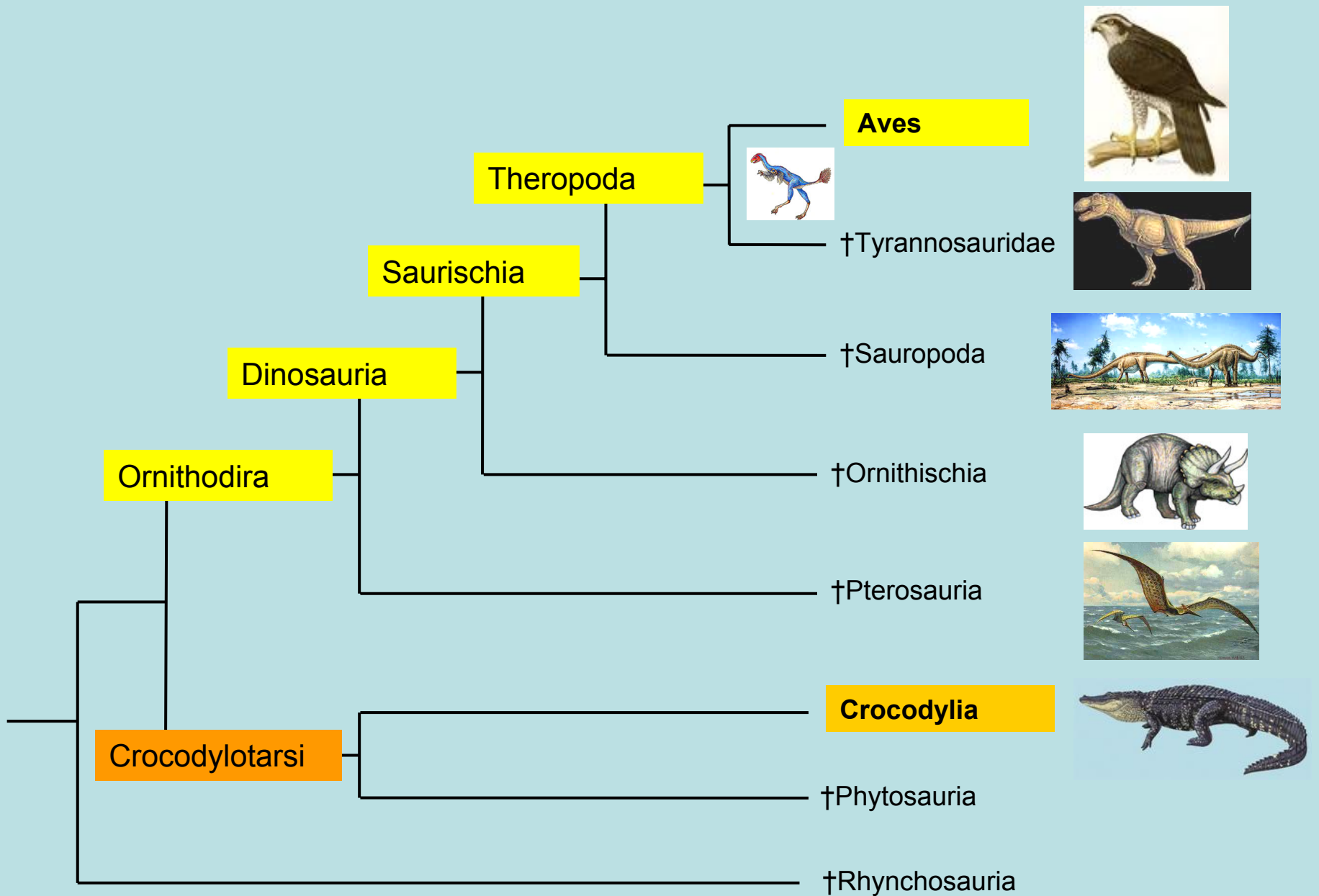
- Jsou převážně ektotermní, neboť k udržování tělesné teploty využívají energii přijatou z prostředí.
- Kůže silně rohovatí a je obvykle kryta epidermálními šupinami nebo krunýři, kožní žlázy jsou vzácné.
- Rozdělení srdce na dvě poloviny není dokonalé.
- Vylučovacím orgánem je pravá ledvina, metanefros.
- Plazi jsou zpravidla vejcorodí, obvykle o vejce a mláďata dále nepečují.



Fylogenetický strom Lepidosauria



Fylogeneze archosaurů a původ ptáků



Znaky dinosaurů skupiny Maniraptora a ptáků (Aves)

Pleziomorfní znaky

- Kůže je suchá, jediná kožní žláza je kostrční žláza, i ta však může být redukována. Na některých místech těla (zobák, běhák) zůstává rohovitý kryt plazího typu.
- Lebka je tropibazická, monokondylní a částečně kinetická.
- Volná zadní končetina má mezotarzální kloub.
- Vylučovacím orgánem je zdokonalená ledvina (metanefros), jež odstraňuje jako hlavní odpadový produkt metabolismu kyselinu močovou.

Odvozené znaky sdílené dinosaury a ptáky (apomorfie linie Maniraptora)

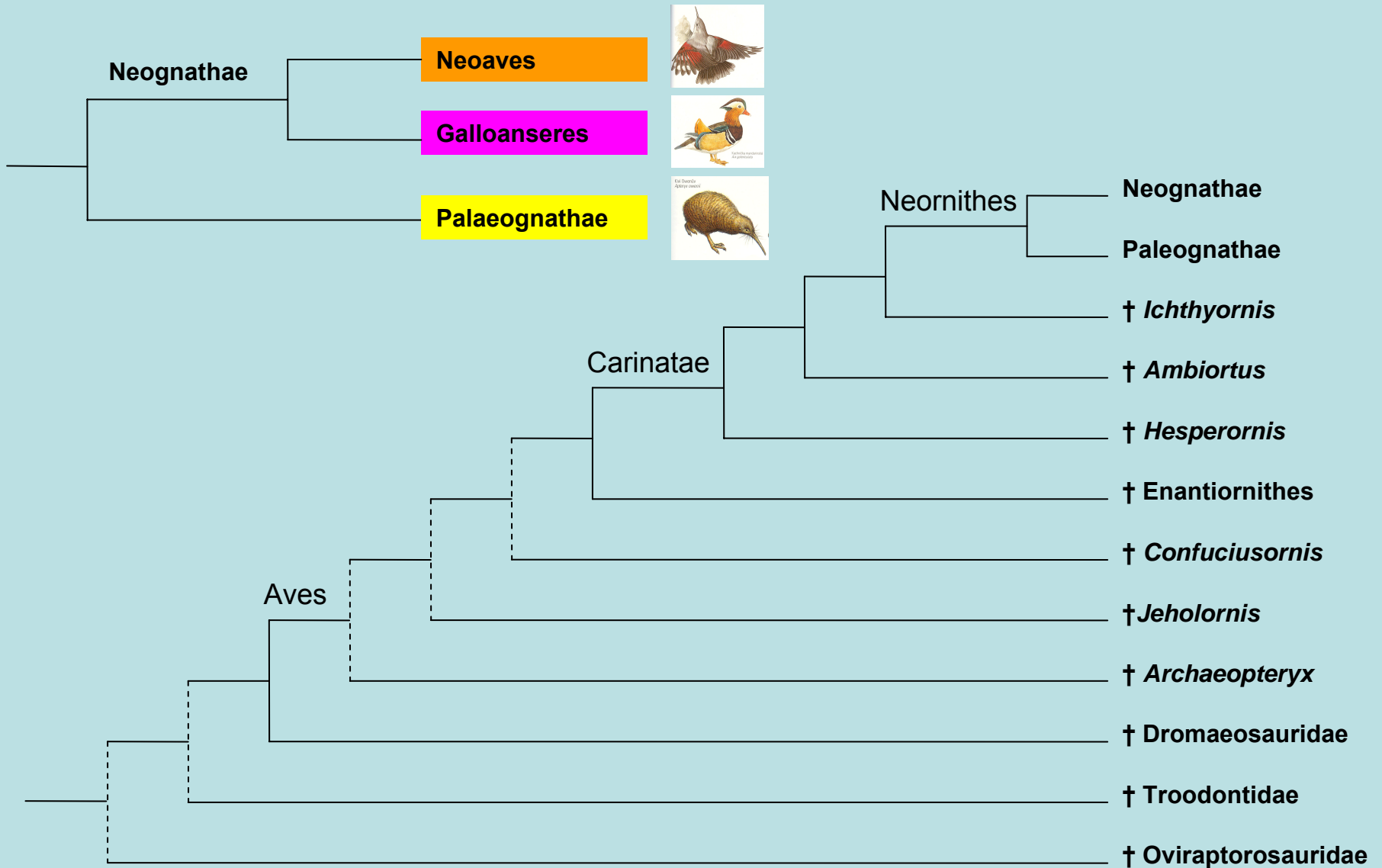
- Klíční kosti srůstají ve vidlici (*furcula*).
- Zadní končetiny slouží jako nohy k bipednímu pohybu a nikdy se neredukují. Palec zadní končetiny směřuje dozadu, ostatní prsty dopředu, výjimky jsou druhotné.
- Kost holenní (*tibia*) a proximální kosti nártu srůstají v *tibiotarsus*.
- Tělo je kryto opeřením, ve kterém jsou rozlišeny různé typy per.

Apomorfní znaky ptáků (Aves)

Anatomické charakteristiky orgánů budovaných z měkkých tkání není možné zhodnotit ve fosilním materiálu. Není proto vyloučeno, že některé z apomorfii uvedených v následujícím seznamu vznikly již na fylogenetické úrovni skupiny Maniraptora.

- Vnitřní ucho má zdokonalenou stavbu, je vytvořena *cochlea*, *ductus cochlearis* a Cortiho orgán.
- Došlo k rozsáhlému srůstání kostí na lebce, přední končetiny jsou změněny v křídla, jejich kostra je charakteristickým způsobem přestavěna a v distální části zkrácena. Ke srůstu oporných elementů došlo rovněž v pletenci zadní končetiny a některých částech páteře.
- Otvor v acetabulu zanikl.
- Koncový mozek je zvětšen další expanzí dorzálního komorového hřebene.
- Chybí nultý hlavový nerv (*n. terminalis*).
- Oko je zdokonaleno a dosahuje největší ostrosti vidění v celé živočišné říši.
- Jsou vytvořeny relativně malé plíce se vzdušnými vaky.
- Srdce je čtyřdílné, komory jsou úplně odděleny. Je vytvořena pravá aorta, levá během zárodečného vývoje mizí.
- Tělesná teplota je regulována vnitřními fyziologickými mechanismy, ptáci jsou endotermní.
- Zvláštní úprava ledviny (Henleova klička) vylepšuje způsob hospodaření s vodou.
- Vejce mají vápenitou skořápku, ptáci zahřívají a chrání vejce během zárodečného vývoje a pečují o vyvíjející se mláďata.

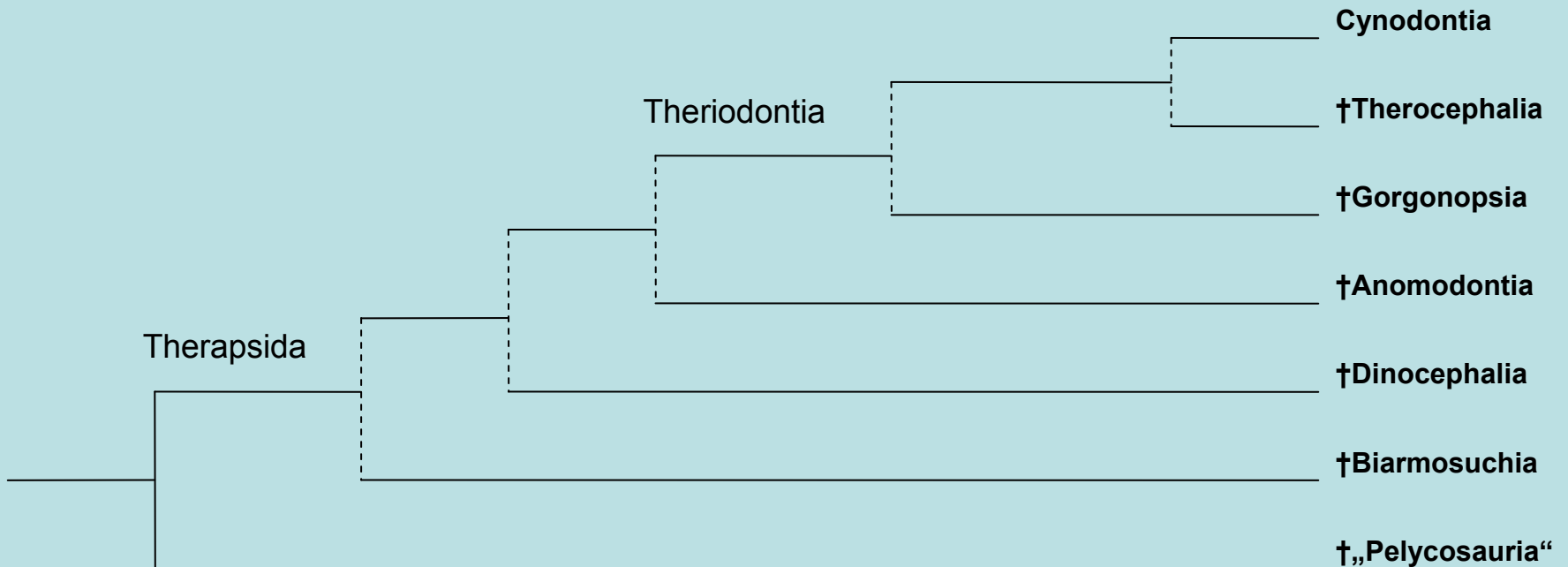
Fylogenetické rodokmeny ptáků (Aves)



Apomorfie synapsidních amniot

- Jediná spodní spánková jáma na každé straně lebky.
- Tendence k morfologické diferenciaci zubů, která se nejdříve projevovovala přítomností špičkovitého zubu v horní čelisti (*maxillare*).

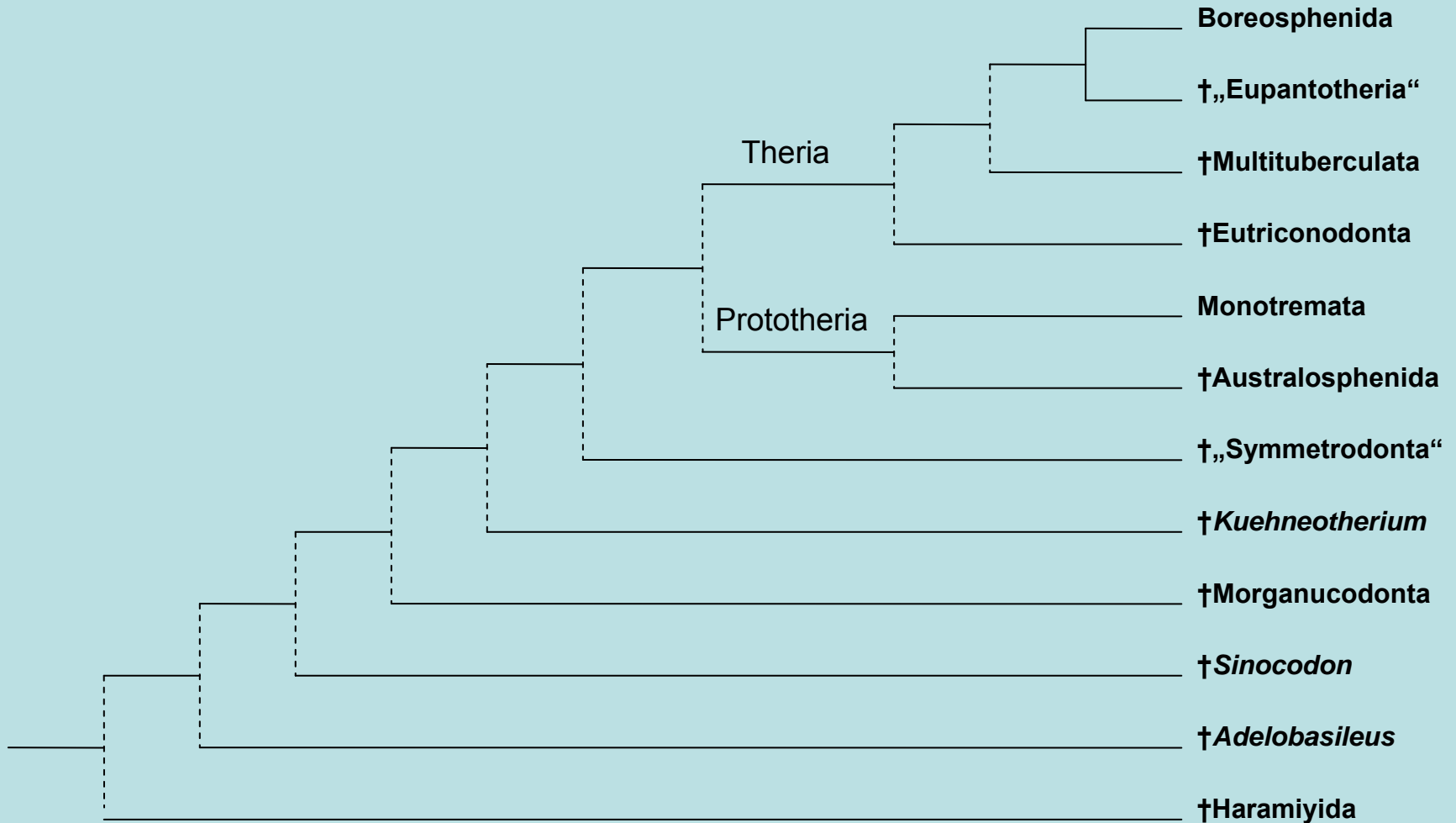
Fylogeneze synapsidních amniot



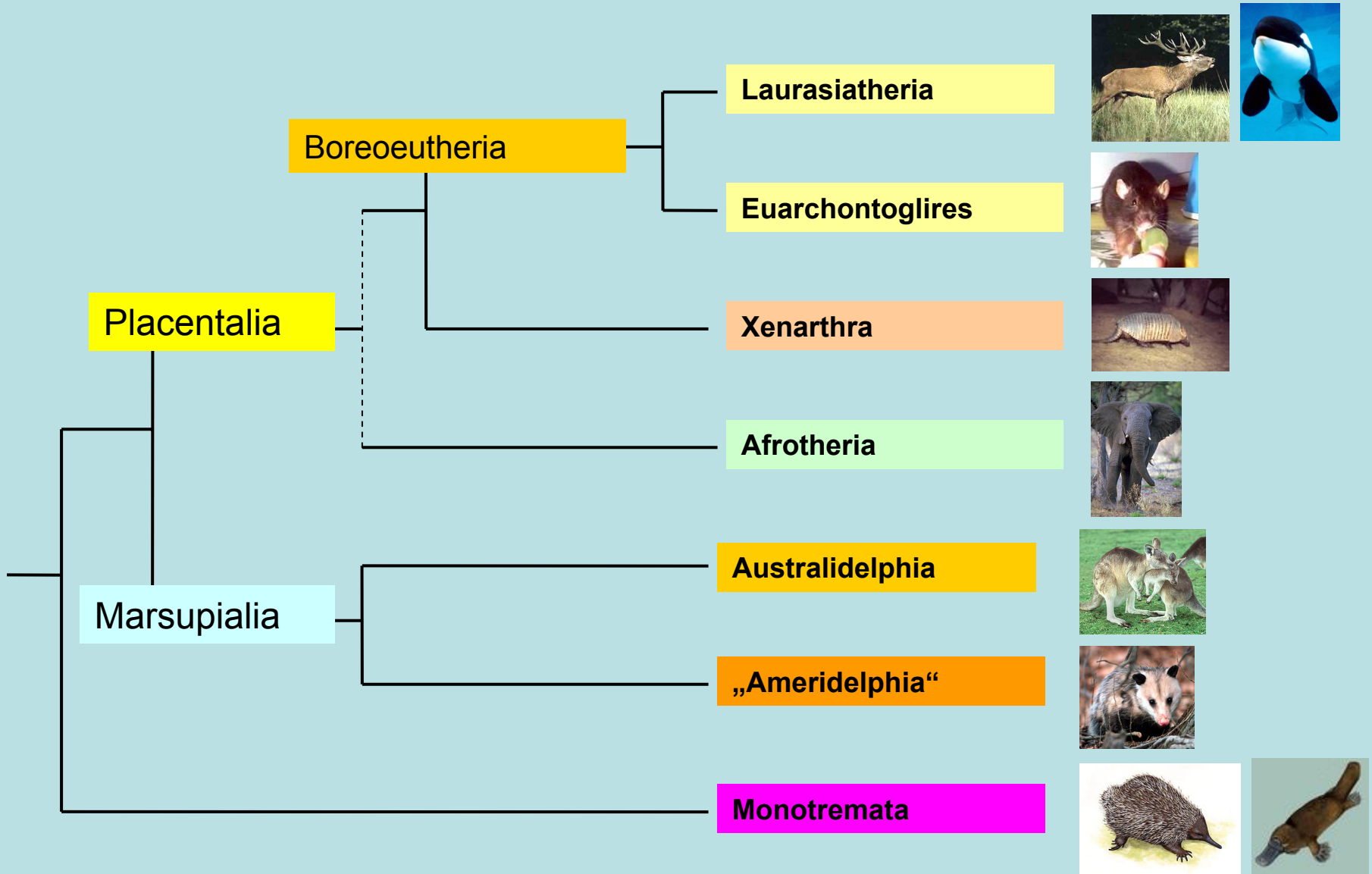
Apomorfie savců (Mammalia)

- Tělo je kryto srstí složenou z epidermálních chlupů, jež jsou pigmentovány pouze melaniny.
- Kožní žlázy jsou několika typů, jedno- i vícevrstevné, nejcharakterističtější pro savce jsou žlázy mléčné.
- Regionalizovaná páteř je rozlišena na úseky složené z obratlů se specifickou morfologií, končetiny jsou podsunuty pod trup.
- Spodní čelist je tvořena jedinou párovou kostí, *dentale* (= *mandibula*); recentní savci mají jen sekundární čelistní kloub.
- Ve středním uchu jsou tři sluchové kůstky: *malleus*, *incus*, *stapes*. Je vytvořeno vnější ucho s primárním boltcem.
- Chrup je heterodontní, rozlišený na řezáky, špičáky, třenáky a stoličky, které mají více kořenů; obvykle existují dvě generace zubů, jejich počet je druhově stálý.
- Mají diferencovanou faciální svalovinu.
- Mozek je celkově vyvinutější a relativně větší než u jiných obratlovců, zahrnuje oblasti, ve kterých došlo k dramatickému nárůstu šedé hmoty. Zejména mohutná je druhotná kůra koncového mozku (*isocortex*); střední mozek má specifická *corpora quadrigemina*.
- Je vytvořena levá aorta, pravá během zárodečného vývoje mizí. Červené krvinky nemají jádra.
- Mají bronchoalveolární plíce, tělní dutina je rozdělena svalnatou bránicí, která se podílí na dýchacích pohybech.
- Mají dokonalou endotermní fyziologii a vysokou úroveň metabolismu.
- Osmoregulační schopnosti jsou zlepšeny zejména vytvořením Henleovy kličky v ledvinách.
- Chování většiny savců je složitější a plastičtější než chování jiných živočichů. Mláďata jsou živena mlékem a vyvíjejí se pod vlivem fyzického a psychického kontaktu s matkou, případně i s dalšími jedinci téhož druhu.

Fylogenetické vztahy různých skupin vymřelých a žijících savců (Mammalia)

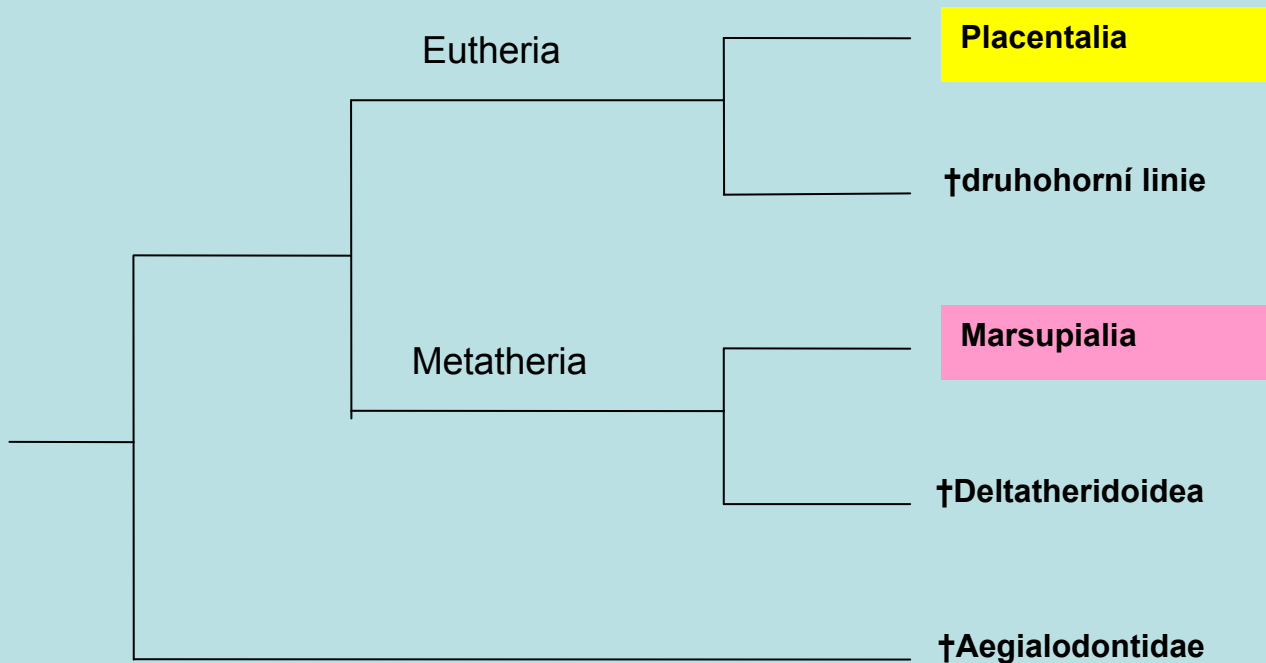


Fylogeneze žijících savců

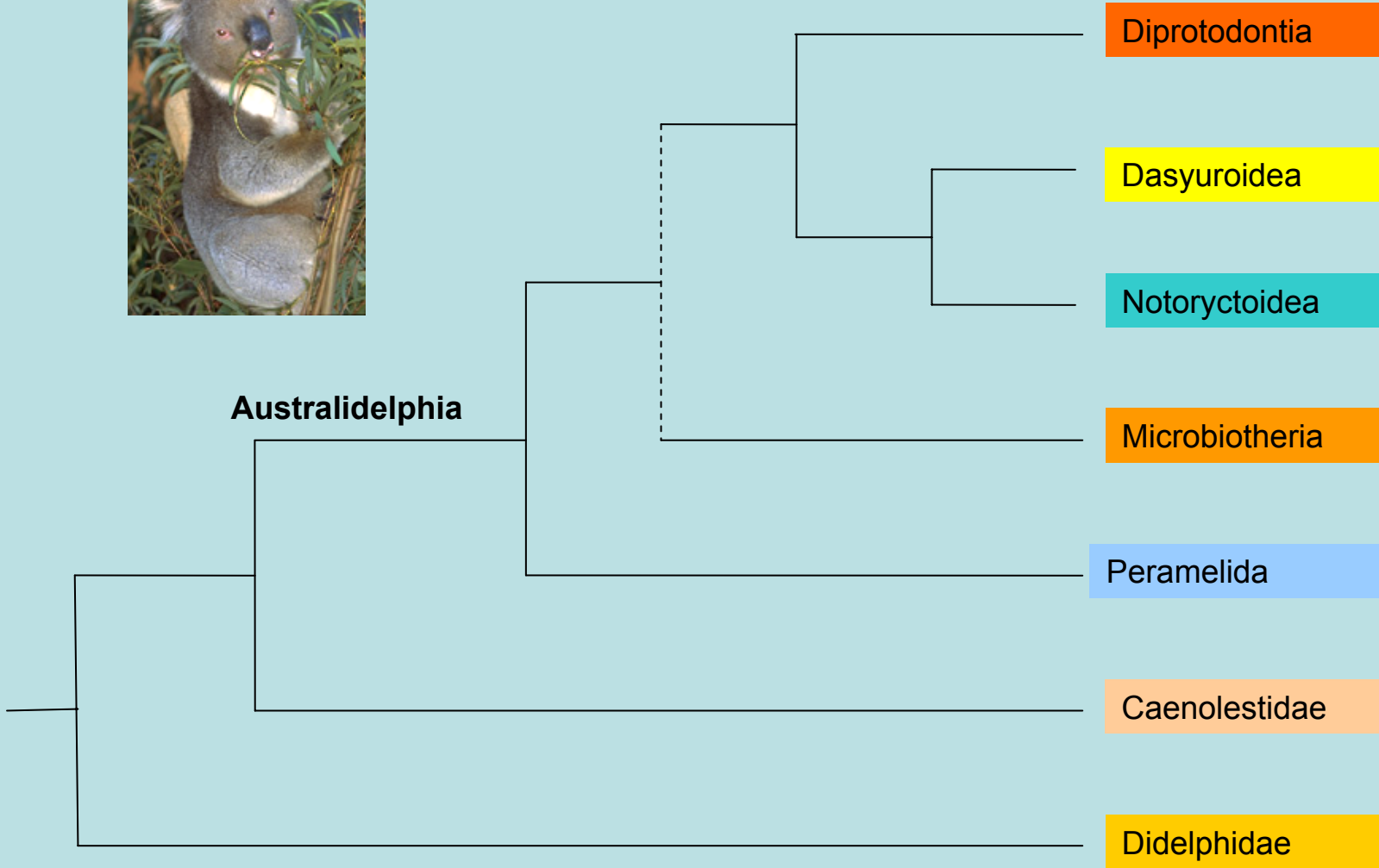


Fylogenetické vztahy různých skupin savců – Boreosphenida

Korunové skupiny žijících živorodých savců představují Marsupialia a Placentalia a jsou jednotlivě součástí kmenových taxonů Metatheria a Eutheria. Kmenová skupina Boreosphenida zahrnuje Metatheria, Eutheria a další vymřelé skupiny (Aegialodontidae).



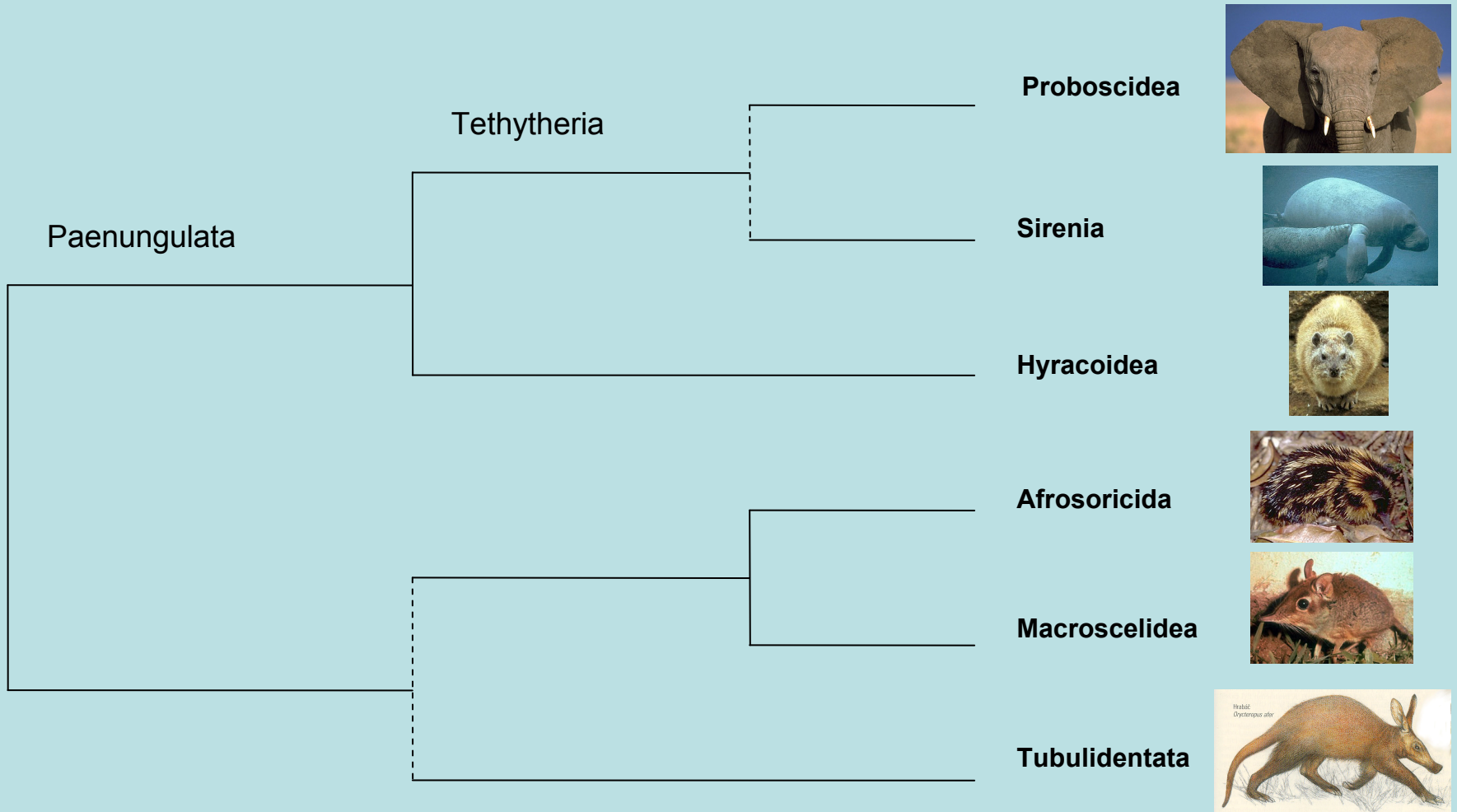
Fylogenetický strom vačnatců (Marsupialia)



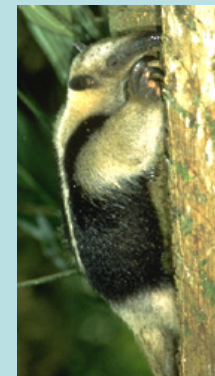
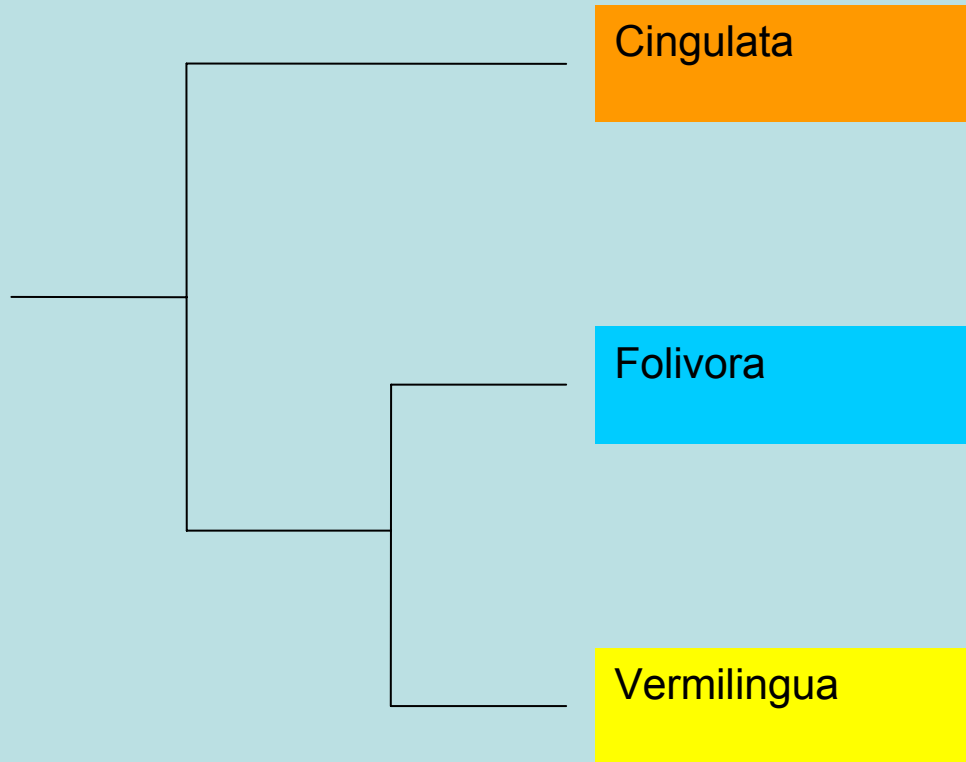
Apomorfie placentálních savců (Placentalia)

- Prodloužení embryonálního vývoje uvnitř zárodečného měchýřku (trofoblastu) a vytvoření alantochoriální placenty.
- Dlouhý embryonální vývoj v děloze a narození poměrně vyspělého a velkého mláděte.
- Časná morfogeneze centrálního nervového systému.
- Vytvoření *corpus callosum*, vláknitého spojení mezi hemisférami koncového mozku.
- Ztráta epipubických kostí.
- Redukce počtu zubů – původní vzorec chrupu I3/3 – C1/1 – P4/4 – M3/3, mléčný chrup dI3/3 – dC1/1 – dP4/4 (d = *deciduous*, opadavý, označení mléčných zubů).
- Distální úseky samičích pohlavních cest splývají v nepárovou jednoduchou vaginu (monodelfie).
- Močovody a Müllerovy vývody se nekříží.

Fylogenetický rodokmen Afrotheria



Fylogenetický strom Xenarthra

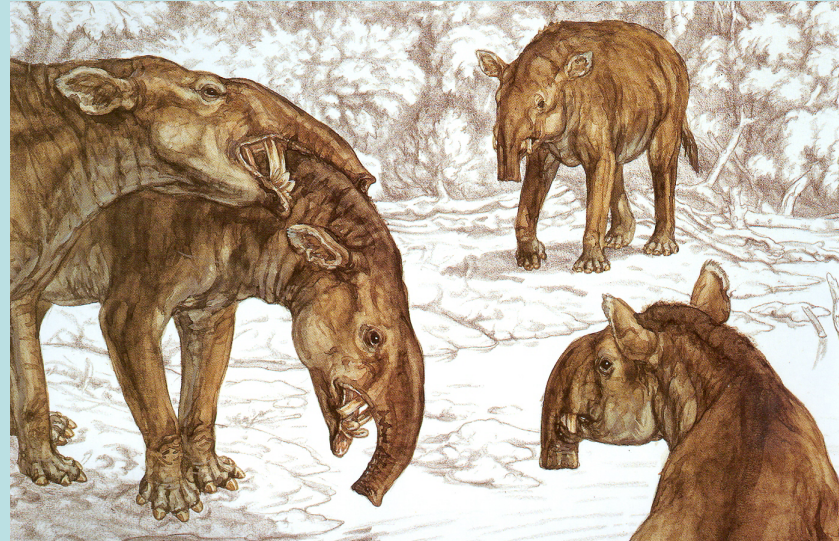


Příklady některých vymřelých jihoamerických savců (Xenarthra, Litopterna, Astrapotheria) /O. Fejfar, O. Major/



Megatherium ↑

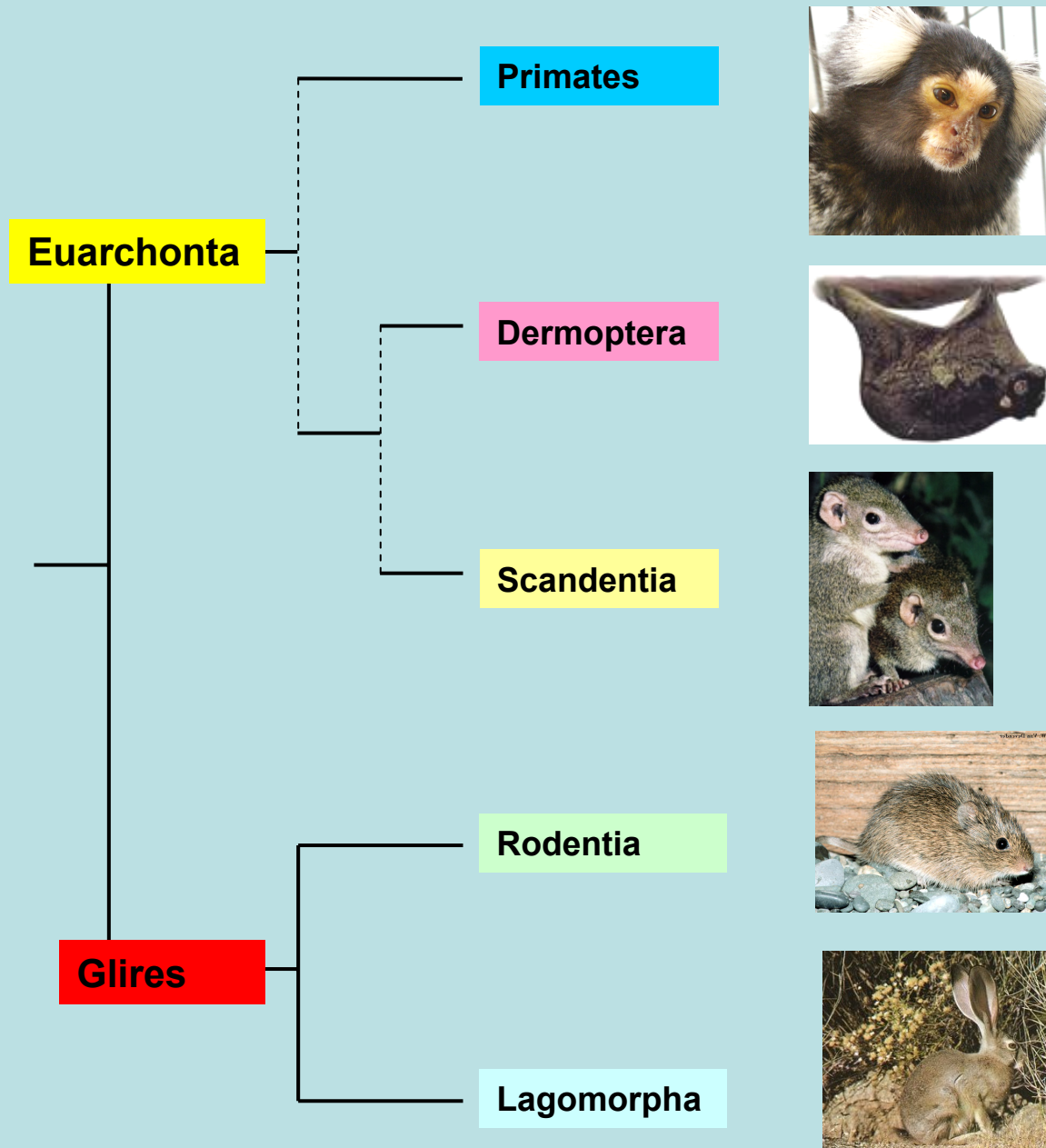
Astrapotherium →



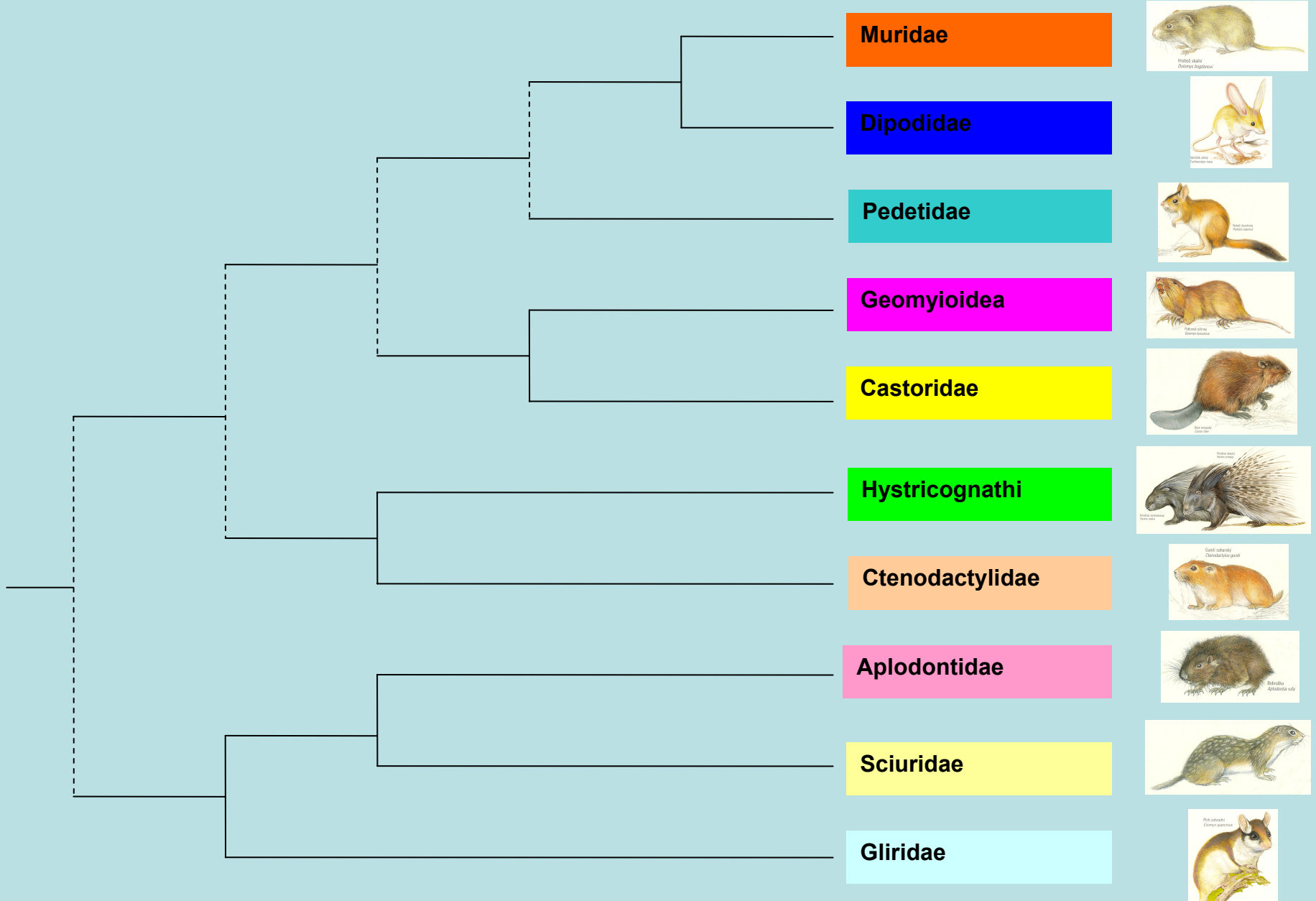
Macrauchenia →



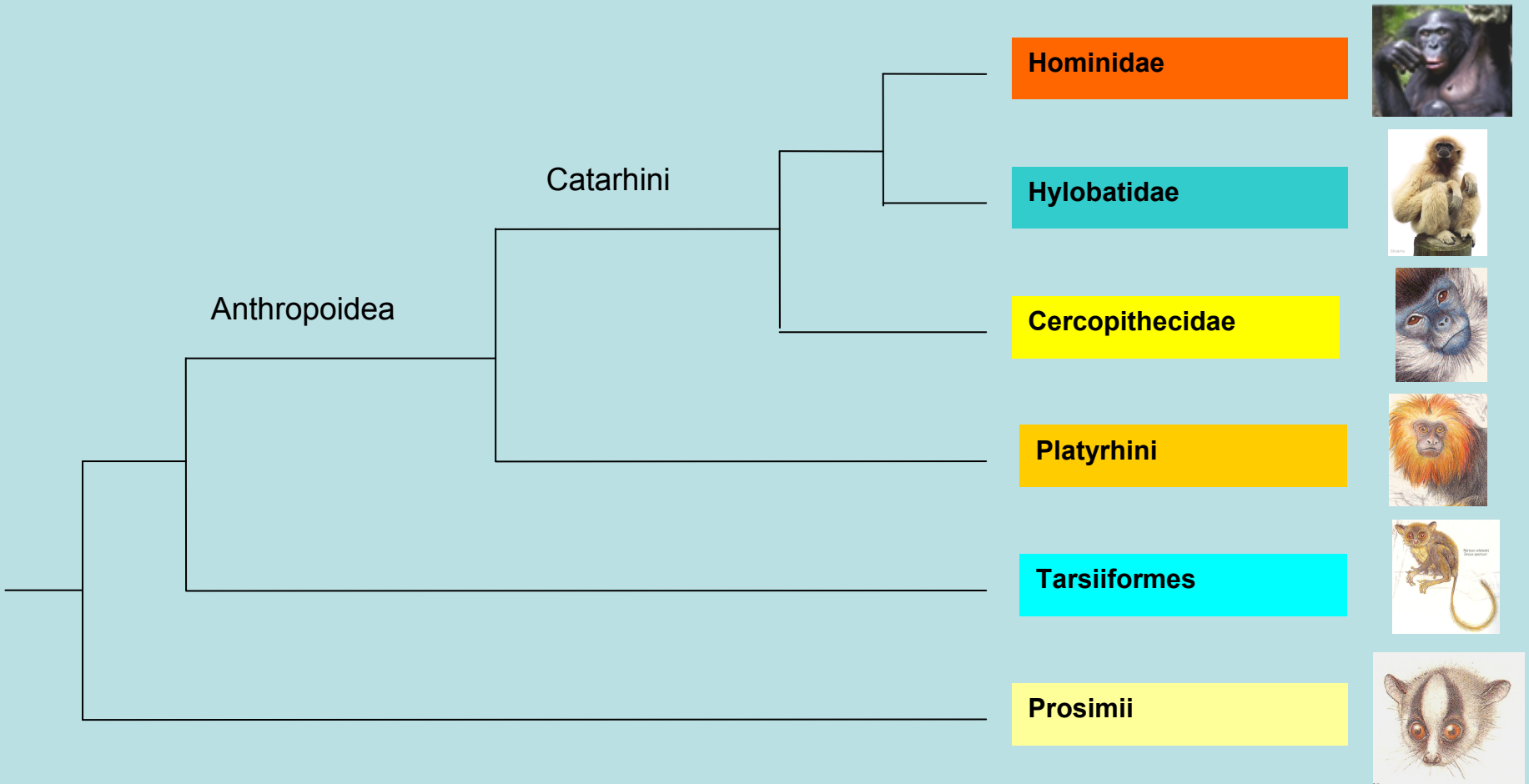
Fylogeneze Euarchontoglires a původ primátů



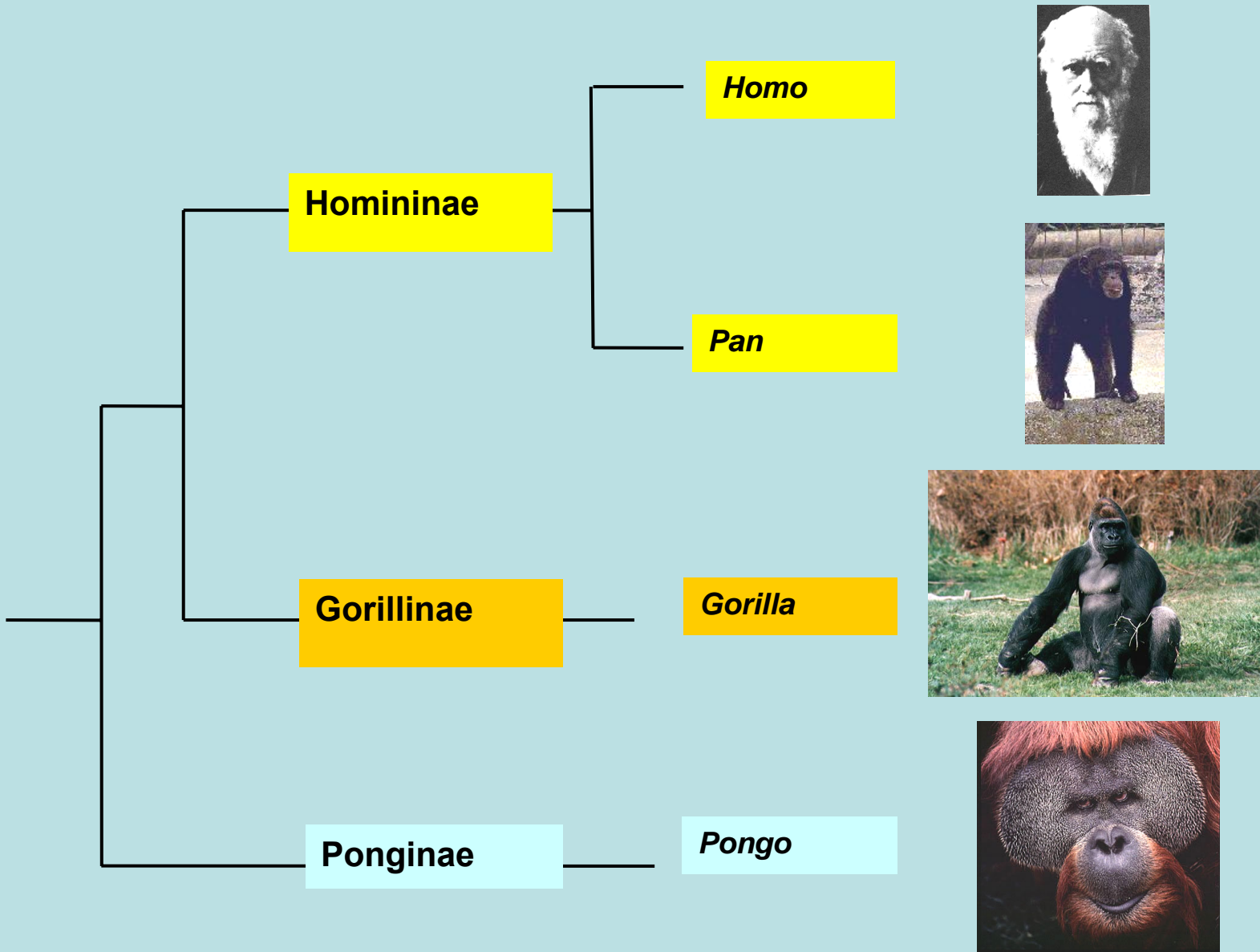
Fylogenetický rodokmen hlodavců (Rodentia)



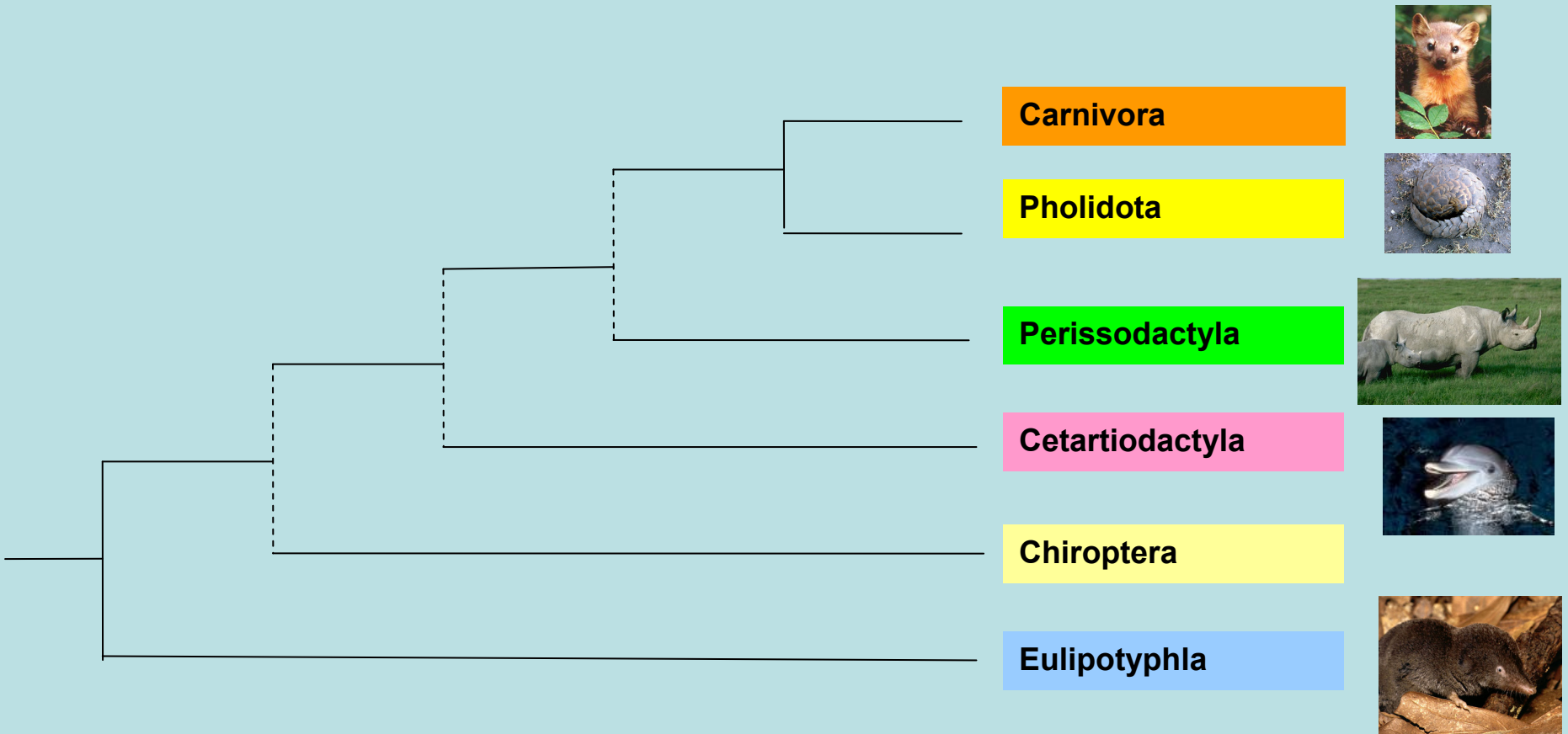
Fylogenetický rodokmen primátů (Primates)



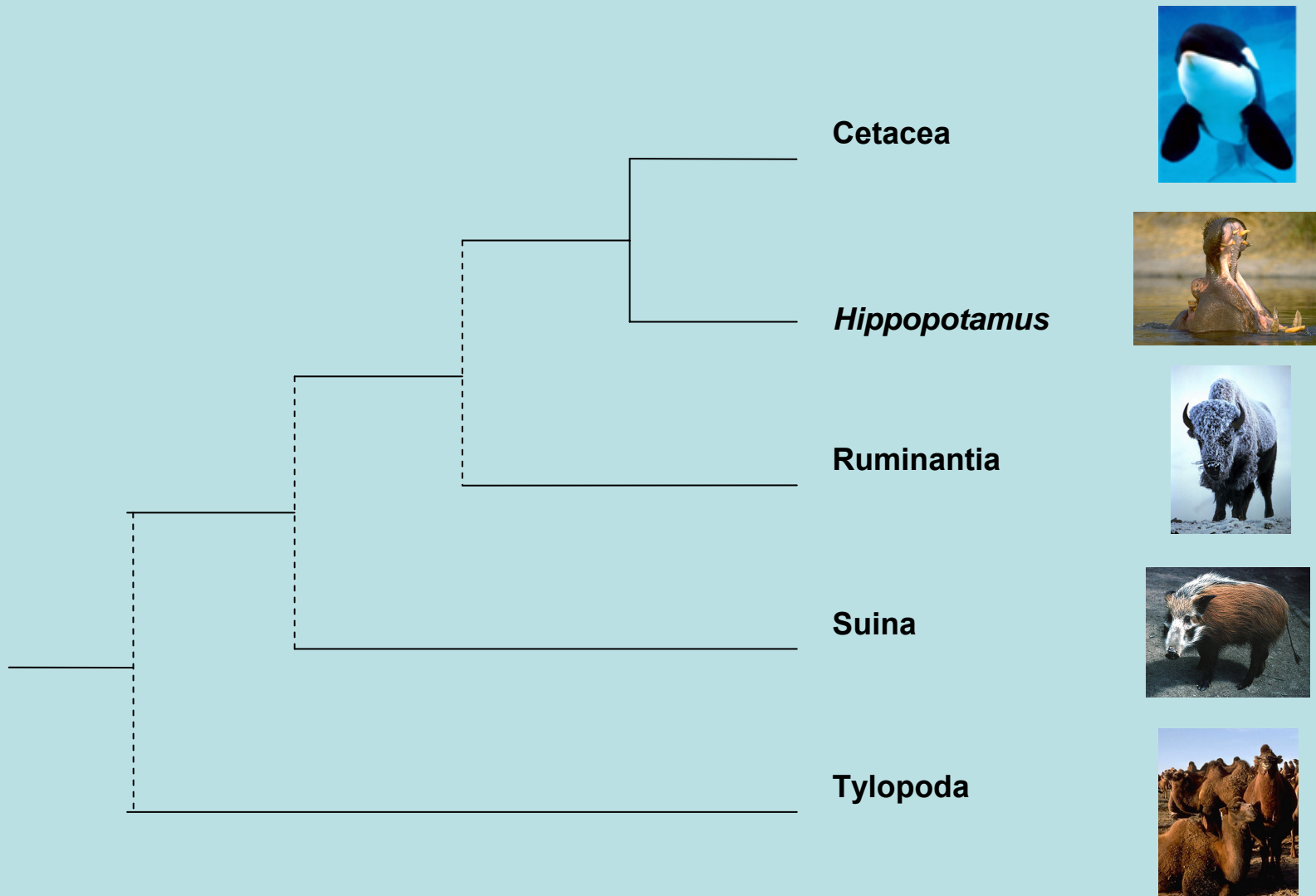
Fylogeneze žijících hominidů



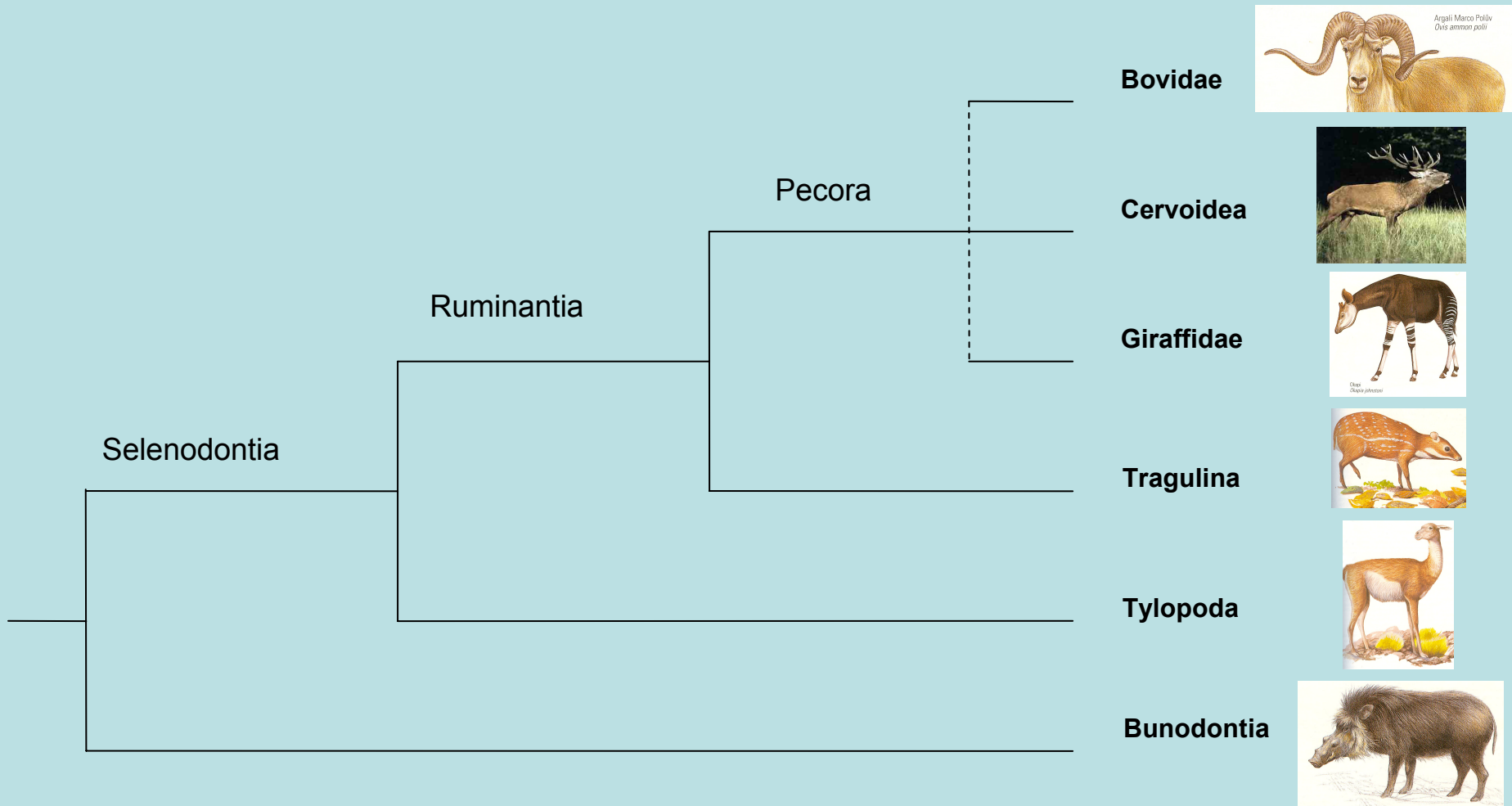
Fylogenetický rodokmen Laurasiatheria



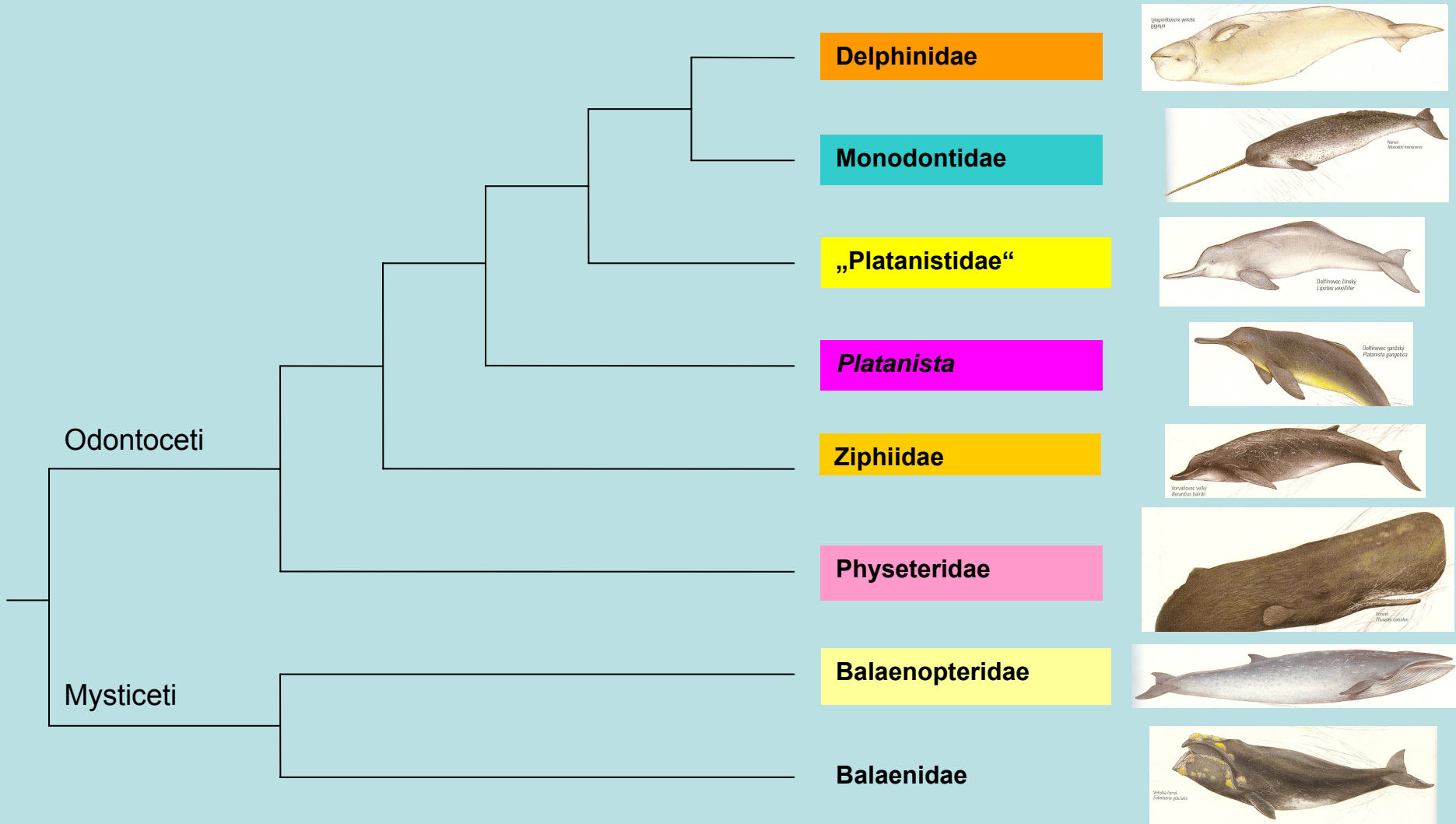
Fylogenetický rodokmen Cetartiodactyla



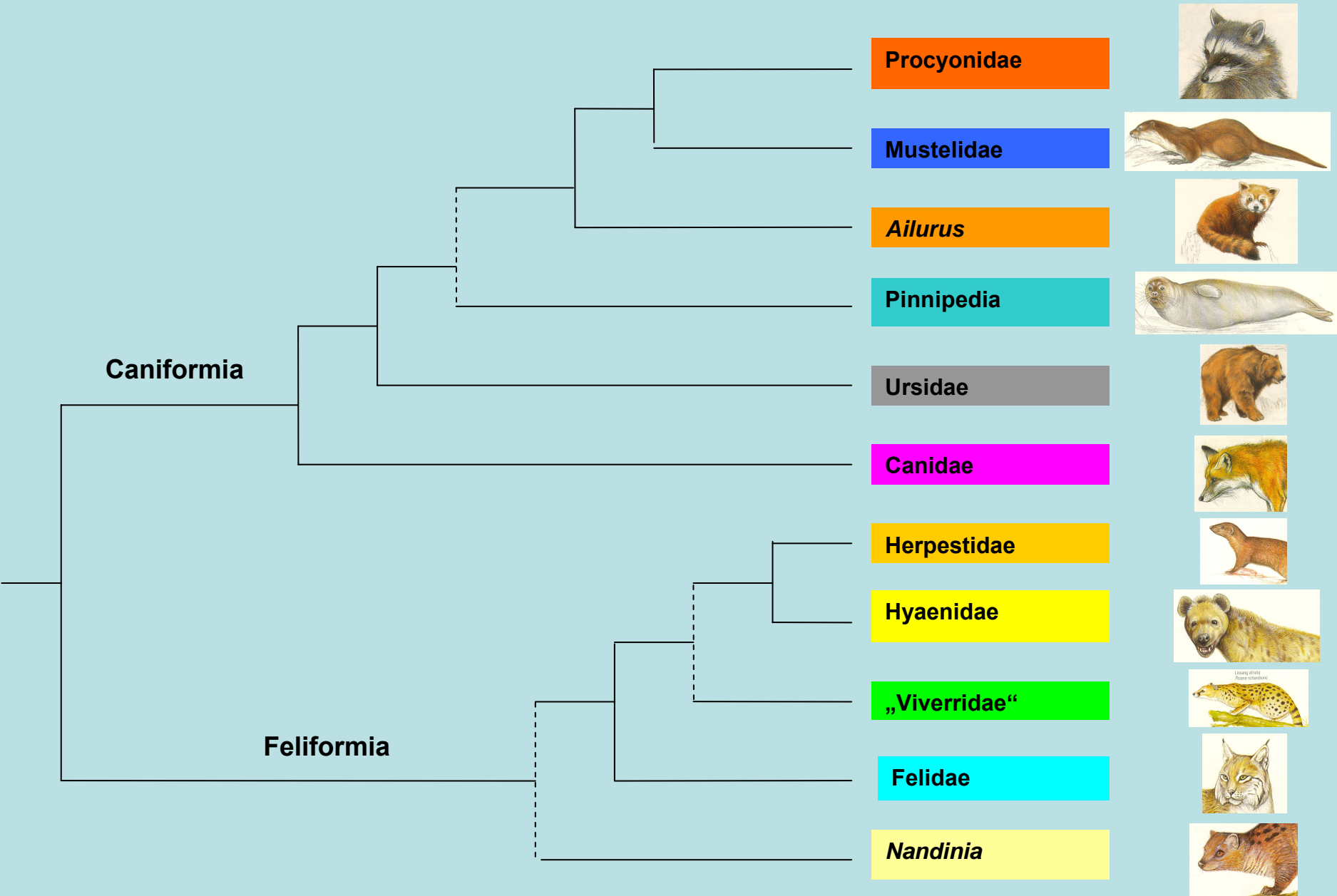
Fylogenetický rodokmen sudokopytníků (Artiodactyla)



Fylogenetický strom kytovců (Cetacea)



Fylogenetický rodokmen šelem (Carnivora)



Přehled systému strunatců

DEUTEROSTOMIA

AMBULACRARIA

CHORDATA

CEPHALOCHORDATA

OLFACTORES

UROCHORDATA

VERTEBRATA

CYCLOSTOMATA

GNATHOSTOMATA

CHONDRICHTHYES

OSTEOGNATHOSTOMATA

ACTINOPTERYGII

SARCOPTERYGII

ACTINISTIA

CHOANATA

DIPNOI

TETRAPODA

AMPHIBIA

AMNIOTA

REPTILIA

SYNAPSIDA

Počty žijících druhů obratlovců podle přehledů uveřejněných v posledních třech letech a jejich ohrožení podle Červeného seznamu IUCN.

<i>skupina</i>	<i>odhad počtu známých druhů</i>	<i>počet vymřelých druhů</i>	<i>počet ohrožených druhů</i>
savci (Mammalia)	5416	70	1093
ptáci (Aves)	9934	135	1206
plazi („Reptilia“)	8240	22	341
obojživelníci (Amphibia)	5918	34	1811
svaloploutví (Sarcopterygii)	8	0	1
paprskoploutvé ryby (Actinopterygii)	26848	80	1058
paryby (Chondrichthyes)	970	0	110
kruhoústí (Cyclostomata)	108	0	2
celkem	57442	342	5621