

# Jak také učit na gymnáziích o evoluci čtyřnožců

Hodiny biologie určitě náležejí ve středoškolské výuce k těm, které je třeba poměrně často aktualizovat o novinky a neustále se starat, aby informace podávané studentům byly platné a pravdivé. Jako inspirace pro učitele je v tomto článku představen návrh praktického cvičení z biologie pro vyšší ročníky gymnázia, který se zabývá tématem evoluce čtyřnožců (Tetrapoda). Studenti během cvičení spolupracují s učitelem i mezi sebou, společně např. sestavují kladogram evoluce čtyřnožců, hodnotí vliv velkých vymírání na prvohorní a druhohorní suchozemskou faunu a v závěru pak diskutují o závažnosti vlivu člověka na dnešní přírodu. Další informace k tématu lze získat v souvisejícím článku tohoto čísla *Živy* (str. 299–301), materiály a přílohy potřebné k výuce praktika najdete ke stažení na webové stránce *Živy*. Návrh praktického cvičení vznikl jako závěrečná práce mého doplňujícího pedagogického studia biologie na katedře učitelství a didaktiky biologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v r. 2015.

## Zařazení praktika do Rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia

Praktické cvičení patří především do vzdělávací oblasti Člověk a příroda, předmětu biologie. Splňuje očekávané výstupy v tématu biologie živočichů, především se zabývá systémem a evolucí živočichů a jejich vztahem k prostředí. V praktiku je rovněž zahrnuto učivo z tématu ekologie i propojení s dalšími předměty – konkrétně s geologií v tématu životního prostředí, kdy žák hodnotí některá rizika působení přírodních a společenských faktorů na životní prostředí v globální úrovni; propojenost s geografii se nachází např. v tématu geologická historie Země. Cvičení rozvíjí i řadu klíčových kompetencí – k učení, řešení problémů, komunikativní, sociální a personální. Propojuje několik průřezových témat – osobnostní a sociální výchovu, výchovu k myšlení v evropských a globálních souvislostech nebo environmentální výchovu – které rozvíjejí jak odborné znalosti žáků, tak pomáhají zdokonalovat mezilidskou komunikaci a sociální vztahy ve třídě.

Použity jsou různé výukové metody, které na sebe plynule navazují. Patří mezi ně frontální výuka, samostatná práce, ve dvojici, na projektu, partnerské vyučování, diskuze a metoda otázek a odpovědí. Většinu času žáci pracují ve dvojicích, prvního partnera si každý vybírá sám, druhý mu je v další fázi cvičení náhodně přidělen. Mezi vstupní předpoklady úspěšného absolvování praktika tedy patří, že žák musí být schopen spolupracovat ve dvojici s jakýmkoli partnerem. Dále pak to, že pojmenuje recentní třídy čtyřnožců a dokáže vyjmenovat hlavní geologická období Země. Cílovou skupinou jsou tedy

studenti vyšších ročníků gymnázií a praktikum může být využito jako doplněk hodin zoologie obratlovců. Primárně je koncipováno na 90 minut, ale aktivity lze rozdělit i na 2 × 45 minut, tedy na dvě oddělené vyučovací hodiny. Hlavním výukovým cílem je, že žák správně doplní fylogenetické schéma čtyřnožců a schéma velkých vymírání. V návaznosti si můžeme uvést i další cíle, např. přiblížení některých možných příčin velkých extinkčních událostí nebo diskuze nad problémy, které přináší člověk současné fauně i flóře.

Pro čtenáře-učitele by mohlo být výhodné, že cvičení není příliš náročné na pomůcky, menší komplikací by snad mohla být pouze nutnost barevného vyištění fylogenetických schémat pro žáky na papír rozměru A3 a využití počítače s dataprojektorem a promítacím plátnem.

## Průběh praktického cvičení

Hlavním úkolem studentů během cvičení je zorientovat se ve schématu znázorňujícím evoluci čtyřnožců (obr. 1) a dále po nastudování příslušných materiálů interpretovat, co se na planetě Zemi odehrávalo během velkých vymírání na konci prvohor a koncem druhohor. V úvodu téma představíme a krátce připomeneme pojmy jako evoluce, fylogeneze a čtyřnožci. K opakování je vhodné použít prezentaci v PowerPointu (příloha č. 2 – Prezentace pro učitele) je dostupná na webu *Živy*, snímky 1–6). Následně se studenti rozdělí libovolně do dvojic, v nichž budou plnit první úkol – společně vystříhají texty a obrázky čtyřnožců a doplní je do fylogenetického stromu (přílohy č. 3 a 4 – Fylogenetické schéma čtyřnožců prázdné a Texty a obrázky). Vystříhané texty jsou vždy popisem jedné významné skupiny

čtyřnožců a schéma lze správně sestavit i bez hlubších znalostí tématu, u známějších skupin studenti doplňují i jejich název. Barvy polí ve schématu odpovídají jednotlivým hlavním liniím čtyřnožců (bezblanní, Anapsida, Synapsida, Diapsida) a vytiskneme-li schéma na formát A3 a texty s obrázky na A4, zapadnou texty přesně na barevná pole. Kontrolu správnosti sestavení schématu provádějí studenti sami tak, že si navzájem ve dvojici pokládají připravené otázky (příloha č. 6 – Kontrolní otázky pro žáky k úkolu č. 1). Pro definitivní společnou kontrolu můžeme promítnout správně vyplněné schéma (příloha č. 5 – Fylogenetické schéma čtyřnožců vyplněné). Následně si studenti texty a obrázky do schématu vlepí, a tím mají splněn první úkol.

Na další část praktika se třída opět rozdělí do dvojic, tentokrát náhodně pomocí tematické rozřazovací hry (příloha č. 10). Každý student nyní dostane prázdné schéma velkých vymírání (příloha č. 7) a do dvojice zadání druhého úkolu (příloha č. 9 – Texty pro žáky k úkolu č. 2). Studenti samostatně čtou texty o velkém vymírání na konci prvohor a druhohor, plní dílčí úkoly a pomocí partnerského vyučování spolupracují s druhým ve dvojici. Po dokončení úkolu proběhne společná kontrola s vyučujícím, který má k dispozici zbylé snímky z prezentace přednesené v úvodu praktika. Závěrem je zařazena učitelem řízená diskuze na téma šesté velké vymírání živočichů způsobené člověkem, kdy studenti diskutují o otázkách jako: Proč se v dnešní době mluví o šestém velkém vymírání na Zemi? V jakých konkrétních situacích člověk poškozuje přírodu? a dalších.

## Charakteristika nejdůležitějších taxonů čtyřnožců

V této kapitole si stručně představíme všechny taxony zmíněné ve schématu určeném pro první vyučovací hodinu praktického cvičení. Další zajímavosti k taxonům najdete i v článku na str. 299–301. Skupiny nejsou řazeny abecedně, ale v pořadí, v jakém se nacházejí ve fylogenetickém schématu vyplňovaném žáky.

### ● Čtyřnožci (Tetrapoda)

Čtyřnožci tvoří velkou skupinu obratlovců, kteří v devonu vystoupili na souš. Řadíme mezi ně na jedné straně bezblanné obojživelníky (ze současných skupin žaby, ocasatí a červoři) a na druhé straně blanné savce a všechny „plazi“ skupiny včetně želv, ještěřů, hadů, krokodýlů a v neposlední řadě ptáků. I když někteří vymřeli nebo recentní čtyřnožci nemusejí mít čtyři končetiny, všichni pocházejí z předků, kteří je měli (Clack 2002).

### ● Bezblanní (Anamnia)

Skupina obratlovců, která je vždy alespoň v době rozmnožování závislá na vodním prostředí.

Bezblanní čtyřnožci zahrnují obojživelníky, tedy suchozemské obratlovce, jejichž vajíčka jsou jako u předků – vodních rybovitých obratlovců – bez ochranných obalů, a musejí být proto kladena do vody nebo jiného prostředí s obdobně ochrannou funkcí. Ve vodě žijící larva prodělává

metamorfózu (existují výjimky s přímým vývojem bez larvy, nebo zkráceným bez metamorfózy), během níž se mění v mladého a posléze dospělého živočicha žijícího na souši a do vody se vracejí (s výjimkami) často jen v době kladení vajíček.

Moderní obojživelníci bývají považováni za monofyletickou skupinu, a to s třemi hlavními taxony – červory (*Gymnophiona*), ocasatými (*Caudata*) a žábami (*Anura*). Červori jsou bazální skupinou sesterskou k taxonu *Batrachia*, jehož validita byla podpořena molekulárními studii a tvoří ho dvě sesterské skupiny – ocasatí a žáby (Frost a kol. 2006).

### ● Žáby (*Anura*)

Nejdíverzifikovanější současná skupina obojživelníků, adaptovaná ke skákání.

Všechny anatomické trendy pozorovatelné na dospělých dnešních žab byly naznačeny již u rodu *Triadobatrachus* ze spodního triasu Madagaskaru. V současnosti se uvádí 6 640 známých druhů žab, kromě Antarktidy a některých oceánských ostrovů je nalezneme po celém světě.

### ● Ocasatí (*Caudata*)

Sesterská skupina žab, naprostá většina zástupců žije na severní polokouli.

Ocasatí mají kostru redukovanou podobně jako žáby, takže mechanismem jejich vzniku nepochybně byla pedomorfóza nebo neotenie – zachování larválních znaků do dospělosti, které představuje nejčastější adaptaci, jíž ocasatí reagovali na zhoršení klimatických podmínek také ve třetihorách. Umožnila jim přežít až do dnešní doby. U některých ocasatých došlo i k redukci končetin, např. úhoříkovití (*Amphiumidae*). Jediní recentní ocasatí, kteří překročili rovník směrem na jih, jsou zástupci čeledi mločíkovití (*Plethodontidae*).

### ● Červori (*Gymnophiona*)

Bazální skupina recentních obojživelníků, která v evoluci zcela ztratila končetiny.

Nejstarší zástupce červorů (*Eocaecilia*) známe z rané jury v Arizoně, kdy měli ještě zachované krátké končetiny. Nyní žijícím zástupcům končetiny kompletně chybějí včetně pletenců.

### ● Blanatí (*Amniota*)

Skupina čtyřnožců, jež se úplně oprostila od vodního prostředí díky amniotickému vejci.

Klíčovou inovací blanatých obratlovců je amniotické vejce, v němž je zárodek chráněn několika obaly a meziprostory vyplněnými tekutinou, takže si s sebou nese své vlastní vodní prostředí a není už nutné, aby rozmnožování probíhalo ve vodě jako u rybovitých obratlovců a obojživelníků.

Nejdůležitějším morfologickým znakem rozdělovacím jednotlivé linie amniot jsou spánkové jámy. Při vystoupení obratlovců na souš se změnila i příjem a zpracování potravy. Porcování potravy kladlo větší nároky na čelistní svaly. Proto se musel rozvolnit dermální kryt ve spánkové oblasti lebky, kam se svaly mohly pevněji upínat. U primitivních karbonových amniotických obratlovců ještě nenalezneme žádnou spánkovou jámu, mají tedy tzv.

anapsidní lebku. Celá linie vedoucí k savcům má jednu spánkovou jámu – lebku synapsidní. Plazi včetně ptáků se vyznačují diapsidní lebku se dvěma spánkovými jámami.

### ● Synapsida

Jedna ze dvou hlavních linií amniot, jejíž zástupci mají synapsidní lebku s jednou spánkovou jámou.

Synapsida jsou jednoznačně charakterizována jako Amniota se synapsidním typem lebky. Tato linie se odštěpila od hlavního vývojového kmene amniot již velmi brzy poté, co se blanatí konstitovali jako samostatná skupina (tedy již v pozdním karbonu).

Nejstarším synapsidním řádem byli *Pelycosauria*, kteří ve svrchním karbonu tvořili 50 %, ve spodním permu asi 70 % všech amniot a diferencovali se do několika linií. Z jedné z nich vznikla linie *Therapsida* vedoucí k savcům.

### ● Pelycosauria

Existovali od počátku karbonu do pozdního permu, karbonské formy jsou v paleontologickém záznamu však pouze fragmentární. Nejstarším známým zástupcem je *Archaeothyris* ze svrchního karbonu z čeledi *Ophiacodontidae*, fylogeneticky nejzajímavější skupinou je čeleď *Sphenacodontidae*, z níž vznikli *Therapsida*. Čeleď *Edaphosauridae* byla herbivorní a existovala od konce karbonu do raného permu. Nejdíverzifikovanější skupinu herbivorních pelykosaurů představovala čeleď *Caseidae*, jejíž zástupci neměli dlouhé spinální výběžky a od ostatních se lišili také dentici. Pelykosauri svými rysy naznačují, že měli intenzivní metabolismus a aktivní schopnost termoregulace. Svědčí o tom především dlouhé vaskularizované trnové výběžky, které nesly kožní duplikaturu.

### ● Therapsida

*Therapsida* – skupina pelykosaurů ze synapsidní linie – dala vzniknout předkům dnešních savců. Nejstarším známým zástupcem je rod *Tetraceratops* ze spodního permu Severní Ameriky (Amson a Laurin 2011). Během následujících 15 milionů let se ve svrchním permu a spodním triasu v paleontologickém záznamu objevilo 51 čeledí terapsidní linie (Carroll 1997).

### ● Cynodontia

První skupina terapsidů s vyvinutou endotermií se objevila v raném triasu. Ačkoli se některé savčí znaky vyskytly již u starších skupin, teprve u cynodontů začaly převažovat. Evoluce znaků typických pro savce byl dlouhotrvající proces, který začal v permu a završil se koncem triasu.

### ● Savci (*Mammalia*)

Současná velmi diverzifikovaná skupina amniot (tradičně klasifikovaná jako třída) pocházející z linie *Cynodontia*. Patří sem i člověk.

Savci jsou charakterizováni množstvím znaků, které bychom v mnoha případech našli i u jejich předků. Zpočátku drobné formy savců žijící ve stínu dinosaurů se vyvinuly ve velikostně značně variabilní typy. Největší savec plejtvák obrovský

(*Balaenoptera musculus*) dosahuje délky 30 m a hmotnosti přibližně 160 t. Od r. 2003 rozlišujeme tři podtřídy savců – *Prototheria*, z nichž do současnosti přežili pouze ptakořitní (*Monotremata*), dále vyhynulou podtřídu *Alotheria* a konečně podtřídu *Theria* se všemi zbylými recentními zástupci.

### ● Sauropsida

Jedna ze dvou hlavních linií amniot, jejíž zástupci mají buď anapsidní, nebo diapsidní typ lebky.

Sauropsida jsou sesterskou linií ke skupině *Synapsida* a dále se dělí na *Anapsida* a *Diapsida*, které od sebe odlišuje přítomnost spánkových jam na lebce.

### ● Anapsida

Skupina vyhynulých čtyřnožců s anapsidní lebku bez spánkových jam.

Na Zemi existovali od svrchního karbonu do svrchního triasu, nejstaršími paleontologickými doloženými amniotními obratlovci jsou anapsidní rody *Hylonomus* a *Paleothyris* ze svrchního karbonu.

Ještě nedávno byly mezi skupinu *Anapsida* řazeny i želvy (např. Carroll 1997), protože také nemají na lebce spánkovou jámu. Ukázalo se ale, že toto řazení je chybné (viz dále v textu).

### ● Ryboještěři (*Ichthyosauria*)

Vyhynulá linie diapsidních plazů, výborně přizpůsobených vodnímu prostředí.

Ryboještěři byli amniotní obratlovci obývající výhradně vodní prostředí. Prodloužené čelisti měli opatřeny množstvím drobných zubů. Kromě *lepidosaurů* a *archosaurů* jsou ryboještěři jednou ze tří hlavních diapsidních linií. Původní diapsidní lebka s dvěma spánkovými jámami je u nich silně pozměněna, na končetinách tvaru ploutví se jim charakteristicky zmnoužují články prstů. Vyskytovali se od spodního triasu do svrchní křídy, představují tedy jednu ze skupin, která nepřekročila hranici druhohor a třetihor. Návrat ryboještěřů ze souše do vody dokumentuje např. rod *Chensaurus* ze spodního triasu Číny.

### ● Archosauri (*Archosauria*)

Jedna z diapsidních linií, do dnešní doby zachovaná v podobě krokodýlů a ptáků.

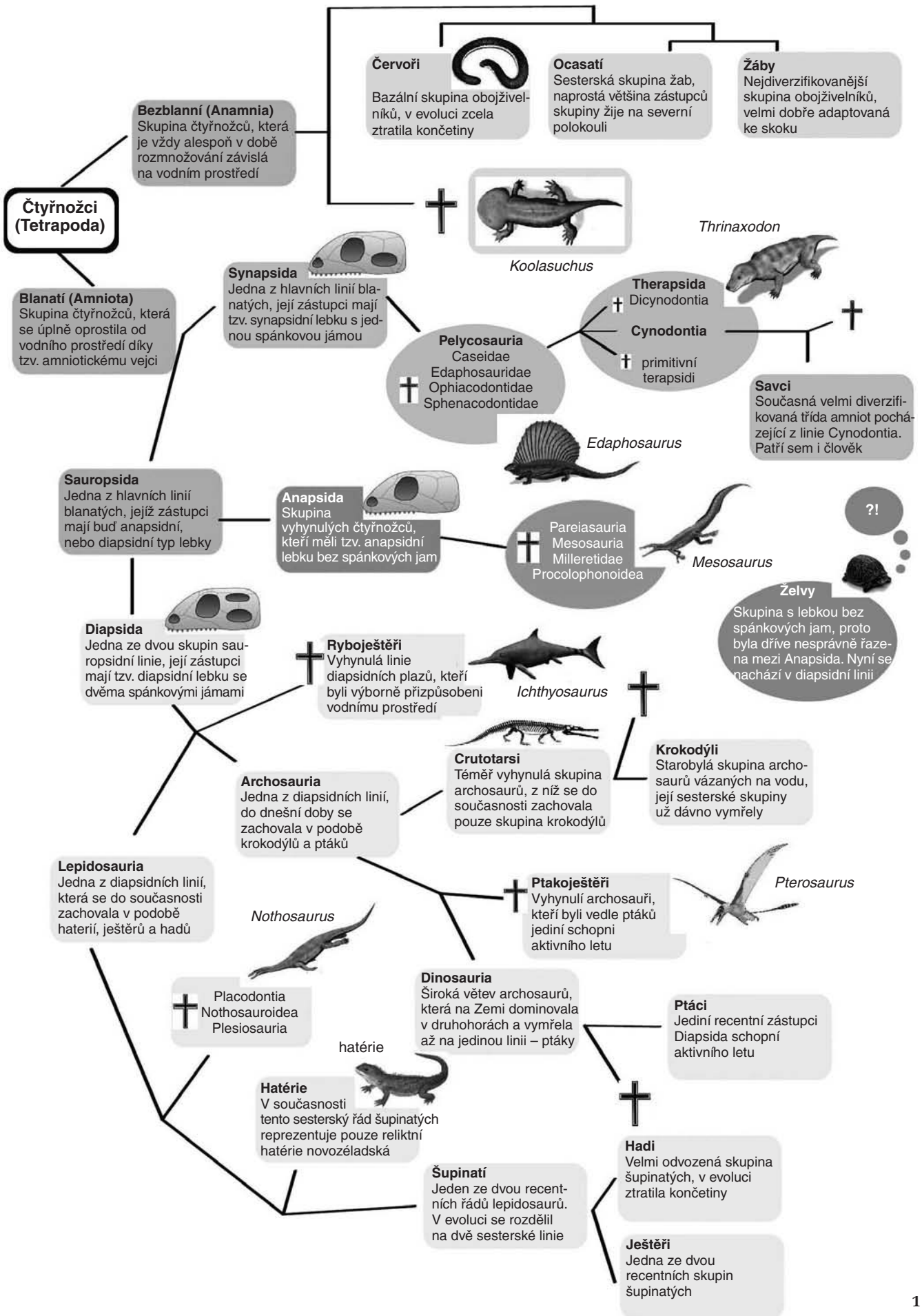
Do této linie náleží i řada vyhynulých forem včetně dinosaurů a ptakoještěřů. *Archosauri* jsou plazi s diapsidní lebku, sesterští k *lepidosaurům* a nově se za jejich sesterskou linii považují také želvy (Crawford a kol. 2012).

*Archosauri* vznikli ve svrchním permu a někteří autoři je dělí na čtyři řady. *Jamkozubi* (*Thecodontia*) žili od svrchního permu do spodní jury. V triasu vznikli *krokodýli* (*Crocodylia*), *ptakoještěři* (*Pterosauria*) a *dinosauri* (*Dinosauria*). Poslední dva řady vyhynuly při velkém vymírání na hranici druhohor a třetihor.

Jiní autoři (Benton 1988) dělili *archosauri* podle typu kotníků na „krokodýlí“

1 Fylogenetické schéma čtyřnožců (*Tetrapoda*) určené pro praktické cvičení z biologie ve vyšších ročnících gymnázia. Orig. H. Bednářová, upraveno podle různých zdrojů

# Fylogenetické schéma čtyřnožců (Tetrapoda) pro praktické cvičení z biologie



(Crocodylotarsi) a „ptačí“ (Ornithosuchia či Dinosauromorpha). Tato taxonomická hypotéza byla později nahrazena další, také založenou na stavbě kotníků, s dělením na skupiny Crurotarsi a Ornithodira (Jull 1994).

### ● Krokodýli (Crocodylia)

Starobylá skupina v současnosti na vodu vázaných archosaurů, jejichž sesterské skupiny už dávno vymřely.

Hlavní anatomické znaky krokodýlů se utvářely již v počátcích jejich existence a po dlouhých 200 milionů let prodělaly jen nepatrné změny. Vytvořily se u nich suchozemské i čisté vodní formy, stejně jako obojživelné. Nejstarší zástupci se objevili ve středním triasu a byly to pohyblivé terestrické druhy, o čemž svědčí jejich dlouhé a štíhlé končetiny. Nepohybovali se pouze po všech čtyřech jako recentní krokodýli, ale příležitostně se vztyčovali na zadních nohou.

### ● Želvy (Chelonia)

Skupina, která nemá spánkové jámy a dříve byla řazena mezi Anapsida, v současnosti se nachází v diapsidní linii plazů.

Paleontologická i molekulární data řadí dnes želvy do diapsidní linie jako sesterskou skupinou archosaurů. Nemají sice žádnou spánkovou jámu, ale mají místo toho hluboký spánkový zářez, který může funkci spánkové jámy zastávat. Krunýř želvy je společným derivátem pokožky (epidermis) a škáry. Člení se na klenutou dorzální část (karapax) a spodní plochou část (plastron), které se dále skládají z množství destiček a spojovacích dílů. Již triasové formy měly dobře vyvinutý krunýř, i když z většího počtu částí než u pozdějších a recentních forem.

### ● Ptakoještěři (Pterosauria)

Vyhynulí endotermní archosauři, kteří byli vedle ptáků schopní aktivního letu pomocí křídel tvořených kožní duplikaturou napnutou mezi trupem a prodlouženým čtvrtým prstem přední končetiny. Představují první úspěšný pokus obratlovců o proniknutí do vzdušného prostoru, který se uskutečnil už v triasu. Ptáci této schopnosti nabyli až v juře a u savců letouni v eocénu. Zástupce ptakoještěřů dělíme do dvou podřádů. Skupina Rhamphorhynchoidea vznikla ve svrchním triasu, její zástupci byli menších rozměrů s dlouhým ocasem rozšířeným na konci. Mladší skupina Pterodactyloidea se objevila ve střední juře a její druhy dosahovaly větších rozměrů, měly zkrácený ocas, prodlouženou lebku a dlouhý krk. Největšími letci v celé historii planety byli ptakoještěři *Quetzalcoatlus*, *Hatzegopteryx* nebo *Arambourgiania* o hmotnosti 100–250 kg a rozpětí křídel 11–15 m.

### ● Dinosaurů (Dinosauria)

Široká větev archosaurů, na Zemi dominovala v období druhohor a vymřela až na jedinou linii – ptáky (podrobně viz mimořádné číslo Živy 2008, 7).

Dinosaurů vznikli ve středním triasu a zanikli na konci křídy. Patřily k nim největší organismy, které kdy na zemské souši žily. Největšími doposud nalezenými masožravými dinosaurů byli zástupci rodu

*Gigantosaurus*, *Mapusaurus* nebo *Spinosaurus*, měřící 12–14 m a o hmotnosti 6 až 8 t, takže předčili i slavného tyranosaura. Býložravci dosahovali několikanásobně větších rozměrů a hmotnosti kolem 80 až 90 t (např. *Argentinosaurus*).

Dinosaurů rozdělujeme do dvou podřádů – Saurischia (plazopánví) a Ornithischia (ptakopánví), předky ptáků bychom našli navzdory jménu v první skupině.

### ● Ptáci (Aves)

Jediní recentní zástupci skupiny Diapsida primárně schopní aktivního letu.

Ptáci jsou endotermní obratlovců tradičně klasifikovaní v systému obratlovců jako samostatná třída. Sledujeme-li však zpětně fylogenetický vývoj obratlovců, vidíme, že ptáky lze spolu s krokodýly, ptakoještěři a dinosaurů zahrnout do skupiny Archosauria, ty mezi Diapsida a ty – vedle skupiny Synapsida a dalších – mezi Amniota. Z toho vyplývá, že správnější by bylo klasifikovat ptáky na mnohem nižší taxonomické úrovni, než jsou např. obojživelníci. Úroveň třídy se však zde zachovává z praktických důvodů, i když to v kontextu fylogeneze všech obratlovců není správné. Peří ptáků se dnes nepovažuje za jejich vlastní diagnostický znak, protože existovalo již u starších příbuzných skupin dinosaurů. Podobně je to s dalšími znaky, např. čelisti přeměněné na zobák, bipední pohyb po dvou končetinách nebo splyváním kostí na lebce (Roček 2002).

K nejstarším obratlovcům tradičně řazeným k ptákům patří známý *Archaeopteryx* ze svrchní jury Bavorska. Podle některých autorů šlo spíše o odvozenou linii teropodních dinosaurů, jiní se ale přiklánějí k zařazení už do linie vedoucí k ptákům. Měl ještě dlouhý ocas, menší rozsah pohybu křídel, ale dobře vyvinuté peří s asymetrickým praporem, což je u recentních zástupců znak dobrého letce.

### ● Lepidosauři (Lepidosauria)

Jedna z diapsidních linií, která se zachovala do současnosti v podobě hatéřií a šupinatých.

Lepidosauři jsou z hlediska geografického rozšíření a druhové bohatosti nejúspěšnější skupinou recentních plazů. Fosilní záznam skupiny lze bez potíží sledovat až do svrchní jury, starší záznamy jsou již vzácné. V současnosti lepidosauři zahrnují pouze šupinaté (Squamata) a hatérie (Rhynchocephalia).

### ● Hatérie (Rhynchocephalia neboli Sphenodontia)

V současnosti tento sesterský řád šupinatých reprezentuje pouze jediný rod s velmi omezeným areálem.

Skupina vznikla už ve spodním triasu a do současnosti se zachoval rod hatérie (*Sphenodon*) z Nového Zélandu. Často se rozlišovaly dva recentní druhy – hatérie Guentherova (*S. guntheri*) žijící v počtu asi 300 jedinců na malém ostrůvku North Brother v Cookově průlivu, a známější hatérie novozélandská (*S. punctatus*). Nedávné genetické studie ale uvádějí jediný druh *S. punctatus* s lokální geografickou variabilitou tří linií (Hay a kol. 2010). Skupina reprezentuje nejstarší lepidosaury,

na což ukazuje spánková oblast lebky s dobře vyvinutými oběma spánkovými jámami a většinou nepřerušenými oblouky mezi nimi. Recentní hatérie jsou chladnomilné, aktivní v noci a mají velmi pomalý metabolismus, díky němuž se však mohou dožít až 150 let. Mezi morfologické zvláštnosti patří zuby vyrůstající na patrových kostech a kosti radličné, absence kopulačního orgánu u samců nebo parietální temenní oko, které slouží k synchronizaci hormonálních cyklů a jako měřič intenzity světla.

### ● Šupinatí (Squamata)

Jeden ze dvou recentních řádů lepidosaurů. V evoluci se rozdělil na dvě sesterské linie hadů a ještěřů (případně se vyčleňují i linie dvouplazů).

Šupinatí jsou známi už ze svrchního permu, v současnosti zahrnují více než 10 tisíc druhů. Ve fylogenetickém schématu praktického cvičení, které žáci vyplňují, je pro zjednodušení znázorněno dělení šupinatých na dvě sesterské linie – ještěři a hady. Toto dělení je však pouze pragmatické, nikoli evolučně odpovídající (Rehák 2014).

Celé tělo zástupců šupinatých kryjí ploché šupiny, jež se na hlavě nepřekrývají. Na rozdíl od krunýřů želvy zajišťují pevnost a ohebnost zároveň. V šupinách jsou umístěny smyslové orgány a v kůži se nacházejí kožní žlázy. Vodní a bahenní druhy mají speciální neznečistitelné šupiny.

### ● Hadi (Serpentes)

Velmi odvozená skupina šupinatých, v evoluci ztratila končetiny.

Fosilie hadů nacházíme v paleontologickém záznamu od křídy a už tehdy šlo o mnoho druhů, které v rámci adaptivní radiace rychle využily výhod beznohého těla. Za evolučním úspěchem hadů stojí úsporný metabolismus, schopnost ulovit velkou kořist a tělo bez končetin, které šetří energii (had nemusí při pohybu zvedat těžiště).

Hlavní názory na vznik hadů jsou dva. První předpokládá, že jejich předek žil v podzemí a došlo u něho k redukci končetin. Druhá hypotéza, která má v současnosti větší podporu, uvádí, že hadi vznikli ve vodě a jejich nejbližšími příbuznými jsou vodní plazi mosasauři. Nejstarším paleontologicky doloženým skutečným hadem, jenž žil na souši, je *Lapparenthopis* ze spodní křídy Alžírsko.

### ● Ještěři (Sauria)

Jedna ze dvou v současnosti žijících linií šupinatých.

Se zástupci recentních skupin ještěřů se poprvé setkáváme až ve střední a svrchní juře. Tito drobní plazi jen zřídka přesahují velikost několika desítek centimetrů (např. někteří varani dorůstají délky 1–3 m). Zástupci několika vymřelých skupin (např. mosasauři ze svrchní křídy) však dosahovali značných rozměrů.

Seznam použité a doporučené literatury a výukové materiály k praktickému cvičení najdete na webové stránce Živy.