

Tri hlavné zákony biológie a ich využitie v pedagogickom procese

Valerián Franc & Martina Zúbeková

Abstract [Three main laws of biology and their application in the school]

Three main laws of biology include ① The Lamarck's Law of Purposefulness (also known as the Law of the Organ's Usage), ② The Haeckel's Law of Recapitulation (known as the Main Biogenetic Law as well) and ③ The Dollo's Law of Irreversibility. Authors have to state highly unsatisfactory situation in the school application of this topic (especially in Slovakia, and probably elsewhere as well). Despite this fact, this subject offers a wide range of pedagogical applications in grammar schools mainly. It may allow how to make the "dull" education of biology more attractive, creative and sophisticated. This contribution contains several examples how to introduce this "academic" topic in the school practice.

PREAMBULA

Žijeme v polarizovanom svete. Spôsobuje to (okrem iného) stále rastúce množstvo informácií, ktoré núti človeka oddelovať významnejšie a menej dôležité. Celkové množstvo informácií, ktoré človek prijíma, tak môže mať paradoxne klesajúci charakter (nehovoriac o riziku „odfiltrovaní“ práve tých dôležitých faktov z mora informácií, čo však nie je témou tohto príspevku). Zdá sa, že v súčasnosti sa stále zvyšuje percento informácií, ktoré majú «polarizačnú potenciu». Tieto entity (osoby, objekty, javy) majú schopnosť generovať skupiny ľudí, viac-menej ostro polarizované na základe názorov, postojov. Stačia 4 príklady: Freddie Mercury, trest smrti, jadrové elektrárne a zoológický systém. Postoj väčšiny ľudí k týmto entitám je buď výrazne kladný, alebo výrazne záporný. Žiaľ, začíname mať pocit, že k «polarizujúcim subjektom» začína patriť už celá biologická veda! „Odporcovia“ biológie vytýkajú tejto vede istý «konzervativizmus» („lipnutie“ na latinskej, presnejšie latinizovanej terminológii), a deficit «exaktných zákonov», aké sú známe napr. vo fyzike. Málokto okrem zasvätených prírodovedcov však vie, že aj biológia má svoje veľké, alebo „generálne“ zákony; tieto sú ale neprávom veľmi slabo popularizované, a preto medzi širšou verejnosťou temer neznáme...

TRI HLAVNÉ ZÁKONY BIOLÓGIE A KRÁTKY POHĽAD DO HISTÓRIE

Histórii troch hlavných zákonov biológie sa budeme venovať v chronologickom poradí. Inak nemá význam označovať tieto zákony ako „prvý“, „druhý“ a „tretí“, pretože tu neexistuje nijaká hierarchia, ani poradie dôležitosti. Tri hlavné zákony biológie spolu na princípe komplementarity vzájomne súvisia, prelínajú sa, dopĺňajú a navzájom upresňujú. Skôr by bolo vhodné hovoriť o akomsi «triumviráte zákonov».

Prvý z týchto zákonov je známy pod označením **zákon účelnosti**, **zákon o používaní orgánu**, alebo **Lamarckov zákon**. Tento zákon zjednodušene hovorí o tom, že **orgán alebo časť tela, ktorá sa používa, sa vyvíja, kým orgán nepoužívaný postupne atrofuje**. Jeho tvorcom je **Jean-Baptiste Lamarck** (1744 – 1829), významný francúzsky prírodovedec a filozof (obr. 1). Jeho evolučné myšlienky, ktorých súčasťou bol aj už spomínaný zákon, boli ovplyvnené predovšetkým nemeckou naturfilozofiou (Immanuel Kant), filozofiou francúzskych osvietenecov a výsledkami rozvoja biologických vied (systematika, embryológia). Lamarck sa v Paríži zoznámil aj s J. J. Rousseauom a G. L. Buffonom. Priviedlo ho to nielen k nadobudnutiu vysokého vedeckého vzdelania, ale aj k osvojeniu

si pokrokových filozoficko-politických názorov. Myšlienky Lamarcka boli ovplyvnené aj G. Cuvierom, predstaviteľom kreacionizmu. Cuvier bol rozhodným odporcom Lamarckových názorov, Lamarck zase výrazným odporcom Cuvierových myšlienok, útočil na neho z vedeckých dôvodov. Cuvier je považovaný za „otca zoológie“, a v 19. storočí patril k najvyšším autoritám. Tieto rozpory a „trenice“ pri interpretácii vedeckých poznatkov na začiatku 19. storočia mali však veľký význam – patrili k hlavným motorom rozvoja rodiacej sa vedeckej zoológie na začiatku novoveku.

Za druhý základný zákon biológie sa považuje **Haeckelov biogenetický zákon**, známy aj ako **zákon rekapitulácie**. Tento zákon (skrátene a schematicky) hovorí o tom, že **ontogenéza je skrátaná a zjednodušená fylogenéza príslušného živočíšneho druhu**; presnejšie povedané, **ontogenéza je skrátaná a zjednodušená fylogenéza živočíchov, pričom v procese embryogenézy pozorujeme najmä významné zlomové body fylogenézy príslušnej živočíšnej skupiny** (kmeňa, triedy). **Ernst Heinrich Haeckel** (1834 – 1919), významný nemecký prírodovedec – evolucionista (obr. 3), prežil najaktívnejšiu časť svojej vedeckej kariéry ako profesor na Univerzite v Jene. Haeckela možno považovať za zakladateľa porovnávacej anatómie a embryológie. Niektoré termíny, zavedené práve Haeckelom, sa používajú v biológii dodnes – patrí k nim napr. ontogenéza, fylogenéza, analogické a homologické orgány, invaginačná gastrulácia...

Tretí hlavný zákon biologických vied je v porovnaní s prvými dvoma málo známy, čo však vôbec neznamená, že je menej významný. Ide o **zákon ireverzibility, alebo nevratnosti vo vývoji živočíchov** a všetkých živých organizmov. Tvorcom tohto zákona je belgický paleontológ **Louis Dollo** (1857 – 1931), ktorý sa narodil vo Francúzsku (obr. 2). Zákon ireverzibility hovorí o tom, že evolúcia je nevratný a neopakovateľný proces. Výstižná formulácia sa dávnejšie objavila v časopise Vesmír: „**Znak vo vývoji raz stratený sa už znovu nevyvinie rovnakým spôsobom**“. Väčšie množstvo pedagogických aplikácií tohto zákona bude komentované v ďalšom texte.

TRI HLAVNÉ ZÁKONY BIOLÓGIE V ŠKOLE – SÚČASNÝ STAV

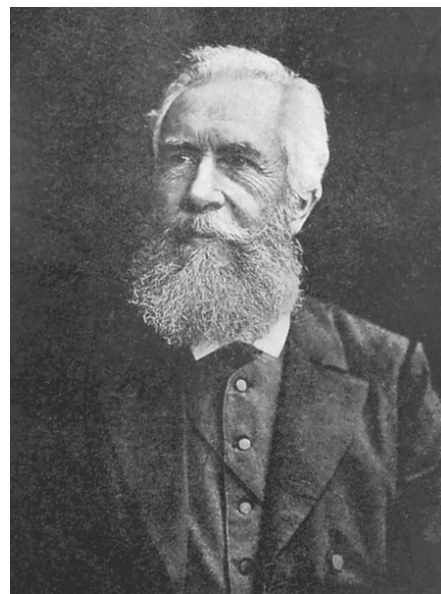
Súčasný stav vo vyučovaní prírodopisu a biológie na slovenských školách je nanajvýš neuspokojivý. Žiaľ, jednostranná a dosť pokrivená hierarchia hodnôt dnešnej „modernej“ slovenskej spoločnosti, no najmä priority vládnej garnitúry, čoraz zreteľnejšie odsúvajú prírodovedné vzdelanie kdesi na perifériu záujmu „majoritnej“ časti obyvateľstva. Biologické učivo sa pre širokú škálu technicko-



1. Lamarck (ex «artfiles.art»)



2. Dollo (ex «osel.cz»)



3. Haeckel (ex «upload.wikimedia.org»)

humanitných profesií stavia do pozície nepovinnnej látky pod čiarou: „Veď to ty nebudeš potrebovať“... Tento stav je silne neproporcionálny, z hľadiska biologickej podstaty nášho bytia absurdný a neudržateľný. Prírodovedné vzdelanie je totiž hlavným predpokladom (alebo „stavebným prvkom“) vyššieho gnozeologicko-filozofického systému, a tým je environmentálne vedomie. (Príliš veľa cudzích slov by sa s malým zjednodušením dalo nahradiť slovenským «úcta a láska k prírode».) Pokiaľ vyučovací proces hodnotíme z hľadiska informatívneho a formatívneho, obe zložky sú pri súčasnom „redukcionistickom“ chápaní vyučovania prírodopisu a biológie silne obmedzené. Mladí ľudia poznajú len veľmi málo prírodnín, ale aj veľmi málo zo zložitej siete vzťahov medzi nimi; a keďže prírode ako takej málo rozumejú, nebudú zrejme pociťovať až tak výraznú potrebu prírodu chrániť, resp. využívať ju šetrným, neexploatačným a nedeštruktívnym spôsobom.

Problematica troch hlavných zákonov biologických vied patrí, ale i v minulosti patrila skôr do kategórie „trinástej komnaty“. Dôvodov je niekoľko:

- v učebniciach nájdeme len zriedkavé odkazy na tieto zákony (prvé dva, Dollov zákon prakticky úplne absentuje);
- problematika je interpretovaná ako „nepovinná látka pod čiarou“, bez hľadania príčinných súvislostí a praktických príkladov, hoci sa ich dajú nájsť desiatky, možno i stovky;
- zaradenie tejto látky do vyučovania predpokladá značnú odbornú zdatnosť a kreativitu učiteľa, čo dosť koliduje s prevažujúcim rutinérskym prístupom (alebo «cestou menšieho odporu») majoritnej časti učiteľov.

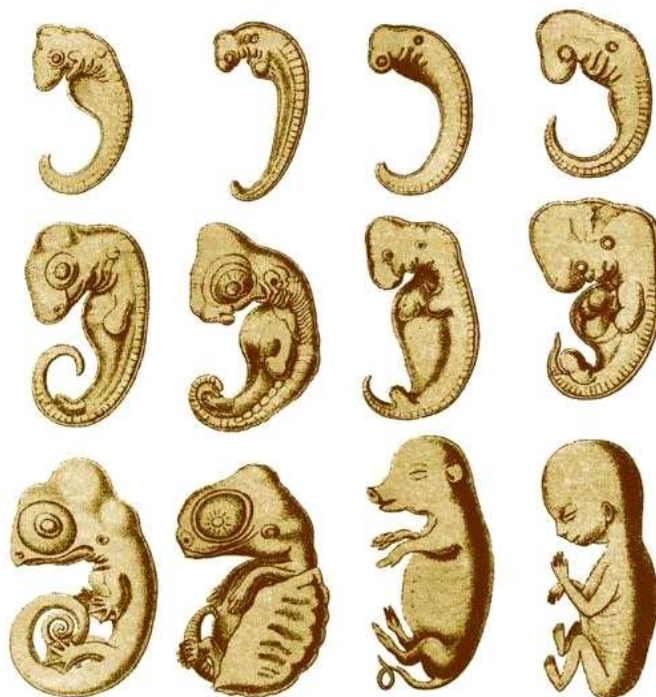
PERSPEKTÍVY VYUŽITIA TROCH HLAVNÝCH ZÁKONOV BIOLÓGIE VO VYUČOVANÍ

Možno to bude znieť prekvapujúco, ale možnosti pedagogického využitia troch hlavných zákonov biológie je toľko, že by to vydalo aj na obsiahlu knižnú publikáciu. V ďalšom texte budú komentované známejšie a dostupnejšie príklady, s ktorými sme sa pri štúdiu a pedagogickej práci stretli. Pretože tri hlavné zákony biológie platia vo vzájomnej komplementarite, nebudeme umelo rozdeľovať príklady (fenomény), ktoré potvrdzujú prvý, druhý, resp. tretí zákon. Na začiatku každého odseku sú pre lepšiu orientáciu v zátvorkách skratky L, H a D. Skratka „L“ znamená, že opisovaný fenomén súvisí, alebo dokumentuje predovšetkým Lamarckov zákon (význam ostatných skratiek je zrejmý, týkajú sa ostatných zákonov). Podčiarknutie skratky signalizuje zdôraznenú súvislosť.

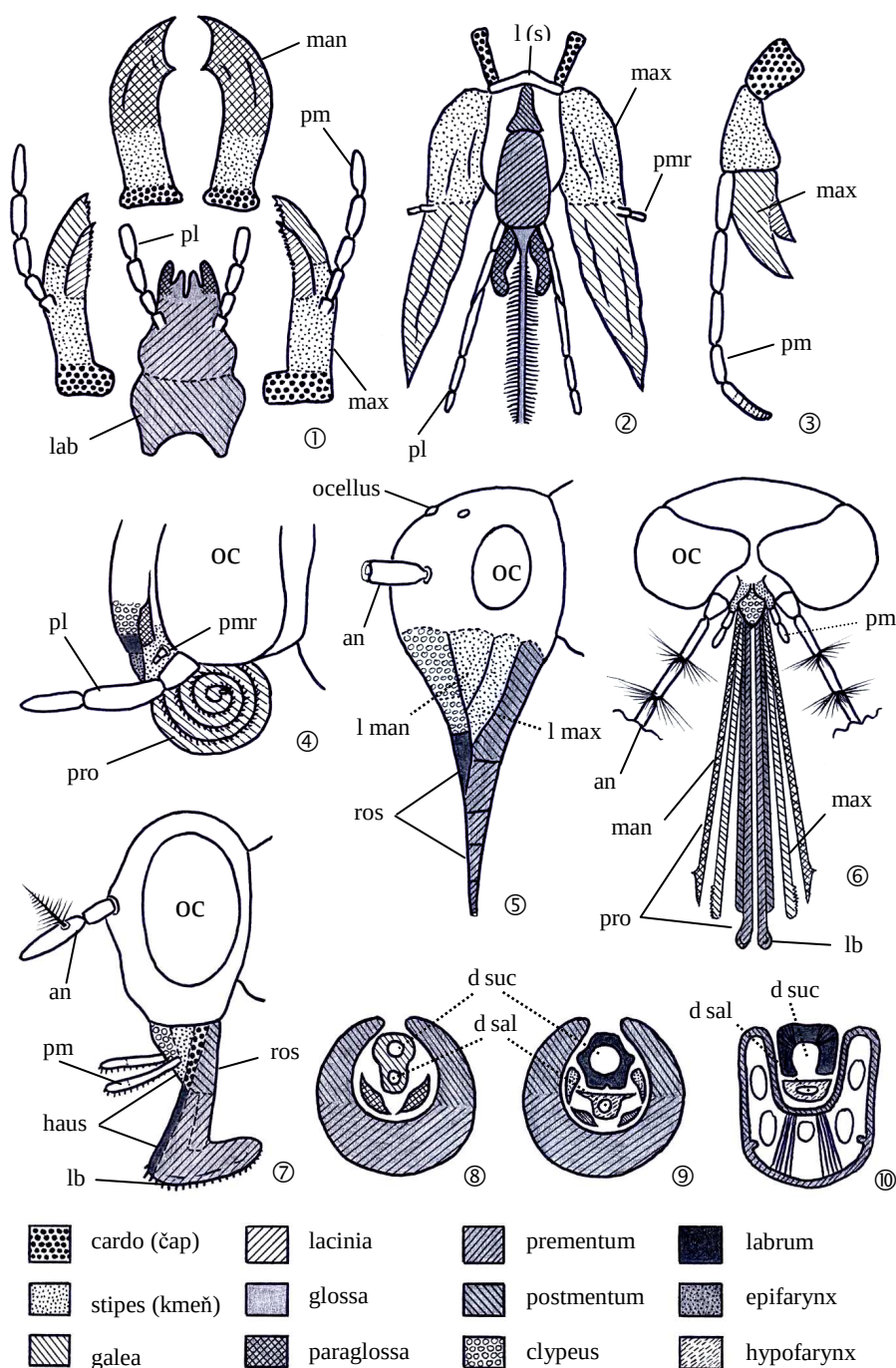
❶ **Divergencia** (H, L) a **konvergencia** (L, H)

Vzťah ontogenézy a fylogenézy možno krásne dokladovať vzájomnou previazanosťou termínov (a procesov) divergencie a konvergencie. Rané štádiá embryogenézy u stavovcov sa veľmi podobajú (obr. 4), dokonca nie je možné sprvoti určiť ani triedu. (To znamená, že zo začiatku nevieme ani to, či sa z embrya vyvinie jašterica, pes alebo holub!) Až v neskorších fázach embryonálneho vývinu sa embryá začínajú od seba čoraz viac odlišovať – **divergujú**.

Obrovská adaptívna radiácia hmyzu sa vysvetľuje (okrem iných faktorov) hlavne

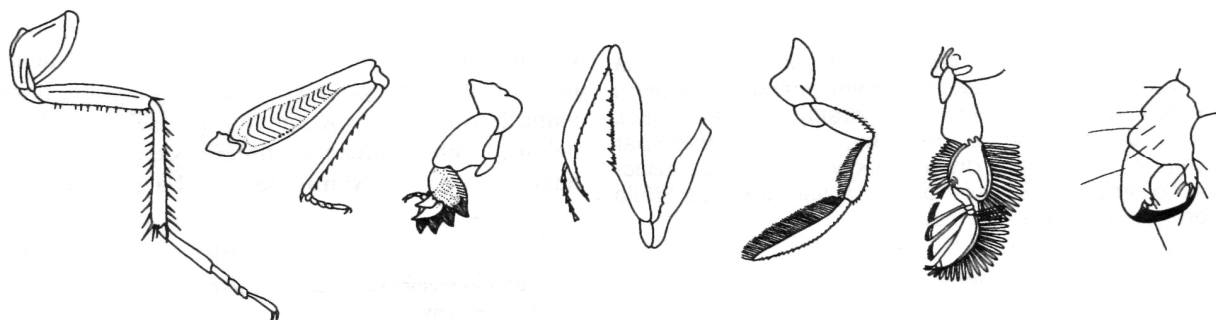


Obr. 4 (➡): Embryá jašterice, korytnačky, prasäta a človeka sa sprvoti nedajú odlíšiť [ex LEAKEY (1989)]



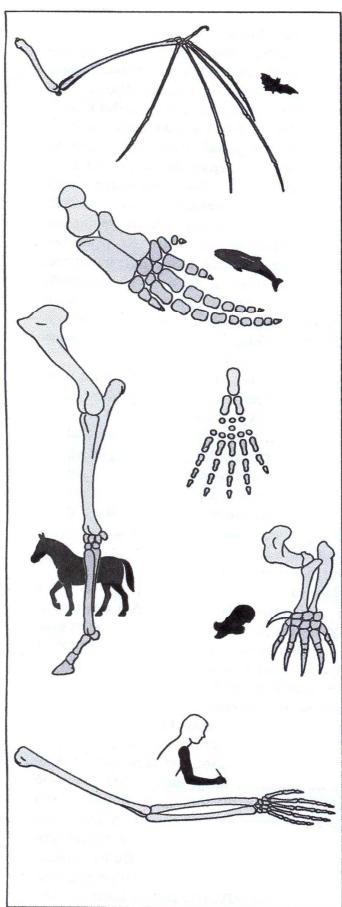
◀ Obr. 5. Základné typy ústnych orgánov u hmyzu. ① Základný hryzavý ‘koleopteroidný’ typ ② Hryzavolízavý typ u včely ③ Ústne orgány primitívnych motýľov (Micropterygidae) s ešte funkčnými čeľusťami ④ Ústne orgány vyšších motýľov ⑤ Bodavocicavé ústne orgány bzdôch a príbuzných skupín ⑥ Bodavocicavé ústne orgány komárov ⑦ Lízavý ústny aparát múch ⑧ Schemat. rez „5“ ⑨ Schemat. rez „6“ ⑩ Schemat. rez „7“

An – antena (tykadlo), len u „7“ je na obr. celé, d sal – ductus salivarius (slinný kanálik), d suc – ductus succilis (cicavý kanálik), haus – haustellum (lízadlo), lab – labium (spodná pera), lb – labella, l man – lamina mandibularis (hryzadlová doštička), l max – lamina maxillaris (čeľusťová doštička), l (s) – lorum = submentum, man – mandibula (hryzadlo), max – maxilla (čeľusť), oc – oculus compositus (zložené oko, ommatídiá nie sú naznačené), pl – palpus labialis (spodnoperové hmatadlo), pm – palpus maxillaris (čeľusťové hmatadlo), pmr – to isté rudimentálne, pro – proboscis (cuciak), ros – rostrum (bodec) [ex FRANC (2007)]



Obr. 6. Divergencia v utváraní nohy u hmyzu [ex PAPAČEK et al. (1997)]. Zľava doprava kráčavá noha švába, skákavá noha kobyličky, hrabavá noha krtonôžky, lúpeživá noha modlivky, plávacia noha chrabtoplávky, špecializovaná plávacia noha krútnavca (*Gyrinus* sp.), prichytávacia noha vši.

vznikom a vývojom kvitnúcich rastlín. Vďaka veľkej plasticite vo vývoji končatín – a to rovnako hrudných (♣ obr. 6) ako hlavových (♣ obr. 5), vzniklo veľké množstvo morfológických typov. Výsledkom mohutnej divergencie vo vývoji hlavových končatín (tzv. hlavových príveskov) je celý rad špecializovaných ústnych orgánov hmyzu, ktoré však **celkom určite vznikli z východiskového hryzavého typu** (vľavo hore), hoci sa nám to pri pohľade na obrázok 5 ani nechce veriť! Paralelne s evolúciou dospelcov – imág, samozrejme, prebiehala aj evolúcia lariev. Výsledkom je rovnako veľké množstvo typov larválnych štádií, ktoré môžu prijímať podobnú (bzdochy, rovnokrídlovce, šváby), alebo častejšie celkom inú potravu, ako dospelce (dvojkrídlovce, motýle, väčšina chrobákov). Špecializované, bohato diverzifikované ústne orgány a končatiny (obyčajne celkom odlišné u lariev a dospelcov) umožnili obsadenie veľkého množstva špecializovaných ník. Preto získal hmyz (a článkonožce vôbec) vyslovene dominantné postavenie vo všetkých ekosystémoch na Zemi, čiastočne s výnimkou konzervatívneho morského biocyklu.



Obr. 7. Schematická stavba kostry prednej končatiny u netopiera, veľryby, koňa, potkana (iba chodidlo), krta a človeka (ex «homology.talkorigins.org»)

Rovnako evolučne plastické ako končatiny článkonožcov sa ukázali aj **končatiny stavovcov**. Pri pohľade na kostru prednej končatiny u rôznych skupín stavovcov (♣ obr. 7) nebiológ tiež len ťažko uverí, že všetky tieto modifikácie majú rovnaký fylogenetický základ – primitívne „kýpťovitý“ párové plutvy starobylých násadcoplutvých rýb (bezpochyby ešte starších ako legendárna *Latimeria chalumnae*, ktorá sa akoby zázrakom dožila dnešných čias). Ďalekosiahle rozdiely v stavbe kostry prednej končatiny u jednotlivých skupín stavovcov súvisia s dlhodobým, veľmi špecifickým a veľmi odlišným používaním tejto končatiny u rôznych zástupcov: U netopierov sa extrémne predĺžili prsty, medzi ktorými je napätá tenká koža (‘lietacia blana’), u krta je končatina premenená na krátky mocný hrabavý nástroj, u koňa je terminálna časť končatiny tvorená jediným (tretím) veľmi zosilneným prstom...

Na druhej strane, masívna divergencia vo vývoji rastlín (ktorá sa prejavila vznikom veľkého množstva špecializovaných kvetov, plodov, a už pomerne veľmi skoro drevín), mala spätný vplyv na divergenciu živočíchov, ktoré sú (ako heterotrofné organizmy) priamo či nepriamo závislé od rastlín. Je jasné, že evolúcia rastlín, živočíchov, ale i ďalších organizmov (prvky, huby, prokaryonty...) prebiehala súčasne a paralelne, so zložitou „sieťou“ vzájomných ovplyvnení, tak ako sa vyvíjali jednotlivé ekosystémy Zeme vo vode i na súši – správnejšie je teda používať termín **koevolúcia**.

Je veľmi poučné a **didakticky elegantné**, chápať divergenciu ako všeobecnú vlastnosť živých systémov, ktorá sa prejavuje v dvoch úrovniach:

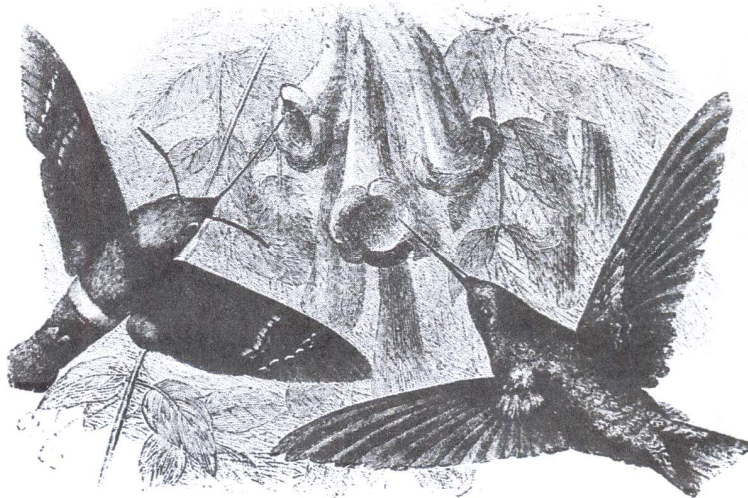
- pri ontogenéze «divergujú od seba» sprvoti takmer rovnaké embryá, aby sa z nich neskôr vyvinuli celkom odlišné živočíchy;*
- pri fylogénéze je divergencia hlavným hybným motorom speciácie, teda vzniku nových druhov, čeladi, radov... a na konci sa dostaneme až k ríšam, pretože aj ich vývoj sa musel niekedy a niekde začať. V tomto „duálnom prepojení“ cítiť veľkosť a význam (nielen) Haeckelovho zákona.

Konvergencia (L, H) nie je ani opakom, ani negáciou, ani matematickou „inverziou“ divergencie; vzťah týchto pojmov pripomína skôr komplementaritu obsiahnutú v symbole ☯ (Jin/Jang). Pri konvergencii (nepresný slovenský preklad «zbiehavosť znakov») pozorujeme isté podobné vlastnosti

* rovnako sa od seba temer nedajú rozoznať primárne larvy morských bezstavovcov. Každý veliger alebo trochofóra vyzerá skoro rovnako, len neskôr sa dá rozoznať, aký živočích z nich vznikne po premene.

a znaky u dvoch, ale i viacerých živočíchov, ktoré nie sú príbuzné (resp. nie sú si bližšie príbuzné). Vysvetliť príčiny tohto v živočíšnej ríši častého javu je niekedy dosť jednoduché, inokedy vysvetlenie skôr len tušíme. Asi hlavnou príčinou, prečo sa dva, tri (a viac) nepříbuzných živočíchov na seba v istých znakoch podobajú, je používanie určitých orgánov alebo celého tela podobným spôsobom, a /alebo v podobnom, až tom istom prostredí.

Príhodu, ktorú zažil spoluautor tohto príspevku, možno poznajú aj niektorí čitatelia. Nedávno som stretol suseda a on mi hovorí: „Na chate nad Starými Horami som videl kolibríka.“ Moje argumenty, že kolibríky žijú len na americkom kontinente, jeho presvedčenie nezmenili. Je 100% isté, že videl lišaja, najskôr lišaja lipkavcového (*Macroglossum stellatarum*). Skutočne, podoba motýľa a vtáka môže občas prekvapiť i prírodovedca (► obr. 8). Vyvinula sa vďaka podobnej dynamike letu i podobnej stratégii prijímania potravy.



Obr. 8. Prekvapujúca konvergencia dvoch nepříbuzných živočíchov – lišaja a kolibríka [ex LEAKEY (1989)]



Obr. 9. ex «koleopterologie.de»

Obr. 10. ex «rotholl.at»

Ďalšie príklady konvergenzie sú doslova klasické. Predné nohy krtonôžky (*Gryllotalpa gryllotalpa* ◀ obr. 9) a krta (*Talpa europaea* ◀ obr. 10) sú si nápadne podobné. Aj tu vidíme, že podobný spôsob života vytvoril u dvoch živočíchov «z opačných koncov» zoologického systému veľmi podobné orgány.

Takýto tvar tela má väčšina rýb, ale i žraloky a delfíny. Aj človek s priemerným prehľadom v zoológii vie, že každý z týchto živočíchov patrí do inej triedy, a delfín je dokonca cicavec! Plutvy ryby a „plutvy“ delfína sa veľmi podobajú vzhľadom i funkciou, anatomickou stavbou sa však podobajú veľmi málo. Chvostová „plutva“ delfína (a iných veľrýb) navyše nemá s rybou plutvou vôbec nič spoločné – tento orgán je tvorený špecializovaným väzivom a svalstvom (obr. 11).



Obr. 11. Chvostová „plutva“ veľryby vôbec nie je plutvou (ex «marine-biology.org»)

Nápadnou adaptáciou na život vo vode je u väčšiny živočíchov prúdnicový, „rybovitý“

Jeden z najkrajších príkladov konvergenzie nájdeme v starobylej triede, do ktorej patria najväčšie bezstavovce vôbec. Sú to hlavonožce (Cephalopoda), ktoré, žiaľ, v našej vnútrozemskej faune chýbajú. Tieto živočíchy, veľké aj niekoľko m, takmer úplne stratili schránku. Je jasné, že tak veľké telo (s množstvom svalstva) nemôže existovať bez oporného systému. Preto u nich vznikol chrupavčitý väz (ligament),

ktorý funkčne pripomína chrbticu. Veľká cerebrálna uzlina je navyše chránená chrupavčitou hlavovou kapsulou, ktorá plní funkciu ako lebka. Stojí ešte za osobitnú zmienku, že tieto mäkkýše (patriace k prvoústovcom) majú ten istý spôsob ryhovania vajíčka, ako druhoúste stavovce!

2 Mimetizmus a mimikry (L)

S konvergenciou priamo či nepriamo súvisí aj tento v živočíšnej ríši veľmi rozšírený fenomén. Termínom mimetizmus (mimikry) označujeme viac-menej nápadnú podobu živočicha s podkladom (prostredím) alebo iným živočíchom. Nás bude teraz, samozrejme, zaujímať «zoomorfný mimetizmus». Napodobovanie živočíchov inými, často málo príbuznými, je veľmi častým javom. Týka sa však zväčša menej známych druhov, preto sa obmedzíme len na niekoľko typických príkladov. K najznámejším živočíchom patria isto mravce. Pozná ich zrejme každý, i keď presné určenie druhu mravca je často záležitosťou úzkeho kruhu špecialistov. Rovnako málokto vie, aké veľké množstvo živočíchov mravce napodobuje. Keď pozorujeme napr. skákavku *Synageles venator* (obr. 12) pri pohybe, ani nás nenapadne, že je to pavúk. Telo je výrazne predĺžené (nie ako u väčšiny skákaviek), s nápadnou stopkou bruška, presne ako u mravcov. Tmavé predné nohy neslúžia na chôdzu, sú nesené pred telom a vykonávajú nepravidelné pohyby, čím imitujú mravčie tykadlá. Pohyb tohto pavúka je kľukatý, akoby trhavý, takže dojem mravca je dosť verný. Ešte väčšiu „dokonalosť“ pri napodobovaní mravcov pozorujeme u bzdochy *Myrmecoris gracilis* (obr. 13), ktorá sa takmer na nerozoznanie



Obr. 12. Skákavka *Synageles venator* [ex Jones (1989)] Obr. 13. Bzdocha *Myrmecoris gracilis* Obr. 14. Mravec lúčny *Formica pratensis* (foto 13 + 14 V. Franc) Obr. 15. Fuzáč *Necydalis ulmi* (foto K. Weis)

(i pohybmi) podobá na mravca lúčneho (*Formica pratensis*, obr. 14). Čo je príčinou týchto «myrmekomorfizmov»? Mravce sú vďaka kyseline mravčej (a u niektorých, najmä tropických druhov i žihadlu) pomerne neoblíbenou korisťou hmyzožravých predátorov. Preto má živočích, ktorý vyzerá ako mravec, relatívne väčšiu istotu, že neskončí ako potrava.



Obr. 16. Pestrice ríbezl'ová (*Syrphus ribesii*) Obr. 17. Pestrice čmeľovitá (*Volucella bombylans*), foto E. Durbáková

Veľmi časté je aj napodobovanie žihadlových blanokřídlencov; príčina je zrejme každému jasná. Niektoré pestrice dosť nápadne napodobujú osy, včely alebo čmele; napr. pestrice ríbezl'ová (obr. 16) žltou-čiernou kresbou bruška pripomína osu, pestrice čmeľovitá (*Volucella bombylans*, obr. 17) imituje čmeľa. Veľmi vzácny a chránený fuzáč *Necydalis ulmi* (obr. 15) dosť verne (i trhavými pohybmi) pripomína lumku, alebo nejakú veľkú kutavku. Pílovka veľká (*Urocerus gigas*, obr. 18 ⚡)

vyzerá tak hrozivo, že sa nájde len málo ľudí, čo by ju chytili do ruky. Pritom je úplne neškodná. Žlto-čierne sfarbenie je (nielen) v živočíšnej ríši považované za výstražné – aj fuzáč *Echinocerus floralis* (obr. 19) z teplých strání veľkosťou, kombináciou farieb i pohybmi dosť pripomína osu.



Obr. 18. Pílovka veľká (*Urocerus gigas*) vyzerá ako sršeň (foto M. Melicherčíková) Obr. 19. Fuzáč *Echinocerus floralis* (ex «nppodyji.cz»)

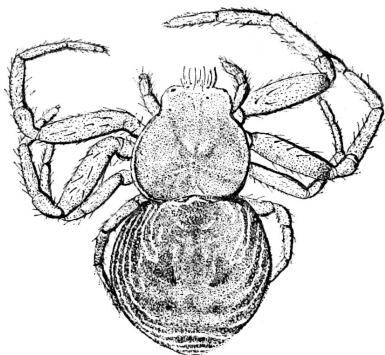
③ Habituálne »vzorce« (L)

Dôsledkom konvergenie je aj skutočnosť, že živočíchy žijúce v istých špecifických podmienkach, sa vyznačujú istými spoločnými charakteristickými črtami; dal by sa použiť termín «habituálne vzorce» (habitus = vzhľad). Pekný príklad poskytuje podkôrny hmyz. Väčšina podkôrneho hmyzu je nápadne plochá, a to bez ohľadu na zaradenie do če-

ľade alebo radu. Výrazne ploché sú napr. chrobáky z čeľade Cucujidae, čo sa prenieslo aj do ich slovenského názvu – plocháče (obr. 20). Veľmi ploché telo v kombinácii s kryptickým sfarbením majú aj bzdochy podkôrničky (obr. 21) a ďalšie, prevažne veľmi málo známe skupiny. Stojí za zmienku, že niektoré pod kôrou žijúce druhy iných čeľádí nápadne vybočujú zo „stavebného plánu“ svojej čeľade. Príkladom môže byť mrcinár topoľový* (*Hololepta plana*, obr. 22), pretože väčšina druhov tejto čeľade má telo, naopak, výrazne konvexné. Podobným prípadom je kvetárik** podkôrny (*Coriarachne depressa*, obr. 23), pretože ostatné druhy tejto čeľade, žijúce prevažne na vegetácii, majú telo normálne stavané, obvyklého „pavúcieho“ vzhľadu. Je jasné, že nápadná plochosť viacerých podkôrnych článkonožcov je výsledkom dlhodobého «používania celého tela» v tomto špecifickom



Obr. 20. Dosť vzácny a chránený plocháč červený (*Cucujus cinnaberinus*), foto K. Weis Obr. 21. Podkôrnička *Aradus depressus*, foto V. Franc Obr. 22. „Mrcinár“ topoľový (*Hololepta plana*), ex «zin.ru»



Obr. 23. Kvetárik *Coriarachne depressa* [ex BAUM & BUCAR (1973)]

prostredí. Do okruhu «habituálnych vzorcov» môžeme zaradiť aj spoločný, často veľmi charakteristický a typický vzhľad troglobiontov a abysálnych živočíchov. Pretože u týchto živočíchov (bez ohľadu na triedu a kmeň) veľmi často dochádza k redukcii istých

* slovenské pomenovanie tohto druhu nie je najšťastnejšie zvolené [FERIANC (ed.), 1975]. Aj keď mnohé druhy tejto čeľade nájdeme na živočíšnych zvyškoch alebo v truse, viaceré druhy žijú pod kôrou, v dutinách alebo u mravcov;

** termínom kvetárik sa označujú druhy z početnej pavúcej čeľade Thomisidae. V tomto prípade žije skutočne veľká väčšina druhov na vegetácii, príp. v detrite na povrchu pôdy.

orgánov, zaradili sme túto látku do posledného odseku „8“.

4 Rudimenty a atavizmy (H, L, D)

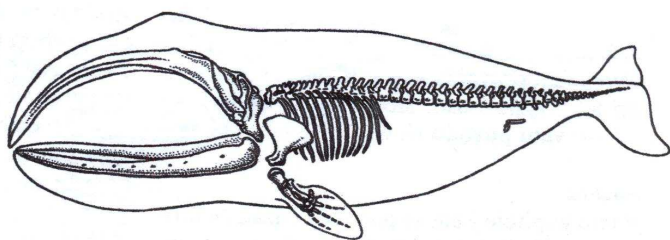
Rudimenty sú útvary a orgány ľudského, ale i živočíšneho tela, ktoré neplnia svoju pôvodnú funkciu a vyskytujú sa pravidelne, ale v zakrpatenom stave (samozrejme, najlepšie ich poznáme u človeka). **Atavizmy** sa odlišujú od rudimentov iba tým, že sa objavujú nepravidelne, len vo vzácných prípadoch. Oba spomínané fenomény chápeme ako dôkaz vývojových zväzkov človeka s jeho živočíšnymi predchodcami. Typickým rudimentom je kostrč – zvyšok chvostovej časti chrbtice niektorých stavovcov. Rudimentárnym zvyškom chrbtovej struny (chorda dorsalis) je hmota medzi-stavcových platničiek.

Rudimenty sú aj v ústnej dutine. Na podnebnom výbežku hornej čeľuste za rezákmi je krátky, slepý kanálik – zvyšok pôvodného Jacobsonovho orgánu (organon vomeronasale), ktorý pomáha nižším stavovcom získavať vnemy z tekutého prostredia. Dva jemné záhyby sliznice na spodnej strane jazyka (plicae fimbriatae) sú zvyškom slizničného jazyka, predchodcu jazyka svalnatého. Vo vnútornom kútiku oka možno pozorovať ružovú polmesiačkovitú krvvu spojovky (plica semilunaris conjunctiva), zvyšok tretieho viečka čiže žmurky, ktorá vtákom chráni oko. Plytký žliabok medzi nosom a hornou perou (philtrum) je zvyškom vlhkej a hladkej sliznice cicavcov nazývanej rhinarium. Rudimentárne sú aj svaly ušnice, ktoré nastavujú mnohým živočíchom ucho do smeru zvuku. K ďalším rudimentárnym svalom patrí platysma (plochý podkožný sval na krku), pyramídový sval na bruchu, šikmý a priečny priťahovač palca na chodidle.

Asi najznámejším rudimentom je slepé črevo. Mimoriadne vyvinuté býva pri bylinožravcoch, kde plní úlohu pri trávení rastlinnej potravy, najmä celulózy. U človeka si zachováva určitú funkciu jeho červovitý výbežok s miazgovým tkanivom, produkujúcim lymfocyty. K rudimentom patrí aj väzivový pruh (ligamentum arteriosum), zvyšok tepnového spoja (ductus arteriosus čiže ductus Botalli) medzi ľavou pľúcnicou a dolným okrajom oblúka aorty, ktorý sa vyskytuje u novorodencov do druhého mesiaca a potom zaniká. Tento spoj je normálnym stavom u žiab a nižších plazov.

V ľudskom tele nachádzame asi 40 znakov, ktoré pokladáme za **atavizmy**. Okrem početných odchýlok v stavbe opornej sústavy (nadpočetné rebrá, stavce, zuby; rôzne kostné výrastky atď.) patria k atavizmom aj ďalšie znaky: prítomnosť spomínaného Botallovho kanálika po druhom mesiaci postnatálneho veku, zmnoženie prsných hlávok (polythelia) alebo prsných žliaz (polymastia), prítomnosť hrtanových vakov (sacculi laryngis), odchýlky v tvare maternice (uterus bicornis, u. bipartitus, u. diplex), zdvojenie dutej žily a i. Dobre viditeľným atavizmom je nadmerné ochlpenie tela, ktoré môže mať dvojaký pôvod. Buď ide o hypertrichosis lanuginosa – poruchu spočívajúcu v zachovaní primárneho ochlpenia (lanuga) na povrchu plodu, alebo hypertrichosis vera s nadmerným rastom bežného (sekundárneho) ochlpenia povrchu tela.

Rudimentálne orgány bežne nachádzame aj u iných živočíchov. Najčastejšie ide o zvyšok orgánu, ktorý už stratil funkciu, ale u predkov tohto živočícha bol normálne vyvinutý. Veľryby majú úplne redukované zadné končatiny – na kostre nájdeme len maličký rudiment pletenca v zadnej časti tela (obr. 24). Aj preto je 100% isté, že dávni predkovia veľrýb boli štvornohé cicavce. Hady stratili končatiny úplne, ale na kostre niektorých druhov (veľhady) môžeme nájsť nepatrný rudiment pletenca zadných končatín. Predĺženie tela u nich vyvolalo (okrem iného) aj redukciu niektorých párových orgánov – pľúca majú len pravý lalok, ľavý je rudimentálny. Starobylý jašter hatéria bodkovaná (*Sphenodon punctatus*, obr. 25 ↓) má rudimentálne nepárové temenné oko; vidia ním však iba mláďatá.

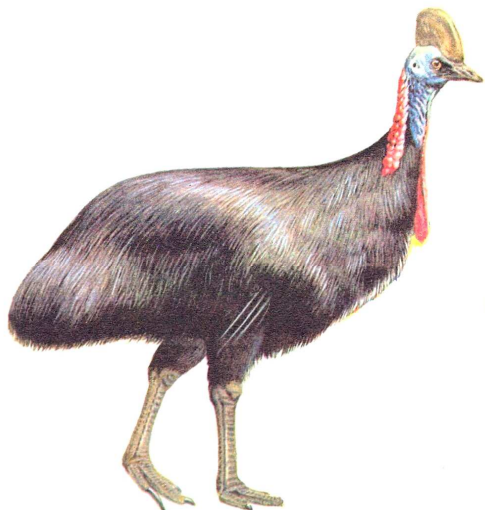


Obr. 24. Schematický náčrt kostry veľryby. V zadnej časti tela vidno nepatrný rudiment pletenca zadnej končatiny [ex LEAKEY (1989)]

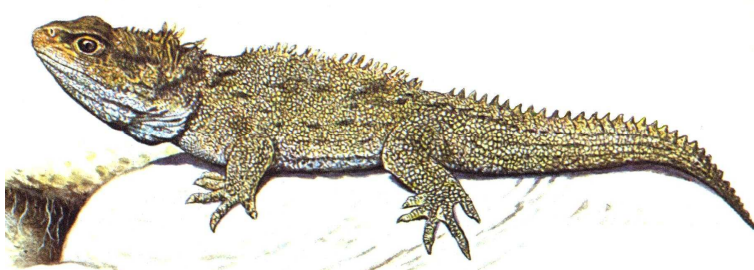
temenné oko; vidia ním však iba mláďatá.

Vtáky sú takmer všetkým ľuďom zafixované na základe troch hlavných znakov: zobák, perie a krídla. Tretí znak však, napodiv,

môže podľahnúť redukcii. Pštros (*Struthio camelus*) má krídla značne skrátene, neschopné letu; emu hnedý (*Dromaeus novae-hollandiae*) a kazuár prilbový (*Casuarus casuarus*, obr. 26) majú krídla už len rudimentálne. Proces redukcie krídel vrcholí u vtákov kivi (*Apteryx australis*), kde na kostre nenájdeme už ani stopy po pletenci hornej končatiny. (Viac príkladov úplnej redukcie je v odseku 8.) Krídla môžu byť rudimentálne aj u mnohých druhov hmyzu. Smutník trávový (*Penthophera morio*) z príbuzenstva mníšok dobre lieta len v samčom pohlaví (obr. 27), samičky majú krídla



Obr. 26. Kazuár prilbový (*Casuarus casuarus*) [ex Kolektív (1978)]



Obr. 25. Hatéria bodkovaná (*Sphenodon punctatus*) [ex Kolektív (1978)]

rudimentálne. Aj viaceré kobyľky majú krídla skrátene, rudimentálne. Patrí k nim aj sedlovka bronzová (*Ephippiger ephippiger*, obr. 28). Je zaujímavé, že kratučké krídla, i keď neumožňujú let, sú schopné intenzívnej stridulácie (cvrlikania). Viaceré ulitníky (v rozpore s názvom) majú ulitu redukovanú. Niekedy úplne (➡ odsek 8), inokedy čiastočne. Menší dravý slimák *Daudebardia rufa* (obr. 29)

má v zadnej časti tela uchovitú ulitku, do ktorej sa nemôže vtiahnuť. Takzvaná „sépiová kosť“, ktorú poznajú najmä chovatelia vtákov, je v skutočnosti rudimentom schránky týchto hlavonožcov, ktorý vrástol do tela. Treba zdôrazniť, že z hľadiska Dollovoho zákona ireverzibility je nanajvýš nepravdepodobné, aby niektorý z rudimentálnych orgánov u potomkov týchto živočíchov získal späť svoju pôvodnú funkčnú podobu.



27



28



29

Obr. 27. Smutník trávový ♂ (*Penthophera morio*) ex «foto.net.sk» Obr. 28. Sedlovka bronzová (*Ephippiger ephippiger*) ex «commons.wikimedia.org» Obr. 29. *Daudebardia rufa* (foto M. Demčáková)

6 Reliktné orgány (H)

Reliktné orgány sú (na rozdiel od rudimentov) plne vyvinuté a funkčné, vyzerajú však ako „pozostatok po predkoch“ v procese fylogenézy. Pri pozornejšom pohľade na domácu sliepku (alebo hociktorého vtáka) môžeme zažiť prekvapenie: Na nohách majú predsa „plazie“ šupiny! Podobne chvost bobra (*Castor fiber*, obr. 30 ↓), ondatry (*Ondatra zibethica*) alebo obyčajného potkana (*Rattus norvegicus*, obr. 31 ↓) je šupinatý, čo tiež pripomína stav u predchádzajúcej triedy. Vajcorodé



Obr. 30. Bobor vodný (*Castor fiber*) ex «abdn.ac.uk»

cicavce majú už srst' a mliečne žľazy, ale pritom majú kloaku a kladú vajcia, čo sú opäť „plazie“ znaky, resp. pozostatky. Húsenice motýľov majú okrem kráčavých nôh aj niekoľko párov parapódií (panôžok), tento znak je však typický aj pre mnohoštetinavce (Polychaeta), z ktorých (resp. z predkov ktorých) článkonožce odvodzujeme.

⑥ Luxusné orgány (L)

U niektorých živočíchov však nachádzame aj orgány, ktoré sú vo viac-menej zreteľnom rozpore s účelnosťou. „Luxusné“ orgány majú obyčajne formu hypertrofizmov. Ťažko si predstaviť «mieru používania», ktorá by viedla k vytvoreniu takých orgánov, ako sú obrovské mandibuly roháčov (obr.

33), alebo bizarné rohy a výrastky na štíte a hlave viacerých nosorožtekov (obr. 32). Keď pozorujeme tieto chrobáky živé, máme dojem, že im tieto „ozdoby“ skôr zavádzajú. Presne ten istý prípad predstavuje chvost páva (obr. 34), bizarné perové chocholy a golieri rajok (obr. 35), ale aj parohy jeleňo-



Obr. 31. Potkan hnedastý (*Rattus norvegicus*), v dolnej časti je detail šupinatého chvosta (ex «commons.wikimedia.org») Obr. 32. Herkules antilský (*Dynastes hercules*), foto Heinz Rothacher Obr. 33. Roháč veľký (*Lucanus cervus*), ex «rare-in-britain.com»



Obr. 34. Páv korunkatý (*Pavo cristatus*) ex «naturfoto.cz» Obr. 35. Rajka (*Paradisea* sp.) ex «sunature.com»

vitých prežúvavcov. Viac svetla do tejto zdanlivo paradoxnej situácie prinesie zistenie, že tieto «orgány pre parádu» majú takmer vždy iba samce; vzácnou výnimkou je sob (*Rangifer tarandus*).

Zdanlivo nezmyselné «súťaže krásy» v prírode vzbudzovali u mnohých biológov skepsu. Pokusy ale potvrdili pozorovania z prírody. Marion Petrieová z univerzity v Oxforde chytila niekoľko pávov a každému odstrihla 20 chvostových pier. Potom ich nechala súťažiť s ostatnými pávmi, ktorí mali chvostový vejár úplný. Všetko predvádzanie zostalo pri pávoch s redukovaným chvostom bez účinku. Samice sa zaujímali len o samcov so všetkými chvostovými perami. Vedecké výskumy potvrdili, že za estetickými záľubami pávích samíc sa skrýva niečo biologicky užitočné. Nádherný pávi chvost nie je len hračka prírody, ale signalizuje samičkám, kto má najlepšiu genetickú výbavu. Samec, ktorý prežije v indickej džungli aj napriek nepohodlným, letu a lepšiemu pohybu brániacim chvostovým perám, musí byť silný a odolný. Slabému alebo chorému pávovi perá vypadajú.

V prírode nájdeme množstvo podobných prípadov, keď „ozdoba“ samca pôsobí istým spôsobom príťažlivo na opačné pohlavie, no účelnosť tejto okrasy je často minimálna; dokonca možno povedať, že prekáža v pohodlnejšom spôsobe života. Napríklad také parožie; samička si opäť vyberie samca, ktorého parožie je najmohutnejšie, najkrajšie. Ale samcovi môže práve jeho koruna krásy ohroziť život (ak sa mu pri úteku pred predátorom parožie zamotá do kríkov, je stratený). Tak isto samce mnohých vtákov sa vďaka skvostnému sfarbeniu môžu stať skôr korisťou dravca, než nenápadné samice, ktorých sfarbenie má hlavnú funkciu maskovať ich na hniezde (bažant, kačica). Preto musia byť krásne sfarbené samce zvlášť obozretné, zdatné a rýchle, aby prežili.

7 Pohľad prírodovedca na ontogenézu (nielen) človeka (H)

Proces ontogenézy sám o sebe predstavuje pre kreatívneho učiteľa veľmi široké pole pôsobnosti nielen pri vysvetľovaní Haeckelovho rekapitulačného zákona, ale i ďalších veľmi dôležitých biologických procesov a faktov. Ontogenéza totiž skutočne (s istým zjednodušením) **rekapituluje** proces, akým najprv vznikali mnohobunkové živočíchy z jednobunkových organizmov, a ktorým sa neskôr diferencovali zložitejšie formy z jednoduchších. Ontogenéza takmer všetkých živočíchov* sa začína jednou bunkou – oplodneným vajíčkom (**zygotou**). Táto sa rôznym spôsobom ryhuje (= delí sa na stále menšie bunky), čím vzniká „hrčka“ buniek – **morula**. Tento útvar zodpovedá primitívnym kolóniám bičíkovcov (*Pandorina*, *Eudorina*). Buniek však pribúda, útvar sa začína zväčšovať, a (s výnimkou článkonožcov) sa v strede utvára prvotná dutina – blastocoel. Toto štádium sa nazýva **blastula**, a zodpovedajú mu napr. kolónie vyšších bičíkovcov, najmä váľáčov (*Volvox*), ale i primitívne planuloidné larvy pŕhlivcov. Tento proces prvýkrát preskúmal a presnejšie popísal práve Haeckel. Jednovrstvová blastula však ďalej pokračuje vo vývine. Niektoré z buniek sa intenzívnejšie delia a – postupne alebo naraz, vnikajú dovnútra, aby tam sformovali druhú zárodočnú vrstvu – **endoderm**. Tento proces sa nazýva gastrulácia a jeho výsledkom je **gastrula**, ktorá stavbou zodpovedá trochoforoidným larvám. Ďalší vývin u vyšších živočíchov vrcholí vytvorením tretej zárodočnej vrstvy – **mezodermu**, a vznikom **segmentácie**: Mezoderm vytvára zreteľné (sprvoti rovnaké, neskôr diferencované) segmenty alebo „sektory“ – príkladom je článkovanie obrúčkavcov a z nich odvodených článkonožcov, zreteľne segmentovaná svalovina rýb (ktorá vytvára tzv. myoméry), ale i článkované usporiadanie chrbtice, nervov a niektorých svalov u vyšších stavovcov, človeka nevynímajúc.

Aj vývin ľudského embrya poskytuje veľa dôkazov Haeckelovho zákona. Na ľudskom zárodku možno pozorovať mnohé živočíšne znaky. Päťtýždňový zárodok má napríklad niekoľko segmentov, čo je typickým znakom obrúčkavcov a iných fylogeneticky nižších živočíchov. Na zárodku o niečo neskôr možno pozorovať aj žiabrové oblúky a žiabrové ryhy (faryngotremia), ktoré poskytujú silný dôkaz, že podkmeň stavovcov pochádza zo 100% istotou z primárne vodných predkov. Tieto zárodočné útvary sa v ďalších fázach ontogenézy menia na sánku, sluchové kostičky, vonkajší zvukovod a Eustachovu trubicu. Chrbticu embrya zakončuje chvostový pupeň, v ktorom sa končí primitívne črevo,

* okrem thelytóknej partenogenézy, kde ♀ vznikajú z neoplodnených vajíčok (vošky, perloočky). Vajíčko však, hoci nesplýva so spermiou, nezostáva haploidné, lebo splýva s jednou z 3 axiálnych buniek v procese oogenézy.

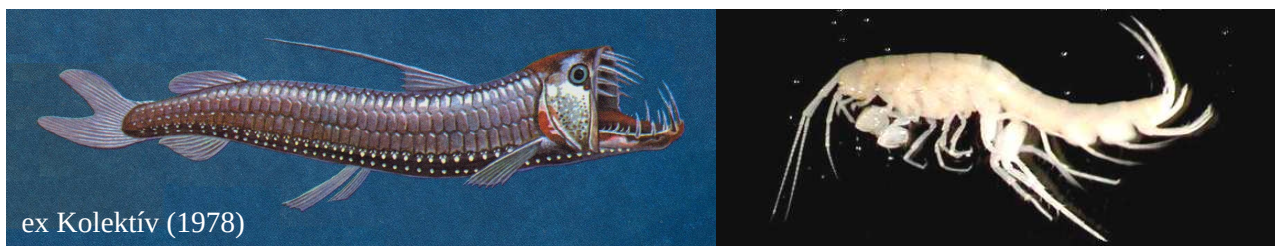
v treťom mesiaci vnútro maternicového vývinu tento pupeň zaniká. Srdce zárodka pripomína na začiatku svojho vývinu jednoduché srdce rýb (!), v priebehu štvrtého týždňa sa podobá na srdce obojživelníkov, a až na začiatku tretieho mesiaca nadobudne tvar, ktorý zodpovedá srdcu cicavcov. Charakteristickým znakom cicavcov je párová lišta na brušnej strane zárodka. Z nej sa u človeka a primátov vytvára jeden pár, ostatným cicavcom niekoľko párov mliečnych žliaz. Primáty pripomínajú aj ďalšie znaky – horné končatiny sú v určitom štádiu dlhšie ako dolné, hustý porast lanuga pokrýva celý plod od štvrtého do siedmeho mesiaca prenatalného vývinu. Ruka a noha osemtýždňového embrya sú na nerozoznanie od tých istých častí tela zárodka makaka. Odstávajúci palec na nohe ľudského embrya nevyvoláva nijaké pochybnosti o tom, že ľudská noha vznikla transformáciou predchádzajúceho typu nohy primáta, adaptovanej na chytanie a lezenie.

8 Redukcionizmy a extrémne adaptácie (L, D)

Počas evolučného procesu sa museli živočíchy (a všetky živé organizmy) prispôbovať širokej škále podmienok prostredia. Často išlo o naozaj extrémne podmienky, ktorým sa konkrétne skupiny organizmov museli prispôbiť, inak by boli vyhynuli. A tu, možno povedať, platí súvislosť (možno až „priama úmera“), že čím silnejším tlakom pôsobia podmienky prostredia, k tým silnejším, výraznejším a špecializovanejším evolučným zmenám dochádza u organizmov, ktoré v týchto prostrediach žijú. Zjednodušene povedané, čím extrémnejšie podmienky prostredia, tým extrémnejšie adaptácie. Veľmi pekné a poučné príklady niekedy až extrémnych adaptácií pozorujeme najmä u živočíchov týchto prostredí alebo habitatov:

① Spoločenstvá abysálnych živočíchov v morských hĺbinách. Adaptácie: redukcia alebo na druhej strane hypertrofia očí, bioluminiscenčné (svetielkujúce) orgány, nápadne veľké ústa so šablovitými zubami (potrava je veľmi vzácna, dravec sa jej musí vždy zmocniť), a pod. (➔ obr. 36).

② Spoločenstvá živočíchov v podzemných dutinách a jaskyniach. Adaptácie: Strata pigmentu, úplná redukcia očí, u hmyzu redukcia krídel, predĺženie tykadiel a končatín, na ktorých je však množstvo citlivých receptorov – rozvoj hmatu a čuchu kompenzujú deficit zraku (➔ obr. 37, 38, 39).



Obr. 36. Abysálna ryba veľkozubec (*Chauliodus* sp.) Obr. 37. Jaskynný krivák *Niphargus tatrensis* (ex «ssj.sk»)



Obr. 38. Drobná, ale vzácna a chránená šťúrovka *Eukoenenia spelaea* žije v jaskyniach Slovenského krasu (ex «ssj.sk») Obr. 39. Jaskynná bystruška *Rhadine sprousei* z Texasu (ex «texas.zaraenvironmental») Obr. 40. Svrčík mraveniskový (*Myrmecophila acervorum*) ex «naturfoto.cz» Obr. 41. Kuriozitou medzi kôrovcami (!) je myrmekofilná žižiavka *Platyarthrus hoffmannseggii* (ex «gardensafari.net»)

③ Spoločenstvá živočíchov v hniezdach mravcov a termitov (myrmekofily a termitofily). Adaptácie: Vznik špecializovaných „žľazových políčok“ na rôznych miestach tela – produkujú zvláštny cukornatý sekrét, hostiteľmi horlivo vyhľadávaný (má na nich aj „omamné“ účinky), napr. u drobčika *Lomechusoides strumosus* (obr. 42), a často sa vyskytuje aj redukcia krídel a niekedy i očí, napr. u svrčika mraveniskového (obr. 40 ▲), pozri aj obr. 41 ▲.

④ Spoločenstvá živočíchov (najmä hmyzu) alpínskeho stupňa veľhôr. Adaptácia: S výnimkou motýľov prevažuje úplná redukcia krídel – lietanie vo vysokých horách sa stáva nebezpečné, poryvy vetra môžu strhnúť hmyz stovky metrov do nevhodného prostredia (skalné zrázy a pod.).

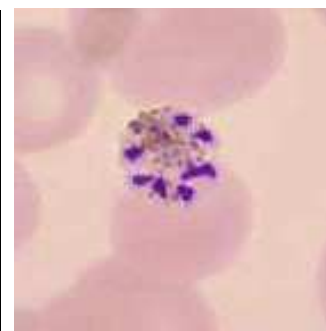
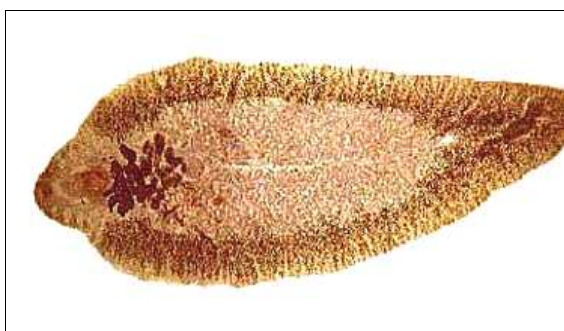
⑤ Spoločenstvá ektoparazitického hmyzu na povrchu tela hostiteľov. Adaptácie: Silné kliešťovité chodidlá (vši), pevné, z bokov alebo dorzoventrálne sploštené telo kožovitej konzistencie, ktoré ťažko možno rozpučiť (kuklorodky a blchy), takmer vždy redukcia krídel (➡ obr. 43, 44).

⑥ Spoločenstvá endoparazitov (motolice, pásomnice, hlísty) v telových dutinách hostiteľov. Adaptácie: Pevná kutikula prevažne z kolagénu (odoláva pôsobeniu telových štiav), redukcia väčšiny receptorov, čiastočná (motolice) až úplná redukcia tráviacej sústavy (pásomnice); tieto adaptácie bývajú označované ako „parazitárna regresia“. Veľmi špecializovanými adaptáciami týchto živočíchov sú zložité vývinové cykly so striedaním hostiteľov a niekoľkými inváznymi a tzv. vyčkávacími štádiami a u motolíc aj s pedogenézou (➡ obr. 45, 46). Extrémnym prípadom parazitárnej regresie je redukcia mitochondrií u krvinkoviek (➡ obr. 47).



Obr. 42. Drobník *Lomechusoides strumosus* (ex «macrophotography.cz») Obr. 43. Voš detská (*Pediculus capitis*) ex «k53.pbbase.com» Obr. 44. Blcha mačacia (*Ctenocephalides felis*) ex «monmsci.net»

Hlavným hybným momentom týchto redukcionizmov je «snaha» živočíchov „zbaviť sa“ prebytočných orgánov. Napr. zrak je pre obyvateľa podzemných priestorov nepotrebný luxus, a môže to byť pre neho dokonca nebezpečné, pretože oči sú zraniteľné. **Príroda je schopná „plytvat“ v jedinom prípade**, ak sa to týka rozmnožovania – príkladom je obrovské množstvo spermií, výtrusov húb, alebo semien z jediného buka... vo všetkých týchto prípadoch len nepatrný zlomok percenta ďalej pokračuje v reprodukcii. Čo sa týka individua a jeho «vybavenia orgánmi», príroda nepozná „luxus“, nepozná zľutovanie. Orgán, ktorý dlhodobo nepoužíva celý rad generácií hociktorého živočícha, určite zanikne. Veď na vytvorenie tak zložitého orgánu, ako je oko, spotrebuje živočích veľa



Obr. 45. Pásomnica *Taenia taeniaformis* (ex «biolib.cz») Obr. 46. Motolica pečeňová (*Fasciola hepatica*), ex «instruction.cvhs.okstate.edu» Obr. 47. Merozoity malárieovca *Plasmodium malariae* (ex «med-chem.com»)

špecializovaných organických látok a veľké množstvo energie. A energia patrí v prírode, ako ekológovia hovoria, k „najúzkoprofilovejšiemu tovaru“.

Mnohé redukcionizmy však nevznikli len adaptáciou na extrémne podmienky, pretože redukcia určitého orgánu mohla byť pre istú živočíšnu skupinu ekologicky a biologicky výhodná. Redukcia nôh u hadov by sa mohla zdať ako „nevýhoda“, štíhle hadovité telo je však pohyblivé, a nič mu nebráni rýchlo vkĺznuť aj do tenkých puklín, kde by „nohatý“ živočích mohol mať vážne problémy. Celkom podobnú situáciu predstavujú slimáky s úplne redukovanou ulitou (slizovce a slizniaky ► obr. 48, 49). Pretože nemajú ulitu, pohotovo sa ukrývajú pod kamene alebo odstávajúcu kôru.

Citované redukcionizmy a adaptácie na podmienky viac-menej extrémnych prostredí sú väčšinou fylogeneticky dosť staré až veľmi staré. Možno povedať, že ide o «zakonzervované vývojové línie», ktoré sú v svojej špecializovanosti už prakticky nemeniteľné. (Do tej istej kategórie patril aj prevažujúci gigantizmus u dinosaurov.) Ak by sa výrazne zmenili ekologické podmienky, na ktoré je živočíšny taxón s vysokou mierou špecializácie adaptovaný svojou stavbou, štruktúrou, spôsobom života a vývinom, tento taxón takmer určite vyhynie. Dinosauri obývali našu planétu pred 65 miliónmi rokov. Mnoho miliónov rokov sa zdalo, že sú nezničitelné. Ale o 10 miliónov rokov všetky vyhynuli. Došlo k zásadnej zmene podmienok prostredia, v ktorom žili. Na tieto podmienky sa nedokázali prispôbiť a zo zemského povrchu tieto gigantické tvory vymizli.

Je veľmi málo pravdepodobné, že našu planétu opäť osídli dinosauri. Rovnako je veľmi nepravdepodobné, že by sa potomkovia veľrýb vrátili na súš (veľryby sú cicavce, ktorých predkovia viedli suchozemský spôsob života a druhotne sa vrátili do vody). Podobné je to aj pri rôznych parazitoch (► bod ©); je vysoko nepravdepodobné, že by potomkovia motolíc a pásomníc viedli niekedy v budúcnosti (aj vzdialenej) iný spôsob života ako parazitický. Taktiež je nanajvýš nepravdepodobné, že by potomkovia striktných troglobiontov žili niekedy mimo jaskýň.



Obr. 48. Slizniak karpatský (*Bielzia coerulans*) Obr. 49. Slizovec hrdzavý (*Arion rufus*), oba ex «biolib.cz»

Vo všeobecnosti možno povedať, že je veľmi málo pravdepodobné, aby došlo k «evolučnej repríze» u ktoréhokoľvek živočíšneho taxónu. Všetky vývojové zmeny, ktoré živočíšne druhy (vrátane človeka) počas evolúcie prekonali, sú nevratné, ireverzibilné. Preto je potrebné chápať evolučný proces ako niečo neopakovateľné a výnimočne vzácné... a aj preto si výsledky tohto procesu – jednotlivé druhy živých organizmov na Zemi, zasluhujú našu mimoriadnu pozornosť a ochranu.

SLOVO NA ZÁVER

Tri hlavné zákony biológie predstavujú vysoko interesantnú a poučnú problematiku, ktorá je však v pedagogickej praxi nedocenená, a niekedy až ignorovaná. Príčinou sú sčasti učebnice (kde je táto látka interpretovaná nedostatočne a bez potrebných súvislostí a príkladov), ale i nižšia odborná zdatnosť majoritnej časti učiteľov. Veľké množstvo príkladov v našom príspevku dokazuje dôležitosť

tejto látky, ale – na druhej strane, aj široké perspektívy využitia tejto problematiky vo vyučovaní, najmä na gymnáziách. Ambiciózny a kreatívny učiteľ môže pomocou učiva o troch hlavných zákonoch biológie, ale aj inej látky (čo najviac prírodnín!) a modernej didaktickej techniky a technológie (multimediálne prezentácie) prinavrátiť biológii «šmrnc a noblesu», aké si táto človeku najbližšia veda bezpochyby zasluhuje. Je urgentne potrebné nahradiť neakceptovateľný, verbálno-teoretický model vyučovania biológie (nezaujímavý, alebo až traumatizujúci pre väčšinu študentov) moderným atraktívnym modelom vyučovania, v ktorom budú proporcionálne zastúpené všetky potrebné aspekty: Informatívna i formatívna zložka vyučovania, interdisciplinárne i filozoficko-etické aplikácie.

Literatúra

- BAUM J. & BUCHAR J., 1973: V říši pavouků. SPN, Praha, 291 pp.
- FERIANC O. (ed.), 1975: Slovenské mená hmyzu. Veda, Bratislava, 308 pp.
- FRANC V., 2007: Systém a fylogenie živočíchov – bezchordáty. [Doplnená prepracovaná verzia s fotoprílohou.] FPV UMB Banská Bystrica, lii + 176 pp.
- JONES D., 1989: A Guide to Spiders of Britain and Northern Europe. Hamlyn, London, 320 pp.
- KOLEKTÍV, 1978: Svet živočíšnej ríše. Osveta, Bratislava, 607 pp.
- LEAKEY R. E., 1989: Darwinův původ druhů v ilustracích. Praha, 250 pp.
- PAPÁČEK M., MATĚNOVÁ V., MATĚNA J. & SOLDÁN T., 1997: Zoologie. Scientia, Praha, 285 pp.