

Ontogenéza a evolúcia

Učebné texty 2008

Katedra ekológie

Prírodovedecká fakulta

Univerzita Komenského v Bratislave

Vladimír Kováč

© Doc. RNDr. Vladimír Kováč, CSc., 2008

Text neprešiel jazykovou ani redakčnou úpravou a slúži výlučne ako sprievodný učebný materiál k prednáškam z predmetu Ontogenéza a evolúcia. Učebné texty obsahujú prevažne kompiláciu textov zo zdrojov, ktoré sú uvedené buď priamo pri jednotlivých odsekoch alebo v zozname použitej literatúry.

OBSAH

1.	Úvod	3
2.	Čo je ontogenéza?	4
	Čo je evolúcia?	4
	Haeckelovo biogenetické pravidlo a teória evolúcie	4
	Haeckel a archetyp stavovcov	5
	Haeckel a jeho miesto v modernej biológii	7
3.	Ontogenéza v každodennom živote: interrupcie	8
	Veda má jasno, na rade je spoločnosť	8
	Debata s hlavou v piesku (Ad: Život nie je posvätný)	9
	Človek, to znie hrdo – ale odkedy je človekom	10
	Ad: Človek, to znie hrdo... (25. 7.)	11
	Veda, ontogenéza a interrupcie	12
4.	Ontogenéza a jej interpretácia	12
	Teória o etapovitosti vývinu rýb	12
	Teória saltatorickej ontogenézy	13
5.	Stvoriteľ, alebo evolúcia?	15
	Od kreacionizmu k evolucionizmu	15
	„Vedecký“ kreacionizmus, jeho korene a ciele	17
	Prečo „vedecký“ kreacionizmus nie je vedecký	20
6.	Stručná história teórie evolúcie	22
	Neodarvinizmus a Moderná syntéza	26
	Hlavný prúd a alternatíva alebo rozšírená syntéza	27
7.	Evo-devo: evolučná vývinová biológia	29
	Epigenéza, ontogenéza a evolúcia	30
8.	Použitá literatúra	33

1 Úvod

Hlavným cieľom kurzu je načrtnúť súvislosti medzi dvoma prírodnými javmi, ktoré sú neoddeliteľnou súčasťou všetkého života na Zemi - medzi individuálnym vývinom jedincov (ontogenézou) a vývojom živým foriemi na našej planéte (evolúciou). Zámerom kurzu pritom nie je poskytnúť poslucháčom určitý vopred stanovený objem informácií oznamovacieho charakteru, ale predovšetkým podnietiť ich samostatne premýšľať a diskutovať o predloženej problematike. Jednotlivé prednášky preto prinášajú nielen látku, ktorú sa treba naučiť, ale najmä množstvo otázok, o ktorých treba rozmýšľať.

1.1 Zdroje, literatúra

prednášky

učebné texty Vladimír Kováč, 2009: Ontogenéza a evolúcia (textová forma, CD)

Vladimír Kováč, 2007: Pánom života je čas. PT Albert Marenčin, Bratislava, 184 s.

Larsen, E. 2006. Evolúcia. Slovart.

Kováč V. 2009: Vybrané aspekty evolučnej vývinovej biológie. AQ-BIOS, Bratislava, 84 s. <http://www.fns.uniba.sk/index.php?id=2962>

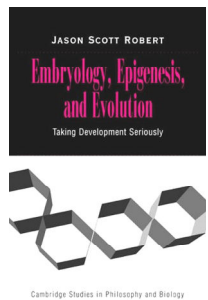
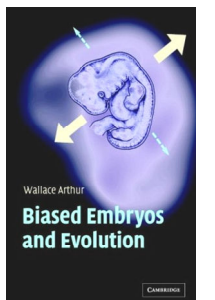
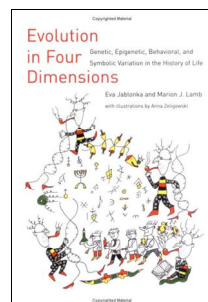
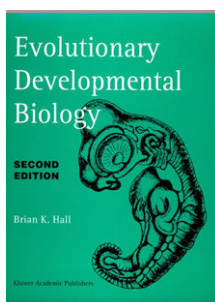
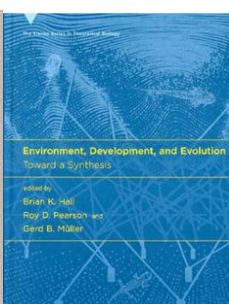
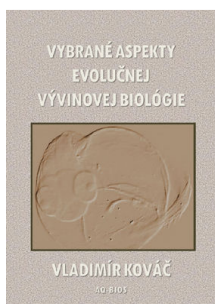
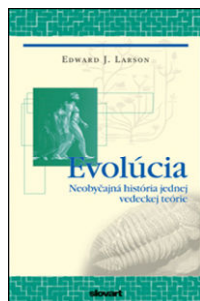
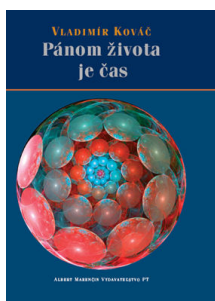
Hall, B. K., Pearson, Muller, 2004: Environment, Development, and Evolution. MIT Press.

Hall, B. K., 1999: Evolutionary Developmental Biology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 491 s.

Jablonka, E., Lamb M. 2005: Evolution in Four Dimensions. MIT Press.

Arthur, W. (2004). Biased embryos and evolution. Cambridge: Cambridge University Press.

Robert, J. S. (2004). Embryology, epigenesis and evolution. Cambridge: Cambridge University Press.



Skúška: skupinová ústna skúška (2-5 študentov); skupinová diskusia (6-10 študentov) - len výnimočne; individuálna ústna skúška

2.1 Čo je ontogenéza?

Aristoteles začal skúmať individuálny vývin organizmov pred viac ako dvoma tisícročiami, takže by sme sa mohli domnievať, že vývinové mechanizmy sú nám dobre známe. V skutočnosti však nie sú. V každom prípade je jasné, že ontogenéza je proces, ktorý sa začína štádiom jednej bunky a vedie k vytvoreniu komplexného jedinca, ktorý sa skladá z miliárd buniek usporiadaných do funkčného systému. Spôsoby, akými sa to deje, sú aj pre modernú biológiu zatiaľ veľmi tvrdým orieškom.

Dva základné pohľady:

- 1) ontogenéza = iba vývin do vytvorenia „definitívneho fenotypu“ (formovanie jedinca)
- 2) ontogenéza = celá existencia jedinca aj po vytvorení „definitívneho fenotypu“

Kedy ontogenéza začína a kedy končí?

aktivácia - oplodnenie - splynutie jadier - - - - - smrť

2.2 Čo je evolúcia?

Dva základné pohľady:

- 1 evolúcia = vývoj foriem života, vznik nových druhov a vyšších taxónov
- 2 evolúcia = zmena frekvencie génov v populácii

časté otázky v súvislosti s evolúciou:

- existuje vôbec niečo ako evolúcia?
- ak áno, kedy sa evolúcia začala a kedy skončí?
-

najčastejšie odpovede

- evolúcia nikdy neexistovala ani neexistuje (kreacionistickí fundamentalisti)
- evolúcia bola, ale skončila v minulosti
- evolúcia stále prebieha

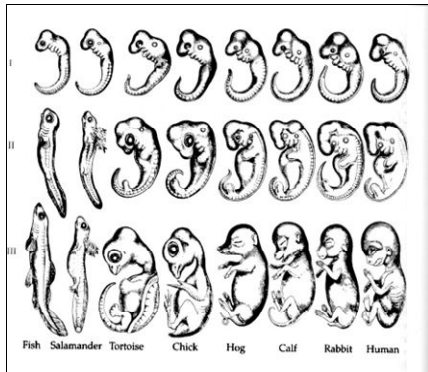
2.3 Haeckelovo biogenetické pravidlo a teória evolúcie

...Haeckel pri „love“ evolučných vzťahov medzi stavovcami zaviedol kombinovanú expertízu nemeckej mikroskopie a porovnávacej embryológie. Jeho myslenie pritom pramenilo z lamarckovskej predstavy evolúcie. Keby evolúcia postupovala prostredníctvom hromadenia získaných vlastností, uvažoval Haeckel, potom by každý nasledujúci organizmus musel počas vývinu najskôr prechádzať ancestrálnymi formami a až potom by nadobudol svoju adultnú podobu.

Predstavoval si, že táto „rekapitulácia“ minulých foriem sa odohráva vo vyvíjajúcich sa embryách, a tak ich skúmal a hľadal v nich stopy po evolučných genealógiách. Podľa darwinizmu rekapitulácia nastať nemusí, pretože ten predpokladá, že odchýlka sa vyskytuje už pri počatí (alebo aspoň pred narodením), a nie neskôr počas života, no aj Darwin spozornel, keď Haeckel začal v embryách rozličných druhov stavovcov hľadať o nej dôkazy. Každému jasný a viditeľný dôkaz evolúcie priniesli Haeckelove kresby embryí, nakreslené podľa rozličných živočíchov od ryby a korytnačky až po ošípanú a človeka. Jeho embryá vyzerali v raných štádiách prakticky rovnako, odlišovať sa začali až v priebehu vývinu. Ontogenéza (čiže vývin jedinca) rekapituluje fylogenezu (čiže evolučnú históriu svojej skupiny), vyhlásil Haeckel. Nazval to svojim „biogenetickým pravidlom“. Oponenti mohli teoreticky spochybniť iba jeho pozorovania, pretože závery z týchto pozorovaní sa zdali neotrasiteľné. Ako sa neskôr ukázalo, podobnosti medzi ranými embryami Haeckel poriadne zveličil. Načas však Haeckelovo biogenetické

pravidlo slúžilo ako mocný argument v prospech evolúcie a Haeckelove kresby sa hojne publikovali [a hoci sú falzifikátom, na celom svete sa v mnohých učebniciach biológie publikujú dodnes].

Citované zo zdroja: Edward Larson, 2006: Evolúcia. Slovart.



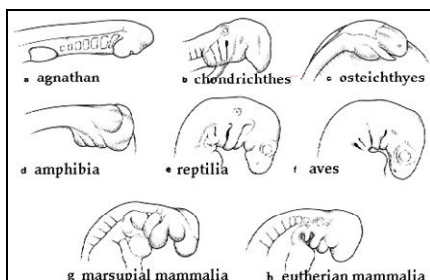
Haeckelova verzia (1874) embryonálneho vývinu stavovcov. Vrchný rad zobrazuje rané štádium spoločné pre všetky skupiny, stredný rad akési prostredné štádium vývinu a spodný rad veľmi pokročilé štádium vývinu. Zľava doprava sú zobrazení vybraní zástupcovia hlavných skupín stavovcov: ryba, obojživelník (salamandra), plaz (korytnačka), vták (kurča), cicavce (prasa, krava, králik a človek).

(Spracované podľa: Richardson et al 1997).

2.4 Haeckel a archetyp stavovcov

M. Richardson et al. (1997) uviedli na pravú mieru zásadný omyl, ktorý sprevádzal prácu vývinových a evolučných biológov už od čias Ernsta Haeckela. Haeckel (1874) totiž tvrdil, že zástupcovia všetkých tried stavovcov prechádzajú určitým totožným, evolučne zakonzervovaným **"fylotypickým"** štádiom. Až do publikovania tohto Richardsonovho článku sa predpokladalo, že Haeckel má pravdu a že také štádium identické pre všetky stavovce skutočne jestvuje, pričom rozdiely medzi stavovcami - ich špecifiká - sa teda objavujú až počas neskoršieho vývinu. Dokonca sa viedli rozsiahle diskusie, čo vlastne presne predstavuje toto fylotypické štádium (Richardson, 1995). Niektorí autori zaň považovali štádium **neuruly** (Wolpert, 1991), iní štádium **"pharynguly"** (charakterizované žiabrovými oblúkmi; Ballard, 1981), štádium začiatku diferenciácie chvostovej časti tela (Slack et al., 1993), či štádiá medzi začiatkom napriamovania hlavovej časti a začiatkom diferenciácie chvostovej časti tela (Duboule, 1994). Haeckelova predstava embryológie stavovcov (obr. hore) skutočne navádza k domnienke, že všetky embryá stavovcov (bez ohľadu na to aký vývin prekonali pred týmto štádiom) majú štádium, keď vyzerajú takmer identicky.

Zdroj: Scott Gilbert, 1998: <http://zygote.swarthmore.edu/evo5.html> (upravené)

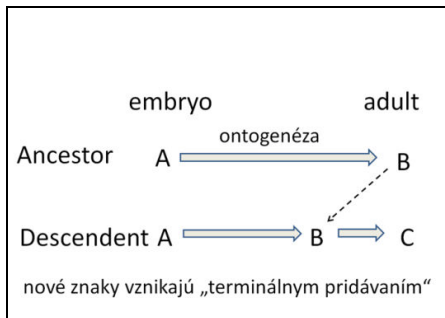


(Spracované podľa: Richardson et al. 1997).

Vybrané embryá vo **"fylotypickom"** štádiu. (A) mihuľa (kruhoustovec, *Petromyzon*) s takmer identickými pažerákovými vreckami a srdcom kaudálne od pažeráku; (B) torpeda (rajovidný drsnokožec, *Torpedo*) s takmer identickými pažerákovými vreckami a výrazným ohybom medzi zadným a stredným mozgom; (C) jeseter (ryba, *Acipenser*) pažerákové vrecká ešte nevyvinuté; (D) žaba (obojživelník s priamym vývinom, *Eleutherodactylus*), ktorá už má základy zadných končatín (na obr. nezobrazené), ale iba dva páry žiabrových oblúkov; (E) korytnačka (plaz, *Emys*) embryo kraniokaudálne málo skrútené, kým kurča (vtáčie embryo, F) je výrazne skrútené; (G) kuskus (vačkovec, *Trichosurus*) má na rozdiel od drsnokožcov veľké maxilárne a mandibulárne výbežky.

Problém je v tom, že Haeckelove kresby sú **chybné**. Predstavujú totiž prílišné zjednodušenie oproti skutočnému stavu, a to až také, že maskujú významné rozdiely medzi embryami jednotlivých skupín stavovcov. Aby však nedošlo k nedorozumeniu, nejde o to, že by embryá jednotlivých tried stavovcov mali v určitom štádiu málo spoločných znakov - napríklad v štádiu pokročilého vývinu chvostovej časti tela majú prakticky všetky embryá stavovcov somity, neurálnu rúru, základy očí, chordu či pažerákové vrecká. Richardson et al. (1997) ani nekritizujú názor, že toto štádium je u všetkých druhov takmer identické a že rozdiely medzi nimi sa objavujú počas následného vývinu. Upozorňujú však na významné rozdiely medzi triedami stavovcov. Hneď prvou rozdielnou vecou je veľkosť. Embryá niektorých rýb merajú pri tomto štádiu iba 700 mikrónov, zatiaľ čo zobrazený druh salamandry približne 9 mm. Ďalším, a zrejme ešte vypuklejšim, problémom je **heterochrónia**. Niektoré druhy žiab s priamym vývinom, ako aj vajcorodé cicavce majú v tomto štádiu už vyvinuté základy končatín, kým u iných stavovcov sa základy končatín objavujú až podstatne neskôr. Pre vtáky je charakteristický vyčnievajúci *mesencephalon*. Väčšina stavovcov už má v tomto štádiu vyvinuté srdce, ale diano pásikavé ešte nie (obr. na strane 7 dole).

Nemeckí biológovia o tomto probléme vedeli už dávno a Haeckelovým kresbám nedôverovali (Goldschmidt, 1956), ba Haeckel bol dokonca na Univerzite v Jene, kde pôsobil, údajne obvinený z vedeckého podvrhu (pozri Hamblin, 1997; Richardson et al., 1997b). Myšlienka, že rané embryá stavovcov sú v zásade totožné však napriek tomu pretrvala. Gilbert (1998) sa domnieva, že to má dva dôvody: 1) Haeckelova ilustrácia bola reprodukováaná v Romaneho diele *Darwin po Darwinovi* (1901) a tak sa dostala do anglofónnej biológie, 2) Haeckelov obrázok sa často využíva najmä na ilustráciu **von Baerových** princípov, a nie Haeckelovho biogenetického pravidla. **K. E. von Baer** si totiž všimol, že u veľkých skupín živočíchov sa všeobecné znaky objavujú počas vývinu včasnšie ako špecializované (pozri ďalej).



Vráťme sa teraz k Haeckelovmu **bioogenetickému pravidlu recapitulácie**: ontogenéza je skrátenou verziou fylogenézy. Inými slovami, adultné štádiá reťazca ancestorov sa opakujú počas ontogenézy následníckych druhov, sú však zatlačené do úzadia v skorších štádiách ontogenézy.

Inými slovami, žiabrové štrbiny ľudského embrya sú podľa niektorých Haeckelových vyjadrení doslova také isté štruktúry ako žiabrové štrbiny našich predchodcov (rýb), ibaže sú počas ranej ontogenézy zatlačené do úzadia, a to akceleráciou vývinu u zástupcov následníckych vývojových línií. Ešte inak: sekvencia vývinových udalostí sa podľa Haeckela skondenzovala do kratších časových úsekov a nové znaky vznikali terminálnym pridávaním (obr. hore). Pre úplnosť, treba dodať, že z iných Haeckelových vyjadrení takéto jednoznačné (a dnes kritizované) videnie vzťahu medzi ontogenézou a evolúciou nevyplýva (pozri ďalej).

Treba si však všimnúť, že "fylotypické" štádium zahŕňa nielen podobnosti, ale aj rozdiely. Skutočnosť preto lepšie vystihujú von Baerove pravidlá:

1. Počas vývinu z vajíčka sa všeobecné znaky objavujú skôr ako špeciálne
2. Zo všeobecných znakov sa vyvíjajú menej všeobecné a napokon špeciálne
3. Živočích sa počas vývinu čoraz väčšmi vzdaluje od iných živočíchov
4. Rané štádiá vývinu živočicha nie sú identické s adultnými štádiami predchodcov, ale s ich ranými štádiami

Inými slovami: kuracie embryo možno najskôr rozoznať ako rané štádium stavovca, nie však iného konkrétneho nižšieho taxónu. Neskôr v ňom spoznáme vtáka a napokon *Gallus domesticus*. Ešte inak: žiabrové štrbiny ľudského embrya nie sú adultným štádiom ancestorov, sú však jednoducho orgánom, ktorý je spoločný pre ranú ontogenézu všetkých stavovcov. Haeckelove aj von Baerove myšlienky predchádzali Darwinovu teóriu prírodného výberu, avšak biogenteické pravidlo napokon stratilo vo svetle nových poznatkov experimentálnej embrológie a mendelovskej genetiky na príťažlivosti. Embryológia odhalila, že jestvuje veľká variabilita v načasovaní vývinu a že miera vývinu rozličných častí organizmu sa môžu líšiť, genetika zasa, že gény môžu sôsobovať zmeny v ktoromkoľvek štádiu vývinu a že terminálne pridávanie nie je jedinou možnosťou pokračovania vývinu.

2.5 Haeckel a jeho miesto v modernej biológii

1. Jeho hlavný prínos spočíva v úsilí integrovať taxonómiu a embryológiu do darwinovského rámca, čiže **využiť embryológiu pri rekonštrukcii fylogeny**. Haeckelovo dielo má veľký historický i vedecký význam, pričom významne ovplyvnilo moderné myslenie v evolučnej vývinovej biológii a fylogenetike.

2. Haeckelovo biogenetické pravidlo vytvára predikciu o zaradení starobyklých a pokročilých znakov vo vývinových sekvenciách. Heterochróniu si Haeckel predstavoval ako zmenu poradia vývinových udalostí (sekvenčná heterochrónia). Sekvenčnú heterochróniu dnes využívajú niektoré moderné metódy porovnávacie embryológie (metóda "párovania udalostí"). Haeckelova "abecedná analógia" poukazuje na znaky alebo štádiá (nie vždy je z jeho prác jasné, či má na mysli znaky, alebo štádiá), ktoré a) zo sekvencie vypadli, b) boli terminálne pridané, alebo c) podstúpili transformáciu. Haeckel býva často obviňovaný z obhajovania **absurdných scenárov rekapitulácie** – napríklad rybič žiaber v embryu človeka. V niektorých písomnostiach však sám Haeckel takéto scenáre explicitne **odmieta**.

3. Súčasné názory na Haeckela sú veľmi nejednoznačné. Jeho základné (rané) embryologické práce si vyslúžili veľké uznanie, okolo biogenetického pravidla a rekapitulácie je však veľa nejasností. Časť z týchto nejasností možno pripísať Haeckelovej **nejednoznačnosti** i **logickým chybám**, ktorých sa dopustil vo svojich publikovaných prácach. Ak sa pozrieme na biogenetické pravidlo vo svetle transformácie niektorých **jednotlivých znakov**, ukáže sa ako **platné**. Na druhej strane, medzi stavovcami sa dosiaľ nenašiel jediný dôkaz rekapitulácie **celých štádií** (etáp) vývinu. Z Haeckelovho modelu vyplýva rovnaká predikcia, ako z von Baerovho: starobylé (plesiomorfne) znaky sa počas ontogenézy transformujú na pokročilé (apomorfne).

4. Prečo je to tak? Ak sa pozrieme na biogenetické pravidlo vo svetle transformácie niektorých **jednotlivých znakov**, ukáže sa ako **platné**. Na druhej strane, medzi stavovcami sa dosiaľ nenašiel jediný dôkaz rekapitulácie **celých štádií** (etáp) vývinu. Z Haeckelovho modelu vyplýva rovnaká predikcia, ako z von Baerovho: starobylé (plesiomorfne) znaky sa počas ontogenézy transformujú na pokročilé (apomorfne).

5. Haeckelove kresby musíme považovať za plagiáty, resp. falzifikáty – Haeckel upravoval kresby tak, aby vyhovovali jeho teóriám, takže kresby neodrážajú realitu. Dajú sa ale vnímať ako nekvantitatívne schématické ilustrácie slúžiace účelom porovnávacej embryológie.

6. Vyššie uvedené fakty sa však vzťahujú iba na konkrétne Haeckelove kresby a myšlienky, v nijakom prípade z nich nemožno odvodiť záver, že naše poznatky z vývinovej biológie nepodporujú teóriu evolúcie, ako sa to snažia prezentovať zástancovia myšlienky inteligentného dizajnu (pozri ďalej).

3 Ontogenéza v každodennom živote: interrupcie

3.1 Veda má jasno, na rade je spoločnosť

Nedávno zosnulý renomovaný evolučný biológ Stephen Jay Gould v jednej zo svojich brilantných esejí napísal, že dôležitosť evolúcie v ľudskom myslení najlepšie vyjadruje známy výrok Sigmunda Freuda. Ten s úškrnom a výslovnou iróniou poznamenal, že všetky vedecké revolúcie majú spoločnú jedinú črtu: zhadzujú ľudskú pýchu z jedného piedestálu za druhým a dokazujú falošnosť presvedčenia o našom vládnucem postavení vo vesmíre. Čo môže byť ponížujúcejšie, než obrat od nášho nazerania na seba samých ako na vládcov prírody stvorených na Boží obraz, k univerzálnemu poznaniu, že sme príbuzní všetkým ostatným tvorom?

Zástanovia (niekedy aj odporcovia) interrupcií čitateľovi tvrdošijne podsúvajú tvrdenie, že veda dosiaľ nedokáže odpovedať na otázku, kedy vzniká ľudský život. Oľga Pietruchová napríklad píše, že „otázka počiatku života je ideologickým sporom filozofov a právnikov už stáročia, doteraz bez jasného záveru” (SME, 30. 1. 2003). Z takto formulovanej vety nie je jasné, či má na mysli otázku života na Zemi ako takého, alebo tzv. otázku vzniku “ľudského života”. Ak jej ide o vznik života na Zemi, potom má pravdu, to nám ale pri riešení otázky, čo s interrupciami, nepomôže. Ak sa však jej tvrdenie implicitne vzťahuje na vznik *ľudského jedinca*, potom sa hlboko mylí. A pri interrupciách nejde o žiadny abstraktný “ľudský život”, ale o život konkrétneho *ľudského jedinca*. Keď sa budeme pri hľadaní odpovede na otázku, či je 12-týždňový plod ľudským jedincom, alebo nie, riadiť poznatkami biológie, kladná odpoveď je celkom jednoznačná a nespochybniteľná. To isté dokonca platí aj vtedy, keď sa opýtame, či je je ľudským jedincom trebárs 24-hodinové embryo. Ak by som chcel parafrázovať člena Inštitútu pre logické myslenie Daniela Forgácsa, napísal by som toto: neustála snaha vymyslieť nejakú slovnú hračku, ktorá túto skutočnosť zahmlí, je doslova trápna.

Človek nie je z biologického hľadiska nič viac ako jeden z miliónov druhov organizmov. Veda mu dala meno *Homo sapiens* a v systéme organizmov ho zaraďuje do ríše živočíchov. Nie je to náhoda, s ostatnými živočíchmi máme veľa spoločných znakov vrátane spôsobu rozmnožovania. Daniel Forgács (SME, 19. 6. 2003) tvrdí, že “oploďnená bunka nemá, s výnimkou ľudského DNA, nijakú verifikovateľnú vlastnosť obvykle prisudzovanú človeku. Mať ľudskú DNA, zrejme nestačí na to, aby bola entita uznaná za človeka”... Pozoruhodné konštatovania, v kontexte interrupcií však majú elementárnu logickú chybu – pri interrupciách nejde o niečo také abstraktné, ako “ľudská entita” či “ľudský život”, ale o *život konkrétneho ľudského jedinca*. Navyše, interrupcie sa nevykonávajú na oplodnenej bunke, ale na vyvinutom ľudskom embryu. Aj my všetci, ktorí o problematike interrupcií diskutujeme, sme ľudskí jedinci, teda jedinci druhu *Homo sapiens*, ktorí majú časť svojho individuálneho vývinu (ontogenézy) už za sebou a časť ešte pred sebou. Apropos (prosím, aby sa nikto neurazil), túto diskusiu vedíme aj vďaka tomu, že sa nikto z nás v ranom intervale našej ontogenézy nestal objektom inerrupcie.

Možno sa to bude niekomu zdať absurdné, ale v otázke interrupcií ide v istom zmysle aj o konflikt záujmov – rozhodovanie majú v rukách tí, ktorí už majú 12-týždňový aj 24-týždňový interval vlastnej ontogenézy za sebou... Otázku, či je konkrétny jedinec *Homo sapiens* 12 týždňov (ale napríklad aj 24 hodín) po počatí človekom, má veda spoľahlivo vyriešenú. Vôbec pritom nezáleží, či má daný jedinec už vyvinuté také či onaké orgány, ktorým sa právnici, politici či občianski aktivisti nepochopiteľne pokúšajú prisúdiť alebo odoprieť atribúty “ľudského života”. Bez absolvovania tohto intervalu ontogenézy sa ešte žiaden narodený (a teda voľným okom viditeľný) jedinec nestal “ľudskou bytosťou”. Horúci zemiak teda nemá v rukách veda, ale spoločnosť, a to nielen slovenská, aby sa právne a morálne, pritom veľmi citlivo a berúc do úvahy všetky dôsledky, vyrovnala s otázkou, či je prípustné zámerne ukončiť život ľudského jedinca v niektorom štádiu jeho vývinu pred narodením.

3.2 Debata s hlavou v piesku (Ad: Život nie je posvätný)

Zdá sa, že debata o interrupciách je už poriadne zacyklená. Vo svojom predchádzajúcom príspevku (SME 2.7.) som sa okrem iného usilovať upozorniť na skutočnosť, že pri riešení problému, čo s interrupciami, mnohí účastníci diskusie vedome či nevedome odpútavajú pozornosť od faktu, že pri každej interrupcii ide vždy o *život konkrétneho ľudského jedinca*. Nevyhol sa tomu ani Miroslav Kusý, keď napísal “Moderná veda nechápe život ako nejaký nemenný stav, ale ako zložitý vývojový proces. Fakt oplodnenia je pre ňu len jedným momentom tohto procesu.” (SME 12. 7. 2003). S týmito všeobecnými vetami možno bez výhrad súhlasiť, súčasne však nemôžem odolať, aby som sa neopýtal, čo to má vlastne spoločné s interrupciou vykonanou na konkrétnom ľudskom jedincovi?

Miroslav Kusý ďalej pokračuje “Jestvuje aj časť vedcov, ktorá tvrdí, že veda má jasno: z hľadiska biológie je vraj každé nové embryo už hotovým ľudským jedincom (Vladimír Kováč, SME 2. 7.)” V tomto prípade už žiaľ nejde o odpútavanie pozornosti od jadra diskusie, ale o skresľovanie názorov prezentovaných inými diskutujúcimi. To skreslenie je síce založené iba na jednom slovíčku (*hotovým*), ono však má v danom kontexte rozhodujúci význam. Tvrdenie, že veda má jasno v tom, či je trebárs 24-hodinové embryo ľudským jedincom, nie je to isté, ako tvrdenie, že 24-hodinové embryo je *hotovým* jedincom. Hotovým pochopiteľne nie je, to však v nijakom prípade neznamená, že nie je *ľudským jedincom*. A v tom má veda o živote (biológia) jasno. Len pre doplnenie, z hľadiska ontogenézy nie je *hotovým* jedincom ani novorodenec, ba dokonca ani 12-ročný tínejdžer.

Na doterajšej diskusii o interrupciách ma najväčšmi zaráža to, že mnohí diskutujúci nemajú zábrany podopierať svoje argumenty “poznatkami” z biológie či lekárskeho vied, hoci ich kvalifikácia je celkom odlišná. Typickým dôsledkom sú potom namiesto odbornej argumentácie rozmanité exkurzy do histórie, o ktoré sa opierajú najmä politológovia, politici či občianski aktivisti. Vážim si ich záujem o veci verejné, podsúvať však čitateľovi, že tvrdenie “24-hodinové ľudské embryo = ľudský jedinec” sa opiera o stredovekú teóriu preformácie čiže homunkula (Miroslav Kusý, SME 12. 7.) je naozaj úsmevné a nepotrebuje ďalší komentár.

Väčšina obhajcov interrupcií argumentuje, že tu ide o spor medzi náboženstvom (ideológiou) a občianskymi právami, politikou, a podobne. Opačný názor na interrupcie najčastejšie považujú za niečo, čo vychádza z idealistickej filozofie alebo náboženských pohnútok (Daniel Forgács, SME 19.6.), ktoré navádzajú hľadiť na život ako na niečo posvätné (Miroslav Kusý, SME 12. 7.). Isto, u mnohých takéto pohnútky skutočne prevládajú, to však vonkoncom neznamená, že nejestvujú aj iné, celkom “neposvätné” dôvody, aby sme sa nad interrupciami zamysleli trochu hlbšie. Tvrdenie “24-hodinové ľudské embryo = ľudský jedinec” (uvádzam ho ako príklad) sa totiž zakladá výhradne na *materialistických* princípoch a s “aktom božského vdychnutia” ani “babigom” (Daniel Forgács, SME 19.6.) nemá nič spoločné. Tento fakt môžem kedykoľvek podložiť vedeckými argumentami.

Z biologického hľadiska nie je interrupcia nič iné, ako zámerné ukončenie života ľudského jedinca v niektorom štádiu jeho vývinu pred narodením. Za tým si stojím ako biológ. Keďže nie som právnik, nedovolím si však tvrdiť, že ide o vraždu alebo iný trestný čin. Nedovolím si ani najmenšiu výčitku voči ženám, ktoré sa doteraz k interrupcii z takých či onakých dôvodov uchýlili. Ale práve o takýchto veciach – právnych a morálnych aspektoch interrupcií – by mali perspektívne diskutovať právnici, morálne authority, politici, politológovia či občianski aktivisti. Pravda, z otázky interrupcií sa stalo – a nielen na Slovensku – lukratívne politikum, takže robí si nádeje, že debata bude logická a korektná by bolo naivné. Akokoľvek, strkanie hlavy do piesku a vyhováranie sa na to, že veda dnes nevie jednoznačne povedať, kedy sa zygota stáva človekom, považujem za – odpusťte mi brutálnu úprimnosť – zbabelé.

3.3 Človek, to znie hrdo – ale odkedy je človekom

Biológ Vladimír Kováč vedome zavádza, keď tvrdí (SME 2. 7. a 18. 7), že veda o živote má jasno v tom, že oplodnením vajíčka spermiou je počatý ľudský jedinec. Musí predsa vedieť, že jestvuje relevantná časť moderných vedcov tvrdiacich, že veda nemá jednoznačnú odpoveď na otázku, kedy sa ľudský zárodok stáva človekom, prípadne, že na túto otázku sa ani jednoznačne odpovedať nedá. Priamo v SME toto stanovisko už pred ním doložil Štefan Vendel (SME 24. 6.).

Vladimír Kováč sa dopúšťa logickej chyby typu post hoc, ergo propter hoc, keď argumentuje regresívne. Teda, že z hľadiska každého žijúceho jedinca sa jeho život začal počatím. Keby sme nasledujúci život jeho zygoty, embrya a plodu kedykoľvek prerušili, šlo by o „zámerné ukončenie života ľudského jedinca v niektorom štádiu jeho vývinu pred narodením“. Prečo však s týmto regresom končiť práve pri vzniku určitej zygoty? Veď keby sme predtým prerušili život príslušnej spermie alebo vajíčka, nedošlo by ani k vzniku danej zygoty a plodu a podľa tejto logiky by sme to tiež mohli kvalifikovať ako „zámerné ukončenie života ľudského jedinca“!

Skúsme postupovať progresívnou cestou. Takto uvažujú genetici, zastávajúci opačný názor ako Vladimír Kováč. Napríklad podľa známeho amerického embryológa Clifforda Grobsteina (When does life begin?, Psychology Today 23/1989, 43 - 46) sa plod stáva ľudským jedincom okolo 26. týždňa od počatia. Preňho je rozhodujúcou hranicou prístrojovo overiteľné nadobudnutie vedomia (individuálnej psychiky) záznamom vzniku elektrických potenciálov v mozgu. Teda tou istou cestou, akou súčasná medicína určuje moment smrti jedinca ukončením elektrickej aktivity jeho mozgu. Medzi tým je však ešte niekoľko rozhodujúcich fáz života plodu. Oplodnené vajíčko má totiž pred sebou viac ciest. Do dvoch týždňov sa môže, ale nemusí usadiť v maternici. V Kováčovom poňatí by samovoľným odchodom a uhynutím množstva týchto zygot malo vlastne ísť o masové samovoľné interrupcie.

Podľa Grobsteina prvé dva týždne po počatí ešte nie sú tehotenstvom. V prvých dňoch po splynutí sa zárodočné bunky môžu rozdeliť a dostaneme embyá jednovaječných dvojčiat. Ak sa život jedinca začína podľa Kováča počatím, kedy sa potom začína život dvojčata: tiež už počatím alebo až rozdvojením? Až po štyroch týždňoch od počatia má zárodok pracujúce srdce, plod sa začne pohybovať až v šiestom týždni. EEG zachytí elektrickú aktivitu mozgu až po 26. týždni od počatia. Po 30. týždni možno na plode rozlišovať stavy spánku a bdenia. Podľa regresívnej Kováčovej logiky toto všetko smeruje späť k momentu oplodnenia vajíčka, keď ľudský jedinec začína jestvovať; podľa progresívnej Grobsteinovej logiky sú toto všetko vývojové fázy vzniku ľudského jedinca ako kvalitatívne novej entity. Keď ho Grobstein stanovuje na vznik vedomia v 26. týždni od počatia, dôvodí to aj tým, že pred touto hranicou nedokáže súčasná medicína mimo maternice udržať plod pri živote.

Grobsteinova hranica je relatívna a arbitrárna a s rozvojom biologického poznania sa môže ďalej upresňovať. Javí sa mi však ako omnoho lepšie zargumentovaná než absolútne stanovená Kováčová hranica, ktorá uvedené vývojové fázy plodu ignoruje. V tomto sa zhoduje s katolíckym pohľadom na vec. Až potiaľto som reprodukoval názory druhej strany biologického pohľadu na vec, ktoré Vladimír Kováč zamlčuje. Dôsledky, presahujúce čisto odbornú vedeckú diskusiu, má však práve jeho záver, že „pri každej interrupcii ide vždy o život konkrétneho ľudského jedinca.“ Podľa Grobsteina (a mnohých iných vedcov) sa v prvých dvoch týždňoch nedá hovoriť o interrupcii, ale len o predídení tehotenstva a prerušenie života plodu do 26. týždňa ešte nie je prerušením života konkrétneho ľudského jedinca.

Český psychológ Oldřich Matoušek uvádza, že „veda rozlišuje niekoľko stránok ľudskej individuality: genetickú (hneď po splynutí zárodočných buniek), vývojovú (po usadení vajíčka v maternici dva týždne po počatí), funkčnú (vznik základných telesných orgánov štyri týždne po počatí), behaviorálnu (prejavujúcu sa samostatným správaním, zhruba po 12. týždni), psychickú (ktorej kritériom je vedomie, najskôr po

24. týždni), spoločenskú (po narodení).“ (Rodina jako instituce a vztahová síť, Slon, Praha 1997, s. 47) Kováč sa pohybuje iba v prvej z nich.

Zdroj: MIROSLAV KUSÝ, SME, 25. 7. 2003

3.4 Ad: Človek, to znie hrdo... (25. 7.)

Miroslav Kusý ma obvinil z vedomého zavádzania, ktorého som sa mal dopustiť tvrdením, že veda má jasno v otázkach vzniku ľudského jedinca. Vo svojom príspevku však hovorí o celkom iných aspektoch ľudskej ontogenézy ako ja.

Podľa všetkých dostupných vedeckých poznatkov človek vznikol v procese evolúcie. Keďže má s ostatnými živočíchmi spoločnú významnú časť svojho historického vývoja, podlieha rovnakým biologickým zákonitostiam ako všetky ostatné mnohobunkové unitárne organizmy. Keď vznikne zygota druhu *Homo sapiens* a začne sa proces delenia buniek, je to jedinec rovnocenný s jedincom ktoréhokolvek iného druhu mnohobunkového unitárneho organizmu.

Toľko biológia, ktorá v tom má jasno. M. Kusý však polemizuje s týmto názorom výlučne z pozície psychológie. Ani C. Grobstein, na ktorého sa odvoláva, nehovorí o tom, kedy vzniká ľudský jedinec (po anglicky „an individual“), ale o tom, kedy vzniká „individuality“, resp. „personhood“, teda ľudská individualita, resp. niečo ako osobnosť. M. Kusý mi tiež pripisuje logickú chybu vyplývajúcu z „regresívnej argumentácie“. „Prečo však s týmto regresom končiť práve pri vzniku určitej zygoty?“ pýta sa a pridáva: „Veď keby sme predtým prerušili život príslušnej spermie alebo vajíčka, nedošlo by ani k vzniku danej zygoty a plodu a podľa tejto logiky by sme to tiež mohli kvalifikovať ako ‘zámerné ukončenie života ľudského jedinca!’“ Omyl! Pohlavné bunky (spermie a vajíčka) nemožno v nijakom prípade stotožňovať so zárodočnými, resp. somatickými. Každý sa o tom môže presvedčiť v odbornej literatúre.

Podľa M. Kusého v mojom poňatí sú samovoľné odchody množstva zygot (z tela matky) masovými samovoľnými interrupciami. Opäť omyl. Slovom interrupcia označujeme zámerné a nie samovoľné prerušenie. Ak Grobstein tvrdí, že prvé dva týždne po počatí ešte nie sú farchavosťou, v poriadku. Ibaže farchavosť je stav matky, a nie zárodok! Ten medzitým nezmizol niekam do stratena, aby sa potom zrazu objavil, ale už existuje a vyvíja sa ako živý jedinec. M. Kusý sa okrem Grobsteina opiera aj o psychológa Matouška. Ďalšia chyba. Nejde totiž o Matouškove vlastné rozlišovanie niekoľkých stránok ľudskej individuality (všimnite si individualita nie individuum, teda jedinec), iba ho prevzal od slova doslova práve od C. Grobsteina. Mimochodom, akej entite pripisuje M. Kusý Grobsteinom i Matouškom uvádzanú genetickú individualitu, ak nie jedincovi biologického druhu *Homo sapiens*?

Svojimi príspevkami som nemal v úmysle kriminalizovať interrupcie (pozri SME 18. 7.), ani prisudzovať nenarodeným jedincom ľudské práva. Na to sú iní odborníci. Chcel som však upozorniť, že interrupcia nie je iba odstránenie akéhosi abstraktného kusa tkaniva z tela matky, ale - musím to znova zopakovať - zámerné ukončenie života ľudského jedinca v niektorom štádiu jeho vývinu pred narodením. Znova tiež opakujem, že za súčasnej situácie (právny stav, morálne hodnoty, informovanosť spoločnosti) si nedovoľujem v súvislosti s interrupciami akúkoľvek výčitku voči nijakých osobám, najmä nie voči ženám. Z mojich príspevkov vyplýva aj jedno želanie - aby osobnosti verejného života perspektívne diskutovali o právnych a morálnych aspektoch interrupcií a nevybíjali sa nezmyselne v zložitých odborných diskusiách.

Zdroj: VLADIMÍR KOVÁČ, SME 5.8.2003

3.5 Veda, ontogenéza a interrupcie

„Veda má teda v otázke, odkedy je človek človekom, celkom jasno. Odpovedať na morálne, etické či právne otázky spojené s interrupciami však nemôže, ba ani nesmie. To sú otázky za hranicami pôsobnosti vedy. Vedci ako jednotlivci, pochopiteľne, majú svoj osobný názor na mnohé veci, ako skupina však musia pri takýchto otázkach mlčať. Veda ako taká sa jednoducho nemôže vyjadrovať ku konkrétnemu riešeniu morálnych, etických, estetických, sociálnych alebo metafyzických otázok. Na rade je spoločnosť, ktorá by sa mala rozhodovať na základe všetkých dostupných poznatkov, kultúrnych tradícií, morálnych hodnôt či úrovne ľudských práv a čestne a citlivo sa s problémom interrupcií či neželanej ťarchavosti vyrovnáť. Na vedu sa už vyhovárať nemôže.“

Kováč, V. 2007: Pánom života je čas. Albert Marenčin Vydavateľstvo PT, Bratislava, 182 s.

4 Ontogenéza a jej interpretácia

Zdokumentovanie raného vývinu akéhokoľvek živočícha (napríklad ryby) je predovšetkým vecou základných znalostí zo všeobecnej zoológie a ichtyológie, zručnosti, skúsenosti, technickej zdatnosti a úrovne technického vybavenia. V tomto ohľade úroveň jednotlivých publikácií o ranom vývine určitého druhu ryby (bez ohľadu na to, či ide o lokálny vedecký časopis, alebo o renomovaný medzinárodný vedecký časopis s celosvetovým dosahom) závisí najmä od toho, ako autor zvláda vyššie uvedené požiadavky.

Celkom iná situácia však nastáva pri úlohe, ako získané výsledky a pozorovania interpretovať. Tu sa už ichtyológovia v názoroch na ontogenézu dosť rozchádzajú, pričom ich možno, bez ohľadu na kvalitu spracovania, rozdeliť na dve hlavné skupiny. Nazvime ich pracovne „gradualistami“ a „saltatoristami“. Podstatou ich sporu je rozdielne vnímanie a následná interpretácia ontogenézy, najmä raného vývinu. Vyvíjajú sa teda ryby (a iné organizmy) postupne a plynule, ako si myslia „gradualisti“ alebo je ich vývin „skokovitý“ a možno v ňom rozlíšiť prirodzené vývinové intervaly oddelené prahovými udalosťami, ako tvrdia „saltatoristi“?

4.1 Teória o etapovitosti vývinu rýb

Základom úvah o tom, že ontogenéza nie je len proces postupného, rovnomerného a plynulého hromadenia zmien, ale proces, ktorý v sebe zahŕňa aj náhle, nerovnomerné, ba priam skokovité zmeny a rozhodujúce posuny vo vývine, sa stali myšlienkou a prácou ruských ichtyológov z konca štyridsiatych a z päťdesiatych rokov 20. storočia (Rass 1946, 1948; Vasnevov 1946, 1953; Kryžanovskij 1949; Vernidub a Guzeva 1950; Disler 1951; Kryžanovskij, Disler a Smirnova 1953). Teória o etapovitosti vývinu rýb však bola zaťažená marxistickou ideológiou, čo sa prejavovalo v nazeraní na ontogenézu predovšetkým ako na proces, ktorý v zmysle marxisticko-leninského ponímania hegelovskej dialektiky podlieha zákonu o prechode kvantity v kvalitu a zákonu o boji a jednote protikladov.

Podľa tejto teórie sa všetky významné zmeny organizmu odohrávajú rýchlo a skokovito, pričom medzi skokovitými zmenami sa uskutočňuje rast a pomalé, niekedy len sotva badateľné zmeny, ktoré však vlastne nič neznamenajú, pretože biologické

vlastnosti, napríklad spôsob plávania či výživy jedinca, sa nemení (Vasnečov 1953). V etapách teda prebiehajú najmä kvantitatívne zmeny určitých kvalít organizmu a po dosiahnutí určitého stupňa sa menia na novú kvalitu. Nová kvalita v morfológii, ale aj ekológii a fyziológii jedinca vzniká na prelome etáp, pričom prechod z jednej etapy na druhú sa odohráva rýchlo. Staré orgány zanikajú a začínajú fungovať nové. V súvislosti s tým sa menia biologické vlastnosti jedinca a jeho vzťahy k prostrediu, na ktoré je adaptovaný. Etapy však spolu úzko súvisia a sú od seba navzájom závislé, pretože sú len postupnými úsekmi života toho istého organizmu.

Takéto chápanie ontogenézy však nevystihovalo celkom správne biologickú podstatu ontogenézy, pretože bolo založené na adaptacionistickom a selektivistickom prístupe, ktorý vychádzal z ideí neustáleho konfliktu medzi organizmom a prostredím. Podľa tejto idey, a v súlade so zákonom o boji a jednote protikladov, prostredie vytvára neprestajný tlak na organizmy, a tie sa musia neprestajne prispôbovať, inak zahynú. Prírodným výberom sa potom vyselektujú organizmy, ktoré sa dokážu prispôbiť a prežiť. Teória o etapovitosti ontogenézy navyše priveľmi zdôrazňovala skokovitosť tohto procesu, vyvolávajúc u mnohých čitateľov dojem, že ryba sa počas svojho vývinu naozaj mení skokovito – priamo pred našimi očami. V každom prípade ale treba jej autorom vysloviť uznanie, pretože na vtedajšiu dobu išlo o veľmi pokrokovú teóriu, ktorá dodala bádaniu v oblasti ontogenézy nové impulzy a vytvorila pevné základy pre vznik ďalších teórií.

4.2 Teória saltatorickej ontogenézy

Na teóriu o etapovitosti vývinu rýb nadviazal Balon (1956a, 1956b, 1958, 1959a, 1959b, 1959c, 1960a, 1960b), ktorý ju napokon na základe hlbšieho poznania biologickej podstaty ontogenetických procesov pretransformoval do teórie o skokovitom charaktere ontogenézy (1979a). V dôsledku neutíchajúcej kritiky, ale aj v dôsledku permanentného získavania nových poznatkov však teóriu často modifikoval (1980a, 1980b, 1984, 1985, 1986b, 1990, 1999), takže v súčasnej podobe (Balon 1990, 1999) sa od pôvodnej verzie (Balon 1979a) v rozličných detailoch značne líši.

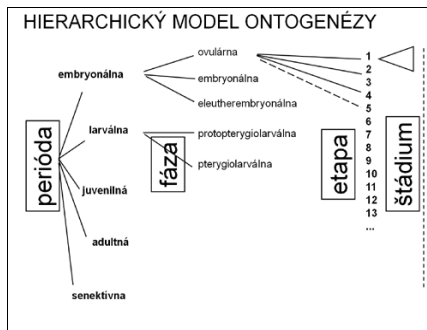
Základná myšlienka, že ontogenéza nie je postupný, ale skokovitý proces, sa v porovnaní s teóriou o etapovitosti vývinu rýb v podstate nezmenila. Zmenilo sa však vnímanie týchto skokov, pretože už nie sú vysvetľované ako adaptačné mechanizmy zahŕňajúce v sebe dialektický konflikt medzi organizmom a prostredím či transformáciu kvantity v kvalitu, ale ako harmonické interakcie zapadajúce do taoistickej koncepcie ponímania života (Balon 1989a, 1989b).

Podľa poslednej verzie teórie o skokovitom charaktere ontogenézy štruktúry, ktoré spolu tvoria systém (orgán) zladujú mieru vývinu tak, aby sa skompletizovali v rovnakom čase, a inicializovali tak vznik novej vitálnej funkcie – napríklad fotoreaktivitu, zmenu substrátu, zmenu výživy, zmenu endokrinných aktivít a podobne – a to prostredníctvom rýchleho prechodu (prahu) z jedného stabilizovaného stavu interakcie orgán-orgán alebo organizmus-prostredie do ďalšieho stabilizovaného stavu týchto interakcií (Balon 1990).

Posun oproti teórii o etapovitosti ontogenézy sa prejavil aj vo východisku pre hodnotenie ontogenézy, ktorým sa stal predpoklad, že populácie fenotypov, ktoré tvoria rozlíšiteľnú jednotku (napr. druh), sa v akomkoľvek čase vyskytujú iba ako rozličné štádiá života individuálneho fenotypu (Balon 1990). Jediná deliaca sa bunka pritom nemôže byť v rovnakom stabilizovanom stave ako oveľa diferencovanejšie mnohobunkové embrya či dokonca reproduktujúci sa dospelý jedinec toho istého druhu (fenotypu). Ontogenéza preto musí pozostávať zo sledu stabilizovaných stavov a nemôže sa uskutočňovať iba postupným množením buniek, diferenciáciou tkanív a orgánov. V určitých intervaloch sa forma, aktivita aj schopnosti vyvíjajúceho sa individua musia pod tlakom okolností meniť. To znamená, že vyvíjajúci sa jedinec

nemôže zostať počas neprestajného pribúdania a miznutia štruktúr konštantne stabilizovaný. Počas stabilizovaných stavov prebieha diferenciácia buniek a tkanív, ako aj rast štruktúr (orgánov), pričom ich vývin predstavuje prípravu na nasledujúci, špecializovanejší stabilizovaný stav.

Homeoretické procesy systému pritom “odolávajú” destabilizácii tak dlho, ako je to len možné. To umožňuje štruktúram, aby sa skompletizovali, a funkciám, aby sa vyvíjali bez zásahu do stabilizovaných životných činností jedinca. Keď je organizmus pripravený na novú alebo doplňujúcu integratívnu akciu, rýchlo prejde prostredníctvom málo stabilného, ale krátko trvajúceho intervalu do nového stabilizovaného stavu. Organizmus sa sám pokúša prekonať menej stabilné stavy čo najrýchlejšie, pretože tieto prirodzené hranice medzi stabilizovanými stavmi môžu predstavovať najzraniteľšie intervaly jeho života.



Veľkou výhodou teórie saltatorickej ontogenézy je, že prináša model ontogenézy, ktorý je postavený na hierarchickom a modulárnom základe. Teória saltatorickej ontogenézy okrem toho narába s konzistentnou terminológiou, ktorá vylučuje akúkoľvek nejednoznačnosť (obr. vľavo).

5 Stvoriteľ, alebo evolúcia?

Evolučná teória je vedecká koncepcia založená na dôkazoch získaných vedeckou metódou, nepredstavuje však jediný súhlasný názorový prúd, ale zmes často protichodných náhľadov. Protichodnosť je dôsledkom rozmanitosti prístupov, ktoré sa evolúciou zaoberajú, ako aj zložitou problematikou, nemožnosťou overovať niektoré hypotézy experimentálne a pod.

Medzi hlavné nástroje vedy patria pozorovanie, experimenty, modelovanie, hypotézy, teórie a **vedecké dôkazy**.

Kreacionizmus je filozofický prístup k svetu, vychádzajúci z predstavy, že svet ako celok vznikol tvorivým aktom nadprirodzenej bytosti. Je založený na **viere**, nie na vedeckých poznatkoch.

Medzi hlavné piliere viery patria tradícia, autorita a zjavenie (tušenie, predtucha). Viera dôkazy nepotrebuje.

Evolucionizmus aj kreacionizmus sa venujú hlavným otázkam bytia, hoci ich spravidla kladú odlišným spôsobom: Kto stvoril vesmír? Ako vznikol vesmír? Čo bolo predtým, ako vznikol vesmír?... Takéto základné otázky bytia sa môžu ocitáť za hranicami zamerania prírodných vied, ako sú matematika, fyzika, chémia, biológia či kozmológia, aj keď práve od týchto vied očakávame odpovede. Tieto otázky preto rieši najmä filozofia. V debatach o počiatkoch však musíme striktno rozlišovať medzi vedou a filozofiou či metafyzikou.

Jednou z najznámejších je úvaha o ničote Martina Heideggera, ktorý ju označil za najfundamentálnejší problém filozofie a sformuloval jednu z najfundamentálnejších otázok:

„Why there is something, rather than nothing?“

Heidegger, M. 1959: Introduction to Metaphysics, Trans. Manheim. New Haven: Yale University Press.

5.1 Od kreacionizmu k evolucionizmu

Kresťanské formy kreacionizmu sú veľmi pestré. Patria medzi ne predstavy, nad ktorými sa môže priemerne vzdelaný človek iba pousmiať, ale aj vážnejšie filozofické smery, ktoré nemožno pri debatách o počiatkoch v nijakom prípade brať na ľahkú váhu. Pre úplnosť treba dodať, že v našich končinách sú mnohé formy kreacionizmu prakticky neznáme. Vznikli v USA a hoci u nás majú len zanedbateľný vplyv, venujeme im zopár riadkov, pretože bez nich ich náš obraz o kreacionizme nebol úplný.

Začneme teda tými jednoduchšími. Zrejme najextrémnejší postoj spomedzi všetkých kreacionistov zastávajú prívrženci myšlienky, že **zem je plochá** a pokrýva ju nebeská klenba. Táto predstava vychádza z doslovného výkladu niektorých verzií Biblie, v ktorých sa spomínajú „štyri kúty Zeme“. Tento extrémistický názor je síce veľmi zriedkavý, predsa však jestvuje, a to aj v inštitucionalizovanej podobe.

Istý posun k racionálnejšiemu vnímaniu reality možno vybadať u **geocentristov**, ktorí síce akceptujú, že Zem je guľatá, odmietajú však, že stredom Slnečnej sústavy je Slnko a že Zem sa pohybuje. Aj zástancovia geocentrizmu vychádzajú z doslovného čítania Biblie a tvrdia, že ich viera nie je založená na nijakej interpretácii, ale na tom, „čo slová hovoria“.

Ďalšie formy kreacionizmu už väčšmi akceptujú poznatky vedy, nedržia sa doslovného výkladu Biblie, a posúvajú sa tak bližšie k realite. Nasledujúca forma sa od predchádzajúcej líši v tom, že akceptuje dôkazy o veku Zeme, ktorý sa nepočíta v tisícoch, ale miliardách rokov (ide o **náboženstvo starej Zeme**: áno, Zem je stará, ale aj tak ju stvoril Boh (Biblia)). Pravda, to neznamená, že by život podľa kreacionistov tejto skupiny nemal byť dielom osobitného stvorenia Bohom alebo že by ich viera nebola založená na Biblii. V každom prípade sú však o niečo prístupnejší vedeckým poznatkom.

Podobne je na tom aj **reštitučný kreacionizmus**, ktorý našiel spôsob, ako sa zmieriť s faktom, že Zem je veľmi stará a súčasne trvať na predstave biblického osobitného stvorenia: podľa reštitučného kreacionizmu bola medzi Genesis 1,1 a Genesis 1,2 veľmi dlhá časová medzera.

Podobný spôsob, ako sa vyrovnáť s vysokým geologickým vekom Zeme, prináša aj kreacionizmus založený na výklade, že dni stvorenia spomínané v Biblii nepredstavujú doslova dni, aké poznáme dnes, ale dlhé časové obdobia, pokojne aj tisíce až milióny rokov (**náboženstvo dňa dlhého ako veky**). Každý deň stvorenia tak mohol trvať celé veky.

Napokon sa dostávame k najrozvinutejším formám kreacionizmu, ktoré si – akokoľvek to niekomu môže znieť podivne – našli svojich prívržencov aj medzi uznávanými vedeckými autoritami. Najvplyvnejšou z nich je v súčasnosti takzvaný **vedecký kreacionizmus**, ktorý – zdá sa – stále naberať na sile. Vyznačuje sa veľmi vypracovanou argumentáciou a narába s overenými vedeckými poznatkami, interpretáciu ktorých sa usiluje prispôbiť vo svoj prospech. Jeho hlavným poslaním nie je len šíriť myšlienku, že život je dielom inteligentnej entity – Inteligentného dizajnéra – ale aj dokazovať ju vedeckými metódami (ide však skôr o podvod, pozri ďalej).

Ešte otvorenejší k poznatkom vedy je v súčasnosti hojne rozšírený takzvaný **progresívny kreacionizmus**, ktorý akceptuje väčšinu poznatkov fyzikálnych vied vrátane Veľkého tresku. Pravda, vníma ho ako dôkaz tvorivej sily Boha a modernú biológiu z väčšej časti odmieta. Progresívni kreacionisti spravidla veria, že Boh stvoril jednotlivé druhy organizmov postupne za sebou, tak ako to môžeme pozorovať na fosílnych záznamoch. Aj novšie druhy sú podľa nich dielom stvoriteľa a nie sú geneticky príbuzné iným.

Ďalšou filozoficky dobre podkutou, no umiernenějšíou formou kreacionizmu je **evolučný kreacionizmus**. Je natoľko pružný, že umožňuje inter-pretácie, ktoré sú v súlade s Bibliou a nemusia byť nevyhnutne v rozpore s objektívnymi poznatkami vedy. Zotráva napríklad na stanovisku, že stvorenie sa skutočne odohralo, nie však v čase, aký sa mu pripisuje, alebo že Adam nebol prvou biologickou ľudskou bytosťou, ale prvou, u ktorej možno rozpoznať duševno či vlastné uvedomenie. Miesto Boha v evolučnom kreacionizme spočíva najmä v tom, že nič sa nedeje bez jeho vôle.

Od evolučného kreacionizmu je len malý krôčik ku konceptu **teistického evolucionizmu**. Podľa tohto konceptu Boh tvorí prostredníctvom evolúcie. Názory teistických evolucionistov, do akej miery Boh do evolúcie zasahuje, sa môžu líšiť, čo znamená, že aj táto forma kreacionizmu sa vyznačuje pružnosťou. Bez problémov môže akceptovať trebárs aj všetky poznatky modernej vedy, no v niektorých veciach, napríklad v otázke stvorenia ľudskej duše, sa odvoláva na Boha, ktorý sa podľa teistických evolucionistov nachádza za hranicami ríše vedy. Jedným z najvýznamnejších protagonistov teistického evolucionizmu bol slávny francúzsky mysliteľ, paleontológ, evolučný biológ a jezuita v jednej osobe Teilhard de Chardin.

Posuňme sa ešte ďalej na pomyslenej trajektórii kreacionisticko-evolucionistického kontinua. Dostaneme sa tak ešte ďalej od viery v stvorenie k opačnému koncu kontinua – k postoju rýdzo materialistickému a ateistickému. Pred dosiahnutím tohto konca však natrafíme na ešte jeden myšlienkový prúd, ktorý Boha zo svojho uvažovania celkom nevyučuje. Je to **metodologický materialistický evolucionizmus**. Ak v predchádzajúcich – kreacionistických postojoch – prevládala filozofia nad vedou, metodologický materialistický evolucionizmus je v sekvencii nášho kontinua prvým myšlienkovým prúdom, v ktorom dominuje veda, kým filozofia v ňom zohráva iba druhoradú, sprievodnú úlohu. Súčasne je to prvý prúd, ktorý možno označiť za vedecký, vychádzajúci z vedeckých poznatkov evolučnej biológie, a nie z náboženstva či viery.

Metodologický materialistický evolucionizmus sa od teistického evolucionizmu líši najmä tvrdením, že Boh aktívne nezasahuje do evolúcie. Nemusí však byť nevyhnutne ateistický – mnohí materialistickí evolucionisti napríklad veria, že Boh stvoril evolúciu. Metodologický materializmus sa jednoducho vymedzuje tak, že vysvetľuje prirodzený svet prirodzenými príčinami, pričom k nadprirodzenému sa nevyjadruje – neusiluje sa existenciu nadprirodzeného či jeho úlohy v živote potvrdiť, ale ani vyvrátiť. Možno sa to niekomu zdá alibistické, postoj

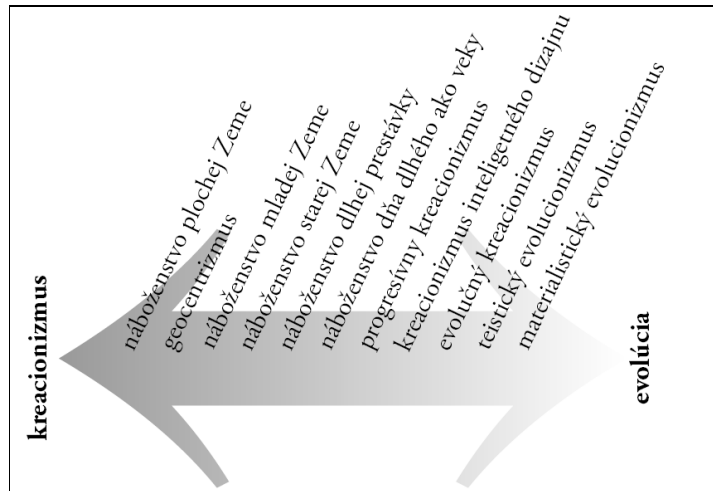
však vychádza zo strikne vymedzeného poslania vedy: veda sama o sebe je podľa metodologického materializmu k náboženstvu neutrálna – už zo svojej definície nemá schopnosť zaoberať sa nadprirodzenými silami. Nie je ani protináboženská ani pronáboženská. Je neutrálna, lebo nadprirodzené sily ležia mimo toho, čo sama považuje za množinu faktorov podieľajúcich sa na vzniku prírodných javov. Jedným z hlavných reprezentantov metodologického materialistického evolucionizmu bol americký evolučný biológ Stephen Jay Gould.

Napokon sa dostávame celkom na koniec kontinua, kde už pre Boha niet ani najmenšieho priestoru – posledný myšlienkový prúd predstavuje **filozofický materialistický evolucionizmus**. Jeho základnou premisou je, že nadprirodzené nejestvuje. Nielen evolúcia je prirodzený proces, ale aj všetko ostatné. Asi neprežením, ak napíšem, že vedúcou osobnosťou filozofického materialistického evolucionizmu je popredný britský etológ, evolučný biológ a vynikajúci popularizátor vedy Richard Dawkins z Oxfordskej univerzity. Dawkins je neúprosným kritikom kreacionizmu – považuje ho za absurdné klamstvo, v dôsledku ktorého sa scvrkávajú mozgy.

Zdroj: Kováč V., 2007: *Pánom života je čas*. Albert Marenčin Vydavateľstvo PT, 182 s.
Isaak M., 2000: *What is Creationism?* <http://www.talkorigins.org/origins/faqs-creationists.html> [Last Update: May 30, 2000]

Kontinuum medzi kreacionizmom a evolucionizmom. Kreacionizmus a evolucionizmus nepredstavujú dichotómiu, ale dva konce toho istého kontinua, pričom väčšinu kreacionistov i evolucionistov možno zaradiť na niektoré miesto zobrazeného intervalu.

*Prekreslené podľa originálu v publikácii Scott, E. C. (1999): *The creation/evolution continuum*. Reports of the National Center for Science Education 19 (4): 16-17, 21-23.*



5.2 „Vedecký“ kreacionizmus, jeho korene a ciele

Najvplyvnejšia súčasná forma kreacionizmu stavia na myšlienke, že svet je dielom **Inteligentného Dizajnéra**. V roku 1970 vznikol pri kresťanskej škole Christian Heritage College v San Diegu Ústav pre výskum stvorenia (Institute for Creation Research – skrátene ICR). Školu založil a viedol Tim LaHaye, ktorého bestsellerová séria románov *Ponechaní napospas (Left Behind)* dokázala oživiť biblické proroctvo konca sveta a milióny čitateľov ho zobrali doslovne. Ďalšou významnou postavou je Henry E. Morris - baptista, ale súčasne aj diplomovaný inžinier hydrauliky, ktorý získal vplyv vďaka svojmu dielu *Potopa podľa Genesis*. Morris a LaHaye spolu pokryli Bibliu od Genesis po Zjavenie.

Morris a jeho tím vedcov a učiteľov z ICR otvorili široký front proti teórii evolúcie. Fundamentalisti už nielenže odsudzovali darwinizmus ako nepravdivý, ale ponúkali vlastnú **vedecký znejúcu alternatívu**, ktorú nazývali buď „**vedeckým kreacionizmom**“ (aby ho odlišili od náboženského kreacionizmu) alebo „**kreacionistickou vedou**“ (ako protiklad evolučnej vedy). „Zdá sa, že nejestvuje spôsob, ako sa vyhnúť záveru, že ak sú Biblia a kresťanstvo pravdivé, geologické obdobia musia byť celkom zamietnuté,“ konštatovala publikácia ICR z roku 1974. „Obrovský komplex bezbožných hnutí, ktorý sa vyrojil z plazivého a mocného systému evolučného uniformitarianizmu, možno zvrátiť iba vtedy, keď budú zničené ich základne, a to si vyžaduje znovunastolenie osobitného stvorenia na biblickej a

vedeckej báze.“ Na niektorých teologicky konzervatívnych kresťanov to malo elektrizujúce účinky. „V priebehu jedného či dvoch desaťročí neúnavní krstiteľia vedeckého kreacionizmu prakticky koptovali pre svoje hyperdoslovné názory, ktoré ešte pred pol storočím iba živorili na okraji amerického fundamentalizmu, nálepku generického kreacionizmu,“ pomenáva historik vedy Ronald Numbers.

...Ani nie desaťrocie po výroku Najvyššieho súdu (o zákaze vyučovania **stvorenia** na verejných stredných školách ako alternatíve evolučnej teórie) boli členovia voľne organizovanej koalície, zloženej zväčša z evanjelických kresťanov, späť pred školskými radami, štátnymi úradmi a súdmi – hľadali autoritu pre učiteľov biológie, ktorá by povedala študentom verejných škôl, prečo evolučná teória zakladá protirečivosť vo vede i spoločnosti. Na jej čele stál profesor práva Kalifornskej univerzity **Phillip Johnson**, dynamický muž, ktorý v dospelosti konvertoval na evanjelické kresťanstvo. Prívrženci tohto prípadu sa dožadovali priestoru v školských osnovách na vyučovanie konceptu, že príroda vykazuje znaky **inteligentného dizajnu**. Mainstreamoví biológovia kontrovali, že vo vede niet nijakého protirečenia v tom, že druhy sa vyvíjajú, a že v evolučných procesoch nezohráva inteligentný dizajnér nijakú úlohu. Vedci skúmajú **prírodné príčiny** – trvali na svojom – nie **nadprírodné**.

Johnson zmietol takéto uvažovanie s dôvtipom právnik – podľa neho išlo o zacyklenú argumentáciu. „Vedu definujeme ako hľadanie materialistických alternatív. No a s akými odpoveďmi prichádzame?“ opýtal sa. „Šľaka mu, veď prichádzame s materialistickými odpoveďami!“ Moderná syntéza môže byť najlepšou naturalistickou odpoveď na vznik druhov, uviedol Johnson, ale je chybná. Na tom mu ako nevedcovi záležalo, pretože sa obával, že naturalizmus vo vede je zdrojom nihilizmu v spoločnosti. Ak namiesto toho pripustíme, že prírodný svet mohli stvárniť neprírodné sily, argumentoval, potom by náhle objavenie sa druhov vo fosilnom zázname a nesmierna zložitost' prírodných systémov mali podporovať inteligentný dizajn prednostne pred darwinovskou evolúciou – a učitelia by mali vo verejných školách oboznamovať žiakov s obidvomi alternatívami.

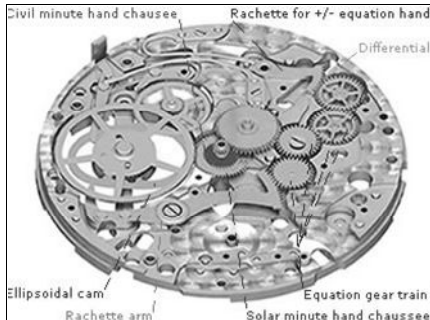
Do roku 2000 sa Johnsonove knihy odsudzujúce naturalizmus vo všetkých jeho podobách stali pre konzervatívnu kresťanskú komunitu bestselermi, ba podarilo sa mu pritiahnúť aj jadro z akadémie. Biochemik **Michael J. Behe** a filozof William A. Dembski stáli blízko stredu jadra. Behe na rozdiel od Johnsona nepoprel evolučný koncept spoločného pôvodu, tvrdil však, že niektoré biochemické procesy (napríklad kaskáda mnohých proteínov potrebných na zrážanie krvi) sú príliš **nezjednodušteľne zložitú**, aby mohli vzniknúť krok za krokom, teda v zmysle predstáv modernej syntézy. Behe takýmto spôsobom pripomenul tvrdenie z 19. storočia, že oko sa nemohlo vyvinúť po kúskoch, pretože funguje iba ako celok a trval na tom, že niektoré funkčné sústavy nevyhnutné pre život musela nadizajnovať nejaká inteligencia (pozri ďalší slajd). To je síce starý argument, no Behe ho vo svojej knihe *Darwinova čierna skrinka* z roku 1996 oživil modernými príkladmi.

Darwinisti odpovedali vlastnými populárnymi knihami, v ktorých uviedli evolučné vysvetlenia zložitých biologických procesov (vrátane zrážania krvi). Dembski sa snažil pohnúť z mŕtveho bodu v prospech Boha, a tak sa odvolal na pravdepodobnostné filtre (také, aké sa používajú na preskúmanie rádiových signálov z vesmíru, či neobsahujú správy poslané inteligentnými bytosťami) a naznačil, že zložitost' života je pravdepodobnejšie produktom dizajnu ako náhody, no pravdepodobnostné argumenty v darwinistických kruhoch nikdy príliš nezavážia. Aj jedna zilióntina sa môže stať skutočnosťou, zdôrazňujú niektorí darwinisti, môžeme byť prakticky úplne sami v celom obrovskom vesmíre. Po Dembského prejave v roku 2000 napríklad biológ Kenneth R. Miller zhodil myšlienku inteligentného dizajnu ako „podvodnícku maškarádu vydávajúcu sa za vedeckú teóriu“.

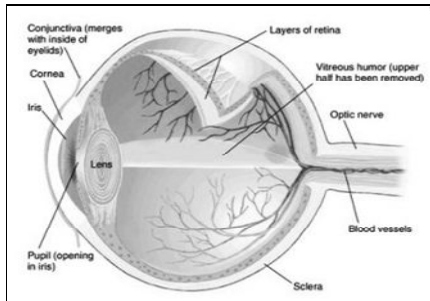
Korene myšlienky, že svet je dielom inteligentnej bytosti, ergo inteligentného dizajnéra, siahajú až na začiatok 19. storočia, teda do času, keď racionalisti vyvíjali tlak proti biblickému zjaveniu. Vtedy sa mnohí protestantskí teológovia v Británii a Spojených štátoch obracali k fyzickému stvoreniu ako zdanlivo objektívnemu dôkazu Stvoriteľovej existencie a charakteru. V najznámejšej úvahe tohto druhu porovnal v roku 1802 cambridgeský teológ William Paley zložitost' mechanických hodínok k zložitosti ľudského oka. Tak ako sú hodinky očividne dielom **inteligentného dizajnéra**, musí ním byť aj oko, napísal, pretože „každý prejav dizajnu, ktorý

existuje v hodinkách, existuje aj v dielach prírody“. Podľa Paleyho tak oko dokazovalo existenciu nadprirodzeného **Dizajnéra** a jeho očividná dokonalosť dosvedčovala Dizajnérov príznak. Podľa Darwina však prírodný výber množil lepšie prispôsobené orgány a organizmy, nie dokonalé. Absolútne mierky v darwinizme nejstvovali.

Citované zo zdroja: Edward Larson, *Evolúcia*. Slovart 2006.



V živých organizmoch teda podľa podľa zástancov Inteligentného Dizajnéra jestvuje niečo ako účelnosť, všetko do seba presne zapadá. Niečo také nemohlo vzniknúť náhodou. Ak budeme potriasť kontajnerom plným súčiastok, nevzniknú z toho funkčné hodinky. Takže ich musel niekto naplánovať a stvoriť, a nemohol to byť nik iný ako Inteligentný Dizajnéer!



Na metaforu o hodinkách reagoval Richard Dawkins v knihe **Slepý hodinár**, v ktorej rozvíja ideu, že evolúcia nemá žiadnu konštrukčnú myšlienku. Telá organizmov nie sú elegantné ani dokonalé stroje navrhnuté voľajakým hodinárom, ale funkčné zlepenice vzniknuté obrovským sledom drobných tápavých pokusov (a omylov) a variácií spôsobených náhodnými genetickými mutáciami. O ich úpechu rozhoduje prírodný výber, pôdoba ako **príštipkár**, nie ako zručný hodinár.

Na rozdiel od skutočného hodinára, ktorý si naplánuje, aké hodinky ide vyrobiť ešte prv než sa pustí do práce, prírodný výber iba príštipkári – skladá organizmy kúsok po kúsok bez toho, aby mal na zreteli nejaký konkrétny cieľ.

Ďalším príkladom kontroverzie medzi zástancami inteligentného dizajnéra (ID) a evolučnej teórie (ET) sú chrobáky - strelčky, napríklad *Stenaptinus insignis*. Tieto chrobáky dokážu v ohrození vystreliť zo zadočka zmes hydrochinonu a peroxidu vodíka, čiže prudko výbušnú zmes s teplotou až 100 °C. Počas pokoja zmes nevybuchuje v tele strelčeka vďaka istej látke - inhibítora, výbuch sa spúšťa vylúčením antiinhibítora. Zástancovia ID sa pýtajú: Ako sa to mohlo vyvinúť postupnou pomalou evolúciou metódou pokus-omyl? Veď by to znamenalo tisíce obetí a po nich by nemohol zostať žiadny potomok! Výbušný systém strelčeka predsa vyžaduje aby sa vyvinuli dve zážihové komory, presné komunikačné cesty i časovací mechanizmus. To sa v priebehu evolúcie odohrávali samovražedné pokusy? A kde je motivácia "sebeckých génov"? Takže je to jasné, strelčky musia byť dielom stvoriteľa!

Alebo je všetko inak? Vedci totiž kontruujú:

1. Hydrochinon a peroxid vodíka nemusia byť výbušný
2. Strelčky majú dve zásobné komory - hydrochinon a peroxid vznikajú osobitne
3. Výbuch nastáva až v spoločnej zážihovej komore.
4. To všetko svedčí o tom, že žiadne obete v minulosti neboli potrebné, všetko sa mohlo vyvinúť na základe známych evolučných mechanizmov (budeme o nich pojednávať neskôr). Takže je to jasné, strelčky vytvorila evolúcia!

Odporcovia evolučnej teórie tiež tvrdia, že vedecká teória musí byť **testovateľná**, inak nespĺňa základné kritérium vedeckosti. Ďalej argumentujú, že ak nemáme k dispozícii iné planéty a nemôžeme urobiť overovací experiment, evolučná teória nemôže byť vedeckou teóriou. Takto formulovaná námietka je chybná, pretože teórie sa - na rozdiel od hypotéz - netestujú priamymi dôkazmi, hoci overovať sa musia. Hlavný problém tejto námietky však spočíva v tom,

že “evolučná teória” nie je v skutočnosti jedinou teóriou, ale dynamickým **súborom teórií**. To platí aj v prípade, že máme na mysli iba dnes dominujúci hlavný prúd (mainstream) teórie evolúcie, resp. neodarwinizmus čiže tzv. modernú syntézu. Faktom je, že teória evolúcie ako celok sa úplne exaktne zrejme overiť nedá, jestvujú však **dôkazy**, ktoré vytvárajú mozaiku informácií a tie svedčia o tom, že evolúcia nie je vymyslená, ale skutočná. Pomocou teórií tvoriacich ET možno sformulovať predikcie a hypotézy, a tie možno overovať alebo testovať

Postup: hypotéza - experiment - dôkaz - teória; detail - súbor detailov - celok.

Príklad z kozmológie, ktorý sa tiež týka Stvorenia: Veľký Tresk - matematické modely - hľadanie - objav zbytkového žiarenia - čiastkový dôkaz.

Dôkazy o ET prináša napríklad paleontológia, genetika, vývinová biológia, molekulárna biológia... V nasledujúcich prezentáciách budeme o nich diskutovať.

5.3 Prečo „vedecký“ kreacionizmus nie je vedecký

Celá metodológia vedeckého kreacionizmu je postavená na jednotnom postupe, ktorý pripomína testovanie hypotéz, aké poznáme v serióznej vede. V prvom kroku sa vedecký kreacionizmus zameria na nejakú konkrétnu problematiku spojenú s evolučnou teóriou – napríklad zložitosť bakteriálneho bičíka. Analogicky s osvedčeným postupom vedy ju implicitne považuje za nultú hypotézu, čiže zdôvodnené vysvetlenie skúmaného javu či entity.

Základom štandardnej vedeckej metódy je okrem iného možnosť akúkoľvek vedeckú sformulovanú hypotézu testovať, či zodpovedá realite, čo sa dá urobiť experimentom alebo pozorovaním. Ak experimentom, pozorovaním alebo matematickým testom overíme, že predikcia vyslovená na základe danej hypotézy sa naplnila, prijme nultú hypotézu ako platné vysvetlenie skúmaného javu. Ak však experiment alebo pozorovanie platnosť hypotézy neosvedčia, musíme ju zavrhnúť ako neplatnú. To sa stáva dosť často, ale nie je to dôvod na zúfalstvo či beznádej. Veda je predsa neprestajným hľadaním a objavovaním, takže ak sa aj ukáže, že práve sformulovaná hypotéza nie je správna a treba ju zamietnuť, je v nej skrýty určitý prínos: vieme, že tadiaľ cesta k vysvetleniu skúmaného javu nevedie a že musíme hľadať inde. Skrátka, aj negatívny výsledok je výsledok.

Niektoré javy máme natoľko dobre prebádané, že vieme na ich vysvetlenie sformulovať hneď niekoľko hypotéz naraz. Samozrejme, správna z nich môže byť iba jedna. Tú, ktorá ponúka najjednoduchšie vysvetlenie, testujeme ako prvú a označíme ju ako H_0 čiže nultú hypotézu. Za ňou nasleduje ďalšie možné vysvetlenie, ktoré je síce zložitejšie ako to prvé, no ešte vždy môže byť správne. Je to H_1 čiže prvá alternatívna hypotéza. Ak na základe predchádzajúcich vedeckých poznatkov vieme, že môže jestvovať ešte zložitejšie riešenie, sformulujeme aj H_2 čiže druhú alternatívnu hypotézu, a takto môžeme postupovať až dovtedy, pokiaľ nevyčerpáme všetky známe možné vysvetlenia skúmaného javu. Pri testovaní hypotéz potom postupujeme v tom istom poradí, ako sme ich sformulovali. Ak teda pozorovanie či experiment platnosť H_0 nepotvrdí, zamietneme ju a rovnakým spôsobom otestujeme H_1 . Ak testom prejde úspešne, máme k dispozícii vedecky otestované riešenie a naše poznanie je bohatšie. Ak sa nepotvrdí, zamietneme ju a testujeme H_2 , atď, až kým nenájdeme hypotézu, ktorú test osvedčí.

Vráťme sa teraz k metódam vedeckého kreacionizmu. Z predchádzajúcich riadkov už vieme, že jej prvý krok je prakticky identický s postupom známym zo sveta vedy – stanovenie H_0 a následný test. Ako test slúži vedeckému kreacionizmu takmer výlučne kritická analýza, prípadne paradigma nezjednodušiteľnej zložitosti (ako v prípade bakteriálneho bičíka). Aby sme vedecký kreacionizmus apriori neobviňovali z predpojatosti, pripustíme, že v niektorých prípadoch sa mu kritickou analýzou skutočne podarilo (nemám teraz na mysli ten bičík) predpokladané vysvetlenie vedy spochybniť, ba dokonca vyvrátiť. To je situácia analogická s testovaním H_0 , a teda v súlade s vedeckými metódami musíme očakávať, že bude nasledovať H_1 . A skutočne, H_1 , čiže prvú alternatívnu hypotézu má vedecký kreacionizmus vždy naporiadzi. Háčik je v tom, že bez ohľadu na riešenú problematiku je prvá alternatívna hypotéza vedeckého kreacionizmu vždy identická: Inteligentný dizajnér. A ešte jeden háčik v tom, že H_2 pre vedecký kreacionizmus jednoducho nikdy neexistuje.

Vedecký kreacionizmus sa teda neusiluje hľadať pravdu dovedy, kým ju neoverí štandardným vedeckým postupom, čo v preklade znamená dovedy, kým pre ňu nemá overiteľné vedecké dôkazy. Vedecký kreacionizmus má vysvetlenie, aké seriózna veda pracne a nezaujato hľadá prísne stráženými postupmi, predurčené hneď na začiatku svojho „bádania“. Je ním nevyhnutná existencia entity, ktorá všetko živé, čo nás obklopuje naplánovala, alebo doň aspoň vložila svoje sofistikované usporiadanie. A taká entita, čo to dokáže, sa musí vyznačovať inteligenciou, takže je to inteligentný dizajnér. Nuž, je mi ľúto, ale takýto spôsob robenia „vedy“ je všetko možné, len nie vedecký. Vychádza nám z toho jediný záver – „vedecký kreacionizmus“ sa skutočnej vede približuje len svojím názvom. To však ešte nie je všetko, pri bližšom pohľade na kreacionistickú „vedu“ objavíme aj ďalší problém, ktorý dokazuje, že so skutočnou vedou má len málo spoločné: výsledky „vedeckého“ kreacionizmu ešte nikdy neboli publikované vo vedeckom časopise a nikdy neprešli procesom oponentského posudzovania „peer-review“ (ďalšie podrobnosti v citovanom zdroji, pozri nižšie).

Zhrňme teraz, čo sme sa dozvedeli o „vedeckom kreacionizme“:

- 1) jeho korene nie sú vo vedeckom myslení, ale v náboženstve,
- 2) neskúma prírodné javy vedeckými metódami,
- 3) neusiluje sa neobmedzene rozširovať ľudské poznanie
- 4) nepublikuje výsledky svojej činnosti vo vedeckých časopisoch.

S vedou teda vlastne nemá nič spoločné. Potom je už úplne jasné, že debata medzi „vedeckými kreacionistami“ a evolucionistami nemá (a ani nikdy nemala) charakter vedeckej diskusie, aj keď to tak môže na prvý pohľad vyzeráť, ale charakter právnického súboja, v ktorom jedna strana úporne hľadá víťazné argumenty pre budúce súdne procesy. Ba trúfam si povedať, že až charakter politickej hry plnej úskokov a lží.

Upravené podľa zdroja: Vladimír Kováč, 2007: Pánom života je čas. PT Albert Marenčin, Bratislava, 184 s.

6 Stručná história teórie evolúcie

Veda v zmysle osobitej intelektuálnej tradície hľadajúcej racionálne vysvetlenia fyzických javov vznikla približne päťsto rokov pred Kristom. Väčšina Grékov síce pravdepodobne akceptovala náboženské alebo mýtické vysvetlenia prírodných úkazov, niektorí grécki filozofi sa však snažili oddeliť nadprirodzené od prirodzeného tak, že ponúkali čisto materialistické výklady prírody. Nič nie je ničím iným ako fyzickou hmotou v bezcieľnom pohybe, tvrdili starovekí grécki **atomisti**. Tvrdým orieškom pri hľadaní čisto materialistického vysvetlenia prírodných javov bol pre Grékov vznik života a jednotlivých druhov. Stvorenie implikuje stvoriteľa, a tak starovekí myslitelia ako Anaximander, Empedokles, atomisti a Epikurovi prívrženci, aby sa vyhli potrebe biologického stvoriteľa, vypracovali rozličné nedomyslené ponímania organickej evolúcie. **Aristoteles** však, na základe podrobného skúmania anatómie živočíchov, dospel k záveru, že druhy sú absolútne nemenné. Každý druh sa vždy rozmnožuje skutočne vlastnou formou, tvrdil, a nikdy neprivádza na svet nový druh. Aristoteles, ktorý bol ateistom, odmietal stvorenie i evolúciu, jednoducho predpokladal, že druhy sú večné.

Georges Cuvier (1769–1832) nadobudol počas svojej kariéry pozíciu jedného z najvýznamnejších predstaviteľov francúzskej vedy. Jeho rigorózne empirické metódy otvorili dvere k poznaniu biologickej histórie Zeme, čo iných priviedlo k myšlienke organickej evolúcie, ktorú on sám tvrdošijne odmietal. Keďže jeho vplyv na štýl a podstatu biológie 19. storočia prekonal každého iného prírodovedca, história modernej vedeckej **teórie evolúcie** začína práve ním – jej zarytým odporcom.

Cuvier sústredil svoje bádanie na rodiacu sa **porovnávaciu anatómiu** – bol presvedčený, že vnútorná stavba živočicha odhaľuje jeho **funkciu**, a teda aj skutočnú povahu. Podľa neho platilo v biológii to isté ako všade inde, t. j. že tvar podlieha funkcii. Pri svojom bádani ťažil najmä z postavenia najvýznamnejšieho prírodovedného múzea na svete – zoologické zbierky sa vďaka Napoleonovej armáde, ktorá pľundrovala zbierky po celej Európe, rýchlo rozrastali. Vojnová korisť v podobe živých, fixovaných i fosilizovaných preparátov prichádzala až z takých vzdialených krajín ako Rusko či Egypt. Cuvier napokon navrhol na základe anatomickej stavby rozlišovať štyri (ale len štyri) vetvy (sám ich nazýval *embranchements*) živočíchov: stavovce (s chrbticou), mäkkýše (so schránkou), článkovce (napríklad hmyz) a lúčovce (napríklad hviezdovce).



Georges Cuvier (1769–1832)
Zdroj: <http://www.lib.utexas.edu/>

Berúc do úvahy veľké množstvo vyhynutých druhov Cuvier už v roku 1796 predpovedal „existenciu predchádzajúceho sveta zničeného nejakým druhom **katastrofy**“. Európski prírodovedci pred Cuvierom zastávali názor, že žiadny druh nikdy nevyhynul – všetky boli dokonalé už od okamihu stvorenia. Fosílie nemali nijaký osobitný význam: také veci boli jednoducho hrou prírody, alebo to boli len zvyšky niektorých stále žijúcich druhov. Cuvier svojim konečným záverom, že *všetky* fosilizované živočichy patria iným druhom ako súčasné a že nijaký súčasný druh nejestvuje v pravej fosilnej forme, tento názor vyvrátil. Odvážne tvrdil, že dokáže „prelomíť hranice času a pomocou niektorých pozorovaní (fosílií) rozlúštiť históriu sveta, ako aj postupnosť udalostí, ktoré predchádzali zrodu ľudského druhu“.

Podľa Cuviera geologický stĺpec histórie Zeme odhaľuje postupnosť foriem od najjednoduchších na spodku smerom k zložitejším na vrchu. Cuvier si tiež všimol, že živočíšne typy sa v priebehu času čoraz väčší podobali dnešným. Morské mäkkýše z nedávnych fosilných ložísk sa napríklad podobajú súčasným mäkkýšom viac ako mäkkýše zo starších ložísk. Podľa niektorých vedcov vtedajšieho obdobia taký dôkaz naznačoval **evolúciu**.

Cuvier však toto vysvetlenie už na základe výskumu porovnávacej anatómie zavrhol a zjavná **absencia prechodných foriem** vo fosílnom zázname tento záver iba potvrdzovala. Sukcesiu porovnateľných typov v priebehu času celkom isto videl, no v jeho očiach sa táto séria tvorila skôr **skokmi** ako postupne. Cuvier vo svojom rozsiahlom výskume skutočne vnímal iba jasne vymedzené druhy, ktoré preživali bezo zmeny, ale nikdy nie postupný splyvavý prerod z jedného typu na druhý. Jeho doktrína o korelácii telesných častí samozrejme znamenala, že taká zmena je tak či onak nemožná. Podľa Cuviera každý známy vedecký „fakt“ smeroval k nemennosti druhov.



Jean Baptiste Lamarck
(1744–1829)
Zdroj: <http://en.wikipedia.org>

Proti Cuvierovmu statickému vnímaniu fosílnych nálezov a jeho presvedčeniu, že všetko živé stvoril Boh, vystupovalo viacero významných prírodovedcov i filozofov, medzi ktorými vyčnievali napríklad Geoffroy Saint-Hilaire, Grant či Chambers. Inšpiroval ich predovšetkým **Jean Baptiste Lamarck**, Cuvierov kolega z francúzskeho Prírodovedného múzea, ktorý v roku 1802 publikoval prvú celistvú teóriu organickej evolúcie – mimoriadne pokrokový výklad známy ako „**hypotéza transmutácie**“ či neskôr jednoducho ako „**lamarckizmus**“. Cuvier na základe vtedy známych dôkazov tak búšil do Lamarckovej hypotézy, až ju poriadne zdiskreditoval, no zničiť ju celkom zo sveta sa mu nepodarilo. Nijaká vedecká idea v skutočnosti celkom nezahynie, stačí zopár nových dôkazov a môže vytrysknúť späť do života. To sa stalo aj s lamarckizmom, počnúc prvými objavmi fosílií v 20. a 30. rokoch devätnásteho storočia a ešte väčšími nálezmi z osemdesiatych a deväťdesiatych rokov toho istého storočia.

Hoci sa rozličné aspekty Lamarckovho myslenia o transmutácii v priebehu času vyvíjali, základná línia jeho schémy zostala v podstate taká istá ako v čase, keď ju vymyslel. Lamarck veril v neprerušené spontánne vytváranie jednoduchých živých organizmov prostredníctvom pôsobenia hmotnej životnej sily či fluida na fyzickú hmotu. Životné fluidum premenlivo stotožňoval buď s elektrinou, alebo s nervovým fluidom živočíchov. Táto sila či fluidum mohla transformovať „rôsolvitú“ hmotu na najjednoduchšie živočíchy, tvrdil, a „gumovitú“ hmotu na najjednoduchšie rastliny. Len čo sa živé organizmy sformujú (a to sa podľa Lamarcka dialo nepretržite), fluidum ďalej pôsobí v nich aj v ich potomkoch – a prirodzene ich tlačí do **vývoja ešte špecializovanejších foriem**.

Nervové fluidum poháňalo podľa Lamarcka evolúciu živočíchov dvoma základnými spôsobmi. Po prvé, vonkajšie podnety a vnútorné potreby môžu pôsobiť, že fluidum sa prostredníctvom cvičenia koncentruje v určitých častiach tela a stimuluje tam vznik nového orgánu. Po druhé, fluidum prirodzene priteká k používaným orgánom a odteká z nepoužívaných, v dôsledku čoho sa používané ďalej vyvíjajú, kým nepoužívané atrofujú. Lamarck vnímal celý proces ako vysoko **adaptívny**. Vytváraním potrieb a stimulovaním používania orgánov by dlhotrvajúce environmentálne zmeny pôsobiace na populáciu viedli vývin organizmov v danej populácii určitým smerom. Najznámejším príkladom Lamarckovej evolúcie je príklad krátkokrkých predchodcov modernej žirafy, ktoré údajne ťažko ťahali krky, aby dočiahli na čoraz vyššie listy, a to v reakcii na čoraz suchšie podmienky v africkej savane. Ako im fluidum pritekalo do krkov, predlžovali sa. Keby sa tieto zmeny nepreniesli na potomkov, zahynuli by spolu s pozmeneným jedincom. Na to, aby to celé fungovalo, Lamarck postuloval, že **nadobudnuté znaky** fixované nervovým fluidom (napríklad dlhší žirafí krk) sú **dedičné**. Keďže sa zmeny jedincov v priebehu generácií kumulovali, vyvíjali sa viditeľne odlišné typy.

Taxonomické odlišnosti (napríklad rod či druh) – s výnimkou zásadných rozdielov medzi rastlinami a živočíchmi – stratili v lamarckovskom svete akýkoľvek význam. Všetky organizmy jednoducho postupovali k čoraz väčšej komplexite. Tento proces mohol, samozrejme, v dôsledku podmienok prostredia nadobúdať u rozličných organizmov rôzne podoby, ale trend bol všade rovnaký. Súčasná paleta foriem života nebola ani nemenná ani nemala spoločného

predchodcu, mienil Lamarck, podľa neho bola iba momentkou vývoja z početných začiatkov, pričom špecializovanejšie organizmy predstavovali staršie vývojové línie ako menej špecializované línie. **Jedinou konštantou bola zmena.**



Charles Darwin (1809 – 1882)
Zdroj: <http://en.wikipedia.org>

Najväčšími sa však do histórie teórie evolúcie zapísal **Charles Darwin**. Darwina pri formulovaní teórie vzniku druhov **prírodným výberom** inšpirovali najmä dvaja vedci: geológ Charles Lyell a sociológ Thomas Malthus.

Geológ **Charles Lyell** v trojzväzkovom diele *Princípy geológie* (1830–1833) prepracoval Huttonov cyklický náčrt geologickej histórie na vedeckú teóriu **uniformitarianizmu**. Využil pritom svoje advokátske schopnosti brilantne polemizovať a votkal do teórie aj pozorovania z vulkanicky aktívnych či na zemetrasenia náchylných oblastí, aby naznačil, že (za neobmedzený čas) by vnútorné teplo Zeme mohlo geologické útvary dramaticky vyformovať. Okrem toho využil fosílny záznam vo svoj prospech – zdôraznil, že medzery v ňom nie sú ani také kompletne ani také dramatické, ako vyhlasovali katastrofisti. Ďalej, zatiaľ čo pripúšťal, že jednotlivé druhy sa v čase objavovali a mizli, **odmietal**, že by celkový prejav bol až taký **progressívny**, ako to predpokladala väčšina britských katastrofistov či lamarckizmus. Práve naopak, argumentoval, že zástupcovia všetkých tried rastlín a živočíchov sa objavujú skrz-naskrz po celom fosílnom zázname.

Lyell síce súhlasil s katastrofistami, že Boh stvoril druhy osobitne tak, aby vhodne zapadli do svojho prostredia, dlhodobé zmeny prostredia (a tým aj historické zmeny vo flóre a faune) vnímal skôr ako **postupné a cyklické, a nie ako náhle a jednosmerné**. Vo svojich písomnostiach a prednáškach až do roku 1860 Lyell zdôrazňoval jedinečné miesto človeka v stvorení a odmietal možnosť evolúcie. Podľa Darwina **uniformitarianizmus** predĺžil evolúciou čas na fungovanie a ilustroval kumulatívnu silu malých zmien.

Darwinov konceptuálny prelom prišiel v roku 1838, potom čo začal uvažovať o prípade evolúcie človeka. Pre väčšinu ľudí zaoberajúcich sa transmutáciou (či už boli za alebo proti) bola kľúčová otázka vždy rovnaká: vyvinul sa človek z iných primátov? Darwin samozrejme poznal literatúru o tejto téme a okrem toho sa s ňou priamo stretol aj počas expedície *Beagle*, keď natrafil na domorodých obyvateľov Ohňovej zeme, ktorých považoval za najnižšiu formu ľudstva na Zemi.

Darwin sa pohrúžil do kníh a článkov o zvieracích aspektoch ľudskej kondície. Pri čítaní natrafil na klasické dielo **Thomasa Malthusa** *Esej o princípoch populácie*. Všetky druhy, vrátane človeka, sa rozmnožujú neudržateľne vysokou mierou, tvrdil Malthus. Nemajú dostatok potravy kamkoľvek sa pohnú, „nedostatok, ten imperatívny a všadeprítomný zákon prírody, ich udržiava v rámci predpísaných hraníc“, vysvetľoval. „U rastlín a živočíchov je jeho dosah v plytvaní semien, chorobách a predčasnej smrti. U človeka v biede a neresti.“

Praktické implikácie Maltusovho takzvaného **populačného princípu** sú zásadné, komplexné a kontroverzné. Darwin rozšíril princíp na všetky živé tvory a videl v ňom **prírodný mechanizmus pre evolučný vývoj**. Začal s predpokladom, že všetky jedince každého druhu sa prirodzene líšia a ďalej sa domýšľal, že v rámci každého druhu sa odohráva súťaživý **zápas o prežitie**, ktorý slabšie jedince eliminuje a silnejšie (alebo lepšie prispôbené) necháva rozmnožovať sa a odovzdávať svoje prospešné adaptácie ďalšej generácii.

Darwin sformuloval svoju teóriu v roku 1838, ďalších dvadsať rokov však o nej nič nepublikoval. Medzitým však na prakticky totožnú myšlienku prišiel iný anglický bádateľ – **Alfred Russel Wallace**. Spoločný záujem o zemepisné rozšírenie druhov priviedol v roku 1855

Darwina a Wallacea k tomu, že si začali dopisovať, no spočiatku sa ani jeden druhému nezveril o svojej posadnutosti v hľadaní mechanizmov poháňajúcich evolúciu. Obaja našli odpovede v Malthusovi. Darwin i Wallace si nezávislo od seba uvedomili, že keď aplikujú Malthusove závery na rastliny a živočíchy, limity populácie poskytnú prostriedok na vznik nových druhov už existujúcich, a to vďaka prežívaniu jedincov s prospešnými odchýlkami. Wallace okamžite premietol svoj pohľad do jasnej, precízne zdôvodnenej eseje a poslal ju Darwinovi, ktorý už predtým o Wallaceovu prácu prejavoval záujem. Wallace požiadal Darwina, aby mu rukopis zrecenzoval a – v prípade, že by ho považoval za opodstatnený – postúpil ho Lyellovi, ktorého Wallace obdivoval, ale nepoznal. Obsah rukopisu Darwina omráčil.



Alfred Russel Wallace (1823 – 1913)
Zdroj: <http://en.wikipedia.org>

Wallaceova esej sa začínala novou formuláciou Malthusovho populačného princípu. „Život divých zvierat je zápasom o existenciu“, tvrdil Wallace. **Každý druh plodí oveľa viac jedincov, ako môže prežiť, a každý jedinec je iný.** „Keďže individuálna existencia každého zvieraťa závisí od neho samého, tie, čo hynú, musia byť najslabšie,“ ... „zatiaľ čo predĺžiť svoju existenciu môžu len tie, ktoré sú v najdokonalejšom zdraví a pri sile.“ Prospešná odchýlka môže predstavovať predel medzi prežitím a zánikom, upozornil, a ak je to tak, prenesie sa do potomstva tých, čo prežili. Wallace obrátil najznámejší príklad predpokladanej Lamarckovej evolúcie hore nohami a s dôrazom vysvetľoval: „Žirafa nenadobudla svoj dlhý krk ... neprestajným natáňovaním ... ale preto, že akékoľvek variety s dlhším krkom, ktoré sa vyskytovali u jej predchodcov, zrazu mali zabezpečenú čerstvú potravu na tých istých pastviskách ako ich krátkokrklí súkmeňovci, a pri prvom nedostatku potravy tak boli schopné prežiť ich.“ Také odchýlky, zachované a nahromadené v priebehu času, vedú k novým typom, usudzoval.

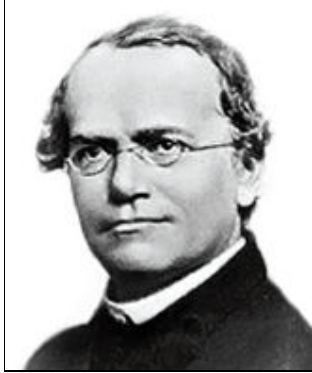
„Tu potom máme *progresiu a pokračujúcu divergenciu* odvodenú zo všeobecných zákonitostí, ktoré regulujú existenciu zvierat v stave prírody, a z neoddiskutovateľného faktu, že odchýlky sa vyskytujú často,“ uzavrel Wallace. Darwin čítal tieto slová ako presný súhrn svojej vlastnej teórie.

Veľmi podobne sa vyjadroval aj Darwin. Pozorní pozorovatelia podľa neho nájdú v prírode zreteľné variety v rámci niektorých druhov i veľmi podobné druhy v rámci niektorých rodov – k a všade aj krutú súťaž. „S potešením hľadáme do tváre múdrej prírody“ napísal, „no zabúdame, že vtáky, ktoré len tak spievajú okolo nás, sa živia prevažne hmyzom alebo semenami, a tak neprestajne ničia život; alebo zabúdame, ako veľmi sú tieto spevavce, či ich vajička alebo mláďatá, ničené dravými vtákmi a šelmami.“ Odvolal sa aj na Malthusov princíp populácie: „Z vysokej miery rastu početnosti, ku ktorej sú náchylné všetky organické bytosti, vyplýva, že zápas o existenciu je nevyhnutný“, a tak **prežívajú iba najzdatnejší** protivníci.

Najúpornejší zápas sa podľa Darwina odohráva medzi jedincami rovnakého druhu „pretože sa vyskytujú v tom istom okrsku, vyžadujú rovnakú potravu a sú vystavované rovnakým nebezpečenstvám“. ... „Môžeme pochybovať (majúc na pamäti, že na svet prichádza oveľa viac jedincov, ako môže prežiť), že jedince s nejakou výhodou, i keď miernou, oproti ostatným, budú mať najlepšie vyhliadky prežiť a rozmnožovať vlastný druh?... Toto zachovávanie priaznivých odchýlok... nazývam **Prírodným Výberom**.“ Príroda vyberá vhodnosť presne tak, ako chovateľ holubov vyberá pekné operenie, a v oboch prípadoch ide o úsilie šíriť v priebehu času jasne vymedzené variety, argumentoval Darwin. Pri diskutovaní prírodného výberu mal Darwin na myslí to, že proces prežívania najvhodnejších funguje na základe nepatrných vrodenných rozdielov. V neskorších vydaniach knihy *O pôvode druhov* naozaj narábal s termínmi „prežívania najvhodnejších“ a „prírodný výber“ tak, že boli vzájomne zameniteľné.

Strany 22-25 spracované podľa zdroja: Edward Larson, Evolúcia. Slovart 2006.

Ďalší významný posun v teórii evolúcie nastal po znovuobjavení prác augustínskeho mnícha **Gregora Mendela**, ktorý sa v rokoch 1856–1863 venoval kríženiu hrachu a sledovaniu potomstva. Na základe týchto pokusov postuloval dve pravidlá, neskôr známe ako **Mendelove zákony dedičnosti**. Mendelov prínos pre biológiu objavil Hugo deVries až na začiatku 20. storočia. Medzi ďalších vedcov tohto obdobia, ktorí z Mendela čerpali, patrí napríklad Carl Correns a Erich von Tschermak.



Johann Gregor Mendel
(1822-1884)

Zdroj: <http://en.wikipedia.org>

Mendelove zákony dedičnosti sumarizujú pravidlá dedičnosti pohlavím neovplyvnených znakov, ktoré sú kódované génmi z rôznych génových väzbových skupín:

1. Zákon o uniformite F1 generácie hovorí o tom, že ak krížime dominantného homozygota s recesívnym homozygotom, ich potomkovia F1 generácie budú v sledovanom znaku rovnakí.
2. Zákon o čistote a segregácii alel znamená, že alely prechádzajú do pohlavných buniek čisté a nemiešajú sa s alelami opačnými. Jednotlivé znaky sa tak dedia nezávisle od seba. Dnes však už vieme, že tento zákon nie je univerzálny – pri niektorých génoch sa zistila vzájomná závislosť.
3. Zákon o voľnej kombinovateľnosti alel hovorí o tom, že jednotlivé alely sa môžu voľne kombinovať, pretože iba jedna alela z každého páru prechádza do pohlavných buniek.

6.1 Neodarvinizmus a Moderná syntéza

V 30. rokoch dvadsiateho storočia darvinizmus spolu so vznikajúcou molekulárnou biológiou a genetikou nadviazal na radikálnejšiu verziu darvinizmu, ktorá vznikla ešte za života Darwina, **neodarvinizmus**. Búrlivý rozmach zažila teória evolúcie po objavení štruktúry DNA. **Francis Crick** na začiatku roku 1953 vyhlásil: „Našli sme tajomstvo života.“ Slovo „my“ znamenalo tridsaťšesťročného britského biofyzika Francisa Cricka a dvadsaťštyriročného amerického biochemika **Jamesa D. Watsona**. Spolu objavili dvojitozávitnicovú štruktúru **DNA**. Táto prekvapujúco jednoduchá, nádherne elegantná štruktúra vrhla nové svetlo na mechanizmy evolúcie – naznačila, ako genetická reprodukcia, dedičnosť a variabilita funguje na molekulárnej úrovni.

Gén síce stál v srdci modernej syntézy aj predtým, no pred rokom 1950 bol iba čiernou skrinkou. Dovtedy si mnohí vedci predstavovali gén ako zložitú zlúčeninu proteínov a mysleli si, že jej rozlúštenie bude trvať desaťročia. No narastajúce dôkazy naznačovali, že genetickú informáciu nesie oveľa jednoduchšia makromolekula deoxyribonukleovej kyseliny (DNA).

Podľa vtedajšieho neodarvinizmu boli organizmy v podstate iba stroje, ktoré sa riadia podľa programu zapísaného v DNA, kde je teda zrejme určený náš osud (James Watson, jeden z objaviteľov štruktúry DNA, povedal, že predtým si ľudia mysleli, že ich osud je vo hviezdach, teraz by už ale mali vedieť, že je skôr v ich génoch). DNA bola považovaná za pomerne stabilnú stálu štruktúru, ktorá sa mení len veľmi výnimočne a práve tieto náhodné, veľmi občasné zmeny, sú hnacou silou celej evolúcie života.

Neodarvinizmus, najmä jeho génocentrická verzia, je postavený na myšlienke, že všetka druhová rôznorodosť na Zemi je spôsobená **náhodnými mutáciami** v genóme organizmov. V genóme neustále vznikajú mutácie a záleží len na **prírodnom výbere**, či sa táto zmena prejaví v ďalších generáciách. Ak je prospešná, jedince s touto vlastnosťou ľahšie prežijú, budú mať viac potomkov a vlastnosť sa tak bude šíriť ďalej. Pokiaľ naopak táto zmena bude jedince znevýhodňovať, zrejme neprežijú, lebo budú mať len veľmi málo potomkov, ktorí najskôr tiež neprežijú, a nevýhodná vlastnosť tak bude odstránená.

Tento myšlienkový koncept sa označuje aj správnejším termínom **moderná syntéza**. Ide totiž o syntézu klasickej Darwinovej teórie vzniku druhov prírodným výberom a mendelovskej genetiky. Medzi najznámejších predstaviteľov modernej syntézy patrili Sewall Wright, Theodosius Dobzhansky, J. B. S. Haldane, Ronald A. Fisher, Ernst Mayr či Edward O. Wilson. Treba ešte dodať, že hoci každý z nich prispel do celkového konceptu modernej syntézy, ich názory na niektoré čiastkové teórie evolučnej teórie *sensu lato* sa značne líšili a boli predmetom prudkých sporov (podrobnejšie informácie a veľmi pútavé čítanie ponúka publikácia Edward Larson, *Evolúcia*, Slovart 2006).

Po objave DNA jednoducho nastalo obdobie veľkého rozmachu **modernej syntézy**, ktoré trvá dodnes. Moderná syntéza aj dnes tvorí mainstream evolučnej teórie. Podľa **Richarda Dawkinsa** (popredného neodarvinistu známeho **teóriou sebeckého génu**) sú organizmy iba schránkami génov, ktoré ich využívajú na svoju replikáciu na úkor ostatných „sebeckých“ genov. Tým napríklad vysvetľuje neegoistické (altruistické) správanie niektorých živočíchov v určitých situáciách. Napr. rodičia cicavcov, vtákov a iných živočíchov (aj človeka) chránia svoje potomstvo a niekedy sú aj ochotné obetovať sa za ich záchranu života preto, že je pravdepodobné, že sú nositeľmi rovnakých génov a budú môcť odovzdať ich ďalej.

Dawkins predstavil aj svoj **koncept** evolúcie ako **digitálnej rieky**. ...“Svet sa zaplňa organizmami, ktoré majú vlastnosti potrebné na to, aby sa stali predkami. Toto je darwinizmus vyjadrený jednou vetou”... Gény nie sú nič iné ako informácia - informácia, ktorá sa dá zakódovať, prekódovať a dekodovať bez degradácie alebo zmeny významu. Informácia sa dá kopírovať, a pretože je digitálna, vernosť kopírovania môže byť obrovská. Symboly DNA sa prenášajú generáciami len s takým malým počtom náhodných chýb, ktorý stačí na zabezpečenie variability. Spomedzi týchto variácií sa automaticky stanú na svete najpočetnejšími tie kódované kombinácie, ktoré (len čo ich organizmy dekodujú a riadia sa nimi) spôsobia, že organizmy podniknú aktívne kroky na ich zachovanie a rozšírenie. My (všetky organizmy) sme stroje na prežitie naprogramované rozširovať tú digitálnu databázu, ktorá naprogramovala nás. Na darwinizmus sa teraz dívame ako na súperenie na úrovni čisto digitálneho kódu.

Zdroj: Richard Dawkins, *Rieka z Raja*

Dawkins vo svojich dielach v podstate popularizoval Hamiltonovu víziu organizmov (vrátane človeka) ako detailne vypracovaných **prístrojov**, ktoré sa evolúciou vyvinuli na to, **aby šírili svoje gény**. „Sme stroje na prežitie – robotické prostriedky slepo naprogramované na zachovanie sebeckých molekúl známych ako gény,“ vysvetľoval. „Toto je skutočnosť, ktorá má stále naplna úžasom.“ Gény samy osebe nedokážu plánovať ani reagovať na svoje prostredie, zdôrazňoval Dawkins. Jednoducho sa reprodukovujú s príležitostnými náhodnými mutáciami, ktoré im môžu, ale nemusia pomôcť prežiť, a my („šplhajúc sa na Vrch Prapodivný“ adaptívnej krajiny Sewalla Wrighta už viac ako nejaké štyri miliardy rokov organickej evolúcie spôsobom pokus-omyl) sme výsledok.

6.2 Hlavný prúd a alternatíva alebo rozšírená syntéza

Fenotyp nezohráva podľa Dawkinsa v procese evolúcie prakticky nijakú úlohu. Prírodný výber bol prijatý ako jednoduché vysvetlenie postupu evolúcie, ktoré dlho uspokojovalo a doteraz uspokojuje väčšinu biológov, ale pri podrobnejšom skúmaní je zrejme, že prírodný výber na vysvetlenie celej evolúcie nestačí. Mainstreamový neodarvinistický koncept totiž trpí jedným zásadným nedostatkom – v princípe počíta iba s hotovými organizmami – čiže dospelými jedincami, ktoré majú určité vlastnosti – vhodné alebo nevhodné. Prírodný výber potom plazivým spôsobom určí víťaza a ten môže za odmenu plodiť potomstvo so svojimi vlastnosťami. V skutočnosti však každý mnohobunkový organizmus existuje nielen v priestore, ale aj v čase, a kým dospeje do svojej definitívnej podoby, prechádza zložitým procesom individuálneho vývinu – **ontogenézy**. Prírodný výber teda nemôže pôsobiť iba na hotové dospelé jedince, ale po celý čas existencie života na Zemi musí pôsobiť na všetky vývinové štádiá mnohobunkových organizmov. A tie majú často celkom iné vlastnosti i životné nároky ako dospelé jedince. Predstavte si napríklad pôvabného dospelého motýľa a porovnajte ho s

chlpatou húsenicou, ktorou ten istý jedinec kedysi nevyhnutne bol. Namiesto sladkého nektáru kvetov sa nenásytne kŕmi listami, žije v inom prostredí, ohrozujú ho iné predátory... Skrátka, obsadzuje celkom inú ekologickú niku a má celkom iné vlastnosti, pričom je to stále ten istý jedinec tej istej populácie. Ontogenéza pritom nie je priamočiary proces s vopred nalinkovaným priebehom, ale proces výberu z takmer nekonečného množstva rozvetvujúcich sa možností, ktoré vyvíjajúcemu sa jedincovi ponúka interakcia jeho genotypu s prostredím.

Zdroj: V. Kováč, Doslov v knihe Edward Larson, Evolúcia. Slovart 2006

Vráťme sa teda ešte raz k hlavným pilierom neodarvinizmu. Darwinizmus, ako ho uviedol Charles Darwin, je založený na **prírodnom výbere**. Pôvodná forma darvinizmu v dobe, keď ešte neboli známe všetky bunkové molekulárne detaily, už predpokladala, že potomkovia súčasných druhov nie sú nemenní, ale že existuje určitá variabilita, vznikajú malé zmeny určitých znakov organizmov a tie sú ďalej prírodným výberom prispôsobované - sitom prírodného výberu prejdú len tie **najvhodnejšie**. Moderná forma darvinizmu - neodarvinizmus - predpokladá, že táto určitá, hoci nízka, variabilita je spôsobená **náhodnými mutáciami v genóme**, čo smeruje k dosahovaniu stále nových výhodnejších znakov, ktoré zasa v boji o prežitie lepšie obstoja. Darwin predpokladal, že všetky telesné znaky sa vyvíjajú **postupne**, neprestajným plynulým vyladovaním a nedomnieval sa, že by v evolúcii boli nejaké skoky.

Niektorí vedci však, naopak, pripúšťajú možnosť evolučných skokov, ale to už vôbec nemožno spojiť s neodarvinistickou predstavou náhodných mutácií, ktoré sú podľa mnohých renomovaných vedcov dosť nepravdepodobné. Patria medzi nich najmä vývinoví biológovia. Čoraz viac laboratórnych i terénnych biológov si totiž uvedomuje, že v evolučných procesoch **mnohobunkových organizmov** zohráva významnú úlohu **ontogenéza**, a tak sa v posledných rokoch dostáva do popredia mladá vedecká disciplína - evolučná vývinová biológia, vo svete známa pod skratkou „**evo-devo**“.

Kontroverzný, ale zamysleniahodný pohľad na hlavné piliere neodarvinizmu priniesol napríklad americký fyziológ John Davison. Podľa neho človek praktizuje intenzívnu selekciu celé stáročia, aj tak sa mu však týmto spôsobom nepodarilo doteraz vytvoriť ani jeden nový biologický druh. Azda najlepším príkladom je **pes**. Okrem množstva pracovných plemien človek vytvoril niekoľko bizarných rás, ako čivavu či chrta, ako aj obrovské zvieratá, napríklad dogu, mastifa či bernardína. Vzikla tak veľká rozmanitosť sfarbenia, kvality srsti a pováh. Všetky tieto rozdiely možno pripísať pôsobeniu Mendelovských génov, ktoré sa pri pohlavnom rozmnožovaní segregujú a rekombinujú. Výsledkom je, že naše výtvory - psie plemená - sa dokážu rozmnožovať nielen medzi sebou navzájom, ale dokonca aj s vlkom. Krížence sú plodné, čo znamená, že z fyziologického hľadiska nie sú vôbec hybridmi, a teda **neodohrala sa nijaká evolúcia (v tom zmysle že nevznikol nijaký nový druh)**. Treba tiež poznamenať, že keď sa selekcia - výber - dovedie do extrému, výsledkom je strata zdatnosti, čo je zjavné napríklad z krátkeho veku, akého sa dozývajú bernardíny, dogy či anglické buldogy.

Ešte pôsobivejší príklad zlyhania výberu v evolúcii nám podľa Davisona ponúka „zlatá ryбка“, čiže karas striebřistý (*Carassius auratus*). Číňania a Japonci z neho vyšľachtili množstvo plemien vrátane takých čudесných tvorov, ako sú „teleskopky“ - úbohé rybky s očami na stopkách, ktoré mimochodom medzinárodná etická komisia akvaristov zakázala ďalej pestovať a šíriť, pretože ide o týranie zvierat. Niektoré rasy dokonca prekračujú hranice základnej stavby tela stavovcov, t.j. dva páry končatin - prsné a brušné plutvy, ktoré zodpovedajú našim rukám a nohám. Zduplikovaním análnej plutvy spravili z ryby potenciálneho šesťnožca! Okrem toho zduplikovali aj chvostovú plutvu, čo je v prírode neznámy jav, ba dokonca potlačili vývin chrbtovej plutvy - jeden zo základných znakov prakticky všetkých rýb. Plemeno „celestial“ zahŕňa všetky tieto črty a ešte k tomu je aj slepé. Ani jeden prípad však nepripomína proces špeciácie a všetky tieto vyšľachtené tvory sú stále karasom striebřistým.

Prečo všetky tieto pokusy zlyhávajú? Podľa Davisona zjavne preto, lebo predstavujú selekciu jednotlivých mutantných génov, z čoho možno odvodiť formálny záver, že takéto zmeny majú len málo resp. nemajú nič spoločné s evolučnými procesmi.

Zdroj: Davison, J.: Evolution as a Self-limiting Process (1998). Rivista di Biologia (Biology Forum), 91:2 199-220.

Medzi najvýznamnejšie "dôkazy" evolúcie patrí aj príbeh piadivky brezovej či štvorkrídlej drozofily (Podrobne sú oba prípady analyzované napr. v knihe: Edward Larson, *Evolúcia*. Slovart 2006). Ďalej tiež Darwinove "pinky" čiže ostrovčany (rod *Geospiza*). Davison však upozorňuje, že to nie sú samostatné druhy, ale iba rozmanité formy toho istého druhu.

Možno teda považovať príklady piadivky brezovej, štvorkrídlej drozofily či Darwinových ostrovčanov za dôkazy evolúcie? A predovšetkým evolúcie prírodným výberom, resp. evolúcie v zmysle neodarvinizmu? Ako sa to vezme. Problém je v tom, že jestvujú dva základné výklady pojmu evolúcia. Pre populačných genetikov je evolúciou už aj akákoľvek geneticky fixovaná zmena frekvencie alel v populácii. Teda zmena, ktorá nemusí nevyhnutne viesť k vzniku nového druhu čiže k speciácii. Pre iných biológov je však evolúcia proces, ktorý musí nevyhnutne zahŕňať vznik nových druhov...

Podľa Davisona prírodný výber existuje, ale jeho úlohou je zachovávať a udržiavať všetky jestvujúce podoby, a nie ich prostredníctvom malých obmien budovať. Inými slovami, nie je hnacou silou evolúcie, ale bariérou proti evolučným zmenám.

Génocentrický prístup na riešenie otázok evolučnej biológie nestačí (podrobnejšie v publikácii Kováč, V. 2009: *Vybrané aspekty evolučnej vývinovej biológie*. AQ-BIOS, 78 s.). Preto sa do popredia dostáva aj vývinová biológia a holistické riešenia namiesto redukcionistických. V súvislosti s tým sa spomína termín „rozšírená syntéza“, ktorá by mala modernú syntézu nahradiť.

7 Evo-devo: evolučná vývinová biológia

Význam ontogenézy v evolučných procesoch si uvedomuje čoraz viac laboratórnych i terénnych biológov, a tak sa v posledných rokoch dostáva do popredia mladá vedecká disciplína – evolučná vývinová biológia, vo svete známa pod skratkou „**evo-devo**“. Korene evolučnej vývinovej biológie siahajú viac ako jeden a pol storočia do minulosti. Predstavuje kombináciu tradičných a moderných biologických vied, pričom medzi jej najsilnejšie stránky patrí to, že integruje klasické odvetvia evolučnej biológie a biológie vôbec, napríklad embryológiu, systematiku, paleontológiu a porovnávaciu anatómiu, s molekulárnou vývinovou biológiou, genetikou a genomikou. Spája tak výskum na úrovni organizmov s výskumom na bunkovej a molekulovej úrovni, no zahŕňa aj prepojenia opačným smerom – k vyšším hierarchickým úrovňam – kde si pomáha ekológiou či systémovou biológiou.

Je len prirodzené, že ani evo-devo nepredstavuje jednoliaty prúd myšlienkových smerov, ale tiež sa rozvetvuje a člení. Azda najpozoruhodnejšiu vetvu evo-devo predstavuje **epigeneticizmus**. Epigenéza je proces, ktorý sa odohráva takpovediac mimo dosahu genetického kódu, a podľa všetkého sa významne zúčastňuje na výstavbe každého mnohobunkového organizmu počas jeho ontogenézy. Viacerí významní vedci sa dnes domnievajú, že epigenéza zohráva jednu z rozhodujúcich úloh aj v evolúcii. To by však mohlo znamenať výrazný odklon od myšlienok neodarvinizmu – živé bytosti (a ich evolúcia) by totiž prestali byť hračkou v rukách viac či menej náhodných mutácií génov a prírodného výberu. Ťažkú ranu by tak dostala aj populárna teória sebeckého génu, veď epigenetika prisudzuje dôležitú úlohu v procese evolúcie aj fenotypu (fenotyp je typ organizmu, ktorý vznikol ako produkt genotypu – súbor znakov organizmu okrem génov samých), nielen genotypu, ako nás už roky presviedča Richard Dawkins. Veľmi výstižne to napísal Wallace Arthur v knihe *Predpojaté embryá a evolúcia* (2004), ktorý sa dostal k evolučnej biológii štúdiom populačnej genetiky a molekulárnej biológie: „Evoluční teoretici by nemali vyhadzovať fenotypickú plasticitu len tak von oknom iba preto, že nie je dedičná.“ Jadrom tejto Arthurovej knihy je revolučná odpoveď na otázku, čo determinuje smerovanie evolučných zmien. „Od čias Darwina sa mnohí biológovia uspokojujú s odpoveďou: „prírodný výber“. Wallace Arthur však nie.

Osvojil si kontroverzný názor, že v determinácii smerov, ktoré nabrala evolúcia – vrátane toho, čo viedol k vzniku človeka – má „predpojatost“ embryí k spôsobom, akými sa môžu pozmeniť, rovnaký význam ako prírodný výber.“

Arthur píše o piatich zásadných medzerách neodarvinistickej evolučnej teórie: 1) neberie do úvahy všetky kroky (vývinové), ktoré sa odohrávajú medzi mutáciou a pôsobením prírodného výberu, 2) zameriava sa takmer výlučne na prírodný výber (ktorý je „deštruktívny“), a zanedbáva tak možnosť tvorivého vzniku odchýlok (napríklad počas ontogenézy), 3) neberie vždy do úvahy ontogenetickú stálosť a dáva prednosť [stálej] evolučnej zmene, 4) pri riešení otázky, ako organizmy reagujú na problémy, ktoré pred nich stavia prostredie, zostáva na povrchu a 5) vo svojich extrémnych vyjadreniach je výlučne gradualistická.

Vráťme sa ale k pôsobeniu epigenetických mechanizmov a ich úlohy v procese evolúcie. Pomaly, ale isto sa im venuje čoraz väčšia pozornosť, o čom svedčia aj najnovšie publikácie renomovaných vydavateľstiev (pozri s. 3). Venujeme sa im aj na našom pracovisku, a to v rámci projektov VEGA 1/2341/05 (2005-2007) Epigenetická a ekomorfológická analýza invázných druhov rýb v povodí Dunaja, VEGA 1/0226/08 (2008-2010) Invázne ryby v povodí Dunaja: od morfológie, ontogenézy a epigenézy k ekológii a evolúcii a ďalším.

7.1 Epigenéza, ontogenéza a evolúcia

Čo je teda epigenéza? Epigenéza vytvára nové fenotypy podľa „inštrukcií“, ktoré nepochádzajú iba od genómu (Sapp 1987). Ten funguje na základe programovej informácie zaznamenatej v „pamäti“ minulých prostredí, vývinov a ich genetickej asimilácie (Waddington 1961, Hall 2001), ale fenotyp sa vytvára interakciou so súčasným prostredím, pri ktorej dochádza k zabudovaniu vývinovej informácie do inštrukcií založených na programovej informácii (Riedl 1975, 1988, Balon 1983).

Epigenéza je proces, prostredníctvom ktorého sa realizuje ontogenéza. Odohráva sa mimo genetického kódu a výstavba nijakého mnohobunkového organizmu nie je bez nej možná. Viacerí významní vedci sa dnes domnievajú, že epigenéza zohráva jednu z rozhodujúcich úloh aj v evolúcii. Ucelenú predstavu o tom, ako môže epigenéza ovplyvňovať evolúciu, priniesol Balon (2004; pozri nižšie).

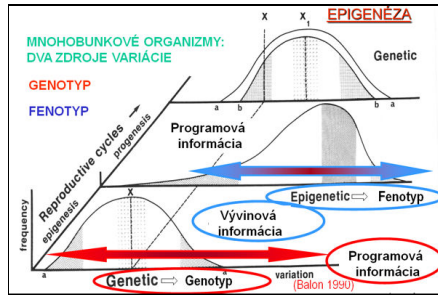
Jeho teória vychádza zo známeho modelu epigenetickej krajiny Conrada H. Waddingtona (1940). Tento model zobrazuje viacero možností guľôčky pohybujúcej sa po členitom rozvetvenom povrchu. Waddingtonov model je metaforou osudu bunky v priebehu ontogenézy. Zobrazuje možné cesty diferenciácie kmeňovej bunky, čiže možnosti, na aký typ bunky sa premení, do akého tkaniva – napríklad svalového, nervového, kostného atď. – sa začlení. Bunka prechádza rozmanitými trajektóriami (predstavujú ich typy génových aktivít), pričom vnútrobunkové alebo mimobunkové signály (zvnútra organizmu alebo tiež z vonkajšieho prostredia) v mieste vetvenia trajektórií usmerňujú bunku do určitých ďalších trajektórií, a to tak, že zapínajú, resp. vypínajú odlišné gény. Podrobnosti o týchto procesoch možno nájsť v publikácii Kováč V. 2009: Vybrané aspekty evolučnej vývinovej biológie. AQ-BIOS, Bratislava, 84 s., <http://www.fns.uniba.sk/index.php?id=2962>.

Balon z tohto modelu brilantne odvodzuje priebeh ontogenézy mnohobunkových organizmov a odtiaľ je už len krôčik k zmenám na úrovni evolúcie, pretože akákoľvek fenotypová evolučná zmena sa môže odohrať výlučne počas ranej ontogenézy. Balonova teória alternatívnych ontogenéz a evolúcie čiže teória alprehostu stavia na poznaní, že budovanie dospelého jedinca každého mnoho-bunkového organizmu (t. j. jeho ontogenéza) si vyžaduje dva zdroje informácií: genetický a epigenetický. Genetický zdroj pochádza z genotypu, ktorý poskytuje vyvíjajúcemu sa organizmu programovú informáciu, kým epigenetický zdroj zabezpečuje zasa fenotyp, ktorý dodáva tomu istému vyvíjajúcemu sa jedincovi vývinovú informáciu. Vývinová informácia je presne to, čo spomína Waddington – signály z prostredia, ktoré v mieste vetvenia umerňujú bunku do jednej z dvoch dráh.

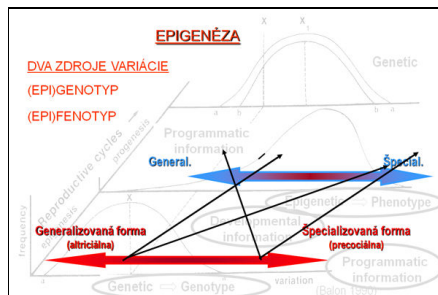
Prejavy tejto bifurkácie sa odrážajú napríklad v:

- nepriamych a priamych ontogenézach
- r- a K- stratégiách
- udržiavaní a rozptyľovaní fenotypov
- generalizovaných a špecializovaných formách
- altriciálnych a prekociálnych ontogenézach a trajektóriách

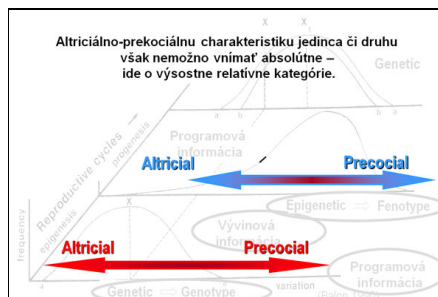
Keď to situácia vyžaduje, životné procesy (organizmy) riešia problémy generované prostredím tak, že prostredníctvom **bifurkácií** vytvárajú novoty a alternatívne reakcie, a to v ktoromkoľvek intervale ontogenézy a evolúcie.



Obr. vľavo: Zjednodušené porovnanie dvoch zdrojov premenlivosti - **náhodného genetického a riadiaceho epigenetického** - pod vplyvom epigenetickej špecializácie. V rámci reprodukčného cyklu epigenéza využíva najmä **vývinovú informáciu**, zatiaľ čo progenéza (tvorba pohlavných buniek) **programovú informáciu**. Počas každého cyklu sa časť genetickej premenlivosti stratí (a - b) v dôsledku špecializácie a odchýli ($x - x_1$), a to v dôsledku „asimilácie“ epigenetickej informácie.

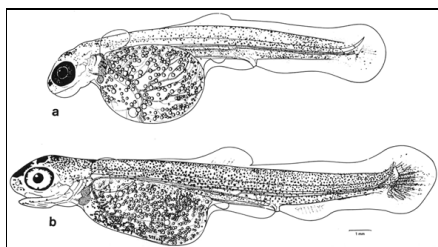


Fenotyp predstavuje časť reprodukčného cyklu (ontogenézu) organizmu. Od aktivácie gamety (oplodnenia *sensu lato*) po smrť predstavuje aj generáciu (líniu) a zahŕňa - od nadobudnutia pohlavnej dospelosti po vypustenie gamet - **gametogenézu** čiže **progenézu**. Z praktických dôvodov teraz považujeme progenézu za predstaviteľa **epigenotypu** - pokiaľ do toho zahrnieme aj zárodočné bunky. Genotyp je naprogramovaný, ako továreň, na výrobu stavebného materiálu.



Keď vyrába veľké množstvo „tehál“, nemôže z toho vzniknúť drevený zrub ani kamenná stavba (t.j. iný druh organizmu). Genetický program zakódovaný v DNA musí ale byť aj dostatočne flexibilný, aby nevznikol nedostatok materiálu, ak si situácia pri výstavbe tehlového domu vyžaduje určité modifikácie. Táto flexibilita tvorí genetickú premenlivosť. Gamety však dostávajú počas progenézy či gametogenézy aj ďalšiu extranukleárnu informáciu, ktorá je za hranicou DNA kódu - napríklad rozličné množstvá žltka, cytoplazmy či polarity - a tak už od aktivácie vzniká **vývinová informácia**, ktorá sa podieľa na tvorbe epigenotypu. Interakcie počas epigenézy organizujú stavebný materiál do konečnej štruktúry - epifenotypu.

Spracované podľa zdroja: Balon (1990)



Ako sa v praxi prejavujú altriciálno-prekociálne stavy? Embryá sivoňa *Salvelinus alpinus oquassa* (obr. vľavo) pochádzajúce od tých istých rodičov. Jediniec na hornom obrázku bol inkubovaný pri teplote 9,5°C, kým jedinec na spodnom obrázku pri teplote 4,4°C.

Jedinec inkubovaný pri vyššej teplote sa vyliahol skôr a meral 15,9 mm, jedinec inkubovaný pri nižšej teplote sa vyliahol neskôr a meral 19,8 mm.

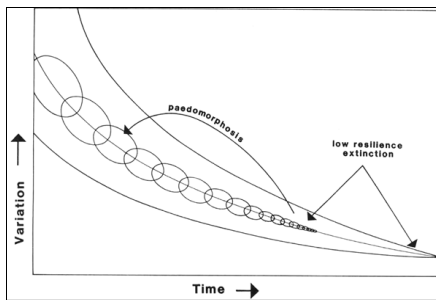
Spracované podľa zdroja: Balon (1980)

Rozdiely vznikajú tak, že každý jedinec pri prechode z jednej etapy na druhú (z jedného stabilizovaného stavu na druhý) odpovedá počas prahu (nestabilný interval vývinu) na otázky prostredia (v tomto prípade teplotu vody) inak. Tak sa prejavuje princíp **dichotómie** a **altriciálne-prekociálne** charakter ontogenézy. Jedinec inkubovaný pri vyššej teplote sa zjavne vyvíja väčšími prekociálne, jedinec inkubovaný pri nižšej teplote väčšími altriciálne.

Samozrejme, oba zdroje variability fenotypu – genetický a epigenetický – majú svoje hranice a navzájom sa dopĺňajú. Genetický zdroj premenlivosti má sklony udržiavať stabilnejší súbor informácií, čo je esenciálne dôležité pre zachovanie vernosti vlastnej reprodukcie. Ak sa **programová informácia** (genetická variabilita) vyčerpá, flexibilita nevyhnutná na prežitie organizmu v neprestajne sa meniacich podmienkach prostredia (nie nevyhnutne klimatické zmeny, ale predovšetkým koevolúcia) sa znižuje za prípustnú hranicu a **vyhynutie druhu** je neodvratné. Genetický zdroj informácie je konzervatívny (t.j. „bráni sa zmenám“).

Epigenetická variabilita predstavuje **liberálny** zdroj informácie. Reaguje pružne, a to prostredníctvom **binárneho** princípu (**dichotómia**), pričom odráža komplexnú a dynamickú povahu vnútrobunkových interakcií. Epigenetický zdroj premenlivosti má niekedy sklony „neposlúchnuť“ programovú informáciu (genetický zdroj), prekonáva reštrikcie genómu a rozširuje rozsah variability požadovaným smerom. Pochopiteľne, aj epigenetická premenlivosť je limitovaná. Ak prekročí stanovené hranice, najčastejšie to znamená, že epigenetické procesy nevedú nikam a výsledkom je zlyhanie celej ontogenézy (Lovtrup 1974, p. 425). V tomto zmysle je metafora o „neposlušnosti“ zámerne prehnaná, s cieľom zvýrazniť schopnosť epigenetických procesov vytvárať alternatívu k **presným kópiám** podľa želania „**replikátora**“ (Dawkins 1976, 1982).

Epifenotyp, ktorý by bol **dokonale prispôbený svojmu prostrediu** však nikdy nevznikne (Darlington 1977, Holm 1985). Keby to tak nebolo, **dlhodobá existencia života by bola ohrozená**. V dôsledku konzervatívneho zdroja genetickej premenlivosti (zmeny spôsobené náhodnými alebo indukovanými mutáciami) sú excesy liberálnej epigenetickej premenlivosti obmedzované, čo súčasne znamená aj obmedzovanie optimalizácie. Konzervatívny genetický zdroj premenlivosti tiež pôsobí proti tendencii špecializácie organizmov, čo je inak inherentnou súčasťou epigenetických procesov. Treba si pritom uvedomiť, že **prílišná špecializácia je v rozpore s prežívaním**. Bariéra, ktorá bráni „lamarckovskému“ typu dedičnosti (t.j. dedičnosti získaných vlastností), chráni sústavu génov pred priveľmi rýchlou zmenou, ktorú by mohli vyvolať „rozmarne“ požiadavky prostredia (Bateson 1979, p. 22).



Spracované podľa zdroja: Balon (1980)

Obr vľavo: Príklad stabilizovanej trajektórie genetickej and epigenetickej premenlivosti v dlhodobom slede generácií (reprodukčných cyklov). Neprestajné znižovanie premenlivosti (pri každom prenose na ďalšiu generáciu sa premenlivosť aspoň nepatrne znižuje, pretože organizmy sa musia nevyhnutne špecializovať a vývoj sa nedá vrátiť späť; pozri predchádzajúce texty a obrázky) smeruje k **špecializácii**, ktorá je však nevyhnutne spojená so zníženou schopnosťou pružne reagovať na zmeny. To musí pochopiteľne časom nevyhnutne viesť k takej úrovni špecializácie, ktorá už ohrozuje samotnú existenciu druhu (spomeňme si na „slepé uličky“ Juliana Huxleyho). Proces sa môže zvrátiť prostredníctvom **pedomorfózy** (juvenilizácie), čiže epigenetického návratu do menej špecializovanej ontogenézy.

Použitá literatúra

- Alberch, P. S., Gould, S. J., Oster, G. F., Wake, D. B. 1979. Size and shape in ontogeny and phylogeny. *Paleobiology* 5: 296-317.
- Arthur, W. 2004. *Biased embryos and evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Baer, K. E. Von 1828. *Über Entwicklungsgeschichte der Thiere: Beobachtung und Reflexion, Erster Teil*. Königsberg: Gebrüder Bornträger.
- Balázsová-Lavrinčíková, M. Kováč, V. 2007. Epigenetic context in the life-history of round goby *Neogobius melanostomus* from Slovak stretch of the Danube. Chapter 14, s. 275-287. In: Gherardi, F. (Ed.) *Freshwater Bioinvaders: Profiles, Distribution, and Threats*. Berlin: Springer.
- Balon, E. K. 1979. The theory of saltation and its application in the ontogeny of fishes: steps and thresholds. *Environmental Biology of Fishes* 4: 97-101.
- Balon, E. K. 1980. Early ontogeny of the North American landlocked arctic charr sunapee, *Salvelinus (Salvelinus) alpinus oquassa*. S. 568-606. In: Balon, E. K. (Ed.) *Charrs: Salmonid Fishes of the Genus Salvelinus. Perspectives in Vertebrate Science 1*. The Hague: Dr W. Junk Publishers.
- Balon, E. K. (Ed.) 1985. *Early Life Histories of Fishes: New Developmental, Ecological and Evolutionary Perspectives*. Dordrecht: Dr W. Junk Publishers.
- Balon, E. K. 1990. Epigenesis of an epigeneticist: the development of some alternative concepts on the early ontogeny and evolution of fishes. *Guelph Ichthyological Reviews* 1: 1-48.
- Balon, E. K. 2004. Alternative Ontogenies and Evolution: A Farewell to Gradualism. S. 37-66. In: Hall, B. K., Pearson R., Müller, G. B. (Eds.) *Environment, Development and Evolution. Toward a Synthesis. The Vienna Series in Theoretical Biology*. Cambridge/London: The MIT Press.
- Breuker C. J., Debat V., Klingenberg C. P. 2006. Functional evo-devo. *Trends in Ecology and Evolution* 21: 488-492.
- Coveney, P., Highfield, R., 2003. *Medzi chaosom a řádem*. Praha: Mladá Fronta. (Český preklad anglického originálu Coveney, P., Highfield, R. 1995. *Frontiers of Complexity*. London: Faber and Faber).
- Dale, K. J., Pourquié, O. 2000. A clock-work somite. *Bioessays* 22: 72-83.
- Dassow, G. Von, Munro, E. 1999. Modularity in Animal Development and Evolution: Elements of a Conceptual Framework for EvoDevo. *Journal of Experimental Zoology, Part B: Molecular and Developmental Evolution* 285: 307-325.
- De Beer, G. R. 1930. *Embryology and Evolution*. Oxford: Clarendon Press.
- Disler, N. N. 1951. Problémy individuálního vývoje živočichů ve světle kritiky stavu vývojové mechaniky. *Sovětská věda, Biologie* 3: 234-255.
- Disler, N. N., Smirnov, S. A. 1977. Sensory organs of the lateral-line canal system in two percids and their importance in behavior. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 34: 1492-1503.
- Eldredge N., Gould, S. J. 1972. Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism. S. 82-115. In: Schopf, T. J. M. (Ed.) *Models in Paleobiology*. San Francisco: Freeman Cooper.
- Endicott, P., Ho, S. Y. W., Metspalu, M., Stringer, C. 2009. Evaluating the mitochondrial timescale of human evolution. *Trends in Ecology and Evolution* 24: 515-521.
- Feil, R. 2009. Epigenetic asymmetry in the zygote and mammalian development. *Epigenetics & Development. International Journal of Developmental Biology, Special Issue* 53, 2/3: 191-201.
- Garstang, W. 1922. The theory of recapitulation: a critical restatement of the Biogenetic law. *Proceedings of the Linnean Society of London* 35: 81-101.
- Geist, V. 1978. How genes communicate with the environment – The biology of inequality. Chapter 6, s. 116-144. In: Geist, V. *Life Strategies, Human Evolution, Environmental Design. Toward a Biological Theory of Health*. New York: Springer.
- Gilbert, S. F. 2000. Diachronic biology meets evo-devo: C. H. Waddington's approach to evolutionary developmental biology. *American Zoologist* 40: 729-737.
- Gilbert, S. F. 2003. The morphogenesis of evolutionary developmental biology. *International Journal of Developmental Biology* 47: 467-477.
- Gilbert, S. F. 2006. *Developmental Biology, Eighth Edition online: DevBio. A Companion to Developmental Biology*. <http://8e.devbio.com>. Stránka navštívená 14. Augusta 2009.
- Gilbert, S. F., Opitz J. M., Raff, R. A. 1996. Resynthesizing evolutionary and developmental

- biology. *Developmental Biology* 173: 357–372.
- Gisbert, E. 1999. Early development and allometric growth patterns in Siberian sturgeon and their ecological significance. *Journal of Fish Biology* 54: 852–862.
- Goldschmidt, R. B. 1940. *The Material Basis of Evolution*. New Haven: Yale University Press.
- Goldschmidt, R. B., Hannah, A., Piternick, I. 1951. The podoptera effect in *Drosophila melanogaster*. *University of California Publications in Zoology* 55: 67-294.
- Gould, S. J. 1977. *Ontogeny and Phylogeny*. Cambridge (Massachusetts): The Belknap Press of Harvard University Press.
- Gould, S. J. 2002. *The Structure of Evolutionary Theory*. Cambridge (Massachusetts)/London: The Belknap Press of Harvard University Press.
- Gould, S. J., Lewontin, R. C. 1979. The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist program. *Proceedings of the Royal Society B* 205: 581–598.
- Haeckel, E. 1874. Die Gastraea-Theorie, die phylogenetische Classification der Thierreichs und die Homologie der Keimblätter. *Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft* 8: 1-55.
- Haig, D. 2004. The (Dual) Origin of Epigenetics. *Cold Spring Harbour Symposia on Quantitative Biology* 69: 67-70.
- Haig, D. 2007. Weissman Rules! OK? Epigenetics and the Lamarckian temptation. *Biology and Philosophy* 22: 415-428.
- Hall, B. K. 1992. *Evolutionary Developmental Biology*. 1. Vydanie London: Chapman & Hall.
- Hall, B. K. 1999. *Evolutionary developmental biology*. 2. Vydanie Dordrecht/-Boston/London: Kluwer Academic Publishers.
- Hall, B. K. 2000. Evo-devo or devo-evo – Does it matter? *Evolution & Development* 2: 177-178.
- Hall, B. K. 2003. Evo-Devo: evolutionary developmental mechanisms. *International Journal of Developmental Biology* 47: 491-495.
- Hall, B. K., Miyake, T. 1995. How do embryos measure time? S. 4-20. In: McNamara, K. J. (Ed.) *Evolutionary Change and Heterochrony*. New York: John Wiley & Sons.
- Hall, B. K., Pearson R., Müller, G. B. (Eds.) 2004. *Environment, Development and Evolution. Toward a Synthesis*. The Vienna Series in Theoretical Biology. Cambridge/London: The MIT Press.
- Hey, J. 2006. On the failure of modern species concept. *Trends in Ecology and Evolution* 21: 447-450.
- Hunt von Herbing, I., Boutilier, R. G. 1996. Activity and metabolism of larval Atlantic cod (*Gadus morhua*) from Scotian shelf and Newfoundland source populations. *Marine Biology* 124: 607–617.
- Hunt von Herbing, I., Miyake, T., Hall, B. K., Boutilier, R. G. 1996a. Ontogeny of feeding and respiration in larval Atlantic cod *Gadus morhua* (Teleostei, Gadiformes): I. Morphology. *Journal of Morphology* 227: 15–35.
- Hunt von Herbing, I., Miyake, T., Hall, B. K., Boutilier, R. G. 1996b. Ontogeny of feeding and respiration in larval Atlantic cod *Gadus morhua* (Teleostei, Gadiformes): II. Function. *Journal of Morphology* 227: 37–50.
- Ikegami, K., Ohgane, J., Tanaka, S., Yagi S., Shiota, K. 2009. Interplay between DNA methylation, histone modification and chromatin remodelling in stem cells and during development. *Epigenetics & Development*. *International Journal of Developmental Biology*, Special Issue 53, 2/3: 203-214.
- Jablonka, E., Lamb, M. 2005. *Evolution in four dimensions*. Cambridge/-London: MIT Press.
- Jablonka, E., Lamb, M. 2007. The expanded evolutionary synthesis – a response to Godfrey-Smith, Haig and West Ebergard. *Biology and Philosophy* 22: 453-472.
- Jacob, F. 1977. Evolution and tinkering. *Science* 196: 1161-1166.
- Johnson, M. H., Day, M. L. 2000. Egg timers: how is developmental time measured in the early vertebrate embryo? *Bioessays* 22: 57–63.
- Kauffman, S. A. 1993. *The Origins of Order: Self-Organisation and Selection in Evolution*. New York: Oxford University Press.
- Kauffman, S. A. 1995. *At Home in the Universe: The Search for the Laws of Self-Organization and Complexity*. New York: Oxford University Press.
- Kauffman, S. A., Smolin, L. 1997. A Possible Solution For The Problem Of Time In Quantum Cosmology. http://www.edge.org/3rd_culture/smolin/smo-lin_p3.html. Stránka navštívená 17. 8. 2007.

- Khochbin S., Nonchev, S. (Eds.) 2009. Epigenetics & Development. International Journal of Developmental Biology, Special Issue, 53, 2/3.
- Khochbin S., Nonchev, S. 2009. Preface. Epigenetics & Development. International Journal of Developmental Biology, Special Issue 53, 2/3: 189-190.
- Klingenberg, C. P. 1998. Heterochrony and allometry: the analysis of evolutionary change in ontogeny. *Biological Reviews* 73: 79-123.
- Kováč, V. 1992. Early development of the yellow pope, *Gymnocephalus schraetser*. *Folia Zoologica* 41: 372-385.
- Kováč, V. 1993a. Early development of ruff, *Gymnocephalus cernus*. *Folia Zoologica* 42: 269-280.
- Kováč, V. 1993b. Early development of the Balon's ruff, *Gymnocephalus baloni* Holčík et Hensel 1974. *Folia Zoologica* 42: 351-362.
- Kováč, V. 1994. Early development of three *Gymnocephalus* species: reflections on the evolution of the genus. *Environmental Biology of Fishes* 40: 241-253.
- Kováč, V. 2000. Early development of Zingel streber. *Journal of Fish Biology* 56: 1381-1403.
- Kováč V. 2002. Synchrony and heterochrony in ontogeny (of fish). *Journal of Theoretical Biology* 217: 499-507.
- Kováč, V. 2007. Pánom života je čas. Bratislava: Albert Marenčin Vydavateľstvo PT.
- Kováč, V. 2009. Genes and Development. In: Hutchins M., Geist V., Pianka E. (Eds.) *Grzimek's Animal Life Encyclopedia, Evolution*. Farmington Hills (Michigan, USA): Gale Cengage. In press.
- Kováč, V., Copp, G.H., Sousa, R. P. 2009. Life-history traits of invasive bighead goby *Neogobius kessleri* from the middle Danube with a reflection of who may win the goby competition *Journal of Applied Ichthyology* 25: 33-37.
- Kryžanovskij, S. G. 1949. Ekologo-morfologičeskije zakonomernosti razvitia karpovyh, vjunovyh i somovyh ryb (Cyprinoidei a Siluroidei). *Trudy Instituta Morfologii Životnyh A. N. Severcova* 1: 5-332.
- Kryžanovskij, S. G., Disler, N. N., Smirnova, E. N. 1953. Ekologo-morfologičeskije zakonomernosti razvitia okunevidnyh ryb (Percoidei). *Trudy Instituta Morfologii Životnyh A. N. Severcova* 10: 3-138.
- Larson, E. J. 2006. Evolúcia. Neobyčajná história jednej vedeckej teórie. Bratislava: Slovart. (Slovenský preklad anglického originálu Larson, E. J. 2004. *Evolution – The Remarkable History of a Scientific Theory*. New York: Random House Publishing Group).
- Lewontin, R. 2000. *The Triple Helix. Gene, Organism and Environment*. Cambridge (Massachusetts): Harvard University Press.
- Maxam, A., Gilbert, W. 1977. A new method for sequencing DNA. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 74: 560-564.
- McFarlane, M. B., Cripe, D. J., Thompson, S. H. 2000. Larval growth and development of cultured Pacific bonito. *Journal of Fish Biology* 57: 134-144.
- McNamara, K. J. 1988: The abundance of heterochrony in the fossil record, s. 287-325. In: McKinney, M. L. (Ed.) *Heterochrony in Evolution*. New York: Plenum Publishing Corporation.
- Novomeská A., Kováč V. 2009. Life-history traits of non-native black bullhead *Ameiurus melas* with comments on its invasive potential. *Journal of Applied Ichthyology* 25: 79-84.
- Osse, J. W. M., van den Boogart, J. G. M., van Snick, G. M. J., van der Sluys, L. 1997. Priorities during early growth of fish larvae. *Aquaculture* 155: 249-258.
- Pagel M., Venditti, C., Meade, A. 2006. Large Punctuational Contribution of Speciation to Evolutionary Divergence at the Molecular Level. *Science* 314: 119-121.
- Pulquério, M. J. F., Nichols, R. 2007. Dates from molecular clock: how wrong can we be? *Trends in Ecology and Evolution* 22: 180-184.
- Raff, R. A. 1996. *The Shape of Life: Genes, Development, and the Evolution of Animal Form*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Raff, R. A., Wray, G. A. 1989. Heterochrony: developmental mechanisms and evolutionary results. *Journal of Evolutionary Biology* 2: 409-434.
- Rass, T. S. 1946. Stupeni ontogeneza kostistych ryb (Teleostei). *Zoologičeskij žurnal* 25: 137-148.
- Rass, T. S. 1948. O periodach žizni i zakonomernostiach razvitia i rosta u ryb. *Izvestia Akademii Nauk SSSR, Seria biologica* 3: 295-305.
- Reilly, S. M. 1994. The ecological morphology of metamorphosis: heterochrony and the

- evolution of feeding mechanisms in salamanders. S. 319–337. In: Wainwright, P. C., Reilly, S. M., (Eds.) *Ecological Morphology: Integrative Organismal Biology*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Reilly, S. M., Wiley, E. O., Meinhardt, D. J. 1997. An integrative approach to heterochrony: the distinction between interspecific and intraspecific phenomena. *Biological Journal of the Linnean Society* 60: 119-143.
- Richardson, M. K. 1995. Heterochrony and the phylotypic period. *Developmental Biology* 172: 412-421.
- Richardson, M. K. 1997. The forgotten fraud. *Physiological Society Magazine* 29: 30-31.
- Richardson, M. K., Keuck, G. 2002. Haeckel's ABC of evolution and development. *Biological Reviews* 77: 495-528.
- Robert, J. S. 2004. *Embryology, epigenesis and evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rollo, D. C. 2004. Life = epigenetics, ecology, and evolution (L = E3): A review of Developmental plasticity and evolution, by Mary Jane West-Eberhard. *Evolution & Development* 6: 58-62.
- Sakakura, Y., Tsukamoto, K. 1999. Ontogeny of aggressive behaviour in schools of yellowtail, *Seriola quinqueradiata*. *Environmental Biology of Fishes* 56: 231–242.
- Shea, B. T. 1989. Heterochrony in human evolution: the case for neoteny reconsidered. *Yearbook of Physical Anthropology* 32: 1-70.
- Schlösser, G., Wagner, G. P. (Eds.) 2004. *Modularity in development and evolution*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Sinervo, B., Svensson, E. I. 2004. The origin of novel phenotypes: correlational selection, epistasis, and speciation. s. 171-194. In: Hall, B. K., Pearson R., Müller, G. B. (Eds.) *Environment, Development and Evolution. Toward a Synthesis. The Vienna Series in Theoretical Biology*. Cambridge/London: The MIT Press.
- Turing, A. 1952. The Chemical Basis of Morphogenesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society, Part B* 237: 37-72.
- Vasnečov, V. V. 1946. Divergencia i adaptacia v ontogeneze. *Zoologičeskij žurnal* 25: 185-200.
- Vasnečov, V. V. 1953. Etapy razvítia kostistych ryb. s. 207-217. In: *Očerki po obščim voprosam ichtiologii*. Moskva/Leningrad: Akademia Nauk SSSR.
- Vernidub, M. F., Guzeva, M. I. 1950. O morfofiziologičeskich etapach v razvítii ličinok ryb. *Doklady Akademii nauk SSSR* 71: 585-588.
- Waddington, C. H. 1940. *Organisers and Genes*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Waddington, C. H. 1942. Canalization of development and the inheritance of acquired characteristics. *Nature* 150: 563–565.
- Waddington, C. H. 1953a. Epigenetics and evolution. s. 186-199. In: Brown, R., Danielli, J. F. (Eds.) *Evolution. (SEB Symposium VII)*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Waddington, C. H. 1953b. Genetic assimilation of an acquired character. *Evolution* 7: 118-126.
- Waddington, C. H. 1961. Genetic assimilation. *Advances in Genetics* 10: 257-290.
- Wägele, J. W., Letsch, H., Klussmann-Kolb, A., Mayer, C., Misof, B., Wägele, H. 2009. Phylogenetic support values are not necessarily informative: the case of the Serialia hypothesis (a mollusk phylogeny). *Frontiers in Zoology* 2009, 6:12.
- Weibel, E. R., Taylor, C. R., Hoppeler, H. 1991. The concept of symmorphosis: a testable hypothesis of structure-function relationship. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 88: 357–361.
- West-Eberhard, M. J. 2003. *Developmental plasticity and evolution*. New York: Oxford University Press.
- West-Eberhard, M. J. 2005. Developmental plasticity and the origin of species differences. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 102, suppl. 1: 6543–6549.
- West-Eberhard, M. J. 2007. Dancing with DNA and flirting with the ghost of Lamarck. *Biology and Philosophy* 22: 439-451.
- Wilson, G. N., Optiz, J. M., Reynolds, J. F. 1988. Heterochrony and human malformation. *American Journal of Medical Genetics* 29: 311-321.
- Withfield J. 2008. Biological theory: Postmodern evolution?. *Nature* 455: 281-284.
- Záhorská E., Kováč, V. 2009. Life history traits of invasive topmouth gudgeon *Pseudorasbora parva* from Slovakia. *Journal of Applied Ichthyology* 25: 466-469.
- Záhorská, E., Kováč, V., Falka, I., Beyer, K., Katina, S., Copp, G. H., Gozlan, R. E. 2009. Morphological variability of the Asiatic cyprinid, topmouth gudgeon *Pseudorasbora parva*,

in its introduced European range. *Journal of Fish Biology* 74: 167–185.
Zelditch, M. L., Fink, W. L. 1996. Heterochrony and heterotopy: stability and innovation in the evolution of form. *Paleobiology* 22: 237–250.