

## P11. Darwinismus včera a dnes.

Někteří fyzikové hloubající o podstatě věcí věří, že je v základech světa jednotící princip, který bude odhalen a popsán „teorií všeho“. Většina badatelů zkoumajících živou přírodu je, spolu s klasiky Theodosiem Dobzhanskim, Ernstem Meyrem a Johnem Meynardem Smithem přesvědčena, že jednotící princip v tomto případě již odhalili Charles Darwin a Alfred Russel Wallace a popsali jej svou teorií evoluce. Dobzhanského často citovaný výrok „*nothing in biology makes sense except in the light of evolution*“ hovoří za vše.

☞ Darwin a Wallace vyšli z *faktu* evoluce a objevili její *přirozený mechanismus*. Vysvětlují různost živých forem jako důsledek *přírodního výběru* (selekce) z variability v populaci druhu. Evolučně významná variabilita je dána „*drobnými, náhodnými*“ změnami v základu dědičnosti“.

☞ Podle Darwinovy teorie *všechny živé formy divergují z jednoho společného zdroje (prapředka) a jsou tedy v generickém vztahu; pro darwinistu je evoluce historií živých forem; není pokrokem a nesměruje k předem danému cíli*.

☞ *Ale existuje evoluce fakticky?* Odpověď na tuto otázku dlouho nebyla samozřejmá, neboť donedávna existovaly jen nepřímé důkazy evoluce, opírající se o srovnávání morfologických znaků žijících i vymřelých tvorů a datování na základě geologické stratigrafie. Až výzkumy na poli molekulární biologie přinesly přesvědčivou odpověď.

Jak bylo uvedeno již v úvodní lekci, dnes víme, že existuje mezidruhová příbuznost funkčně si odpovídajících bílkovin.

Jedním z možných vysvětlení těchto podobností je kreacionistická hypotéza, že všechny uvedené sekvence byly v odlišných bytostech stvořeny jako *podobné*.

Kreacionistická hypotéza těžko obstojí s alternativním vysvětlením, že uvedené sekvence jsou během evoluce jednotlivých živých forem *odvozeny* od společného předka a jejich homologie jsou konzervativní, protože se nacházejí v esenciální části bílkovinné molekuly. Proměnné části se mohou lišit díky postupnému hromadění mutačních změn. Tato hypotéza je hypotézou vědeckou, její platnost může být ověřována objektivními testy. Počítačové databáze dnes poskytují obrovský srovnávací materiál bílkovinných sekvencí i sekvencí nukleových kyselin. Všechny srovnávací studie těchto sekvencí jsou naprosto konzistentní, potvrzují fakt evoluce.

☞ Definitivní, nevyvratitelný důkaz faktu evoluce přineslo poznání, že *genetický kód a jeho interpretace v buňkách jsou všem známým bytostem společné*.

Od roku 1859, kdy Darwin publikoval svůj „*Původ druhů*“, došlo ve vědách o živé přírodě k mnohým významným událostem a *darwinismus za sto padesát let prodělal svůj vlastní vývoj* v souladu s hromadícími se poznatky paleontologie, srovnávací anatomie, embryologie a zejména genetiky. Na počátku 20. století byla znovuobjevena mendelovská genetika, jež byla během tří následujících desetiletí obohacena genetikou populační. Zatímco ta první se soustřeďovala na vztahy mezi jednotlivými geny, druhá se zabývá zkoumáním frekvenčních a kombinačních změn v množinách genů (alel).

☞ *Darwinova teorie integrující klasickou mendelovskou genetiku a genetiku populací je nazývána „novou syntézou“, „neodarwinismem“.*

Na různých místech v předchozích textech jsme uvedli, že neodarwinismus interpretuje evoluci jako selektivní, graduální změnu relativních frekvencí alel, nacházejících se ve společném genetickém prostoru.

☞ Ve druhé polovině 20. století se zrodila molekulární biologie, molekulární genetika a genetika vývojových procesů; *neodarwinismus* se brzy dostal do problémů s fakty, hromadícími se z těchto nových oborů a stal se *předmětem odborné kritiky*.

Připomeňme si pětici fundamentálních objevů z mimořádně plodného období 50. až 70. let:

- byla objevena dvoušroubovicová struktura DNA<sup>(7)</sup> (J. Watson a F. Crick),
- bylo objeven mechanismus zdvojování genetické informace (M. Meselson a F. Stahl; J.H. Taylor).
- objeveno, že informace pro syntézu proteinů se z genů přepisuje do RNA<sup>(8)</sup> (mRNA; Jacob a Monod), která slouží jako „pracovní kopie DNA“ pro syntézu proteinů.
- byl dešifrován genetický kód (M.W. Nirenberg, H.G. Khorana, S. Ochoa).
- F. Crick postuloval hypotézu (dnes známou jako „centrální dogma molekulární biologie“), že tok informace v biologických systémech je jednosměrný a uskutečňuje se od DNA (a RNA) k proteinům. „Centrální dogma“ můžeme též chápat jako molekulární zdůvodnění nemožnosti lamarckistického mechanismu evoluce, tj. evoluce skrze dědičnost vlastností, cíleně získaných během individuálního života.

Od 19. století se formovala embryologie jako experimentální věda. Výjimečnou osobností tohoto období byl K. von Baer, který na základě srovnávací anatomie embryí obratlovců objevil základní vývojové archetypy a usoudil, že jsou z nich v každé evoluční linii, ale v různých vývojových fázích, odvozovány druhově specifické

struktury (1828). Tento geniální závěr již předznamenal *dnešní představy o vztahu mezi ontogenezí a fylogenezí*.

Evoluční a vývojová biologie však dlouho existovaly jako dvě oddělené vědní disciplíny. Ani idea statického genu - základní princip klasické mendelovské genetiky, ani modely populačních genetiků, nebyly totiž použitelné pro vysvětlení embryonálního vývoje a molekulární podstaty evolučních změn. Napřed bylo nutno vstříbat řadu „heretických“ poznatků a vyčkat jejich nových interpretací.

Pozorováním původně okrajového jevu, změn zbarvení a tvaru kukuřičných zrn, s dědičností vymykající se zákonům mendelovské genetiky, *došlo především k převratným změnám v názorech na mechanismy dědičnosti* (B. McClintock, 1956; R.A. Brink, 1968). Nepravidelnosti v dědičnosti barevných změn byly B. McClitockovou vysvětleny jako důsledek mobility genů; takto byly identifikovány *autonomní mobilní genetické elementy*, pohyblivé sekvence, schopné narušovat integritu genů a měnit jejich funkce. Analogicky byly vysvětleny i nestabilní mutace u bakterie *Escherichia coli*, jejichž projevy se neslučovaly s jednoduchou genetickou interpretací (P. Starlinger a H. Saedler).

*Výsledky výzkumů B. McClintockové ovšem byly v rozporu s klasickou představou o neměnné struktuře genů a neměnné posloupnosti genů v genomech*. Nálezy nestandardních genetických jevů se dále hromadily: mobilitou DNA sekvencí bylo vysvětleno šíření násobné rezistence k antibiotikům mezi bakteriemi; vysvětleno střídání antigenní proměnlivosti salmonel a trypanosom i střídání pohlaví u kvasinek, a na stejném principu, i vznik rozmanitosti protilátek. S mobilitou sekvencí DNA se nejčastěji setkáváme tam, kde jsou nezbytné rychlé odpovědi k náhlým změnám prostředí. B. McClintocková v r. 1983 ve své Nobelovské přednášce uzavírá:

☞ *Genomy a geny jsou strukturně nestabilní a tato nestabilita je jejich inherentní, přirozenou vlastností.*

Objevitelské drama dále pokračovalo: Novými cytologickými metodami byl zjištěn hrubý nesoulad mezi obsahem DNA v buňkách (genomech) a biologickou komplexitou<sup>(9)</sup> organismů, známý dnes jako „*paradox hodnoty C*“. Evolučně pokročilé organismy totiž často obsahují méně jaderné DNA, než organismy složené z několika málo typů buněk. Dokonce i v rámci téže taxonomické skupiny může existovat velký rozptyl v obsahu jaderné DNA. Objevily se šokující otázky: proč by se měly organismy na stejné evoluční úrovni různit velikostí genomů? nebo, proč by měly mít buňky vodních řas v genomu o několik řádů více DNA, než *Homo sapiens*?

V téže době R.J. Britten a D.E. Kohne objevili nové typy sekvencí DNA, opakujících se v genomech v desítkách až stotisících kopií. Tato *frakce DNA, nekódující složení proteinů*, byla nazvána *repetitivní*

DNA. Repetitivní DNA, v genomech mnohonásobně převažující tradiční geny, vysvětluje paradox hodnoty C (vězme, že v lidském genomu nejvýš 2% DNA obsahuje informaci pro syntézu proteinů!). Repetitivní sekvence DNA a mobilní genetické elementy B. McClintockové jsou příčinou *dynamiky genomů* (tj. strukturní nestability genomů). *Objev dynamiky genomů nás zcela vzdálil od paradigmatu klasické genetiky s její koncepcí statických genomů, s geny poskládanými jako korálky na nitce.*

Analýzu této situace a vědeckou kritiku „nové syntézy“, předložil americký genetik R. C. Levontin („*The Genetic Basis of Evolutionary Change*“, 1974). Ukázal, že gradualistický model evoluce a klasická i populační genetiky nemohou hodnověrně vysvětlit vzrůst biologické komplexity a vznik nových druhů, pokud nebudou asimilovány nové poznatky. Mimo jiné, Levontin poukázal na fakt, že se v přirozených populacích vyskytuje vysoká úroveň polymorfismů a heterozygosity selektivních i neselektivních znaků. Podle paradigmatu populační genetiky, Fischerova „fundamentálního teorému“ by však měly populace pod vlivem darwinovské selekce rychle spět k homozygositě.

Nyní se nacházíme ve fázi „tvůrčí asimilace“; například vznik *principiálních evolučních inovací* („makroevoluci“) spojujeme nikoli jen s graduální akumulací drobných mutací, ale právě s genomovou nestabilitou: *spontánním zmnožováním sekvencí a přeskupování genomových a genových modulů* (viz S. Ohno, „*Evolution by Gene Duplication*“, 1970; česky „*Evoluce Genovou Duplikací*“, 1975).

Vybaveni novými poznatky z oboru molekulární biologie a genetiky, můžeme přikročit k řešení problému *evoluce biologické komplexity*. Spontánní vzrůst komplexity organismů byl pro neodarwinistu nepřekonatelným problémem, navíc byl v rozporu s principy klasické (rovnovážné) termodynamiky. Dnes jej vysvětlujeme *kumulativní selekcí*. Je to necílený výběrový mechanismus, který v každém selekčním kroku využívá „součástky“ (komplexy, genetické moduly), úspěšné v předchozích evolučních etapách, v nových funkcích a kontextech. Tento evoluční „tvořivý“ proces slavný molekulární genetik F. Jacob vtipně charakterizoval jako „flikování“ (F. Jacob, „*Evolution and Tinkering*“, 1977).

„Malé“ darwinovské mutační změny, tak jak je uvažovali neodarwinisté, nejsou však z mechanismu evoluce vyloučeny: předpokládáme, že se podílejí především na neprincipiálních genetických změnách, vedoucích k rozrůžňování živých forem („mikroevoluci“) a vzniku biodiversity.

Počátkem 60. let byly objeveny *genetické regulační mechanismy* (F. Jacob, J. Monod, 1961). V téže době C.H. Waddington postuloval model „epigeneze“ (rozuměj ontogeneze) založený na hierarchické kaskádě genetických regulací. Jeho „epigenetický“ (rozuměj

regulační) model se stal základem pro interpretaci mechanismů vývojových procesů. Dnes víme, že genetické regulace mohou postihnout rychlost dělení buněk (růst orgánu), načasování (chronologii) morfologických změn v průběhu embryonálního vývoje i polohu (topografii) buněk v embryu. Není obtížné si představit, že dědičnou modifikací těchto regulací lze dojít k různým cílům.

Tvořily se počátky *vývojové molekulární genetiky* a současně se otevírala cesta k „námluvám“ mezi vývojovou a evoluční biologii - ve své době neuskutečnitelný sen K. von Baera.

☞ Klasický model statického genomu, jen vzácně pozměňovaného náhodnými mutacemi, nahradily dva nové základní principy, *pilíře dnešní, „post-neodarwinistické“ evoluční teorie:*

- *Genomy nejsou pasivními akumulátory genetických změn, ale samy aktivně participují na své evoluci skrze (regulačně<sup>(16)</sup>) ovlivnitelnou dynamiku sekvencí.*

- *Organickou evoluci lze interpretovat i jako důsledek přírodního výběru z dědičných modifikací (variant) ontogenetických programů.*

Uvažme nyní časový sled událostí v evoluci života vzhledem k počátku naší Země. Stáří Země odhadujeme na  $4,5-4,6 \times 10^9$  let. První nepřímé důkazy života (fotosyntézy) datujeme zpátky o  $3,8 \times 10^9$  let. Prokazatelné fosilie bakterií pocházejí z období  $-5 \times 10^9$  let. Následující 2,5 miliardy let byly epochou jednobuněčných bezjaderných mikroorganismů (prokaryot). Tak dlouhé období bylo zapotřebí, aby - asi po mnohých pokusech, postupně došlo k úspěšné kooperaci několika typů prokaryot za vzniku eukaryotických buněk. Dalších 500 milionů let zaujímá evoluce mnohobuněčných organismů s jednoduchým, nečlenitým tělem.

*K revoluční změně došlo před 550 miliony let, v krátkém intervalu ~20 milionů let. Toto období nazýváme kambriickou evoluční explozí.*

Jsme schopni rekonstruovat co se v té době událo: *koncem prekambria a počátkem kambria vznikly zcela nové typy regulačních genů, tzv. homeotické geny.* Revoluční změnou byl přechod od jednoduchých plochých útvarů k morfologiím s bohatým prostorovým členěním a orientací. Dnes víme, že homeotické geny, a jim podřízené regulační kaskády, hrají rozhodující úlohu při vývoji členitého těla živočichů, nervové soustavy, oka, pohlavních orgánů rostlin a participují v řadě dalších morfogenetických programů.

Molekulární evoluci soustavy homeotických genů lze vysvětlit duplikacemi a modifikacemi jedné ancestrální sekvence, produkující protein s vazebnou afinitou k DNA. Emergence této sekvence se ukázala být onou inovací, která evoluci otevřela nové prostory. Interakce proteinů s DNA jsou podstatou genetických regulačních funkcí. Odraz původní, vysoce úspěšné sekvence, zůstal zachován v genomech bakteriálních virů, bakterií, a kvasinek.

Tato kambrická epizoda genetického „flikování“ rozhodla o osudu živých forem na Zemi. V té době vznikly archetypální formy živočišných těl, od členovců po předchůdce strunatců; odtud jedna náhodná evoluční větvíčka, přes všechna kataklysmata vymírání, dospěla až k nám. Dodnes se zachovalo 35-37 základních vzorů pro konstrukci všech současných živočišných forem.

Kumulativní selekce je účinným nástrojem; evoluci potencuje, ale současně vymezuje její možnosti. Tímto mechanismem jsme s to vysvětlit nejen evoluční homologie, tedy vznik struktur odvozených ze společného předchůdce, ale i analogie, kdy orgány odlišného původu slouží stejnému účelu.

Nelze sice predikovat cíl evoluce, ale můžeme spekulovat o jejích trendech. Pokud jde o růst strukturní a funkční komplexity, nepochybně pro ni existují limity. Omezení jsou dána nejen dostupností genetických modulů a jejich vzájemnou kompatibilitou, ale zejména narůstající pravděpodobností vnitřních konfliktů v hierarchických biologických systémech.

☞ Rozlišujeme tedy *fakt evoluce* a *mechanismy evoluce*. Oba tyto aspekty jsou oblíbeným terčem laické kritiky. Podrobnější rozbor těchto kritik by zaujal větší prostor, než máme k dispozici. Lze však obecně zmínit některé základní kritické platformy:

-Kritika neuznávající fakt evoluce.

-Kritika uznávající fakt evoluce, neuznávající existenci jejího přirozeného mechanismu.

-Pseudovědecká kritika, uznávající fakt i přirozený mechanismus evoluce, založená na nepochopení základních principů.

*Laická kritické postoje vesměs vyvracejí postuláty dnes již překonaného neodarwinismu* (za všechny takové kritiky uveďme amerického profesora právní vědy P.J. Johnsona a jeho dílo „*Darwin on Trial*“, 1993; v českém překladu „*Spor o Darwina*“, Praha 1996).

-Vědecká kritika uznávající fakt i přirozený mechanismus evoluce. Zahrnuje nutnost doplnění o „neselektivní“ mechanismy – především podtrhuje význam samoorganizace molekul a biologických systémů.

Z biblických axiomů (Genesis) vycházejí „kreacionisté“, popírající samotný fakt evoluce. Dlouhodobým vlivem v tomto směru působil Darwinův charismatický předchůdce C. Linné.

Jedním z axiomů kreacionistů je údaj o stáří Země,  $6 \times 10^3$  let, odvozený z biblických údajů (výpočty biskupa Jamese Ushera určují počátek veškerého stvoření na r. 4004 př. Kr). Jestliže přijmeme tento údaj jako fakt, další úvahy o evoluci jsou zbytečné - nedostává se totiž času k rozrůzněním živých forem. Lze takto dokázat, že vyhynulí velevětšáci a člověk byli ve své historii současníky. Existují však i měkčí formy kreacionismu, připouštějící možnost změn po aktu (aktech) stvoření. Hlavním argumentem je, že Noemova archa nemohla pojmout zástupce všech živých bytostí. Žádná z dnešních forem kreacionismu však není původní; všechny již byly vyjádřeny

v 18. století. Kreacionismus je testovatelnou hypotézou, její platnost může být ověřována objektivními vědeckými metodami.

Stojí za zmínku, že dnešní, méně charismatičtí, zato bojovnější následovníci Linného, nacházejí ohlas ve vlivných politických kruzích; jejich konečným cílem je podřízení vědeckého výzkumu náboženským autoritám (k svéráznému „obohacení“ debat o evoluci nedávno přispěla i konference s účastí představitelů naší politické scény).

Pro řadu myslitelů, přijímajících samotný fakt evoluce, je problémem představa o přirozené emergenci genetické informace. Tak francouzský filosof Tresmontant soudí, že „v žádném okamžiku svých dějin vesmír nedokáže vysvětlit vznik nové informace, jež v něm vyvolává k životu nové bytosti...“ (C. Tresmontant, „*Dějiny vesmíru a smysl stvoření*“, 1993).

Jiní, kteří nepochopili podstatu mechanismu kumulativní selekce, používají kvazivědeckou argumentaci, založenou na nesprávném použití pravděpodobnostních kalkulací a dokazují nemožnost vzniku komplexních systémů náhodnou kombinací prvků a náhodným hromaděním chyb.

Mezinárodním folklorem se stala hypotéza, nahrazující evoluční mechanismy odvíjením hypotetického inteligentního designu, *ID*. Původ této myšlenky můžeme vystopovat u Augustina a Tomáše Akvinského. Podrobného rozpracování se jí dostalo v 18. století Bonnetem, Treviranem a především anglickým teologem Williamem Paleyem (*Argument from Design, Natural Theology*, 1802). Současným populárním představitelem koncepce *ID* se stal americký biochemik Michael Behe s argumentem „neredukovatelné komplexity“, *NK* (byť o reinkarnaci konceptu *ID* se zasloužil P.J. Johnson). Vágně definovaný pojem *NK* má být důkazem inteligentního, stvořitelského záměru (Behe však do svých úvah, kromě podpůrných argumentů, opomenul zahrnout i příklady neinteligentních omylů, které vznik *NK* doprovázejí - na což již před více než dvěma stoletími narazil Linného současník Ch. Buffon. Těžko si lze představit, že součástí *ID* byla i drsná logika potravních řetězců).

Argumentace M. Behe („*Darwin's Black Box*“, 1996) se zakládá na důkazu kruhem: *ID* je příčinou *NK*  $\Leftrightarrow$  *NK* dokazuje *ID*. Hypotézy založené na koncepci *ID* nemohou být ověřeny a tudíž nepřinášejí žádný objektivní poznatek.

Koncepce *ID* je nelogickou formou kreacionismu. Díky své pseudovědecké formě však umožňuje zneužití ve výukových programech nenáboženských disciplin.

Je z náboženského hlediska neúčelná: implikuje deistické pojetí vztahu Boha ke světu (v praxi se totiž mnohý trpící neobrací k hypotetickému Designéru, ale hledá Prozřetelnost, se kterou chce mít osobní vztah).

Pro církevní věřící, kteří kritizují evoluci z pozice náboženské ideologie, by měly být alespoň podnětné, když ne závazné, závěry komise papežské akademie věd z roku 1982, že „fakt organické evoluce, včetně evoluce primátů a člověka, lze považovat za dokázaný“. Filosof a paleontolog, jezuita P. Teilhard de Chardin, vysvětluje i existenci nedokonalostí a zla jako nutný důsledek lokálních neuspořádaností evolujícího vesmíru.

☞ Řešení „záhad“ přírody s pomocí nadpřirozena odmítá nejen většina vědců (v čele s R. Dawkinsem), ale i mnozí moderní teologové (P. Tillich, R. Bultmann, D. Bonhoeffer). Spatřují v něm jen nepoctivou snahu hledat Boha v mezerách vědeckého poznání“.

Pochopení dnešní moderní evoluční teorie v její celistvosti, na rozdíl od neodarwinismu, brání její malá názornost. Viděli jsme, že zahrnuje složité molekulární principy a mechanismy, implementuje poznatky z řady nebiologických disciplin (teorie informace, teorie nelineárních procesů a chaosu. Kooperativita molekul a samoorganizace molekulárních komplexů jsou považovány za hnací sílu pro vznik života v prebiotických podmínkách (I. Prigogine; S.A. Kauffman).

Pro moderního darwinistu je i emergence genetické informace srozumitelná jako důsledek kumulativní selekce, bez dodatečných předpokladů (Eigen). Emergence informace i spontánní samoorganizace systémů jsou v souladu s principy termodynamiky otevřených systémů (I. Prigogine).

Symbiogenezi a mezidruhovým přenosem genetické informace jsou vysvětlitelné diskontinuity ve vzrůstu biologické komplexity - například formování jádra, cytoplasmy a organel eukaryotické buňky z prokaryotických předchůdců (L. Margulisová).

Celkem vzato, člověk nevybavený potřebným souborem poznatků a schopnostmi širší syntézy může jen výjimečně nabídnout smysluplný příspěvek k vývoji představ o mechanismech evoluce.

☞ *Nahlédněme nakonec, kde mohou být příčiny odporu k racionálnímu vysvětlení našeho původu.*

Především je to iluze člověka o jeho výlučnosti, spolu se subjektivní představou o smyslu a cíli jeho bytí. Další příčinou je samotná lidská přirozenost. Díky ní se pídíme po podstatě věcí a jevů, ale současně dospíváme k úzkosti z důsledků toho poznání; za poznání jsme bolestně trestáni ztrátou životních jistot (tento lidský úděl popisuje příběh o vyhnání z ráje). Evoluční teorie (ruku v ruce s moderní fyzikou) nemilosrdně odstraňuje srozumitelný model světa Dantovy Božské komedie. Nutí nás k duchovní dospělosti v reálném světě, což není snadné sousto.

Mimořádné osobnosti intuitivně, prozřením, dospěly k etice, založené na účtě k životu. Hledáme-li smysl existence v „odlidsťném“ světě



vědy, hledejme jej, paradoxně, právě na půdě Darwinovy evoluční teorie; ta sice není světskou náhražkou náboženství, zato může být přirozeným zdrojem a zdůvodněním etiky úcty k životu (konečně, nabízí i kosmickou perspektivu: v ní jsme spojeni se vznikem a dějinami celého vesmíru).