

Svět, 27.9.2007, Jurský park fikce, nebo skutečnost?

Vladimír Socha

Lze ze zachovalých fosilních nálezů naklonovat dinosaura? Paleogenetika dělá v posledních letech obrovské pokroky, a tak se zdá, že do cíle chybí už jen pár drobných krůčků ...

Mnoho lidí „poučených“ filmovou sérií Jurských parků si může myslet, že k vytvoření klonu pravěkých zvířat chybí vědcům jen krůček. Ve filmu to přece šlo snadno a věda dnes (navíc již dalších 14 let po prvním „parku“) dokáže hotové zázraky, jak je obecně známo. Navíc skutečně snad neuplyne měsíc, aby některé vědecké periodikum specializované na genetiku nebo molekulární biologii nepřišlo s další inovací v postupech genetického inženýrství.

Názor jak prvních paleontologů z počátku 19. století, tak i ryze současných vědců by ovšem byl v tomto bodě stále shodný: žádné vymřelé organismy nedokážeme znovu přivést k životu a velmi pravděpodobně to nebude možné nikdy. To ale neznamená, že bychom tímto tvrzením mohli skončit. V oblasti paleogenetiky byl v posledních letech učiněn obrovský pokrok. Pokrok tak výrazný, že je ve svých důsledcích z větší části vědeckou komunitou s nedůvěrou odmítán.

Největší puzzle na světě

Ve filmu bylo vzkříšení vyhynulých plazů snadnou záležitostí. Stačí mít k dispozici jantar s úžasně dobře zachovaným hmyzem, sajícím kdysi krev dinosaurů. Z konzervovaného těla hmyzu pak speciální injekční stříkačkou extrahujete jeho obsah a z něj izolujete příslušnou dinosaurí DNA. Pak se DNA opatrně vloží do uvolněného vajíčka bez jádra, nekompletní místa se doplní žabí DNA a je to. Máloco je ale tak vzdálené skutečnosti. Praktické problémy spojené s takovým podnikem jsou téměř nedozírné.

V buňkách starých řádově byť jen desítky tisíc let (oproti desítkám milionů let, které nás dělí od dob dinosaurů) se zachová necelé 1 % vzorce DNA, takže podklady pro klonování jsou zoufale nekompletní. Ve fosilních kostech dinosaurů se proto nikdy nedochová původní DNA (zlomky této nukleové kyseliny mohou přečkat nanejvýš řádově tisíce let). A i kdyby se přesto nějakou záhadou podařilo získat kompletní nepoškozenou živou buňku, nevíme, jak poskládat DNA do vzorce a jak oživit všechny informace genetického kódu.

I fosilní kosti mohou skutečně obsahovat genetickou informaci, ta však prakticky nepřesahuje 250 základních párů jednotek používaných k měření délky řetězce DNA. Přitom lidský genom obsahuje asi tři miliardy těchto jednotek, u dinosaurů se jeho délka odhaduje na 1–10 miliard. I kdyby se opět nějakým zázrakem podařilo vědcům rekonstruovat všechny páry, nevěděli by, jak je správně uspořádat do tohoto řetězce. Ze snadné rutiny tak máme najednou prakticky neřešitelný problém.

Nemíchat, netřepat!

Pozoruhodnou mystifikaci představuje doplnění chybějících míst dinosaurího genomu žabí DNA. Takové počínání je naprosto nesmyslné. Především dinosauri byli předci ptáků a příbuzní krokodýlů, takže mnohem lepší volbou by byla doplňková DNA z tohoto zdroje. Ve filmu ovšem byla žabí DNA použita pouze kvůli dějové zápletce (některé žáby mohou měnit za určitých podmínek pohlaví, čímž bylo ve filmu elegantně vysvětleno, proč se dinosauri dokázali samostatně rozmnožovat, i když byli všichni stvořeni jako samice). Ve skutečnosti by kombinace genomu dinosaura a obojživelníka neměla naději na životaschopnou existenci.

Klonování pravěkých organismů je tedy zřejmě neproveditelné již v teoretické rovině. Nemluvě pak o myriádách dalších problémů praktického rázu. Velkou potíží při práci s pravěkou DNA (starou nanejvýš tisíce let) je například možná kontaminace dědičnou informací lidí, kteří pracují v laboratoři, nebo DNA mikroorganismů, jež se do vzorku

dostanou navzdory mnohým bezpečnostním opatřením. Používané vzorky navíc přicházejí do laboratoře již kontaminovány ze samotného místa naleziště i z předchozího průzkumu fosílií.

K přenosu nežádoucího organického materiálu do vzorku přitom stačí opravdu málo.

Úžasný materiál z krále dinosaurů

Přes všechno, co bylo řečeno výše, lze tvrdit, že možnosti použití genetického materiálu z pravěkých zvířat se stále rozšiřují. Může za to Tyrannosaurus rex – bezpochyby nejpopulárnější dinosaur, obří dravec dlouhý 13 metrů s hmotností kolem 7 tun. Vděčné téma filmařů, spisovatelů i vědeckých žurnalistů. Rozená „mediální hvězda“ ze svrchní křídly se však může pochlubit i něčím víc, než jen impozantním vzhledem. V kostech jednoho z dnes již asi 35 známých exemplářů tohoto dinosaura byl učiněn objev, nad kterým žasne celý vědecký svět. Již v roce premiéry Jurského parku (1993) byly ve stehenní kosti tyrannosaura objeveny „sférické struktury, mající vzhled červených krvinek“, jak oznámila tehdejší americká média. V té době však této zprávě ještě nebyla věnována patřičná pozornost a část vědců přímo podezřívala autory (mezi nimiž nechyběl slavný paleontolog Jack Horner) přinejlepším z přílišného optimismu.

V roce 2005 se však Mary Schweitzerové, docentce paleontologie na univerzitě státu Severní Karolína, podařilo na kostře náležející tamějšímu Muzeu přírodních věd, získat pravěkou tkáň z další stehenní kosti tyrannosaura. Fotografie vzorku se okamžitě dostaly do hledáčku všech světových médií. Získaný kousek tkáně teropodního dinosaura se, ač je to neuvěřitelné, jeví jako málo poškozený. Samotná tkáň si zachovala barvy a pružnost. Mikroskopické vyšetření vnitřních struktur ukázalo, že jsou zachovány rozvětvené cévy a že se ve vzorku zachovaly i struktury podobající se buňkám – erytrocytům. To by samo o sobě nebylo nijak ohromující, kdyby ovšem kost nebyla celých 68 milionů let stará!

Skvělé, ale nepoužitelné?

Schweitzerová byla zprvu opatrná, a než výsledek v renomovaném vědeckém magazínu Science zveřejnila, opakovala ještě pokus se třemi dalšími zachovalými kostmi dinosaurů: 78 milionů let starého brachylophosaura („kachnozobého“ dinosaura) a dvěma 65 milionů let starými dinosaur, tyrannosaurem a triceratopsem. Každý ze zkoumaných druhů vykazoval zachovalé struktury podobné buňkám, nebo pružnou hmotu, která se podobá kolagenu. Schweitzerová pak v souladu s teorií, že dinosauři jsou předchůdci dnešních ptáků, porovnála nález s tím, co se nachází na kostech dnešních pštrosů. Přesně podle očekávání zjistila značnou podobnost. V dinosauřích i pštrosích cévách se uchovávají fragmenty, které by mohly být jádery buněk tvořících původně tkáň endotelu – vnitřní vrstvu cév rozvádějících krev.

Rozbory zbytků této dinosauří tkáně naznačují, že jisté zlomky původních molekulárních struktur by měly být dosud uchovány. Svědčí o tom také test, při kterém vědci použili protilátky, jež se váží na kolagen. Tyto protilátky schopné rozpoznat molekuly kolagenu, reagují i se strukturami izolovanými z dinosauřích kostí. Potvrdí-li se, že proteinové struktury dinosauřího kolagenu se skutečně uchovaly, bude možno získat i další poznatky o složení těl dinosaurů, a mnoho dalších informací například o příbuznosti dinosaurů a současných živočichů. Dle Schweitzerové navíc existuje malá naděje, že se objeví i zbytky genetického kódu uchovaného ve fragmentech jader buněk tvořících krevní kapiláry.

Skeptici však mají zcela jiný názor. Domnívají se, že pokud se vůbec nějaké zbytky DNA zachovaly, budou jen útržkovité a k naklonování dinosaura zcela nepoužitelné, což je dnes zcela převažující názor. Přesto jde v případě objevu z roku 2005 o ohromný úspěch, který si ještě před dvaceti lety neuměl zřejmě nikdo představit. Samotné autorce studie vynesl značnou popularitu i v mimovědeckých kruzích.

Kříšení kuřecího dinosaura

V první polovině letošního roku přišla z vědeckého tábora Mary Schweitzerové další „bomba“. Ve zmíněných vzorcích 68 milionů let starých měkkých tkání objevil její tým původní proteiny – přesněji aminokyseliny stavebního vláknitého proteinu kolagenu. Nalezené proteiny jsou v tak dobrém stavu, že lze nejen ověřit přítomnost proteinů, ale dotyčné proteiny rovněž identifikovat! To zcela přehodnocuje náš pohled na fosilizaci a možnosti uchování organického materiálu v geologickém čase. Objev dosud není plně ověřen, ale pokud se potvrdí, mohl by znamenat malou revoluci v celé paleontologii a geologických vědách obecně.

Až dosud panovalo mezi paleontology všeobecné mínění, že když pravěké zvíře uhynulo, pokud se jeho kostra vůbec zachovala, kosti se postupně přeměňovaly v kámen. Procesem fosilizace (diagenese) se postupně nahrazovaly veškeré organické zbytky a materiál se měnil v minerál. Nový výzkum ze Severní Karolíny tak nyní staví vše, co jsme se dříve učili, na hlavu. Značná výhoda kostí totiž spočívá v tom, že kostní tkáň je již během života živočichů kombinací proteinů a minerálů. Paleobiologům se pod vedením Schweitzerové podařilo demineralizovat fosilizovanou kostní tkáň tyrannosaura (a přitom také přes 160 tisíc let starého mastodonta) a získat z ní vzácné proteiny. U živých zvířat nebo mladých fosilií lze proceduru aplikovat relativně snadno, těžko by ale někdo čekal, že to bude možné u 68 milionů let starých kostí. Obecný předpoklad dával proteinům maximální životnost asi do jednoho milionu let.

Není bez zajímavosti, že aminokyseliny nalezených fragmentů kolagenu tyrannosaura spojují rovněž překvapivě dobře stabilní peptidické vazby. Aby toho nebylo málo, studie opět potvrdila příbuznost dinosaurů s jejich vývojovými potomky – ptáky (kolagen tyrannosaura byl při srovnávání nejvíce podobný kuřecímu). Tento výzkum má významné praktické aplikace v medicíně, biotechnologiích a samozřejmě genetice. Bez přehánění se dá říci, že Schweitzerová otevřela nové dveře celému budoucímu výzkumnému odvětví. Zda budou na jeho konci přeci jen stát živí, naklonovaní dinosauři, je ovšem otázkou.

Tak aspoň mamuta

Ve srovnání s 68 milionů let starým dinosaurem se oživení „pouhých“ 20–30 tisíc let starého mamuta zdá být nesrovnatelně realističtější cílem. Je to ale zdání vcelku klamné. V otázce klonování mamutů se totiž vyskytují prakticky úplně stejné problémy a překážky, jeví se dnes stále jako nepřekonatelné. Posun v oblasti „mamutí“ genetiky posledních let je nicméně pozoruhodný, dokonce snad ještě větší než v případě dinosaurů. Můžeme za to vděčit především skvěle zachovaným mamutím mršinám, získaným ze sibiřského permafrostu. Pokus naklonovat mamuta ohlásili již v 90. letech tradičně sebevědomí Japonci, kteří chtěli použít k experimentu pro donošení zárodku samici slona indického. Po tomto experimentu se však brzy slehla zem a má se za to, že se ukázal být opět příliš ambiciózním a z technických důvodů neproveditelným. Předpokládá se totiž, že není možné stvořit jen na základě dostupných materiálů životaschopné embryo.

Výrazný posun přišel až před dvěma roky. Vědecký týdeník Science zveřejnil v prosinci roku 2005 práci americko-kanadského týmu vedeného Hendrikem Poinarem z McMasterovy university v kanadském Hamiltonu. Poinarův tým tehdy ohlásil „přečtení“ malé části mamutího genomu. Stejně jako krátce předtím tým německých genetiků, kteří izolovali asi třetinu mitochondriální DNA mamuta, také Poinarův tým izoloval DNA z kosti. Využil přitom dokonale zachovanou čelist starou 28 000 let, která se našla právě v sibiřském permafrostu. Vzorek této kosti získali Američané od ruských kolegů. V laboratořích Pennsylvania State University se z něj poté podařilo izolovat a následně také „přečíst“ úseky o celkové délce 30 milionů písmen genetického kódu, což je zhruba 1 % celého mamutího genomu.

Neznámá dinosauří budoucnost

Rozluštění setiny mamutí dědičné informace je senzační úspěch, nicméně Poinar je přesvědčen, že DNA ve vzorku je zachovalá natolik, že dovolí přečtení celého mamutího genomu. Tato mamutí DNA je však také vysoce poškozená a navíc je promísená se zlomky dědičné informace dalších organismů, především mikrobů žijících v půdě a také rostlin, jejichž zbytky se nacházely v blízkosti mamutích kostí. Vědci tedy museli izolovanou a přečtenou DNA „počítačově přesívat“ tím, že pořadí písmen porovnávali s pořadím písmen u blízce příbuzných současných chobotnatců. Dědičná informace mamuta tvořila ve vzorku pouhou polovinu veškeré DNA.

Ani samotné přečtení mamutího genomu však zdaleka nestačí na znovuoživení mamuta. Genom nebude nikdy zcela kompletní a budou v něm četné chyby. Navíc dnes umíme na podkladě dědičné informace vytvořit jen jednoduché viry, např. virus španělské chřipky. Na podstatně složitější organismy (jako jsou bakterie) zatím umění genetiků a biologů ještě zdaleka nestačí. Z hlediska tohoto vědomí tak musíme bohužel na otázku kladenou v úvodu zatím odpovědět negativně. Budoucnost paleobiologie – nebo chcete-li paleogenetiky – je však již z dnešního pohledu ohromující a konec cesty, na kterou jsme teprve včera nastoupili, dnes ještě nemůžeme dohlédnout.

Vědci o vzkříšení dinosaurů

David Botstein, předseda genetického oddělení Stanford University, již po premiéře Jurského parku v roce 1993 uvedl: „Ke stvoření dinosaura potřebujeme víc než jen DNA. K tomu je nutné mít k dispozici celou živou buňku. Jedině v nepoškozené buňce s dosud nerozluštěnými biologickými signály, oznamujícími genům, kterou funkci mají zapojit, může DNA řídit stvoření embrya. Jinak jsme v situaci, kdy máme sestavit automobil, ale nevlastníme ani pracovní náradí a přístroje, ani náhradní díly, dokonce ani základní materiál na jejich výrobu. A to je přesně situace, ve které se nacházíme v případě DNA technologie.“ Tento názor ani po uplynutí oněch 14 let od premiéry filmu nijak neztratil na aktuálnosti. Klonování dinosaurů je v tuto chvíli stále stejnou „vědeckou možností“, jakou je oblet Slunce v kosmické raketě. Návrat dinosaurů nepovažuje za možný ani český molekulární genetik Jiří Forejt. Na jedné své přednášce v **Akademii věd** jako důvod uvedl fakt, že DNA ze zachovalé mineralizované a „usušené“ tkáně těchto dávno vyhynulých tvorů není v žádném případě srovnatelná s jádrem buňky dospělého dárce. Jádro se totiž při klonování vždy vkládá do mateřského vajíčka, z něhož se naopak původní jádro odstraní. Podle Dr. Forejta nebude zřejmě nikdy takový postup možné provést u vyhynulého organismu. Stejně skeptický je v této záležitosti i obecný názor drtivé většiny vědecké veřejnosti (na rozdíl od drtivé většiny spisovatelů sci-fi).

slovníček

Paleontologie je definována jako věda o historickém vývoji organismů v uplynulých geologických obdobích nebo jako věda o historickém vývoji živé přírody během celé geologické minulosti Země. Někdy je také nazývána historickou biologií. Název je odvozen z řeckých slov paleo=minulý + onta=existující věci a logos=nauka Zvířata stvořená lidmi

Permafrost je trvale zmrzlá půda v polárních oblastech, která ani v létě nerozmrzá. Název je odvozen z anglických slov permanent=stálý a frost(y)=zmrzlý, tedy stále zmrzlý

Kolagen je ve vodě nerozpustná bílkovina, jež je základní stavební hmotou pojivových tkání. Tvoří 25–30 % všech proteinů v těle savců, ve formě kolagenních vláken je složkou mezibuněčné hmoty. V současnosti je známo nejméně 27 rozdílných typů kolagenů

Fosilizace neboli proces „zkamenění“, tedy vzniku zkameněliny. Velmi zjednodušeně se dá říct, že když organismus uhynie, může se uchovat v substrátu, jako je jemné bahno. V

průběhu času substrát projde mineralizací a zachovají se v něm i odolné části organismu (kosti, ulity apod.)

Paleogenetika je poměrně nové vědecké odvětví, které aplikuje poznatky genetiky v paleontologii (původně jen v případě pravěkých parazitů). Rozvíjí se expanzivně teprve v posledních letech

Přehled úspěšně naklonovaných živočišných druhů

Červenec 1996 – narodila se ovce Dolly, kterou vytvořil tým Iana Wilmuta v Roslinově institutu v Edinburghu. Poprvé se podařilo transnukleární klonování z tělové buňky dospělého jedince; narození bylo oznámeno až 23. února 1997.

Leden 1997 – narodilo se první klonované tele. Šestiměsíční Gene byl v plném zdraví předveden veřejnosti společností ABS Global 7. srpna 1997 v americkém městě Deforest.

Červenec 1998 – vědcům z Havajské univerzity v Honolulu se podařilo naklonovat první myši. Získali tucty dospělých myší a dokonce některé klony z klonů. Oznámili to 22. července 1998.

Listopad 1998 – vědci z Tuftsovy a Louisianské univerzity a společnosti Genzyme Transgenics Corporation potvrdili 27. dubna 1999 narození prvních naklonovaných koz. Mira a její dvě sestry se narodily v říjnu a listopadu 1998.

Březen 2000 – o první klonovaná prasata se zasloužila britská firma PPL Therapeutics. Pět selátek – Millie, Christa, Alexis, Carrel a Dotcom – se narodilo 5. března 2000.

Listopad 2000 – v říjnu roku 2001 mezinárodní tým vědců (členem i český biolog Josef Fulka jr.) oznámil, že se jim podařilo získat klon muflona. Muflonče, vzniklé poprvé mezidruhovým klonováním z mrtvého zvířete, se narodilo v listopadu 2000 v italském Teramu.

Prosinec 2001 – první naklonovaná kočka pojmenovaná Copycat (pro přátele CC) se narodila 22. prosince 2001 díky vědcům z Texaské univerzity. Je klonem kočky jménem Rainbow.

2002 – o naklonování králíka (narodilo se několik mláďat) poprvé informoval časopis Nature Biotechnology v dubnu 2002. Úspěchu dosáhl francouzský tým vedený Jeanem Paulem Renardem z ústavu INRA v Jouy-en-Josas.

Listopad 2002 – francouzským vědcům v čele Jeanem Paulem Renardem se jako prvním podařilo naklonovat krysy. Tři mláďata se narodila v listopadu 2002. První dostalo jméno Ralph.

Květen 2003 – klonovaný kříženec klisny a osla se narodil 4. května 2003. Mezek Idaho Gem je výsledkem bádání vědců z univerzit v amerických státech Idaho a Utah.

Květen 2003 – italsí vědci z Cremony v čele s Cesarem Gallim oznámili 6. srpna 2003, že naklonovali jako první na světě koně. Klisna Prometea (narodila se v květnu 2003) byla naklonována z buňky vlastní matky, jež ji taky donosila.

Květen 2003 – první klonovaný srnec Dewey se narodil se v květnu 2003. Jeho existenci i dobrý zdravotní stav potvrdili 22. prosince 2003 vědci z Texaské univerzity.

2004 – moucha se stala dalším živočichem, kterého se podařilo vědcům naklonovat. Pět geneticky totožných zástupců čeledi vrtulovitých vytvořili vědci v kanadském Halifaxu. O úspěchu informoval časopis Genetics v listopadu 2004.

Srpen 2005 – jihokorejští vědci ze Soulské národní univerzity oznámili 3. srpna 2005, že naklonovali jako první na světě psa. Psí klon afghánského chrtá se jmenuje Snuppy.

Dinosauři a lidé

Dlouhá doba uběhla, než se lidé od nálezů dinosauřích koster dostali ke konkrétnějším představám o dávno vyhynulých tvorech. Mezitím byly například nalezy dinosauřích kostí ve starověku kořenem mýtů o obrovských dracích.

70 000 př. n. l.

Neandrtálci sbírají fosílie k ozdobným účelům (náhrdelníky apod.)

2000 př. n. l.

Staří Číňané znají kosti dinosaurů (považují je za kosti draků)

300 n. l.

Zmínka o zřejmě dinosauřích kostech v knize čínského mudrce

1676

První nákres kosti dinosaura (ředitel Ashmolean Museum Robert Plot)

1824

První vědecký popis dinosaura (Megalosaurus – William Buckland)

1842

Dinosauři dostávají svůj název (Richard Owen)

1989

Publikován Jurský park Michaela Crichtona

Proteinový rekord pro sauropoda

Pozůstatky tyrannosaura, z nichž se týmu Mary Schweitzerové podařilo objevit původní proteiny, zdaleka nedrží rekord v délce uchování extrahovatelných proteinů. Již v roce 1991 byla publikována studie o získání kolagenních proteinů ze 150 milionů let starých fosílií obřího svrchnojurského sauropoda seismosaura. Teprve v posledních letech ale na poli paleobiologie došlo k výrazným posunům. V současné době již byly extrahovány proteiny z 6 druhů dinosaurů (Ma=miliony let):

1. Seismosaurus (=Diplodocus) hallorum 150 Ma (1991)
2. Brachylophosaurus canadensis 78 Ma (2007)
3. Lambeosaurus lambei F38 75,5 Ma (1994)
4. Pachyrhinosaurus canadensis F39 73,25 Ma (1994)
5. Tyrannosaurus rex 68–65 Ma (3×) (1993, 2005, 2007)
6. Triceratops horridus 65 Ma (2007)

Navíc byl izolován protein i z jiných vyhynulých zvířat (korýši, mamuti, mastodont, moa ad.). Většinou jde o kolagen nebo osteokalcin. Výzkum proteinů do budoucna neslibuje genetické znovuvytvoření vymřelých organizmů, nicméně má neuvěřitelně důležité implikace pro spoustu vědních odvětví, medicínou počínaje a taxonomií konče.

I když získáme kompletní nepoškozenou živou buňku, nebudeme vědět, jak poskládat DNA do vzorce a oživit informace genetického kódu

Japonci v 90. letech oznámili pokus o oživení mamuta. Po tomto ambiciózním experimentu se však brzy slehla zem

Foto popis| Zprávu z roku 1993 svého času média opomenula, i když se jednalo o skutečnou bombu. Ve stehenní kosti tyrannosaura byly objeveny „sférické struktury, mající vzhled červených krvinek“

Foto popis| V roce 2005 se Mary Schweitzerové, docentce paleontologie na univerzitě státu Severní Karolína, podařilo získat pravěkou tkáň ze stehenní kosti tyrannosaura. Získaný kousek tkáně si uchoval pružnost a vrací se po natažení zpět do původního tvaru. Padlo tak dogma, že měkké tkáně se nemohou uchovat déle než 100 000 let

Foto autor| FOTO: Shutterstock, donsmaps.com, www.bl.uk, www.lindahall.org, www.nndb.com, www.teara.govt.nz, Science, www.nsf.gov, North Carolina State University

O autorovi| Vladimír Socha, absolvent Královéhradecké univerzity, obor historie, specializace dějiny starověku a pravěku