



Na úspěchu Heleny Fulkové má zásluhu jistá ruka při mikromanipulaci a intuice, díky které odhadne, kudy a jak hluboko do klonovaného vejce proniknout.

Foto PRÁVO – Petr Horník (2)

KLONOVÁNÍ

aneb Dlouhá cesta k nesmrtelnosti

„Umíráme jako zvířata! Co jiného je nesmrtelnost nežli strašlivý protest proti krátkosti života!“ praví Karel Čapek v divadelní hře Věc Makropulos. „Divoká myšlenka“ žít věčně však netrápila jen slavného spisovatele.

Monika Kuncová

Po tisíciletí mohli lidé dosáhnout nesmrtelnosti pouze ve vzpomínkách živých. A život šlo prodloužit jen přísnou životospřávou. V posledních le-

tech však molekulární biologie naznačuje i jiné cesty.

Souvisejí s DNA, kyselinou deoxyribonukleovou, která představuje cosi jako

manuál na výrobu konkrétního jedince. Tato makromolekula je nositelkou genetické informace většiny pozemských organismů a cílenými

zásahy do její struktury v zárodečném stadiu buňky si lze zahrát na bohy: buď změnit lidské vlastnosti editací genů, nebo vytvořit jeho identickou

biologickou kopii klonováním.

Pes za dva miliony

Proč draze klonovat kočku nebo psa, když jimi útulky přetékají? „Někdo chce zachovat výstavního šampiona, jiný se nedokáže smířit se smrtí milovaného mazlíka. V našem případě šlo o obojí. Aristocrat první byl exteriérem i povahou naprosto mimořádný pes, vítěz mnoha mezinárodních soutěží, významný evropský plemník. Byla by škoda o takové geny přijít,“ konstatuje pražský developer a ředitel tábořské zoo Evžen Korec, původní profesí molekulární biolog – a také majitel prvního klonovaného psa ve střední Evropě.

Klonovaný Aris si lehá na stejném místě a okusuje stejnou židli jako jeho předchůdce

Dalším argumentem byla velká láska jeho manželky Jany Korcové. „Celý život jsem cvičila psy, ale Arisek byl pro mě výjimečný. Prostě jsme si navzájem sedli. Jako dominantní pes to na mě v pubertě hodně zkoušel. Ale z rošťáka vyrostl v neuvěřitelně klidného psa. A ten pocit, když sedmdesátikilové zvíře začalo dobrovolně spolupracovat, byl úžasný. I proto jsem s klonováním souhlasila,“ přiznává.

Aristocrat I. uhynul náhle v necelých osmi letech, zřejmě na selhání srdce po ortopedické operaci. V tu chvíli nastal boj s časem. „Věděl jsem, které laboratoře klonují, ale odhodlal jsem se k tomu až v tom okamžiku. Aby buňky byly ještě živé, bylo třeba do osmačtyřiceti hodin kultivovat tkáňovou kulturu



Evžen Korec s klonovaným Aristocratem II. „Je to úplně stejný pes vzhledem i povahou,“ říká.

ze sterilně odebraného kousku kůže. Kdybych o různých možnostech klonování předem neuvažoval, nedalo by se to stihnout,“ vysvětluje Evžen Korec.

„Nebylo jisté, jestli odebraný vzorek dorazí na klonování v americké laboratoři Via Gen včas, tak jsme ho nechali kultivovat v anglické firmě Gemini. Do Států se převážela už jen tkáňová kultura zamražená v tekutém dusíku. Její vytvoření přišlo v přepočtu na desetitisíce korun, klonování pak okolo milionu. A když připočteme náklady na transport štěněte, dosáhla celková částka dvou milionů,“ vypočítává.

Záhadná paměť klonu

Aristocrat II. Korec Corso se narodil 5. července 2024, ještě téhož roku, kdy zemřel jeho předchůdce. Jana i Evžen Korcovi nového psa milují, ale každý ho vnímá trochu jinak. Pro paní Janu je to nová osobnost: „Asi jako by šlo

o bratra z jednoho vrhu. Má podobné vlastnosti, ale je ještě vnímavější a chytřejší. Strašně rychle se učí. Na některé podněty reaguje mírněji, víc miluje balonky a je ještě větší mazel,“ srovnává.

„Pro mě to je úplně stejný pes vzhledem i povahou – samozřejmě v odpovídajícím věku. Lehá si přesně na tom samém místě, i když má spoustu jiných možností. Máme třináct psů, ale on jediný okusuje stejnou nohu židle jako Aris první. A z velkého množství hraček neomylně zvolil ty dvě, s nimiž si hrál jeho předchůdce,“ popisuje Evžen Korec.

Podobnou zkušenost měli trenéři klonů argentinské klisny Cuartetera: údajně nemuseli hříbata skoro nic učit, jako by se narodila se zkuš-

nostmi své „matky“. To už hodně připomíná sci-fi: pokud by se prokázalo, že na klon přechází paměť dárce DNA, znamenalo by to přímou cestu k nesmrtelnosti.

„Spíše než paměti bych to přičítala konfirmačnímu zkruslení: typicky lidské vlastnosti přikládá větší význam informaci, která nás podporuje v našich názorech. Klonovaná hříbata mohla mít lepší vlohy k učení. Klonované štěně třeba cítí z peřechu příjemný pach, ožvykaná noha od stolu ho láká zdrsňelým povrchem a s hračkou si hraje, protože je prostě zajímavá,“ uvádí na pravou míru Helena Fulková z Ústavu experimentální medicíny Akademie věd ČR, první Češka, která úspěšně naklonovala myš.

„Z biologického hlediska totiž neexistuje mecha-

mus, jak by tohle mohlo proběhnout. Paměť je vázaná na mozek a ten vzniká při vývoji znovu. Nevidím moc způsob, jak by se mohl přesně „zkopírovat“, včetně všech zkušeností, které paměť pomáhaly utvářet,“ vysvětluje.

Jednoduchý princip, náročná manipulace

Princip klonování je jednoduchý: genetické vyjmou chromozomy s původní genetickou informací a vpraví do buňky jádro obsahující DNA jedince, kterého chcete naklonovat. Pokud se to povede, převezme buňka vloženou genetickou informaci a začne se dělit. Poté se embryo implantuje do dělohy náhradní matky, kde se z něj vyvine klon biologicky identický s dár-

cem DNA. Technicky vzato jde o uměle vytvořené jednovaječné dvojče.

Získat nadějně hříbě křížením je oproti klonování nákladná sázka na nejistý výsledek

Mikromanipulace je ovšem velmi náročná a problém může být také s kultivací embryí ve zkumavce. Úspěšnost klonování se proto pohybuje v jednotkách až desítkách procent podle jednotlivých živočišných druhů.

Přesto se od roku 1996, kdy byla jako první zvíře naklonovaná ovce Dolly, podařilo naklonovat krávu, myš,

kozu, prase, králíka, kočku, krysu, mezka, koně, srnce, mouchu, fretku, velblouda a psa, ale také ohrožené druhy jako tchoře černonohého, či dokonce vyhynulého kozorožce pyrenejského.

Letos v dubnu se pak americká společnost Colossal Biosciences pochlubila živými vyhynulými pravlkami. Ve skutečnosti šlo o geneticky modifikovaného vlka obecného, který bílou srstí, větší postavou a lebku pravěkého predátora připomínal, nicméně podobnost se zvířaty ze seriálu Hra o trůny přinesla Romulovi, Removi a Khaleesi – jak se štěňata jmenují – obrovskou popularitu.

Království za koně!

Ani laboratoř ViaGen nemá o zákazníkovi nouzi. A větší-



Ilustrace foto ČTK

Technická bariéra pro klonování primátů byla prolomena: v Číně vznikli dva biologicky totožní makakové.



Foto archiv rodiny Karcovy

Jana Karcová s částí své smečky cane corso. Milovaný Aristocrat I. vpravo.



Foto Profimedia - Zuma Press

Špičkový hráč póla a spoluzakladatel laboratoře Crestview Genetics Adolfo Cambiaso často vítězí na klonovaných koních.



Foto Profimedia - Colossal Biosciences

Vlci Romulus a Remus byli geneticky upraveni do podoby vyhynulého pravlka.

nou neklonuje ušlechtilá čistokrevná zvířata, ale obyčejné psy a kočky, s nimiž se majitelé nedokázali rozloučit. Třeba jako zpěvačka a herečka Barbra Streisand, která nechala naklonovat milovanou fenku Sammie hned dvakrát, a tak má teď doma Miss Scarlet a Miss Violet.

Hráč póla Adolfo Cambiaso střídal při turnaji klony odlišené jen číslem: Cuartetera 1 až 6

Úplně jinak je tomu u závodních koní: tam nejde o sentiment, ale o byznys. Cena špičkových šampionů dosahuje desítek milionů korun a získat nadějně hříbě křížením je nákladný proces s nejistým výsledkem, proti němuž klonování představuje sázku na jistotu.

Argentinská firma Crestview Genetics přivedla na svět už stovky klonovaných koní a mezinárodní jezdecká federace nakonec povolila jejich účast v jezdeckých soutěžích. Špičkový argentinský hráč póla Adolfo Cambiaso

tak mohl v prosinci 2016 ve finále turnaje v Buenos Aires střídát klony odlišené jen číslem: Cuartetera 1 až 6. Jeho tým La Dolfina zvítězil...

„Klonování se vyplatí u dostihových koní, plemenitých krav a byků nebo velbloudů, což je velký byznys v arabských zemích. Může mít také smysl u kriticky ohrožených populací zvířat, ale u dávno vyhynulých živočišných druhů jako dinosauři, mamuti nebo pravleci k tomu moc důvodů nevidím,“ podotýká Helena Fulková.

Od ovce k člověku?

U absurdně drahých dostihových šampionů či mazlíčků hollywoodských hvězd se klonování zřejmě časem stane běžně užívanou biotechnologickou metodou stejně jako dnes umělá inseminace či oplodnění ve zkumavce.

Něco úplně jiného je však myšlenka na klonování člověka. Na přelomu let 2017 a 2018 se v Číně podařilo naklonovat makaky. Dojde po opicích řada i na homo sapiens?

„Přestože je ve většině zemí klonování lidí zakázané, není otázkou jestli, ale kdy. Zatímco v demokraciích pro-

bíhají dlouhé diskuse, v diktatorských režimech se o to už nejspíš dávno pokoušejí,“ domnívá se Evžen Korec.

Podle něj by klonování lidí

mělo být volbou každého člověka. „Spousta lidí chce mít děti co nejpodobnější sobě, proč jim to neuemožnit? Nebo proč nevrátit rodičům dvouleté dítě, které tragicky zahynulo? Zákaz klonování je stejný strašák, jako když ve středověku věřili lidé tomu, že je země placatá. Vymysleli ho politici, kteří si přečetli pár vědecko-fantastických knížek, kde příběh špatně skončil,“ říká.

Molekulární nůžky na geny

„Mně klonování lidí přijde jako zbytečná věc. Ale chápu, že někdo teskní po zemřelém dítěti nebo partnerovi tak strašně, že je ochotný podstoupit cokoli,“ podotýká Helena Fulková.

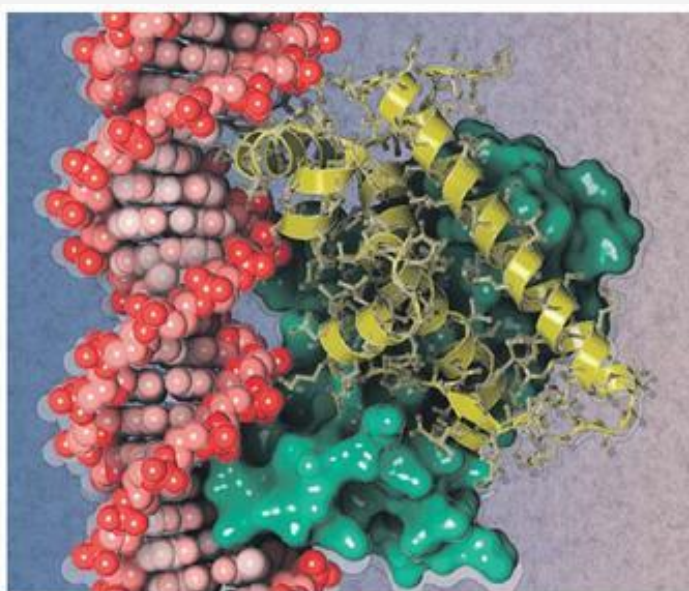
O něco méně kontroverzní je další způsob cílené změny buňky: editace genu, která umožňuje „vystříhnout“ nevyhovující sekvenci, případně vložit jinou. Provádí se metodou CRISPR-Cas9, které se přezdívá „molekulární nůžky“. Pokud se tato technika použije u embryonální kmenové buňky nebo velmi časného embrya, promítne se změněná DNA do všech buněk nového jedince a ten ji později může předat potomkům.

Zákaz klonování je stejný strašák, jako když ve středověku věřili lidé tomu, že je země placatá

V současné době se proto hledají nové cesty genových terapií, které by dokázaly zacílit CRISPR-Cas9 na konkrétní buňky. Aplikace by byla jednoduchá: injekční stříkačkou se do těla vpraví roztok bílkovin s RNA, ribonukleovou kyselinou, která nese zakódovanou informaci, co má hledat a změnit v DNA. Ten doputuje krevním řečištěm na místo určení a opraví geny, jež mohou například za rozštěp nebo cystickou fibrózu.

„Zkouší se to, ale je to hodně složité, protože Cas9 zatím nedokážeme spolehlivě zacílit,“ podotýká Helena Fulková. Pokud by se to ovšem povedlo, šlo by v budoucnosti měnit třeba barvu vlasů či očí a časem možná i vytvořit ideálního vojáka se zvýšeným prahem bolesti a zpevněnou kostrou nebo geniálního nadčlověka...

„U člověka existují vzhledem k umělému oplodnění vyvinuté reprodukční technologie, takže by se mohlo modifikovat jako na běžícím



Znázornění CRISPR (zelená), vázaného na syntetickou molekulu DNA (červená).

Foto Profimedia (2)



Preparovaná ovce Dolly, první klonované zvíře na světě, je vystavena v Královském muzeu v Edinbурhu. V pozadí za ní biolog Ian Wilmut, který ji naklonoval.

pásu. Neexistuje ovšem vědecký ani společenský konsenzus, zda by se to mělo dělat,“ konstatuje Helena Fulková.

Motýl může vyvolat hurikán

Obrovský rozruch proto vzbudil v roce 2018 čínský vědec Che Tien-kchuej, když oznámil, že přivedl na svět geneticky modifikovaná dvojčata, holčičky Lulu a Nanu, které jsou imunní vůči HIV. Šlo o jejich ochranu, neboť virem byl nakažen jeden z rodičů, přesto soud biofyzika poslal na tři roky do vězení za nelegální a neetické medicínské praktiky. Časopis Time ho ovšem vzápětí zařadil mezi

sto nejvlivnějších osobností roku 2019.

„Problém je v tom, že biologické systémy jsou složité a dynamické. Existuje více než dvacet tisíc lidských genů a zdaleka neznáme všechny jejich možné interakce. Nevíme, jestli nějaká změna nespustí efekt motýlích křídel: na začátku jen drobná úprava – motýlek zatřepatá křídly – a na druhé straně to spustí hurikán. To se ukázalo u Lulu a Nanu: nemohou se sice nakazit HIV, ale jsou náchylnější vůči viru chřipky a západonilské horečky,“ vysvětluje Helena Fulková.

„Umím si představit drobnou genovou úpravu pro předcházení závažným chorobám u lidí. Ale pokud jde

o barvu vlasů nebo očí, přijde mi to jako rozmařilost. Získáte dítě s krásnými modrými očima – ale co když upravený gen v návaznosti na jiný způsobí nějakou formu slepoty?“ varuje.

Jakmile je ovšem jakákoli technologie na světě, dříve či později k jejímu využití stejně dojde. Už v současné době lze při umělém oplodnění ovlivnit pohlaví budoucího dítěte výběrem konkrétního oplodněného embrya nebo spermie s příslušným chromozomem a dá se očekávat, že v dohledné budoucnosti bude existovat turistika do zemí, které tento výběr povolí.

V některých jiných směrech jsou však nejspíš obavy zbytečné. Nedávno například vzbudila vášnivě diskuse transplantace srdce člověku, kdy dárce bylo prase geneticky modifikované tak, aby nedošlo k imunitní reakci. „Systém lidských dárce docela funguje, a navíc se může časem ukázat, že bude lépe vyhovovat mechanické umělé srdce, takže genová editace se zkrátka nevyplatí,“ přibližuje Helena Fulková.

Pilulka na dlouhověkost?

K prodloužení života navíc není manipulace s geny vždy nutná. „Náš tým v tábořské zoo spolu s Ústavem molekulární genetiky Akademie věd ČR zkoumá DNA starých, prokazatelně dlouhověkých psů. Využíváme nejmodernější americký test pro detekci dědičných chorob a jeho výsledky vyhodnocujeme statistickým algoritmem, který bere v úvahu pravděpodobnost náhodného jevu minimálně jedna ku deseti tisícům, aby se vyloučila náhoda. Pokud u testovaného psa najde v konkrétní pozici nukleotidy (základní stavební prvek DNA, z něhož se skládají geny) související s dlou-

hověkostí, můžeme zcela spolehlivě předpokládat, že se opravdu dožije hodně let," popisuje Evžen Korec.

„Geny související s dlouhověkostí pak dokážeme detekovat jednoduchým testem na principu PCR – stačí stěry ústní sliznice – i u mladých psů. Jejich křížením můžeme založit dlouhověkou linii, což momentálně děláme u plemene Kavalír king Charles španěl. Psi této linie by měli mít už v první generaci průměrnou délku dožití o dva roky vyšší," dodává.

Lidé se sice, doufejme, cíleně křížit nebudou, nicméně výzkum může napomoci hledání genů dlouhověkosti i u nich. A možná ani to nebude třeba. Americký tým vedený Davidem Harrisonem z Jacksonovy laboratoře v Maine testuje lék Rapamy-

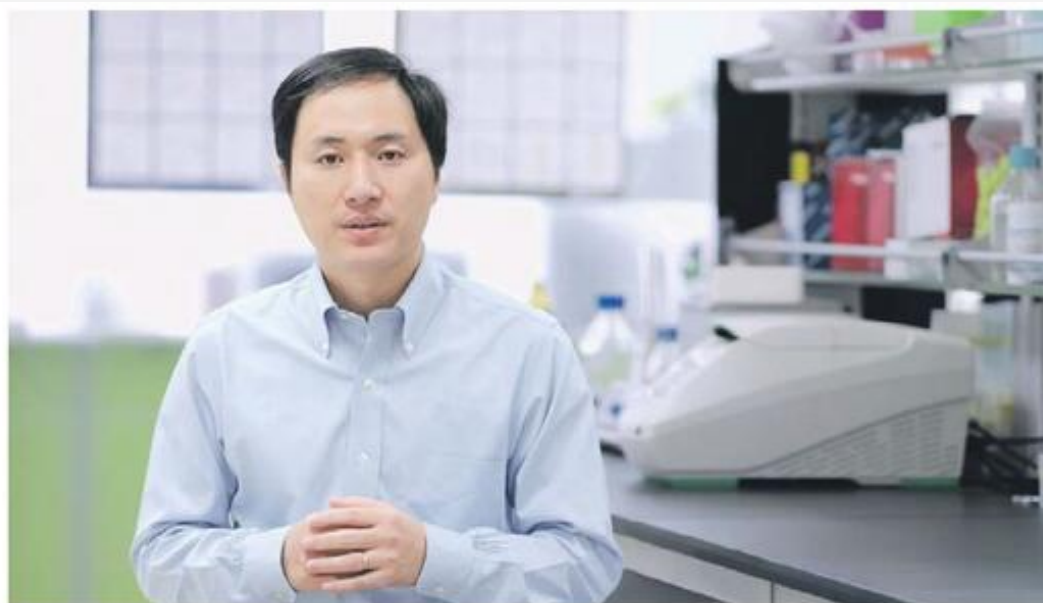


Foto Wikimedia Commons

První geneticky modifikované lidi, dvojčata Lulu a Nanu, přivedl na svět čínský vědec Che Tien-kehuej.

cin, jehož účinnou složkou je produkt bakterií, původně objevený v půdě Velikonočního ostrova.

Lék se primárně využívá

k potlačení imunitní reakce po transplantaci orgánů, Harrisonův tým však zjistil, že po jeho dvouletém podávání se délka života testovaných myší

prodloužila o více než třetinu. A tak nakonec bude k prodloužení života možná časem stačit obyčejná pilulka. ■
monika.kuncova@pravo.cz