

## VEČNE MLADÝ

Snom mnohých ľudí je ostať navždy mladý, a tak robia všetko preto, aby si aj napriek zvyšujúcemu sa veku uchovali mladistvý vzhľad. Jeden živočích, nie až taký vzdialený cicavcom, to dokáže, dokonca bez farby na vlasy či vyhladzovania vrások. A nielen to. Do vienka dostal aj odolnosť voči rakovine a schopnosť bezchybnej regenerácie odtrhnutých končatín či závažne poškodených vnútorných orgánov. To, čo je z pohľadu ľudí zázrak, je pre axolotla mexického bežný životný štýl.



**Axolotl mexický** je obojživelník, príbuzný našich mlokov. Jeho zvláštny názov pochádza z aztéckeho slova *nahuatl*, v preklade vodný pes. Patrí medzi väčšie obojživelníky – zvyčajne dorastá do dĺžky 20 – 30 cm a váži okolo 300 g. Jeho neobyčajnosť bola odhalená pred približne 150 rokmi, keď bolo v roku 1863 prevezených z Mexika do Paríža šesť dospelých jedincov axolotla. V Paríži boli prekvapení, keď otvorili zásielku a nachádzal sa tam aj mlok „inéhu druhu“. Oproti „normálnym“ axolotlom žijúcim vo vode bol tento suchozemský a vyzeral dosť odlišne. Ako je možné, že sa dospelý jedinec zrazu tak veľmi premenil?

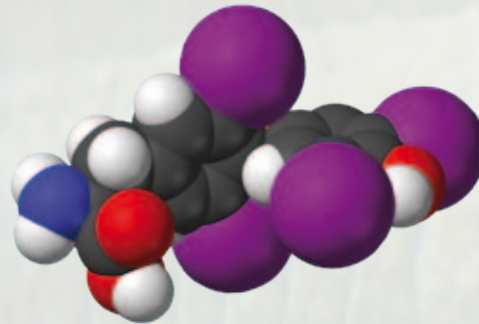


### Záhada vyriešená

Pre obojživelníky je typické, že vo svojom živote prekonávajú premenu – metamorfózu. Obojživelníky prežijú prvú časť života ako larvy (napr. žubrienky) žijúce vo vode a dýchajúce vonkajšími žiabrami, nie vnútornými, ako majú ryby. Potom pôsobením hormónu tyroxínu metamorfujú na dospelé jedince žijúce na súši (napr. dospelé žaby), ktoré sa do vody vracajú len za účelom rozmnožovania. Nepotrebné orgány, ako napríklad žiabre, sú reabsorbované pomocou programovanej

bunkovej smrti – nepotrebným bunkám je „povedané“, aby sa samy rozložili. Celá premena trvá napr. u žiab len 24 hodín.

Axolotl je jedným z netypických druhov obojživelníkov – nemá metamorfózu. Celý svoj život prežíva ako larva a zachováva si znaky typické pre larvy (žiabre, lem na chvoste a chýbajúce očné viečka). Jedinou výnimkou je, že vo veku 18 – 24 mesiacov pohlavne dospeje a je schopný sa rozmnožovať. Tento jav, t. j. dosiahnutie pohlavnej dospelosti pri zachovaní vonkajšieho vzhľadu nedospelých jedincov, sa nazýva neoténia. Axolotl ostáva v larválnom štádiu, pretože mu chýba spomínaný hormón tyroxín zabezpečujúci metamorfózu. To je spôsobené nedostatkom iného hormónu, tyreotropínu, ktorý stimuluje štítnu žľazu, aby produkovala tyroxín. Zaujímavé je, že aj u ľudí súvisí tyroxín s telesným vývojom – okrem iného ovplyvňuje správny vývoj všetkých buniek ľudského tela, zjednodušene povedané, aby sa napr. namiesto buniek kostí nevyvinuli bunky kože.



Molekula tyroxínu

Záhada parížskej zásielky sa teda dá vysvetliť tým, že jeden z axolotlov sa premenil. Bolo ukázané, že v prípade nevhodných životných podmienok, keď je nedostatok vody, axolotl môže metamorfovať na dospelého suchozemského mloka. Táto premena trvá zvyčajne niekoľko týždňov a málokedy býva úspešná. Vedci zistili, že axolotla je jednoduchšie „prinútiť“ premeniť sa pomocou injekcií s jódom, ktorý je potrebný na syntézu tyroxínu, alebo so samotným tyroxínom. Čím skôr sa axolotl premení, tým má väčšiu šancu na prežitie. Premenu však tak či tak utrpí dĺžka jeho života – nepremenené jedince sa dožívajú okolo 10 – 15 rokov, premenené maximálne 5.



Premený axolotl mexický je takmer na nerozoznanie od svojho príbuzného axolotla tigrovaného

## Nezničiteľný

Okrem skrátenia dĺžky života prináša metamorfóza aj ďalšiu nevýhodu – stratu regeneračnej schopnosti. Hoci sa aj cicavcom zahoja menšie poranenia, väčšinou sa namiesto pôvodného tkaniva vytvorí jazva – nevytvoria sa bunky požadovaného typu, ale len akési všeobecné bunky. Axolotly naopak patria medzi majstrov v regenerácii vlastného tela medzi stavovcami. Rozdiel spočíva v tom, že v mieste poranenia sa u axolotla vytvorí čosi ako embryonálne prostredie s bunkami, ktoré sa dokážu vyvinúť na akýkoľvek bunkový typ a ďalej sa množiť. Tak napríklad v prípade odtrhutej končatiny sa vytvoria chýbajúce kosti, svaly, cievy, nervy aj koža. Okrem končatín sa axolotlovi plne zahoja či nanovo vytvorí žiabre, obličky, oči, veľké časti pečene, srdca, dokonca aj časti chrbtice či mozgu.

Rakovina je spôsobená nekontrolovateľným delením buniek a u ľudí platí, že čím sa bunky viac delia, tým je väčšie riziko, že sa „niečo pokazí“ a vymknú sa spod kontroly. To „niečo“ sú zvyčajne dva typy génov – tzv. protoonkogény, gény podporujúce bunkové delenie (za normálnych okolností sú v danej bunke umlčané), a tumor supresorové gény zabráňujúce bunkovému deleniu (za normálnych okolností v danej bunke aktívne). U axolotlov žiadne vymknutie spod kontroly nehrozí, z neznámych príčin sú ako keby imúnne voči rakovine. Keď vedci vystavili ich deliace sa bunky účinkom rakovinotvorných látok, nenastala žiadna zmena.

Približne pred rokom vedci zistili aj to, že extrakt zo samičích oocytov (vajčiek pred ovuláciou) axolotla zastaví rakovinu v ľudských bunkách. Tieto oocyty obsahujú vo veľkom množstve látku, ktoré dokážu odblokovať umlčané tumor supresorové gény. Keď majú tieto gény obnovenú svoju funkciu, zabráňujú nadbytočnému bunkovému deleniu, čím zastavia rakovinové bujnenie. Ak by sa vedcom podarilo identifikovať, aké látky sú zodpovedné za toto odblokovanie umlčaných génov, mohlo by to znamenať veľký pokrok v liečbe rakoviny.



*Svetlá forma axolotla*

Okrem regeneračných schopností a odolnosti voči rakovine má axolotl ešte jednu výhodu, ktorú mu môžeme len závidieť – schopnosť bezproblémovo prijať transplantované orgány. Imunitný systém človeka vníma transplantovaný orgán ako čosi cudzorodé, čo treba zničiť, a úspešná transplantácia preto musí byť spojená s potlačením imunity príjemcu. U axolotla z nie úplne jasných príčin nič takéto nehrozí a dokonca boli úspešne transplantované aj orgány ako časti mozgu a oko.

## Nesmrtelný druh

Hoci sa axolotl zdá takmer nezničiteľný, aj tak vymiera. Tento druh sa pôvodne nachádzal len na dvoch miestach – v jazerách Xochimilco a Chalco v strednom Mexiku. Jazero Chalco však bolo umelo vysušené, aby sa predišlo periodickým záplavám. Jazero Xochimilco zas bolo premenené na sústavu kanálov, malých jazier a močiarov. Na území Xochimilca žilo údajne v roku 1998 približne 6 000 jedincov na kilometer štvorcový, v roku 2004 už len 1 000 a v roku 2008 len 100. V súčasnosti sa celková populácia odhaduje na 700 – 1 200 jedincov a druh bol preto vyhlásený za kriticky ohrozený. Znižovanie ich počtu má pravdepodobne na svedomí znečisťovanie vody neďalekým hlavným mestom Mexika Mexico City a umelé vysadenie dvoch druhov rýb (kapor a tilapia), ktoré sa živia vajíčkami a mladými larvami axolotla a tiež súperia s dospelými axolotlami o potravu a životný priestor.



*Približná poloha jazera Xochimilco na mape Mexika*

Axolotlovi však našťastie nehrozí, že by vymrel úplne. Okrem svojho pôvodného miesta výskytu sa totiž nachádza takmer všade po svete – v laboratóriách ako obľúbený model na štúdium regenerácie a rakoviny a v domácnostiach ako domáci miláčik. Axolotly nie sú veľmi náročné na chov a pomerne ľahko sa rozmnožujú. U nás sa dajú tiež kúpiť v obchodoch, na burzách alebo priamo od chovateľov. Kto by mal záujem, veľa informácií pre začínajúcich chovateľov sa dá nájsť na webovej stránke [axolotl.naetoo.com/index.php](http://axolotl.naetoo.com/index.php).



*Vajička axolotla na vodnej rastline*

*Lenka Veselovská*