

VENKI RAMAKRISHNAN

DRŽITEL
NOBELOVY
CENY



PROČ UMÍRÁME

HOST

NOVÁ VĚDA
O STÁRNUTÍ A HLEDÁNÍ
NESMRTELNOSTI

Automatizovaná analýza textů nebo dat ve smyslu čl. 4 směrnice
2019/790/EU je bez souhlasu nositele práv zakázána.

Copyright © 2024 by Venki Ramakrishnan

All rights reserved

Illustrations by Elfy Chiang

Translation © Petr Horák, 2025

Czech edition © Host — vydavatelství, s. r. o., 2025

ISBN 978-80-275-0962-1 (PDF)

ISBN 978-80-275-0963-8 (ePUB)

ISBN 978-80-275-0964-5 (MobiPocket)

**VEŘE, MĚ SOUPUTNÍCI
VE STÁRNUTÍ**



ÚVOD 009

NESMRTELNÝ GEN A TĚLO 019
NA JEDNO POUŽITÍ

ŽIJ RYCHLE A ZEMŘI 037
MLADÝ

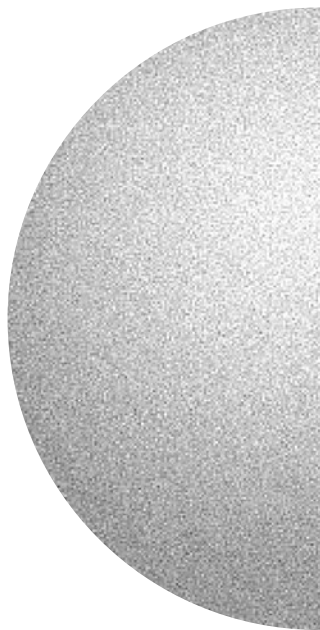
NIČENÍ HLAVNÍHO 063
ŘÍDICÍHO STŘEDISKA

PROBLÉM S KONCI 089

VYNULOVÁNÍ 101
BIOLOGICKÝCH HODIN

RECYKLOVÁNÍ ODPADU 129

MÉNĚ JE VÍCE 153



ČEMU NÁS UČÍ ČERVÍK 175

ČERNÝ PASAŽÉR V NÁS 203

**BOLESTI, BOLÍSTKY
A UPIŘÍ KREV** 221

ŠÍLENCI, NEBO PROROCI? 239

MÁME ŽÍT VĚČNĚ? 269

PODĚKOVÁNÍ 293

POZNÁMKY 295

REJSTŘÍK 363

ÚVOD

Uběhlo skoro přesně sto let od chvíle, kdy expedice vedená Angličanem Howardem Carterem objevila v egyptském údolí Králů jisté schody, dlouhé věky skryté pod zemí. Tyto schody vedly k hrobce faraona, jak dokládaly dveře s královskými pečeti. Pečeti nebyly porušeny, více než tři tisíce let tedy dovnitř nikdo nevstoupil. I tak zkušený egyptolog, jako byl Carter, užasl nad tím, co uvnitř objevili: mumii mladého faraona Tutanchamona se skvostnou zlatou pohřební maskou, které celá tisíciletí dělal společnost bezpočet honosných a překrásných artefaktů.¹ Hrobka byla pevně uzavřena, smrtelníkům byl vstup zapovězen — staří Egyptané vynakládali nesmírné úsilí na výrobu předmětů, jež nikdy neměly spatřit lidské zraky. Výzdoba této hrobky je součástí složitého rituálu překonání smrti. Vstup do pohřební komory střeží zlato-černá socha Anupa, boha podsvětí s šakalí hlavou, jehož funkci známe z *Egyptské knihy mrtvých*. Tato kniha v podobě svitku byla často vkládána faraonům do sarkofágů. Mohlo by se zdát, že jde o cosi náboženského, spíš tu ale máme co do činění s jakousi příručkou obsahující pokyny, jak překonat nástrahy zrádného podsvětí a dosáhnout blaženosti posmrtného života.² Při jedné ze závěrečných zkoušek položí Anup na jednu misku vah srdce zemřelého, na druhou pak ptačí pírkó. Ukáže-li se srdce těžší, je nečisté, a jeho vlastníku je určen strašlivý úděl. Pokud však srdce ve zkoušce čistoty zdárně obstojí, vstoupí zemřelý do hájemství jídla, pití, sexu a všech ostatních radostí života.

Víra v překonání smrti věčným posmrtným životem rozhodně nebyla vlastní jen starým Egyptanům. Jiné kultury možná nestavěly tak obrovské monumenty na paměť svých panovníckých rodin, všechny ale ke smrti přistupovaly s jistým přesvědčením a určitými rituály.

Je fascinující přemýšlet o tom, jak jsme si my lidé svou smrtelnost vůbec začali uvědomovat. To, že o smrti víme, je samo o sobě tak trochu shoda okolností, v mozku totiž musela nejprve evolučně vzniknout schopnost uvědomit si sebe sama. Jejím nezbytným předpokladem je velmi pravděpodobně získání jisté schopnosti kognice a zobecnění a v neméně míře také rozvoj jazyka, bez nějž by tuto myšlenku nebylo možné dál předávat. Nižší formy života, a dokonce ani ty složité, jako jsou například rostliny, si smrt neuvědomují. Prostě k ní dochází. Zvířata a jiné vnímající bytosti se nebezpečí a smrti mohou instinktivně bát. Uvědomují si, když někdo z nich zemře, a je známo, že někteří za své zemřelé dokonce truchlí.³ Neexistuje ale žádný doklad, že by si zvířata byla vědoma vlastní smrtelnosti.⁴ Nemám teď na mysli smrt způsobenou násilím, nehodou nebo nemocí, které se dá předejít. Mám na mysli fakt *nevyhnutelnosti* smrti.

V určité fázi jsme si my, lidé, uvědomili, že život je něco na způsob jakési věčné, nikdy nekončící slavnosti, jíž se účastníme od okamžiku narození. Užíváme si mejdan a přitom vidíme, jak přicházejí noví hosté a jiní zase odcházejí. Nakonec dojde řada i na nás, musíme jít pryč, ačkoli večírek je ještě v plném proudu. A vykročit o samotě do chladné noci se bojíme. Vědomí smrti je tak děsivé, že většinu života ji prostě popíráme. A když někdo umře, nepřijímáme to přímočaře, místo toho užíváme eufemismy jako „opustil nás“ nebo „odešel“, čímž naznačujeme, že smrt neznamená konec, ale pouhý přechod někam jinam.

Aby se lidé mohli snáze vyrovnat s vědomím vlastní smrtelnosti, vznikla v každé kultuře soustava představ a strategií, popírající definitivnost smrti. Filozof Stephen Cave tvrdí, že úsilí dosáhnout nesmrtelnosti je hnacím motorem lidské

civilizace už celá staletí.⁵ Dělí strategie vyrovnávání se se smrtí na čtyři plány. První z nich, tedy plán A, je prostý: žít věčně nebo aspoň tak dlouho, jak to půjde. Když už to nejde, přichází na řadu plán B — po smrti se fyzicky znovuzrodit. Plán C zní takto: i když se naše tělo rozpadne a nelze ho vzkřísit, naše podstata žije dál v podobě nesmrtelné duše. A konečně plán D znamená věčný život v podobě odkazu, ať už má tento podobu pomníku naší práce, nebo formu biologického potomstva.

Lidstvo vždy a všude jednalo dle plánu A, nicméně jednotlivé kultury se liší v tom, do jaké míry sahají po plánech alternativních. V Indii, kde jsem vyrůstal, přijímají hinduisté a buddhisté s radostí plán C, s tím, že každá bytost má nesmrtelnou duši, která po její smrti žije dál, reinkarnována v novém těle, třeba i úplně jiného živočišného druhu. Abrahámovská náboženství, tedy judaismus, křesťanství a islám, se hlásí jak k plánu B, tak i C. Věří v nesmrtelnou duši, ale také v to, že jednou, kdesi v budoucnu, tělesně vstaneme z mrtvých a budeme souzeni. Asi proto tato náboženství tradičně trvají na pohřbech do země a zapovídají kremaci. Některé kultury, například starověký Egypt, rozložily rizika tím, že do svého náboženství přijaly všechny čtyři plány. Těla zemřelých faraonů se mumifikovala a pohřbívala do honosných hrobek, takže po smrti mohla tělesně vstát z mrtvých. Zároveň ale Egypťané věřili v Ba, tedy duši, která tvoří podstatu člověka a přežívá smrt. Čchin Š'-chuang-ti, první císař sjednocené Číny, se snažil dosáhnout nesmrtelnosti podobně komplexním způsobem.⁶ Poté co přežil řadu útoků na svou osobu, podrobil si válčící státy a upevnil panovnickou moc, obrátil svou pozornost k hledání elixíru věčného života. Za každou, třeba i sebenepatrnější stopou jeho existence

vysílal své zvědy. Ty za neúspěch při hledání čekala jistá smrt, a tak mnozí prostě vzali roha a nikdy už o nich nikdo neslyšel. V duchu extrémního spojení plánů B a D Čchin také nechal v Si-anu vybudovat své mauzoleum. Bylo velké jako celé město a na jeho stavbě pracovalo na sedm set tisíc mužů. Součástí hrobky je armáda sedmi tisíc terakotových válečníků a koní — ta měla za úkol chránit zemřelého císaře do chvíle jeho znovuzrození. Čchin zemřel roku 210 př. n. l. ve věku devětačtyřiceti let. Ironií osudu mu asi život nakonec ukrátkaly právě jedovaté lektvary, které užíval ve snaze jej prodloužit.

Způsob, jak se vyrovnáváme se smrtí, se začal měnit s příchodem osvícenství a moderní vědy v osmnáctém století. Vzestup racionalismu a skepticismu způsobil, že přestože dnes řada z nás ještě zůstává u nějaké formy plánu B nebo C, v hloubi duše si už nejsme tak docela jistí, že jde o reálné alternativy. Pozornost jsme přesunuli k hledání způsobu, jak zůstat naživu a jak uchovat svůj posmrtný odkaz.

Je to pozoruhodný rys lidské psychologie: na jednu stranu připouštíme, že jsme smrtelní, zároveň ale pociťujeme silnou potřebu zůstat naživu ve vzpomínkách. Dnes už si ovšem nestavíme hrobky a památníky, jen ti opravdu bohatí se oddávají filantropii a financují veřejně prospěšné stavby či nadace, které je výrazně přežijí. Spisovatelé, umělci, hudebníci a vědci už se celá staletí snaží dosáhnout nesmrtelnosti prostřednictvím svého díla. Jenže, vzato kolem a kolem, žít věčně ve formě jakéhosi odkazu není zas až tak uspokojivá představa.

Ale i když nejste mocným vladařem, miliardářem ani Einsteinem, nemusíte zoufat. Druhý způsob, jak po sobě zanechat nehynoucí odkaz, je dostupný téměř každé žijící bytosti. Náš

život může pokračovat prostřednictvím potomstva. Touha množit se, aby nějaký kousek nás samých žil dál, je jedním z nejsilnějších biologických pudů. Pro život je tak zásadní, že se mu budeme muset níže věnovat daleko podrobněji. Ovšem ačkoli milujeme své děti a vnoučata a chceme, aby žily dál, i když my už tady nebudeme, přece jen víme, že jde o samostatné bytosti, které mají své vlastní vědomí. Nejsme to my.

Většinu z nás nicméně existenciální úzkost ze smrtelnosti trvale netíží. Spíš se zdá, že náš mozek si vytvořil jakýsi ochranný mechanismus, o smrti totiž přemýšlíme jako o něčem, co se děje těm druhým, ne nám.⁷ K tomuto klamnému dojmu přispívá i izolace umírajících. Zatímco v minulosti byl člověk konfrontován s umírajícími na každém kroku, dnes se většinou umírá za zdmi hospiců nebo nemocnic, v izolaci od zbytku populace. V důsledku toho mnozí z nás, zejména mladí lidé, přistupují ke každodennímu životu, jako by byli nesmrtelní. Tvrdě pracujeme, věnujeme se koníčkům, vytýčujeme si dlouhodobé cíle — to vše nás příjemně odvádí od potenciálních starostí s umíráním. Ovšem bez ohledu na to, kterou taktiku zvolíme, vědomí vlastní smrtelnosti tak docela uniknout nemůžeme.

A tím se vracíme k plánu A. Je jediná strategie, kterou mají všechny vnímající bytosti společnou celé miliony let, a to prostě snažit se zůstat naživu co nejdéle. Už od velmi raného věku se instinktivně vyhýbáme úrazům, dravcům, nepřátelům a nemocem. Během tisíciletí nás všeobecná tendence bránit se útokům přivedla k utváření společenství, stavbě opevnění, vynalézání zbraní a vydržování armád; díky ní jsme ale také začali vymýšlet léčivé lektvary a nakonec dospěli k moderní medicíně a chirurgii.

Po staletí se naše očekávaná délka života téměř neměnila. Ovšem během posledních sto padesáti let se nám ji podařilo zdvojnásobit, hlavně díky lepšímu porozumění příčinám nemocí a principům jejich šíření a následnému zlepšení veřejného zdraví. To nám dovolilo uskutečnit obrovské pokroky ve zvyšování průměrné délky života, zejména zásluhou snižování kojenecké úmrtnosti. Jenže prodloužit maximální délku života — tedy nejvyšší věk, kterého bychom se v ideálních podmínkách mohli dočkat — je daleko náročnější úkol. Je délka našeho života pevně dána, nebo můžeme s rozvojem poznání lidské biologie stárnutí zpomalit, nebo dokonce zastavit?

Biologická revoluce, která započala před více než sto lety, nás dnes přivádí na křižovatku. Nejnovější výzkumy základních příčin stárnutí poprvé přinášejí vyhlídky nejen na zlepšení našeho zdraví ve stáří, ale také na samotné prodloužení lidského života.

Demografie vyvíjí obrovské úsilí ve snaze určit příčiny stárnutí a najít způsoby, jak zmírnit jeho projevy. Větší část světa čelí stárnutí populace, uchovat seniorům zdraví se tak stalo náležitým sociálním imperativem. V důsledku toho se začal prudce rozvíjet výzkum stárnutí (neboli gerontologie), tedy vědní obor, který předtím dlouhou dobu spíše stagnoval.

Jen v posledních deseti letech bylo publikováno více než tři sta tisíc odborných článků o stárnutí. Přes tři stovky start-upů investovaly v součtu desítky miliard dolarů do boje proti stárnutí — a to nepočítáme velké, etablované farmaceutické firmy, které v této věci vedou vlastní výzkumné programy. Tyto enormní snahy vyvolávají řadu otázek. Podaří se nám nakonec nějak oklamat nemoci a smrt a žít velmi dlouhou dobu, snad až několikanásobek současné průměrné délky

života? Někteří vědci to rozhodně tvrdí. A kalifornští miliardáři jsou celí žhaví je financovat, protože milují svůj způsob života a nechtějí, aby večírek skončil.

Dnešní obchodníci s nesmrtelností — tedy vědci, kteří se pokoušejí prodloužit život do nekonečna, a miliardáři, kteří je platí — jsou vlastně moderní verzi dávných proroků, slibujících dlouhý život z valné části prostý strachu z příchodu stáří a smrti. Ale komu bude takový život doprán? Malému zlomku populace, který si to bude moct dovolit? Jakou morálkou se bude řídit léčení nebo modifikování lidských bytostí nutné k dosažení tohoto cíle? A v případě, že se taková péče stane široce dostupnou, jaké pak bude lidstvo? Máme náměsíčně kráčet vstříc budoucnosti bez zvažování možných společenských, ekonomických a politických následků toho, že by se lidé mohli dožívat podstatně vyššího věku než dnes? S ohledem na nedávné pokroky a enormní množství peněz, pumpovaných do výzkumu stárnutí, si musíme klást otázku, kam nás tento výzkum vede a také co prozrazuje o nejzazších mezích lidských bytostí.

Pandemie koronaviru, která zasáhla svět koncem roku 2019, je pádnou připomínkou neúprosného faktu, že přírodu naše plány nijak nezajímají. Životu na Zemi vládne evoluce a my si znovu musíme uvědomit, že viry tady byly dlouho před lidmi, že jsou vysoce přizpůsobivé a že tady budou ještě dlouho poté, co lidstvo zanikne. Je arogantní myslet si, že dokážeme oklamat smrt pomocí vědy a technologií? A pokud ano, jaké jiné cíle bychom si místo toho měli stanovit?

Valnou část svého dlouhého profesního života jsem věnoval zkoumání syntézy bílkovin v buňkách, jež tvoří naše tělo. Jde o naprosto zásadní problematiku, která zasahuje bez výjimky do všech oblastí biologie. V průběhu posledních desetiletí

jsme zjistili, že značná část stárnutí má co do činění s tím, jak naše tělo reguluje syntézu a rozklad bílkovin. Když jsem se ovšem tomuto oboru začal věnovat, ani ve snu mě nenapadlo, že cokoli z mé práce bude nějak souviset s hledáním příčin našeho stárnutí a umírání.

Prudký rozmach výzkumů stárnutí mě sice fascinuje, vedl ostatně k několika vpravdě převratným zjištěním, zároveň ale se vzrůstajícím znepokojením sleduji enormní humbuk s ním spojený. Ten s sebou totiž přináší hotovou záplavu reklam na pochybné léčivé preparáty, které mají se skutečnou vědou společného pramálo. Daří se jim ovšem čím dál lépe, tyjí totiž z našeho naprosto přirozeného strachu ze stárnutí, nemohoucnosti a nakonec smrti.

Tento přirozený strach je také důvodem, proč je stárnutí a smrt tématem nesčetných knih. Můžeme je rozdělit do několika kategorií: máme tu knihy poskytující praktické rady, jak stárnout zdravě. Někdy jde o smysluplné publikace, jiné hraničí se šarlatánstvím. Dále existují knihy o tom, jak čelit smrtelnosti a jak přijmout konec s grácií. Takové plní jak filozofické, tak mravní poslání. Pak tu máme knihy, které se zabývají biologickou podstatou stárnutí. I ty můžeme dále dělit na různé kategorie. Píší je buď novináři, nebo vědci, které téma silně zajímá z osobních důvodů — vlastní totiž nějakou tu start-upovou firmu zabývající se bojem proti stárnutí. Tato kniha do žádné ze zmíněných kategorií nespadá.

Obor zaznamenává prudký rozvoj a proudí do něj obrovské sumy peněz, z veřejného i soukromého sektoru. Když k tomu připočtu výsledný humbuk, nastal, myslím, správný okamžik, aby se někdo jako já, tedy molekulární biolog, ovšem osobně neangažovaný, pokusil věcně a objektivně prozkoumat současný stav našeho poznání stárnutí a smrti. Osobně znám

řadu čelních představitelů tohoto oboru, mohl jsem s nimi tedy otevřeně rozmlouvat a pochopit, jaký je jejich skutečný, niterný náhled na výzkum stárnutí a jeho různé aspekty. Záměrně jsem se vyhýbal hovorům s těmi vědci, kteří své názory formulovali prostřednictvím vlastních knih, zvláště pokud jde o odborníky těsně provázané s komerčním podnikáním v oblasti stárnutí. Jejich veřejně známými názory se ovšem budu zabývat také.

S ohledem na rychlost, s níž přicházejí nové poznatky, by každá kniha, zaměřená výhradně na nejnovější vývoj výzkumu stárnutí, byla zastaralá ještě před vydáním. Krom toho, nejžhavější objevy kteréhokoli vědního oboru nezřídka neobstojí v čase a musejí být následně revidovány nebo vůbec odvolány. Snažím se proto soustředit jen na vybrané nejzásadnější myšlenky, které stojí za nejnadějnějšími současnými přístupy k pochopení či zpomalení stárnutí. Jde o myšlenky, které by měly nejen obstát v čase, ale také vysvětlit čtenářům, jak jsme dospěli k současnému stavu poznání. K jistým oblastem základního výzkumu, které souvisejí s cestou k dnešnímu nazírání na celou problematiku, připojuji také historické pozadí. Je důležité a fascinující uvědomit si, jak často naše dnešní vědění vychází z vědeckých poznatků biologů, kteří se věnovali něčemu naprosto odlišnému.

Tvrdím, že jsem osobně neangažovaný, jenže to samozřejmě není nikdo z nás. Každého se týká konec života a způsob, jak ho přijme. Platí to méně, když jsme mladí a cítíme se nesmrtelní, ale v mém věku už přece jen více. Je mi jednašedesát a zjišťuji, že jen s obtížemi (pokud vůbec) dokážu dělat věci, které jsem před pouhými deseti nebo dvaceti lety vykonával hravě. Život někdy člověku připomíná dům, v němž je zavřený a kde mu patří čím dál menší prostor.

S tím, jak stárneme, se totiž zvolna zavírají dveře do pokojů, v nichž bychom chtěli pobývat. Je přirozené klást si otázku, jaké jsou šance, že se vědě podaří tyto dveře vypáčit a znovu zprůchodnit.

Protože stárnutí je velice těsně propojeno s řadou biologických procesů, nevyhneme se v této knize letnému přehledu moderní molekulární biologie. Vypravíme se po stopách významných objevů, které dovedly naše poznání příčin stárnutí a umírání na dnešní úroveň. Prozkoumáme přitom, jak naše geny programují náš život a jak naše stárnutí tento program narušuje. Budeme sledovat, jaké následky má toto narušení na naše buňky a tkáně a ve výsledku na nás samé jako individuální bytosti. Budeme se zabývat fascinující otázkou, proč se některé druhy dožívají daleko delšího věku než jiné, někdy dokonce blízce příbuzné, když přece všechny živé bytosti podléhají totožným zákonům biologie, a pozastavíme se také nad tím, co by to mohlo znamenat pro nás lidi. Objektivně probereme nejnovější snahy o prodloužení délky života a posoudíme, zda je humbuk s nimi spojený opodstatněný. Také se kriticky zastavím u některých známých myšlenek, jako například zda vrchol našeho pracovního života přichází ve stáří. Rád bych se rovněž věnoval etické otázce, která je klíčová pro jakékoli snahy o prodloužení života: Nejde totiž jen o to, zda je to možné, ale je to také *správné*?

Prvním krokem na naší výpravě bude zamyšlení nad tím, co to vlastně přesně je smrt a jaké jsou její četné projevy. Budeme se zabývat zásadní otázkou: Proč umíráme?

1. NESMRTELNÝ GEN A TĚLO NA JEDNO POUŽITÍ

Pokaždé když procházím londýnskými ulicemi, nepřestávám žasnout nad tím, jak snadno mohou miliony lidí v jediném městě zároveň pracovat, cestovat i společensky žít. Umožňuje to komplexní infrastruktura a precizně koordinovaná práce statisíců lidí: metro a autobusy nás po městě dopravují, pošta a kurýrní služby zajišťují přepravu zásilek, supermarkety nás zásobují potravinami, energetické firmy vyrábějí a distribuují elektřinu a komunální služby udržují ve městě čistotu a odstraňují obrovské množství odpadu, které produkujeme. Lehce se stane, že člověk, zaměstnaný vlastními problémy, tento neuvěřitelný koncert vzájemné spolupráce, kterému říkáme civilizovaná společnost, bere jako samozřejmost.

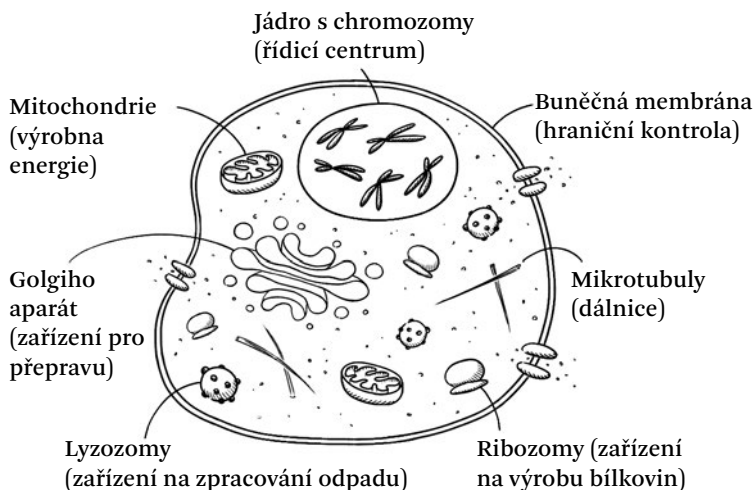
Buňka, nejzákladnější forma života, má podobně komplikovanou choreografii. Když se buňka vytváří, vznikají složité struktury, připomínající trochu městské čtvrti. V chodu ji udržují tisíce přesně synchronizovaných procesů. Živiny se musejí dostat dovnitř a odpad ven. Transportní molekuly dopravují náklad z místa jeho výroby do vzdálených končin buňky, kde je ho potřeba. Města nemohou existovat v izolaci, neobejdou se bez směny zboží, služeb a lidí s okolními oblastmi, a stejně tak i tkáňové buňky musejí komunikovat a spolupracovat s buňkami sousedními. Ovšem, na rozdíl od měst, která mohou někdy růst zcela nekontrolovaně, musejí buňky vědět, kdy růst, kdy se dělit, a také kdy toho nechat.

Napříč dějinami vnímali obyvatelé svá města jako něco trvalého. Člověk se běžně nezaobírá myšlenkou, že město, ve kterém žije, jednoho dne přestane existovat. A přitom města i celé národy, říše a civilizace rostou a umírají, stejně jako buňky. Když mluvíme o smrti, obvykle nemáme na mysli zánik tohoto druhu, spíš nám jde o konec každého z nás jako jedince. Jenže ono je těžké vůbec definovat, co to jedinec je, natožpak co myslíme jeho zrozením nebo smrtí.¹

Co přesně umírá v okamžiku smrti? V dané chvíli je většina buněk našeho těla stále naživu. Můžeme darovat celé orgány, a pokud k jejich transplantaci dojde dostatečně rychle, nadále fungují k plné spokojenosti v těle někoho jiného. Dál vesele žijí i triliony bakterií, svým počtem převyšující množství lidských buněk v našem těle. Ovšem někdy to také platí obráceně: představte si, že člověk přijde při nehodě o některou končetinu. Tato končetina určitě umírá, ale nebereme to tak, že by tím zároveň zemřel i její majitel.

Když mluvíme o umírání, máme ve skutečnosti na mysli okamžik, kdy přestáváme fungovat jako jednotný celek. Soubor buněk, který tvoří naše tkáně a orgány, je provázán vzájemnou komunikací, to z nás činí jedince schopné vnímat. V momentě, kdy naše buňky přestanou tvořit funkční celek, umíráme.

Smrt, ve smyslu nevyhnutelného konce, jak ji vnímáme v rámci této knihy, je důsledkem stárnutí. Nejjednodušší způsob, jak stárnutí chápat, je brát ho jako postupné chemické poškození molekul a buněk v čase. S ním zvolna ubývá tělesných i duševních kapacit, nakonec už nejsme schopni rozumně fungovat jako individuální bytost — a umíráme. Vzpomněl jsem si na jistou repliku z Hemingwayovy *Fiesty*, kde jedna z postav odpovídá na otázku, jak zbankrotovala: „Dvojím



- Komplexní struktura buňky v lecčem připomíná město. Jsou zde zachyceny jen některé větší orgány a v zájmu přehlednosti nejsou nakresleny v odpovídajícím měřítku.

způsobem. Nejdříve postupně a potom náraz.“² Postupné je stárnutí. Náraz přichází smrt. Stárnutí si můžeme představit jako povlovný proces, který začíná drobnými chybami ve složitém systému našeho těla, následují větší poruchy, které se projevují jako stařecké neduhy, a nakonec nastává celkové selhání, tedy smrt.

I tak je ale obtížné přesně definovat, kdy k tomu dochází. Kdysi platilo, že smrt nastává, když člověku přestane bít srdce, jenže dnes dokážeme srdeční zástavu často zvrátit díky kardiopulmonální resuscitaci. Za jednoznačnější příznak smrti se v současnosti považuje vymizení mozkové aktivity, ovšem vyskytují se náznaky, že i to lze někdy zvrátit.³ Rozdíly

v exaktní právní definici smrti mohou mít velmi závažné následky. Odběr orgánů pro dárcovství dvěma osobám ve dvou různých státech USA může být v jednom případě naprosto legální a v druhém půjde o vraždu, a to i když bude v obou případech smrt posuzována dle totožných kritérií. U jisté dívky v kalifornském Oaklandu byla konstatována mozková smrt. Dle norem platných ve státě New Jersey, kde žila její rodina, byla ovšem stále naživu. Rodina dívky nakonec právními kroky dosáhla převozu těla včetně přístrojů udržujících životní funkce do New Jersey, kde pak dívka o několik let později zemřela.⁴

Nejen přesný okamžik naší smrti je špatně definovatelný, stejně je tomu s momentem našeho narození. Existujeme ještě předtím, než jsme vypuzeni z dělohy a poprvé se nadechneme. Mnohá náboženství považují za počátek našeho života početí, jenomže i to je poněkud mlhavý termín. Spíš můžeme mluvit o jistém časovém okně následujícím po okamžiku, kdy se spermie spojí s povrchem vajíčka. V daném časovém úseku musí proběhnout celá série událostí, nezbytně předcházejících spuštění genetického programu oplozeného vajíčka. Následuje několik dní trvající období, během něžž dojde k opakovanému dělení vajíčka, načež se embryo — zvané v této fázi blastocysta — musí samo uhnízdit v děložní sliznici.⁵ Později se začíná vyvíjet srdce, a až dlouho poté, v souvislosti s vývojem nervové soustavy a mozku, může rostoucí plod cítit bolest.

Otázka, kdy života začíná, je povahy nejen vědecké, ale stejně tak i sociální a kulturní, jak dosvědčuje neustávající spor o problematice potratů. Dokonce i v zemích, kde jsou potraty legální, včetně Spojených států a Velké Británie, je trestné v rámci výzkumu nechat embrya růst déle než čtrnáct dní,

což zhruba odpovídá době, kdy se na embryu objevuje val zvaný primitivní proužek, dělicí jej na levou a pravou polovinu. Po této fázi už se zárodek nemůže rozdělit a dát vzniknout jednovaječným dvojčatům. Ačkoli si narození i smrt představujeme jako jasně vymezené body na časové ose, vymezující počátek a konec naší existence, hranice života jsou ve skutečnosti neostré. Totéž platí o rozsáhlejších organizačních jednotkách. Je obtížné exaktně určit moment vzniku města nebo okamžik jeho zániku.

Smrt přichází v každém měřítku, molekulami počínaje a celými národy konče, i takto odlišné entity však mají při růstu, stárnutí a zániku některé společné rysy.⁶ Ve všech případech se vyskytuje kritický okamžik, kdy jednotlivé součásti přestanou umožňovat fungování organického celku. Díky koordinované práci molekul v našich buňkách mohou tyto buňky fungovat. Může ovšem dojít k chemickému poškození daných molekul a následně k jejich rozpadu. Jestliže se podílejí na životně důležitých procesech, začnou stárnout a umírat i celé buňky. Posuneme-li se v hierarchii o stupínek výše, sestává lidská bytost z bilionů buněk, které vykonávají specializované činnosti a navzájem spolu komunikují, díky tomu může jedinec fungovat jako celek. Buňky našeho těla nicméně umírají pořád a ničemu to nevadí. Při vývoji embrya jsou dokonce mnohé buňky naprogramovány tak, aby odumřely v přesně určený okamžik — tento fenomén se nazývá apoptóza. Ovšem pokud odumře dostatečné množství zásadně důležitých buněk, ať už v srdci, v mozku, nebo v některém jiném, stejně důležitém orgánu, pak jedinec nemůže dál fungovat a umírá. My, lidské bytosti, se od našich buněk zas tak moc nelišíme. Plníme své role v rozličných skupinách: firmách, městech,

kolektivech. Odchod jednoho zaměstnance se za normálních okolností na fungování velké firmy neprojeví, tím méně ovlivní běh města nebo státu, stejně jako smrt jednoho stromu nevypovídá nic o životaschopnosti celého lesa. Jenže kdyby měli najednou odejít klíčoví zaměstnanci, třeba celé firemní vedení, zdraví a budoucnost dané společnosti by náhle byly krajně nejisté.

Za povšimnutí také stojí, že délka života vzrůstá s velikostí dané entity. Předtím než zemřeme, většina buněk v našich tělech mnohokrát odumře a bude nahrazena. Firmy zase obvykle mají kratší životnost než města, v nichž sídlí. V množství je bezpečí, touto zásadou se řídí jak život, tak i lidská společnost. Na počátku života nejspíš stály molekuly schopné sebe-replikace, z nichž poté vznikly uzavřené celky, kterým říkáme buňky. Některé tyto buňky se později daly dohromady, a tak vznikli živočichové. Živočichové se následně začali shlukovat do smeček — nebo, jako v našem případě, do obcí, měst a národů. Větší a větší společnosti s sebou přinesla více bezpečí a také více suverenity. Dnes by sám o sobě nepřežil skoro žádný lidský jedinec.

Nicméně přemýšlíme-li o smrti, obecně vzato nám jde o smrt vlastní: konec naší individuální vědomé existence. Tento druh smrti v sobě obsahuje ostrý paradox: jedinci umírají, ale život jde dál. Nemám na mysli jen to, že naše rodina, okruh našich blízkých a celá společnost bude žít dál, bez nás. Spíš stojí za povšimnutí, že každá bytost, která dnes žije, je přímým potomkem jakési pradávnejší buňky, která existovala před miliardami let. Ačkoli se tedy v čase vše vyvíjí a mění, jakási niterná podstata žije v každém z nás nepřetržitě už pár miliard let. A bude to platit pro každou formu života,

dokud bude trvat život na Zemi, jestliže tedy jednoho dne nevytvoříme zcela umělou formu života.

Vede-li přímá dědičná linie od nás až k našim dávným předkům, pak také v každém z nás existuje něco, co neumírá. Je to informace, jak vytvořit další buňku nebo celý nový organismus, a to i poté, co původní nositel této informace zemře — právě tak jako tyto myšlenky a informace mohou v nějaké podobě přetrvat ještě dlouho poté, co fyzický výtisk této knihy zanikne.

Informace, jak má život pokračovat, je samozřejmě uložena v našich genech. Každý gen představuje úsek naší DNA a je uložen v podobě chromozomů v buněčném jádru, specializované organele, v níž je uzavřen genetický materiál našich buněk. Většina našich buněk obsahuje totožnou soupravu genů, kterou dohromady označujeme za náš genom. Pokaždé když se buňky dělí, předávají celý genom všem svým dceřiným buňkám. Drtivá většina těchto buněk tvoří prostě součást našeho těla a společně s ním zemře. Ale některé buňky naše tělo přežijí a vyvinou se z nich naše děti — noví jedinci, kteří tvoří další generaci. Co je tedy na těchto buňkách zvláštního, že jim to umožňuje žít dál?

Odpověď na tuto otázku rozpoutala prudkou polemiku, a to dlouhou dobu předtím, než jsme odhalili existenci genů, o DNA nemluvě. Když lidé začali připouštět, že druhy se mohou vyvíjet, vyvstaly na tento fenomén dva protichůdné názory. Jeden formuloval počátkem devatenáctého století Francouz Jean-Baptiste Lamarck. Tvrdil, že získané vlastnosti se mohou dědit. Pokud například žirafa musí dlouhodobě natahovat krk, aby dosáhla na potravu, tedy listy rostoucí na vyšších větvích, její potomstvo se v důsledku toho narodí s delším krkem. Opačný názor zastávala dvojice britských

biologů, Charles Darwin a Alfred Wallace. Podle jejich teorie přirozeného výběru byly žirafy různé, některé měly krk delší a jiné kratší. Ty s delším krkem naleznou potravu s větší pravděpodobností, a proto mají vyšší šanci přežít a mít potomstvo. S každou generací pak budou více prosperovat žirafy s čím dál delším krkem.

Alfred Wallace byl svým způsobem outsider, a když roku 1858 jako pětatřicetiletý pracoval v oblasti tehdy známé jako Malajské souostroví, napsal Charlesi Darwinovi dopis, v němž mu vyložil své myšlenky. Nevěděl, že starší vědec k totožným závěrům došel už o řadu let dříve, ale protože šlo o ideje vpravdě revoluční, se značným společenským a náboženským přesahem, nesebral Darwin dosud odvahu je publikovat. Korespondence s Wallacem ho však přiměla jednat. Darwin byl tehdy ústřední postavou britské vědecké elity, a kdyby šlo o trochu méně zásadového muže, mohl Wallacovy dopisy prostě ignorovat, urychleně vydat vlastní knihu, a jméno mladšího vědce by zůstalo světu zcela neznámé. Darwin však místo toho uspořádal 1. července 1858 v londýnské Linného společnosti s Wallacem společnou přednášku. Přijata byla poměrně chladně a nevyvolala okamžitou senzaci. Prezident společnosti ve svém výročním projevu, jednom z nejhorších v dějinách vědy, řekl: „Tento rok nebyl vskutku poznamenán žádným z oněch pozoruhodných objevů, jež by, abych tak řekl, znamenaly revoluci v daném vědním odvětví.“ Přednáška nicméně umetla cestu k vydání Darwinovy knihy *O původu druhů* následujícího roku a tato publikace jednou provždy změnila základy biologie.⁷

Třicet tři let po vydání Darwinova přelomového traktátu, roku 1892, definitivně vyvrátil Lamarckovy názory německý biolog August Weismann. Přestože lidé už velmi dlouho

věděli, že sex a rozmnožování spolu souvisejí, před pouhými třemi stovkami let jsme přišli na to, že klíčové pro spuštění celého procesu je spojení spermie s vajíčkem.⁸ Vypadá to jako zázrak — oplodnění vajíčka spermií má za následek stvoření zcela nového jedince. Tento jedinec sestává z bilionů buněk, ty vykonávají téměř veškeré tělesné funkce a společně s tělem také umírají. Všechny tyto buňky označujeme jako somatické, z řeckého slova *sóma* (tělo). Oproti tomu spermie a vajíčka patří mezi buňky zárodečné. Nacházejí se v našich pohlavních žlázách (gonádách) — u mužů ve varlatech a u žen ve vaječnících. A výhradně tyto buňky jsou přenašeči dědičných informací — genů. Weismann dospěl k závěru, že zárodečné buňky mohou vytvořit somatické buňky další generace, opačně k tomu ale nikdy dojít nemůže. Tomuto rozdělení dvou druhů buněk se říká Weismannova bariéra. Takže když žirafa natahuje krk, může to ovlivnit nejružnější somatické buňky, tvořící svaly a kůži, nicméně tyto buňky nejsou schopny takové změny přenést na potomstvo. Zárodečné buňky, bezpečně uložené v gonádách, nijak neovlivní, co daná žirafa provádí a jaké změny v důsledku toho prodělá její krk.⁹

Zárodečné buňky, špičkové našich genů, jsou nesmrtelné v tom smyslu, že jejich drobná část slouží ke stvoření další generace jak somatických buněk, tak zárodečných, a to prostřednictvím pohlavního rozmnožování, které tak vlastně nuluje časomíru stárnutí. Pro každou generaci platí, že naše těla jsou pouze jakési nádoby, umožňující šíření našich genů. A v okamžiku, kdy splní svůj účel, stávají se nepotřebnými. Smrt živočicha nebo člověka, to je vlastně jen smrt takové nádoby.

Proč vůbec existuje smrt? Proč prostě nežijeme věčně?

Významný genetik 20. století ukrajinského původu Theodosius

Dobzhansky jednou napsal: „Nic v biologii nedává smysl — leda ve světle evoluce.“¹⁰ Definitivní odpovědi na otázku, proč se v biologii něco děje, je, že tak se to evolučně vyvinulo. Když jsem kdysi začal uvažovat o tom, proč umíráme, naivně jsem si myslel, že prostřednictvím smrti snad příroda poskytuje nové generaci prostor k životu a rozmnožování. Starší jedinci nepřekážejí, nekonkurují mladším v boji o prostředky, a tak zajišťují lepší podmínky pro přežití genů. A nejen to, každý příslušník nové generace má jinou kombinaci genů svých rodičů a toto neustálé míchání balíčku životních karet přispívá k přežití celého druhu.

Tato myšlenka se vyskytuje už u římského básníka Lucretia, který žil v prvním století př. n. l., a možná je ještě starší. Je lákavá — a také mylná. Problém je v tom, že žádný gen, který prospívá skupině na úkor jednotlivce, se dlouhodobě v populaci neudrží, a to zásluhou podvodníků. V evoluci představuje „podvodník“ takovou mutaci, která zvýhodňuje jedince na úkor skupiny. Představme si například, že existují geny, které způsobují stárnutí, tedy zajišťují, že lidé umřou včas, čímž prospívají skupině. Kdyby se vyskytl jedinec s mutací, která by tyto geny deaktivovala a umožnila mu tak žít déle, měla by tato osoba víc příležitostí mít potomstvo, ačkoli by to nebylo ku prospěchu skupiny.¹¹ Ve výsledku by jeho mutace převážila.

Na rozdíl od lidí se mnohé druhy hmyzu a většina obilovin množí jen jednou. Některé druhy, například půdní červ háďátka obecné (*Caenorhabditis elegans*) stejně jako takový losos, zplodí naráz velké množství potomstva a během rozmnožovacího procesu zemřou, v jistém slova smyslu vlastně spáchají sebevraždu, načež často vlastní tělo zrecyklují.¹²

U červů takový způsob rozmnožování dává smysl, protože většinou jde o organismy vyskytující se v podobě inbredních klonů, jsou tedy se svým potomstvem geneticky identičtí. Oproti tomu u lososů je reprodukční chování důsledkem jejich životního cyklu: musejí mořem a řekami uplavat tisíce kilometrů, aby se mohli vytříit. Je malá šance, že by takový výlet dokázali absolvovat dvakrát, a tak raději investují všechny síly do jediného pokusu o rozmnožení, obětují veškerou svou energii a dokonce i život jedinému cíli — přivést na svět dostatečné množství potomstva a maximalizovat jeho naději na přežití. Ovšem u druhů, které se mohou rozmnožovat vícekrát, například lidí, much nebo myší, nemá smysl umírat při tvorbě potomstva, které je navíc s rodičem příbuzné jen z padesáti procent. Přirozený výběr obecně vzato jen zřídka-kdy slouží prospěchu druhu nebo obecně skupiny. Příroda si spíše vybírá jedince dobře schopné šířit vlastní geny. Evoluční biologové tomu říkají biologická zdatnost.

Je-li tedy cílem zajistit, aby naše geny mohly být předány dál, proč evoluce ze všeho nejdříve nezabránila stárnutí? Je přece jasné, že čím déle člověk žije, tím větší je šance, že bude mít potomstvo. Stručná odpověď zní: po většinu dějin našeho druhu byl lidský život krátký. Umírali jsme vinou úrazů, nemocí, dravých šelem nebo jiných lidí, a to obvykle ještě před třicátými narozeninami. Evoluce tedy neměla žádný důvod preferovat dlouhověkost. Podařilo se nám ale časem ze světa udělat pro lidi bezpečnější a zdravější místo, tak proč prostě nežijeme pořád dál?

Řešení této hádanky má svůj počátek ve 30. letech 20. století, v díle dvou špičkových osobností britské vědy, J. B. S. Haldana a Ronalda Fishera. Polyhistor Haldane se věnoval snad všemu, mechanismy účinků enzymů počínaje a vznikem

života konce. Byl přesvědčením socialista a ve zralém věku, zklamán Británií, emigroval do Indie, kde zemřel.¹³ Fisherův přínos statistické vědě razantně posunul naše vnímání evoluce a krom toho položil základ randomizovaným klinickým studiím, které se užívají k ověřování účinnosti nových léků nebo léčebných postupů a které už zachránily miliony životů. Zemřel v roce 1962 a víc než padesát let po smrti začal být kvůli svým názorům na lidskou rasu a eugeniku předmětem kontroverzí. Z cambridgeské Gonville and Caius College, kde kdysi působil, byla sejmuta vitráž ilustrující Fisherovy klíčové myšlenky týkající se vedení výzkumů a zatím není jisté, kde nakonec skončí.¹⁴

Zhruba ve stejné době přišli Fisher a Haldane nezávisle na sobě s revoluční myšlenkou. Uvědomili si, že takovou mutaci, která je škodlivá už od raného mládí, bude evoluce silně potlačovat, protože její nositelé se nebudou rozmnožovat. Ovšem to už se nedá říct o genu, který se negativně projeví až *později* během života, protože v době, kdy způsobí škodu, bude už předán potomstvu.¹⁵ Po větší část historie našeho živočišného druhu jsme jeho neblahé následky ani nezaznamenali, protože jsme umírali daleko dříve, než se mohly projevit. Teprve relativně nedávno jsme si začali uvědomovat následky mutací, které budou zhoubně působit až v pozdějších fázích života. Třeba taková Huntingtonova choroba se objevuje především u jedinců po třicítce, tedy ve věku, kdy by v minulosti většina z nás už měla za sebou rozmnožování i smrt.

Myšlenka Fishera a Haldanea vysvětluje, proč v lidské populaci přetrvávají škodlivé geny, nicméně jejich vztah ke stárnutí nebyl na první pohled zjevný. K jeho odhalení došlo zásluhou britského biologa Petera Medawara, další vynikající a svérázné osobnosti.¹⁶ Medawar, který se na tento problém

zaměřil, se narodil v Brazílii, a nejvíc proslul svými myšlenkami o tom, jak imunitní systém odmítá transplantované orgány a jak si získává toleranci. Na rozdíl od většiny vědců, kteří se intenzivně věnují výhradně úzké problematice svého zájmu, měl podobně jako Haldane širší zaměření a psal knihy, které prosluly svou erudicí i vytríbeným stylem. Mnozí vědci mé generace vyrůstali s jeho knihou *Advice to a Young Scientist* (Rady mladému vědci), vydanou v roce 1981, kterou považují zároveň za nabubřelou, arogantní, hlubokomyslnou, zábavnou i vtípnou.

Medawar přišel s teorií stárnutí založenou na principu postupné akumulace. I když má člověk několik genetických mutací, které v raném věku žádným znatelným způsobem neovlivňují jeho zdraví, jejich vzájemná kombinace mu v pozdějších letech způsobí chronické problémy, jejichž důsledkem bude stárnutí.

Biolog George Williams zašel ještě o krok dál a vyslovil myšlenku, že příroda preferuje genetické mutace, poskytující výhodu v raném věku, a to i v případě, že budou ve stáří škodlivé. Této teorii se říká antagonistická pleiotropie. *Pleiotropie* je sofistikovaný výraz pro situaci, kdy má jeden gen vícero účinků. Antagonistická pleiotropie tedy znamená, že tentýž gen může mít i zcela opačné účinky; co se genů spojených se stárnutím týče, mohou se tyto účinky projevit v různou dobu, v raném věku mohou být výhodné a později problematické. Například geny, které nám zkraje života usnadňují růst, zvyšují ve vyšším věku riziko chorob spojených se stářím, například rakoviny nebo demence.

V podobném duchu musí dle hypotézy těla na jedno použití organismus, který disponuje omezenými zdroji, tyto zdroje rozdělovat.¹⁷ Musí zajistit jak růst v rané fázi vývoje, tak

i rozmnožování a nakonec také prodlužování života, tedy nekonečné opravování opotřeбенých buněk. Podle biologa Thomase Kirkwooda, který s touto teorií přišel jako první v 70. letech 20. století, je stárnutí organismu evolučním kompromisem mezi dlouhověkostí a reprodukčním úspěchem, tedy zvýšením šance na předání genů dalším generacím. Podpírají výše zmíněné teorie spojené se stárnutím také nějaké důkazy? Probíhaly vědecké pokusy s octomilkami a červy, jde o oblíbená laboratorní zvířata, neboť se snadno chovají a mají krátký životní cyklus. Teoretické předpoklady se beze zbytku potvrdily.¹⁸ Mutace, které prodlužují dobu života, snižují plodnost (tedy měřitelnou schopnost organismu plodit potomstvo). Podobně fungovalo snížení kalorické hodnoty denního přísunu potravy, taktéž prodlužovalo dobu života a snižovalo plodnost.

Experimenty na lidech v této oblasti komplikuje nejen etická problematika, ale také časová náročnost. Dvě nebo tři desetiletí mezi generacemi jsou prostě na obvyklou délku vědecké kariéry příliš mnoho, nehledě na těch pár let, po které jsou k dispozici doktorandi a výzkumní pracovníci. Zajímavý výzkum britské aristokracie za posledních 1200 let však ukázal, že z žen, které se dožily šedesátky (což potlačuje vliv takových faktorů, jako jsou nemoci, úrazy a úmrtí při porodu), žily nejdéle ty, které měly nejméně dětí.¹⁹ Autoři tohoto výzkumu tvrdí, že i u lidí platí nepřímá úměra mezi plodností a dlouhověkostí, ačkoli, jak dobře ví každý uštvaný rodič, mezi delším životem a nižším počtem potomků může být i celá řada jiných souvislostí.

Narůstání délky našeho života během minulého století nás přivedlo k dalšímu pozoruhodnému jevu spojenému se

stárnutím, který je vlastní téměř výhradně lidem: k menopauze. S výjimkou několika dalších živočišných druhů, například kosatek, se většina samic může množit skoro až do konce života, kdežto ženy tuto schopnost ztrácejí ve středním věku. V porovnání s pozvolnějším poklesem plodnosti u mužů je také pozoruhodná prudkost této proměny u žen. Člověka by napadlo, že pokud evoluce preferuje naši schopnost předávat geny, měla by také upřednostňovat schopnost množit se co nejdéle, pokud možno po celý život. Proč se tedy ženy přestávají množit tak relativně brzy?

Možná jde o špatně položenou otázku. Všichni naši nejbližší příbuzní, jako třeba lidoopi, přestávají mít potomstvo zhruba ve stejném věku jako my — krátce před čtyřicítkou. Rozdíl je v tom, že oni obvykle hned poté umírají. A po převažující část lidských dějin většina žen také umírala krátce po přechodu, někdy i dříve. Snad by bylo vhodnější neptat se, proč menopauza přichází tak brzy, jako spíš proč ženy žijí tak dlouho po ní. Lidský jedinec nemůže najisto vědět, že se rozmnožil (ve smyslu předání genů), pokud se jeho nejmladší potomek nestane soběstačným. A lidé mají mimořádně dlouhé dětství, během nějž jsou závislí na svých rodičích. Menopauza mohla vzniknout jako ochrana před zvýšeným rizikem porodu v pokročilejším věku, ženy tedy mohou žít déle a starat se o děti, které už mají.²⁰ To by také vysvětlovalo, proč si muži — kterých se zvýšené riziko pozdějšího porodu netýká — mohou udržet plodnost do daleko vyššího věku. Menopauza se tedy snad evolučně vyvinula jako prostředek maximalizující šance dětí dožít se dospělosti — a tudíž dále šířit geny své matky. Jde o tzv. „teorii dobré matky“. A skutečně platí, že u těch několika málo druhů, jejichž samice žijí i poté, co ztratí schopnost se rozmnožovat, potomstvo vždy potřebuje

dlouhodobou péči matky. Nicméně i u těchto druhů se vyskytuje postupné ubývání plodnosti, nedochází k prudké změně jako v případě ženské menopauzy. Například u slonů se sice plodnost během let snižuje, nicméně na rozdíl od lidí mohou mít potomky i ve velmi pozdním věku.²¹ Také samice šimpanzů žijí i po skončení svého plodného věku, ovšem menopauza se u nich vyskytuje až ke konci života.²²

Vysvětlení vzniku menopauzy dovádí „teorie babičky“ o jednu generaci dál.²³ Přišla s ní antropoložka Kristen Hawkesová, která tvrdí, že žít déle má smysl, pokud se žena podílí na péči o své vnuky, čímž zvyšuje jejich šance na přežití i na zplození dalších potomků. Odpůrci této hypotézy namítají, že pro ženu bude jen zřídka výhodnější nepokračovat v plození vlastních dětí, tedy vzdát se šance na předání poloviny svých genů, ve prospěch zvýšení šancí na přežití vnoučat, které mají jejich genů pouhou čtvrtinu.

Další teorie vychází ze studia kosatek, jednoho z živočišných druhů, který má, podobně jako lidé, skutečnou menopauzu a žije ve skupinách.²⁴ Podle této teorie je menopauza způsob, jak předcházet mezigeneračnímu konfliktu. U některých skupinově žijících a rozmnožujících se druhů je u mladších samic schopnost reprodukce potlačena a tyto slouží jako pomocnice starším, plodným samicím. U lidí však takový stav moc nepřipadá v úvahu — ženy se přestávají rozmnožovat právě v okamžiku, kdy začíná mít potomky další generace. Žena nemá žádnou motivaci pomáhat své tchyni mít více dětí, protože by s těmito potomky neměla žádné společné geny. Zato taková žena, která pomáhá s rozmnožováním své sňaze, předá svým vnukům čtvrtinu vlastních genů. Takže nejvhodnější strategií možná je přestat se rozmnožovat a místo toho raději pomáhat s plozením dětí své sňaze.

Nebo to může být také tak, že evoluce stanovila počet ženských vajíček v souladu s průměrnou délkou života v divoké přírodě.²⁵ Steven Austad, v současnosti působící na Alabamské univerzitě v Birminghamu, upozorňuje na to, že menopauza nemusí mít v rámci evoluce žádný pozitivní dopad na matky nebo babičky. Jen nějakých čtyřicet tisíc let žijeme zásadně déle než Neandertálci nebo šimpanzi. Možná prostě zatím neuběhlo dost času, aby se stárnoucí lidské vaječníky přizpůsobily vyšší délce života.²⁶ Kde chybí pevná půda dat získaných pokusy, tam se vědci, evoluční biologové obzvláště, rádi dohadují.

Tyto teorie, vysvětlující příčiny našeho stárnutí, vycházejí z myšlenky, že tělo na jedno použití je schopno předat své geny, načež může zestárnout a zemřít. Předáním genů se každou generaci v jistém slova smyslu vynuluje časomíra stárnutí. Jde ovšem o teorie, které by se měly vztahovat jen na takové organismy, kde můžeme jasně odlišit rodiče a potomstvo. To rozhodně platí v případě pohlavního rozmnožování. Sex evolučně vznikl jako efektivní mechanismus umožňující plodit geneticky variabilní potomstvo, jehož genová výbava je tvořena různými kombinacemi genů obou rodičů, díky čemuž se organismy mohou přizpůsobovat měnícímu se životnímu prostředí. V jistém smyslu platí, že smrt je cena, kterou platíme za sex! Zní to sice jako pěkný bonmot, jenže ne všichni živočichové s rozlišenými somatickými a zárodečnými buňkami se rozmnožují pohlavně. A nejen to, vědci zjistili, že dokonce i jednobuněčné organismy, například kvasinky nebo bakterie, stárnou a umírají, pokud platí, že mezi mateřskými a dceřinými buňkami existuje jasně odlišitelná hranice.²⁷

Zákony evoluce platí pro všechny druhy. A všechny formy života sestávají z totožných látek. Biology (počínaje Darwinem) nepřestává fascinovat skutečnost, že evoluce, tedy proces, který jednoduše řečeno umožňuje přežít těm nejzdatnějším — čili těm druhům, které své geny dokážou předávat s nejvyšší efektivitou —, dal na Zemi vzniknout tak úchvatně pestré paletě nejrozličnějších forem života. Na této paletě nalezneme také nejrozličnější délky života, některé se měří na hodiny, jiné obsáhnou víc než století. Člověku, který se snaží porozumět možným mezím lidské dlouhověkosti, poskytnou rozličné živočišné druhy z širé zvířecí říše hojné a překvapující poučení.

ÚVOD

- 1 Mascort, Maite: „Close Call: How Howard Carter Almost Missed King Tut's Tomb“, *National Geographic* online, poslední změna 4. března 2018, dostupné z: <https://www.nationalgeographic.com/history/magazine/2018/03-04/findingkingtutstomb>.
- 2 Castellano, Nuria: „The Book of the Dead Was Egyptians' Inside Guide to the Underworld“, *National Geographic* online, poslední změna 8. února 2019; Tom Holland, „The Egyptian Book of the Dead at the British Museum“, *Guardian* online, poslední změna 6. listopadu 2019, dostupné z: <https://www.theguardian.com/culture/2010/nov/06/egyptian-book-of-dead-tom-holland>.
- 3 Viz např. tuto práci o slonech: Pokharel, S. S., Sharma N. a Sukumar R.: „Viewing the Rare Through Public Lenses: Insights into Dead Calf Carrying and Other Thanatological Responses in Asian Elephants Using YouTube Videos“, *Royal Society Open Science* 9, č. 5 (květen 2022), dostupné z: <https://doi.org/10.1098/rsos.211740>, popisuje Preston, Elizabeth: „Elephants in Mourning Spotted on YouTube by Scientists“, *New York Times* online, 17. května 2022, dostupné z: <https://www.nytimes.com/2022/05/17/science/elephants-mourning-grief.html>.
- 4 Anderson, James R.: „Responses to Death and Dying: Primates and Other Mammals“, *Primates* 61 (2020): 1—7; Bekoff, Marc: „What Do Animals Know and Feel About Death and Dying?“, *Psychology Today* online, poslední změna 24. února 2020, dostupné z: <https://www.psychologytoday.com/gb/blog/animal-emotions/202002/what-do-animals-know-and-feel-about-death-and-dying>.
- 5 Cave, Stephen: *Immortality: The Quest to Live Forever and How It Drives Civilization*. New York: Crown 2012.
- 6 Ibid.
- 7 Dor-Ziderman, Y., Lutz, A. a Goldstein, A.: „Prediction-Based Neural Mechanisms for Shielding the Self from Existential

Threat“, *NeuroImage* 202 (15. listopadu 2019): art. 116080, dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116080>, cituje Sample, Ian: „Doubting Death: How Our Brains Shield Us from Mortal Truth“, *Guardian* online, poslední změna 19. října 2019, dostupné z: <https://www.theguardian.com/science/2019/oct/19/doubting-death-how-our-brains-shield-us-from-mortal-truth>.

NESMRTELNÝ GEN A TĚLO NA JEDNO POUŽITÍ

- 1 Tým vedený Davidem Krakauerem a Geoffreyem Westem z Výzkumného ústavu v Santa Fe uspořádal několik workshopů pokoušejících se definovat jak smrt ve vztahu k rozličným entitám, tak i jednotlivce jako takového.
- 2 Překlad Františka Vrby (pozn. překl.).
- 3 V roce 2019 se na newyorské Academy of Sciences konalo pracovní setkání zaměřené na téma resuscitace a smrti. Viz „What Happens When We Die? Insights from Resuscitation Science“ (*symposium*, New York Academy of Sciences, New York, 18. listopadu 2019), dostupné z: <https://www.nyas.org/events/2019/what-happens-when-we-die-insights-from-resuscitation-science/>. Existuje těž hnutí usilující o jednotnou definici mozkové smrti ve snaze předejít právním anomáliím podobným té, kterou jsem zmínil.
- 4 Biel, S. a Durrant, J.: „Controversies in Brain Death Declaration: Legal and Ethical Implications in the ICU“, *Current Treatment Options in Neurology* 22, č. 4 (2020): 12, dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11940-020-0618-6>.
- 5 Událostmi prvních dnů se zabývají dvě populární knihy, Zernicka-Goetz, Magdalena a Highfield, Roger: *The Dance of Life: The New Science of How a Single Cell Becomes a Human Being*. New York: Basic Books 2020, a Davis, Daniel M.: *The Secret Body: How the New Science of the Human Body Is Changing the Way We Live*. Londýn: Bodley Head 2021.

- 6 West, Geoffrey: *Scale. The Universal Laws of Growth, Innovation, Sustainability, and the Pace of Life in Organisms, Cities, Economies, and Companies*. New York: Penguin Press 2020.
- 7 England, R.: „*Natural Selection Before the Origin: Public Reactions of Some Naturalists to the Darwin-Wallace Papers*“, *Journal of the History of Biology* 30 (červen 1997): 267—90, dostupné z: <https://doi.org/10.1023/a:1004287720654>.
- 8 Cobb, Matthew: *The Egg and Sperm Race: The Seventeenth-Century Scientists Who Unlocked the Secret of Sex, Life and Growth*. Londýn: Simon & Schuster 2007.
- 9 Dnes víme, že Weismannova bariéra není nepropustná a že zárodečné buňky také stárnou a mění se pod vlivem životního prostředí, i když daleko pomaleji. Monaghan, P. a Metcalfe, N. B.: „The Deteriorating Soma and the Indispensable Germline: Gamete Senescence and Offspring Fitness“, *Proceedings of the Royal Society B* (Biological Sciences) 286, č. 1917 (18. prosince 2019): art. 20192187, dostupné z: <https://doi.org/10.1098/rspb.2019.2187>.
- 10 Dobzhansky, T.: „Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution“, *American Biology Teacher* 35, č. 3 (březen 1973): 125—29, dostupné z: <https://doi.org/10.2307/4444260>.
- 11 Kirkwood, T. B.: „Understanding the Odd Science of Aging“, *Cell* 120, č. 4 (25. února, 2005): 437—47, dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2005.01.027>; Kirkwood, T. a Melov, S.: „On the Programmed/Non-Programmed Nature of Ageing Within the Life History“, *Current Biology* 21 (27. září 2011): R701—R707, dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.07.020>. Existují výjimky z tohoto pravidla odmítajícího skupinový výběr, platí ovšem pouze za velice specifických podmínek a obvykle jen u druhů, které utvářejí společenstva z geneticky identických nebo velice blízkých jedinců, například u hmyzu. Maynard Smith, J.: „Group Selection and Kin Selection“, *Nature* 201 (14. března 1964): 1145—47, dostupné z: <https://doi.org/10.1038/2011145a0>.

- 12 Několikanásobné rozmnožování během životního cyklu se nazývá iteroparita a jednorázové semelparita. Viz Young, T. P.: „Semelparity and Iteroparity“, *Nature Education Knowledge* 3, č. 10 (2010): 2, dostupné z: <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/semelparity-and-iteroparity-13260334/>.
- 13 Pirie, N. W.: „John Burdon Sanderson Haldane, 1892—1964“, *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society* 12 (listopad 1966): 218—49, dostupné z: <https://doi.org/10.1098/rsbm.1966.0010>; Blacker, C. P.: „JBS Haldane on Eugenics“, *Eugenics Review* 44, č. 3 říjen (1952): 146—51, dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2973346/>.
- 14 Dva protichůdné náhledy na Fishera viz Rutherford, A.: „Race, Eugenics, and the Canceling of Great Scientists“, *American Journal of Physical Anthropology* 175, č. 2 (červen 2021): 448—52, dostupné z: <https://doi.org/10.1002/ajpa.24192>, a Bodmer, W. a kol.: „The Outstanding Scientist, R. A. Fisher: His Views on Eugenics and Race“, *Heredity* 126 (duben 2021): 565—76, dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41437-020-00394-6>.
- 15 Flatt, T. a Partridge, L.: „Horizons in the Evolution of Aging“, *BMC Biology* 16 (2018): art. 93, dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s12915-018-0562-z>.
- 16 Mitchison, N. A.: „Peter Brian Medawar, 28 February 1915—2 October 1987“, *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society* 35 (březen 1990): 281—301, dostupné z: <https://doi.org/10.1098/rsbm.1990.0013>.
- 17 Kirkwood, T. B.: „Understanding the Odd Science of Aging“, 437—47, dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2005.01.027>.
- 18 Flatt, T. a Partridge, L.: „Horizons“, dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s12915-018-0562-z>.
- 19 Westendorp, R. G. a Kirkwood, T. B.: „Human Longevity at the Cost of Reproductive Success“, *Nature* 396 (24. prosince 1998): 743—46,

- dostupné z: <https://doi.org/10.1038/25519>. Viz též korespondenční reakci na tento článek: Promislow, D. E.: „Longevity and the Barren Aristocrat“, *Nature* 396 (24. prosince 1998): 719—20, dostupné z: <https://doi.org/10.1038/25440>.
- 20 Williams, G. C.: „Pleiotropy, Natural Selection and the Evolution of Senescence“, *Evolution* 11, č. 4 (prosinec 1957): 398—411.
- 21 Lahdenperä, M., Mar, K. U. a Lummaa, V.: „Reproductive Cessation and Post-Reproductive Lifespan in Asian Elephants and Pre Industrial Humans“, *Frontiers in Zoology* 11 (2014): čl. 54, dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s12983-014-0054-0>.
- 22 Herndon, J. G. a kol.: „Menopause Occurs Late in Life in the Captive Chimpanzee (*Pan Troglodytes*)“, *AGE* 34 (říjen 2012): 1145—56, dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11357-011-9351-0>.
- 23 Hawkes, K.: „Grandmothers and the Evolution of Human Longevity“, *American Journal of Human Biology* 15, č. 3 (květen/červen 2003): 380—400, dostupné z: <https://doi.org/10.1002/ajhb.10156>; Kim, P. S., McQueen, J. S. a Hawkes, K.: „Why Does Women's Fertility End in Mid-Life? Grandmothering and Age at Last Birth“, *Journal of Theoretical Biology* 461 (14. ledna 2019): 84—91, dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2018.10.035>.
- 24 Croft, D. P. a kol.: „Reproductive Conflict and the Evolution of Menopause in Killer Whales“, *Current Biology* 27, č. 2 (23. ledna 2017): 298—304, dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.12.015>.
- 25 Na tuto myšlenku mě přivedla populační biologka Trudy Mackayová z Clemsonské univerzity.
- 26 Austad, Steven: *Methuselah's Zoo: What Nature Can Teach Us about Living Longer, Healthier Lives*. Cambridge, MA: MIT Press, 2022, s. 258—59.
- 27 Mortimer, R. K. a Johnston, J. R.: „Life Span of Individual Yeast Cells“, *Nature* 183, č. 4677 (20. června 1959): 1751—52, dostupné z: <https://doi.org/10.1038/1831751a0>; Stewart, E. J. a kol.: „Aging and

Death in an Organism That Reproduces by Morphologically Symmetric Division“, *PLoS Biology* 3, č. 2 (únor 2005): e45, dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0030045>.