

# Budoucnost lidstva na Zemi

## 2.1 Biotechnologie

Robert Boyle je dnes nejvíce připomínán v souvislosti s „Boyleovým zákonem“, který se týká tlaku a hustoty plynů. Byl jedním z „geniálních a zvědavých gentlemanů“, kteří v roce 1660 založili Královskou společnost v Londýně – stále existující jako akademie věd Spojeného království. Tito muži (žádné ženy mezi nimi nebyly) by sami sebe nazvali „přírodními filozofy“ (pojem „vědec“ až do devatenáctého století neexistoval). Slovy Francise Bacona, jehož spisy byli hluboce ovlivněni, to byli „obchodníci s osvětou“, usilovali o vědění pro ně samotné. Zároveň ale byli i praktickými muži, věnujícími se problémům své doby a směřovali (abychom znovu citovali Bacona) k „podpoře lidského stavu“.

Boyle byl polyhistor. Poté, co v roce 1691 zemřel, byla mezi jeho spisy nalezena ručně psaná poznámka se „seznamem vytoužených vynálezů“, ze kterých by lidstvo mělo prospěch.<sup>1</sup> Půvabným starobylým jazykem své doby předvídal pokroky, z nichž už některých bylo dosaženo, a některé, které stále přesahují naše chápání a zůstávají pro nás větší záhadou než před třemi stovkami let. Zde je část jeho seznamu:

Prodloužení života

Obnova mládí, nebo přinejmenším některých jeho znaků, jako jsou nové zuby nebo nové vlasy stejné barvy jako v mládí

Umění létat

Umění dlouhého přebývání a svobodného fungování pod vodou

Obrovská síla a mrštnost těla, jakou dokážou vyvinout např. šílené epileptické a hysterické osoby

Urychlení produkce věcí ze semen

Výroba parabolických a hyperbolických skel

Proveditelný a přesný způsob určování zeměpisné délky

Účinné drogy k pozměnění nebo exaltaci představitivosti, na probouzení, paměť a další funkce, ke zmírnění bolesti, navození nevinného spánku, neškodných snů atd.

Věčné světlo

Transmutace druhů minerálů, zvířat a zelin

Dosažení gigantických rozměrů

Osvobození se od nutnosti příliš spát, příkladem čehož je působení čaje a to, co se stává šilencům. Stimulanty, které člověka udrží bdělého.<sup>2</sup>

Každý z Boyleova sedmnáctého století by užasl nad moderním světem – daleko více, než by Říman žasl nad světem Boyleovým. Navíc mnoho změn stále zrychluje své tempo. Nové technologie – bio-, kybertechnologie a umělá inteligence – se budou proměňovat cestami, které je těžké předpovědět, byť třeba na deset let dopředu. Tyto technologie by mohly nabídnout nová řešení krizí, které ohrožují náš přeplněný svět. Na druhou stranu by mohly vytvořit zranitelná místa, která by nám přichystala „hrbolatější“ cestu stoletím. Další pokrok bude záviset na nových objevech, které přijdou z výzkumných laboratoří, takže rychlost pokroku je obzvláště nepředvídatelná – opak představuje například jaderná energie, která je postavena na objevech fyziky dvacátého století, nebo změny ve století devatenáctém, které byly založeny na páře a elektřině.

Nejviditelnějším trendem v biotechnologii jsou stále prudce klesající náklady na sekvenaci genomu. „První nástin lidského genomu“ byla „velká věda“ – mezinárodní projekt s rozpočtem tří miliard dolarů. Jeho dokončení bylo oznámeno v červnu 2000 na tiskové konferenci v Bílém domě. Do roku 2018 se náklady snížily na jeden tisíc dolarů. Brzy bude pro každého z nás rutinní záležitostí mít osekvenovaný svůj genom – zde vyvstává otázka, zda opravdu chceme vědět, jestli v sobě neseme geny, které nám propůjčují náchylnost k určitým nemocem.<sup>3</sup>

Dochází však i k paralelnímu vývoji – k rychlejšímu a levnějšímu možností syntézy genomů. Už v roce 2004 byl syntetizován virus obrny – předzvěst toho, co přijde. V roce 2018 už je tato technika daleko pokročilejší. Craig Venter, americký biotechnolog a podnikatel, vyvíjí syntetizátor genů, který je ve skutečnosti 3D tiskárnou genetických kódů. Měl by různá využití, i kdyby byl jenom schopný reprodukovat krátké genomy. „Kód“ pro vakcínu by se mohl po světě přenášet elektronicky – a dovolil by okamžitou celosvětovou distribuci vakcíny vytvořené na ochranu proti nové epidemii.

Lidé jsou většinou nesví ohledně inovací, které jsou „proti přírodě“ a představují nějaké riziko. V minulosti vyvolaly kontroverzi například očkování a transplantace srdce. V poslední době přibývá obav kolem výzkumu embryí, transplantací mitochondrií a kmenových buněk. Sledoval jsem zblízka debatu ve Spojeném království, která vedla k vydání zákonů, jež povolovaly pokusy na embryích, starých maximálně čtrnáct dní. Tato debata byla dobře řízena, charakterizovalo ji konstruktivní zapojení vědců, zástupců parlamentu a širší veřejnosti. Vystoupila zde opozice z řad katolické církve a někteří její reprezentanti dávali do oběhu pamflety zobrazující čtrnáctidenní embryo jako strukturovaného „homunkula“. Vědci po právu zdůrazňovali, jak je to zavádějící. Embryo v takto raném stadiu je ve skutečnosti mikroskopická a ještě nediferencovaná skupina buněk. Rafinovanější oponenti by odpověděli: „Já vím, ale stejně je to svaté.“ Této víře věda nemůže nabídnout žádný protiargument.

Naproti tomu debata o geneticky modifikovaných (GMO) plodinách a zvířatech byla ve Spojeném království řízena hůře. Ještě předtím, než se do věci plně vložila veřejnost, došlo k rozkolu mezi gigantickou agrochemickou korporací Monsanto a ochránci životního prostředí. Monsanto bylo obviněno z vydírání farmářů v rozvojových zemích, protože po nich vyžaduje, aby si kupovali semena každý rok. Širší veřejnost byla ovlivněna novinářskou kampaní proti „jídlu od Frankensteinů“. Objevil se pocit odporu, když jsme se dozvěděli, že vědci umí „stvořit“ králíky, kteří ve tmě září – horší verze nechuti, kterou mnoho z nás pocituje ohledně zneužívání cirkusových zvířat. Navzdory skutečnosti, že GMO plodiny už celé desetiletí konzumuje bez zjevného poškození tři sta milionů Američanů, jsou v Evropské unii stále přísně zakázány. A jak už bylo zmíněno v sekci o ekologických hrozbách a bodech zlomu, aktivisté zaměření proti GMO zabránili tomu, aby se GMO potraviny poskytovaly podvyživeným dětem v rámci boje s jejich

nedostatečnou a nekomplexní výživou. Existují však upřímné obavy z toho, že snížená genetická rozmanitost nejdůležitějších plodin (pšenice, kukuřice a podobných) by mohla vzhledem k jejich vyšší zranitelnosti, pokud jde o choroby rostlin, ohrozit světovou dodávku potravin.

Pomocí nové technologie editace genomu, CRISPR/Cas9, by se genové sekvence mohly editovat přijatelnějším způsobem, než jak k tomu docházelo u předchozích technik. CRISPR/Cas9 vytváří v sekvenci DNA malé změny za účelem potlačení funkce poškozujících genů (nebo za účelem pozměnění jejich exprese). „Nepřekračuje“ však „hranici druhu“. Toto nejneškodnější a nejméně kontroverzní využití editace genomu odstraňuje jednotlivé geny, které u lidí způsobují specifické choroby.

Méně invazivní způsob než CRISPR/Cas9 už pro vyřazení poškozujících genů poskytuje oplození *in vitro* (IVF). Během této procedury se po ovulaci vyvolané podáním hormonů odebere několik vajíček. Ta jsou opložena *in vitro* a nechají se vyvíjet do raného stadia. Poté se otestuje jedna buňka z každého embrya na přítomnost nežádoucího genu a embryo, které nežádoucí gen nenese, je implantováno zpět a probíhá normální těhotenství.

V současnosti je k dispozici odlišná technika, která umožňuje nahradit určitou kategorii vadných genů. Část genetického materiálu v buňce se nachází v organelách nazývaných mitochondrie. Ty se liší od buněčného jádra. Pokud pochází vadný gen z mitochondrie, je možné mitochondrie nahradit mitochondriemi jiné ženy – vznikne „dítě, které má tři rodiče“. Tato technika byla ve Spojeném království parlamentem legalizována v roce 2015. Dalším krokem by byla editace genomu v DNA v buněčném jádře.

Veřejnost ostře rozlišuje mezi umělými lékařskými intervencemi, které odstraňují něco škodlivého, a zaváděním podobných technik, které nabízejí „vylepšení“. Většina vlastností (velikost, inteligence a podobně) je určena souborem mnoha genů. Teprve až bude dostupná DNA milionů lidí, bude možno (za využití rozpoznávání vzorců, které umožní umělá inteligence) identifikovat relevantní kombinace genů. V krátkodobém výhledu by mohla být tato znalost využita k získávání informací, které by byly důležité během selekce embryí určených k umělému oplodnění. Modifikace nebo přetváření genomu představuje vyhlídku vzdálenější (a samozřejmě riskantnější a méně jistou). Teprve až bude proveditelné toto – a až bude možné uměle vytvořit DNA podle požadovaného předpisu – budou moci být počaty „navržené děti“. Je zajímavé, že není jasné, kolik rodičovských tužeb

se ohledně „vylepšení“ potomka objeví (na rozdíl od snáze proveditelné editace jediného genu, která je nutná k odstranění sklonu ke specifickým chorobám či postižením). V roce 1980 byl v Kalifornii založen Repozitář pro volbu zárodečné linie (Repository for Germinal Choice) s cílem umožnit početí „designovaných dětí“. Byla to spermabanka, přezdívaná spermabanka nobelistů, měla jenom „elitní“ dárce, včetně Williama Shockleyho, spoluvynálezce tranzistoru a laureáta Nobelovy ceny, který později v životě nechvalně proslul jako zastávce eugeniky. Byl překvapen – ačkoli většina z nás tím byla pravděpodobně potěšena – že velký zájem nebyl.

Pokroky v medicíně a chirurgii už dosáhly daleko – a vývoj, který můžeme spolehlivě očekávat v dalších desetiletích, bude veleben jako čiré požehnání. Nicméně se spolu s nimi vyostří některé etické problémy – hlavně se aktualizují dilemata týkající se ošetřování a léčby lidí na samém počátku a konci života. Prodloužení našeho zdravého života bude vítáno. Problematičtější ale bude rostoucí propast mezi tím, jak dlouho se budeme ve stáří těšit dobrému zdraví a o jak dlouhou dobu budou lidé schopni prodloužit něčí život extrémními prostředky. Mnozí z nás by si jistě zvolili, že nebudou požadovat resuscitaci, budeme pouze žádat utišující prostředky, jakmile kvalita našeho života a naše prognóza dosáhne určitého minima. Hrozíme se letitého udržování v sevření pokročilé demence – vysávání zdrojů a sympatií ostatních. Obdobně se musíme ptát, zda úsilí zachránit extrémně nedonošená nebo nezvratně poškozená miminka nedošlo až příliš daleko. Na konci roku 2017 se například tým chirurgů pokusil – s nesmírnou oddaností a horlivostí – zachránit nemluvně narozené se srdcem vně těla.

Belgie, Holandsko, Švýcarsko a několik států v USA legalizovalo „asistovanou smrt“ – a tím zajistilo, že osobě jasné mysli v terminálním stadiu nemoci může být pomoci k poklidné smrti. Příbuzní nebo lékaři a jejich pomocníci mohou provést potřebné procedury, aniž by byli ohroženi skutečností, že je někdo obviní z „napomáhání sebevraždě“. Nic podobného zatím ve Spojeném království parlament neschválil. Námitky se zakládají na fundamentálních náboženských základech, na přesvědčení, že účast na takových činech je proti lékařskému etickému kodexu, a na obavách, že by se bezmocní lidé mohli k této cestě cítit tlačeni svými rodinami nebo přehnanými obavami z toho, že na někoho jiného kladou těžké břemeno požadavků. Tato nečinnost ve Spojeném království přetrvává, přestože 80 % lidí „asistovanou smrt“ podporuje. Jsem neústupně s těmito osmdesáti

procenty. Vědomí, že je taková možnost dostupná, by uklidnila daleko více lidí, než jen ty, kteří by ji ve skutečnosti využili. Moderní medicína a chirurgie poskytují výhody většině z nás, po většinu našeho života. V přicházejících desetiletích zřejmě budeme svědky dalšího pokroku, který může prodloužit zdravé životy. Nicméně očekávám (a doufám), že dojde ke zvýšenému tlaku na legalizaci eutanázie za řízených podmínek.

Dalším důsledkem pokroků v medicíně je rozostření přechodu mezi životem a smrtí. Smrt je nyní normálně definovaná jako „mozková smrt“ – stadium, kdy vymizí všechny měřitelné známky mozkové aktivity. Toto kritérium využívají transplantující chirurgové při rozhodování, kdy mohou tělní orgány správně „odebrat“. Hranice se však ještě více zamlžuje na základě upozornění, že srdce se může znovu uměle nastartovat po „mozkové smrti“, jednoduše proto, aby se cílové orgány udržely déle „čerstvé“. To do transplantační chirurgie vnáší další morální dilema. „Agenti“ už přesvědčují chudé Bangladéšany, aby prodali ledvinu nebo jiný orgán, který bude prodán s obrovskou přírůzkou a ze kterého budou mít prospěch bohatí potenciální příjemci. Také jsme všichni viděli srdceryvný televizní záznam matky s nemocným dítětem, která úpěnlivě za své dítě prosí a dává veřejnosti vědět, že „zoufale potřebuje dárce“ – „zoufale potřebuje“ znamená jinými slovy, že čeká na to, až jiné dítě umře – většinou vinou fatální nehody – a poskytne potřebný orgán. Tato morální dilemata budou spolu s menším množstvím dárců přetrvávat (a ve skutečnosti se zhorší), dokud se nestane rutinní a bezpečnou záležitostí xenotransplantace – využití orgánů z prasat a dalších zvířat. Lepší (i když futurističtější) by ovšem byly techniky podobné těm, které jsou vyvíjeny za účelem výroby umělého masa – ty by umožnily 3D tisk náhradních orgánů. Takovým zlepšením by měla být dána přednost.

Kroky vpřed v mikrobiologii – v diagnostice, očkování a v oblasti vývoje antibiotik – nabízejí vyhlídky na udržení zdraví, kontrolu nemocí a obranu proti pandemiím. Tyto výhody však vyvolaly nebezpečný „zpětný útok“ vycházející z řad patogenů samotných. Existují obavy z rezistence, která se u bakterií vyvine vůči antibiotikům (mechanismem zrychleného darwinovského výběru) proto, aby byly odolné vůči těm antibiotikům, která se užívají k jejich potlačení. Tato situace vedla například ke znovuvypuknutí tuberkulózy (TBC). Dokud nebudou vyvinuta nová antibiotika, vzroste (například) nebezpečí neléčitelných pooperačních infekcí na úroveň, jaká byla

běžná před sto lety. Z krátkodobého hlediska je nejnaléhavějším úkolem zabránit nadměrnému užívání antibiotik – například je nepodávat v takové míře dobytku ve Spojených státech amerických – a dodávat podněty k vývoji nových antibiotik, i když jejich výroba je pro farmaceutické firmy méně výhodná než výroba přípravků, které kontrolují dlouhodobý zdravotní stav.

Studie virů byly prováděny s vidinou vývoje lepších vakcín (přičemž vývoj tím byl opravdu umožněn), ale nesou s sebou kontroverzní aspekty. Například v roce 2011 ukázaly dvě skupiny vědců, jedna z Holandska a druhá z Wisconsinu, jak je překvapivě jednoduché vyvolat silnější virulenci a vyšší přenosnost u viru ptačí chřipky H5N1 – to je v rozporu s přirozeným trendem závislosti těchto dvou vlastností. Jako ospravedlnění zmíněných pokusů zaznělo, že když budeme o krok napřed před přirozenými mutacemi, bude jednodušší včas připravit vakcíny. Avšak pro mnohé byla tato výhoda vyvážena zvýšeným nebezpečím neúmyslného vypuštění ohrožujících virů a zároveň větším rozšířením postupů, které by mohly napomáhat bioteroristům. V roce 2014 přestala vláda USA tyto experimenty, takzvané pokusy o zvýšení funkčnosti, finančně podporovat. V roce 2017 však bylo zmíněné opatření zrušeno. Článek publikovaný v roce 2018 dokumentuje syntézu viru koňských neštovic – s logickým závěrem, že podobně by mohl být syntetizován i virus pravých neštovic.<sup>4</sup> Někteří požadovali pro tento výzkum prováděný skupinou v Edmontonu v Albertě zdůvodnění, protože neškodný virus pravých neštovic už existuje a skladuje se. Jiní argumentovali, že i kdyby byl takový výzkum odůvodněný, bylo chybou ho publikovat.

Jak už bylo zmíněno, pokusy na lidských embryích za využití techniky CRISPR/Cas9 s sebou nesou etické problémy. Rychlý rozvoj biotechnologie bude přinášet další okamžiky, kdy vyvstanou obavy z bezpečnosti pokusů, šíření „nebezpečných znalostí“ a starosti, jak tento rozvoj biotechnologie eticky uplatňovat. Postupy, které ovlivňují nejen jednotlivce, ale i jejich potomstvo – změny v zárodečných buňkách, které se přenášejí na potomky – jsou znepokojující. Vyskytla se například snaha, odměněná devadesátiprocentním úspěchem, sterilizovat, a tedy vymýtit druh komára, který přenáší kmeny viru zika a horečky dengue. Ve Spojeném království se uvažuje o využití techniky „gene drive“, a to proto, aby vymizely šedé veverky – nahlíží se na ně jako na „škodnou“, která ohrožuje roztomilejší červenou varietu. (Neškodnější taktikou je inženýrsky upravit červenou veverku tak,

aby byla odolná vůči parapoxviru, který šedé veverky šíří.) Podobné techniky eliminace invazivních druhů – obzvláště krys – jsou navrhovány za účelem ochrany jedinečné ekologie Galapág. Je ale vhodné podotknout, že v nedávno vydané knize *Dědicové Země* udává uznávaný ekolog Chris Thomas, že šíření druhů může mít často pozitivní dopad, protože zajišťuje různorodější a robustní ekologii.<sup>5</sup>

V roce 1975, v raných dobách výzkumu rekombinantní DNA, se setkala skupina předních molekulárních biologů na půdě konferenčního centra v Asilomaru v Pacific Grove v Kalifornii a odsouhlasila směrnice, v nichž bylo uvedeno, jaké pokusy by se měly provádět a jaké ne. Tento zdánlivě povzbuzující precedens zapříčinil, že se následně uskutečnilo několik setkání, organizovaných národními akademiemi, kde se v podobném duchu diskutovalo o nedávném vývoji. Dnes, po více než čtyřiceti letech od prvního asilomarského setkání, je však vědecká komunita daleko širší, mezinárodní a také je daleko více ovlivňována komerčními zájmy. Obával bych se, že kdyby byla zavedena jakákoli regulace, ať už na základě prudérních či etických pohnutek, bylo by těžké ji prosazovat po celém světě – stejně jako to nejde v případě zákonů týkajících se drog či daní. Cokoli, co lze provést, někde někdo provede. A to je noční můra. V protikladu ke složitému a nápadnému vybavení navrženému pro speciální účely, které je nutné k sestavení jaderné zbraně, využívá biotechnologie drobného vybavení pro různá využití. Biohacking ve skutečnosti bují dokonce jako koníček a soutěžní hra.

V roce 2003 jsem se těchto riskantních počínů obával. Stanovil jsem padesátiprocentní pravděpodobnost biologické chyby nebo biologického teroru, které by do roku 2020 vedly k milionu úmrtí. Byl jsem překvapen, kolik mých kolegů si myslelo, že katastrofa je ještě pravděpodobnější, než jsem si myslel já. Poměrně nedávno mne vzal za slovo psycholog a spisovatel Steven Pinker a vsadil se se mnou o dvě stě dolarů, že nemám pravdu. Byla to sázka, kterou jsem si vroucně přál prohrát, ale na druhou stranu se nedivím, že autor knihy *Lepší andělé naší přirozenosti*<sup>6</sup> to vnímá optimističtějším způsobem. Pinkerova fascinující kniha je prosycena optimismem. Odvolává se na statistiku a ukazuje na potěšitelný klesající trend týkající se násilí a konfliktů – pokles, který je zastíněn faktem, že celosvětové zpravodajské sítě přinášejí zprávy o neštěstích, o kterých by se dříve vůbec nemluvilo. Tento trend nás však může ukonejšit a vést k přehnané důvěře. Ve světě financí jsou ztráty a zisky asymetrické. Mnohaletý postupně narůstající zisk může



být smeten náhlou ztrátou. Nebezpečí zapříčiněná biotechnologií a při pandemiích představují vzácné, ale extrémní události. Navíc v situaci, kdy nám věda poskytuje větší moc a svět je tolik propojený, se nebyvale zvýšila závažnost nehorších potenciálních katastrof. Příliš mnoho lidí je ale popírá.

Mimochodem, společenský výpadek způsobený pandemií by byl daleko větší, než tomu bývalo v předchozích stoletích. Vesnice v Evropě uprostřed čtrnáctého století fungovaly dále, i když téměř polovinu jejich obyvatel zkosila černá smrt. Přeživší se na obrovskou daň, kterou si vybrala smrt, dívali fatalisticky. Naproti tomu v dnešních bohatších zemích je pocit nároku na zdraví a na ošetření tak silný, že by ve společenském řádu nastal totální kolaps, jakmile by začaly být přeplněné nemocnice, klíčoví pracovníci zůstali doma a zdravotní služby by byly přehlcené. To by mohlo nastat už v případě, že by podíl nakažených představoval jedno procento. Výskyt smrtelných případů by byl ale pravděpodobně nejvyšší v megalopolích rozvojových zemí.

Pandemie jsou sice stále přítomnou přírodní hrozbou, není však vyjadřování obav z nebezpečí biologického teroru nebo biologických chyb způsobených lidmi pouhým šířením poplašné zprávy? Je to smutné, ale domnívám se, že ne. Všichni až moc dobře víme, že technická odbornost nezaručuje uvážlivost a rozum. Globální vesnice bude mít své vesnické blbečky, jejichž vliv bude také globální. Rozšíření uměle vypuštěného patogenu nemůžeme předpovědět ani kontrolovat. Pokud vlády, a dokonce i teroristické skupiny zaměřené na specifický a jasně definovaný cíl (to je také důvod, proč jsem se v sekci 1.2 zaměřil na jaderné a kybernetické hrozby), tuto skutečnost pochopí, zabrání jim to biologické zbraně využit. Takže mou nejhorší obavou je nevyrovnaný „samotář“ s odbornou znalostí biotechnologie, který by například věřil, že je na planetě příliš mnoho lidí, a nezajímalo by ho, kdo nebo kolik osob se nakazí. Stoupající moc skupin (nebo dokonce jednotlivců) s technickým zázemím, posíleným biotechnologickými a kybernetickými znalostmi a dovednostmi bude pro vlády představovat neřešitelnou výzvu a zhorší napětí týkající se svobody, soukromí a bezpečnosti. Nejspíše nastane společenský posun směrem k většímu vměšování a menšímu soukromí. (Ve skutečnosti to vzhledem k neuvěřitelné lehkovážnosti, s jakou lidé o sobě zveřejňují intimní detaily na Facebooku, a vzhledem k našemu souhlasu se všudypřítomným dozorem kamer vypadá, že se takový posun setká pouze s malým odporem.)