

## K POSTHUMÁNNEMU ČLOVEKU PROSTREDNÍCTVOM EDITOVANIA GÉNOV PRE KOGNITÍVNE SCHOPNOSTI

PETER SÝKORA, Katedra filozofie a aplikovanej filozofie, Centrum pre bioetiku, Filozofická fakulta Univerzity sv. Cyrila a Metoda v Trnave, Trnava, SR

SÝKORA, P.: Towards the Posthuman Through the Editing of Genes for Cognitive Capabilities  
FILOZOFIA, 74, 2019, No 7, pp. 511 – 529

The recent, extremely dynamic development of modern methods of biotechnological manipulation of genes, including human germline genes, presents new challenges to philosophers and especially bioethicists with unprecedented urgency. Until recently, many of these issues have been the subject of science fiction, and neither biologists nor bioethicists have expected them to be occurring now rather than in the distant future. It can be assumed that germline gene editing (together with progress in understanding of the human genome) will bring in the near future empirical knowledge, which will put the current philosophical concepts of human nature (based primarily on the speculative philosophical tradition) to the test.

**Keywords:** Germline gene editing – Cognitive enhancement – Human nature – Posthumanism

### Úvod

„Francúzsky encyklopedista Diderot pred dvesto rokmi opísal v ironickej vidine budúcnosti nazvanej *D’Alembertov sen*, ako sa jedného dňa budú umelo pestovať ľudské embryá s vopred určeným dedičným poslaním. [...] Dnes sa už táto predstava nezdá celkom fantastická a niektorí biológovia sa nazdávajú, že sa môže uskutočniť najneskôr do konca storočia. [...] Mám podozrenie, že bezprostredná reakcia mnohých ľudí na takéto predpovede je nasledovná: buď ich pokladajú jednoducho za nemožné, alebo ich uskutočnenie kladú tak ďaleko do budúcnosti, že pre dnešných ľudí nemôžu mať nijaký praktický význam.“

G. R. Taylor: *Biologická časovaná bomba* (1971, orig. 1968, 15 – 19)

Prestížny vedecký časopis *Nature* priniesol 14. marca 2019 spoločné vyhlásenie viacerých renomovaných biológov a bioetikov z rôznych krajín, v ktorom vyzývajú ku globálnemu (dočasnému) pozastaveniu (moratóriu) pokusov, ktorými by sa vytvárali dedične geneticky editované deti. Toto pozastavenie by malo „umožniť diskusie

o technických, vedeckých, medicínskych, spoločenských, etických a morálnych záležitostiach, ktoré musia byť posúdené, skôr ako bude editovanie zárodočnej línie povolené. Toto obdobie by malo poskytnúť čas, aby bol vytvorený medzinárodný rámec“ (Lander et al. 2019, 165). Toto moratórium sa nevzťahuje na výskum (ak nezahŕňa transfer embryí do maternice) a nevzťahuje sa ani na intervenciu do génov somatických buniek.

Vedci k takýmto vyhláseniam pristupujú len v mimoriadnych situáciách, keď sami s veľkou zodpovednosťou voči spoločnosti pociťujú obavy z neželaných dôsledkov a rizík spojených s ich vedeckými objavmi. Toto vyhlásenie našlo podporu v dôležitých vedeckých inštitúciách a organizáciách, akými sú Národné ústavy zdravia (NIH) v USA a Európska spoločnosť pre ľudskú reprodukciu a embryológiu (ESHRE).

Výzva na dočasné moratórium ohľadne editovania ľudských zárodočných génov je priamou reakciou na nedávne šokujúce oznámenie čínskeho vedca He Jiankua z Južnej vedecko-technologickej univerzity v Shenzhene (*The Southern University of Science and Technology, Shenzhen*).<sup>1</sup> He Jiankui oznámil prostredníctvom sociálnych médií v nedeľu 25. novembra 2018,<sup>2</sup> že vytvoril prvých ľudí s dedične upravenými génmi (Regalado 2018). Ide o dvojčičky Lulu a Nana (pseudonymy), ktoré sa narodili z génovo editovaných raných *in vitro* embryí. Tento rok sa má narodiť tretie takto geneticky dizajnované dieťa. He Jiankui použil pre potreby tejto genetickej manipulácie novú, mimoriadne efektívnu technológiu tzv. editovania génov, známu pod skratkou CRISPR/Cas9.<sup>3</sup> Cieľom tejto „génovej chirurgie“ (*gene surgery*), ako svoj postup označil sám He Jiankui, bolo vystrihnúť z genómu ľudských embryí gén CCR5 kódujúci bunkový receptor pre vírus HIV, vďaka čomu by ľudský jedinec, ktorý sa vyvinie z takéhoto embrya, stal odolným voči infekcii vírusom HIV. Keďže išlo o pozmenenie genetickej informácie v zárodočnej línii buniek (*germline cells*), táto genetická zmena je dedičná a bude sa prenášať na všetky nasledujúce generácie.

Prvýkrát v dejinách ľudstva sa tak stalo to, čo už dávnejšie predpovedali tvorcovia vedeckej fantastiky spolu s vedcami, filozofmi a bioetikmi, teda že človek začne priamo dizajnoviť ľudský genóm a cielene meniť svoju vlastnú genetickú výbavu. Dôraz sa tu kladie na slovíčko „priamo“, pretože „nepriamo“ genetickú výbavu živých organizmov vrátane človeka doteraz po milióny rokov dizajnovala príroda prostredníctvom kombinácie mutácií a prírodného výberu. Až pomerne nedávno v evo-

---

<sup>1</sup> Južná vedecko-technická univerzita v Shenzhene prepustila He Jiankuiho zo svojich radov, keď sa dozvedela o jeho experimentoch a začali ho vyšetrovať aj čínske štátne orgány.

<sup>2</sup> The He Lab: Why We Chose HIV and CCR5 First. Zverejnené 25. 11. 2018. Dostupné na <https://www.youtube.com/watch?v=aezxaOn0efE>.

<sup>3</sup> CRISPR = skratka z angl. *clustered regularly interspaced short palindromic repeats* (nahromadené pravidelne rozmiestnené krátke palindromické opakovania). Ide o sekvencie DNA. Cas9 = skratka z angl. značí CRISPR-associated protein 9.

lučnej histórii ľudského rodu sa k prírode a jej nepriamemu ovplyvňovaniu genetickej výbavy budúcich generácií pridal aj človek, a to prostredníctvom kultivácie a domestikácie, teda umelým výberom rastlín a zvierat, a nakoniec aj spornými snahami aplikovať tento postup na seba samého (klasická eugenika).

Problematike genetického kognitívneho vylepšovania človeka sme sa v minulosti už venovali v kontexte celkovej problematiky vylepšovania (Sýkora, Matějková 2011). Podrobnejšie sme sa na inom mieste venovali argumentácii opierajúcej sa o teologickú a teleologickú perspektívu, podľa ktorej genetické manipulovanie s ľudským genómom ohrozuje ľudskú prirodzenosť, a tým ohrozuje aj najvlastnejší zmysel ľudského života (Sýkora 2014). Taktiež sme sa v predchádzajúcich prácach venovali aj mimoriadne dôležitej otázke rizikovosti použitia technológií editovania génov u človeka (Sýkora 2015, 2018).

V tejto štúdii sa chceme pozrieť na problém editovania génov z perspektívy polstoročnej histórie technológií manipulovania s génmi organizmov, konfrontovanej s predpoveďami z konca šesťdesiatych rokov minulého storočia v dnes neprávom opomínanej knižke *Biologická časovaná bomba*. Nazdávame sa, že v situácii, v akej sa nachádza teraz editovanie génov, môže byť poučné pozrieť sa na dávnejšie predpovede revolučného vývoja biológie a biotechnológií. Ktorá z predpovedí sa naplnila, ktorá nie a prečo. Možno nám takéto poznanie pomôže presnejšie predpovedať vývoj modernej biomedicíny a technológií editovania génov na ďalšie polstoročie. V tejto štúdii zdôrazníme, v čom tkvie rozdiel medzi klasickými technológiami génového inžinierstva, ktoré viedli k tvorbe geneticky modifikovaných organizmov (GMO) a technológiou editovania génov, ktorá viedla k vytvoreniu prvých geneticky modifikovaných ľudí. Zameriame sa na to, prečo je tento rozdiel dôležitý pre úvahy o trans-a posthumanizme v súvislosti s hľadaním odpovede na otázku o budúcej existencii ľudstva, o ktorej sa bude rozhodovať najbližších päťdesiatich rokov. Cieľom tejto štúdie je podporiť našu tézu, že vznik posthumánneho človeka môžeme skôr očakávať ako výsledok cieleného génového dizajnovania v oblasti biológie, než ako výsledok tzv. uploadovania mysle do nebiologického média v oblasti informačno-komunikačných technológií, a preto je podľa nášho názoru veľmi dôležité nasmerovať pozornosť diskurzu o posthumanizme týmto smerom.

### **Objavy technológií manipulovania s génmi sú výsledkom základného výskumu**

Začnime našu exkurziu do histórie génových manipulácií pripomenutím pozoruhodnej, no dnes v diskusiách o editovaní génov opomínanej vedecko-populárnej knižky britského žurnalistu G. R. Taylora (1911 – 1981) *Biologická časovaná bomba* z roku 1968. Išlo o vôbec prvú knihu, ktorá širokú verejnosť upozornila na skutočnosť, že biológia sa ocitla v počiatočnom štádiu revolučnej premeny, ktorá bude mať hlboký

celospoločenské dôsledky. Kniha zapôsobila na čitateľov šokujúco, čo bol bezpochyby jeden z jej cieľov, a stala sa bestsellerom, čím sa naplnil aj ďalší zámer – osloviť čo najširšiu verejnosť. A prinajmenšom ešte v jednej veci spomenutá kniha splnila svoj cieľ. Mala vyvolať apel na spoločnosť, aby začala zriaďovať komisie, ktoré sa budú zaoberať širšími etickými otázkami súvisiacimi s biologickou revolúciou, ako je oblasť lekárskej etiky (Taylor 1971, 265). Taylor tiež v knižke navrhoval, aby sa na univerzitách zakladali pracoviská, ktoré sa budú zaoberať budúcnosťou a budú skúmať možné právne, ekonomické a sociálne dôsledky biologickej revolúcie.<sup>4</sup>

Vieme, že tieto výzvy nezostali bez odozvy. Aký podiel na tom mala sama Taylorova knižka a aké boli prvé prejavy predpovedanej biologickej revolúcie, nie je dôležité. Faktom je, že postupne začali vo svete vznikať akademické pracoviská – inštitúty, katedry a centrá pre bioetiku. Prvým takýmto pracoviskom sa stal The Hastings Center v štáte New York, založený ešte v roku 1969. Prvou celoštátnou bioetickou komisiou na svete sa stal Národný poradný výbor pre etiku vied o živote a zdraví (*Comité Consultatif National d’Ethique pour les sciences de la vie et de la santé*), ustanovený francúzskym prezidentom Françoisom Mitterrandom v roku 1983.

Podľa Taylora biologická revolúcia ovplyvní naše životy oveľa hlbšie ako industriálna revolúcia devätnásteho storočia a technologická revolúcia dvadsiateho storočia.<sup>5</sup> Koncom šesťdesiatych rokov vedelo o tejto revolučnej premene biológie, ktorú v tom čase verejnosť ešte vždy pokladala pre spoločnosť za nezaujímavú vedu, len niekoľko vedcov. Biológovia boli na rozdiel od fyzikov – ktorí prišli s prevratnými objavmi o podstate hmoty a vesmíru, pričom tie viedli k technologickým využitiam takého rozsahu, že sa v ohrození ocitla existencia ľudstva ako taká –, vcelku nezaujímaví podivíni, ktorí, povedané slovami Taylora, sa venujú hlavne klasifikovaniu organizmov, botanizovaniu, sledovaniu sťahovania vtákov, pitvaniu žiab či štúdiu včiel (Taylor 1971, 15). Taylorova kniha pootvorila dvere biologických laboratórií a zaoberala sa témami, ktoré sa v šesťdesiatych a sedemdesiatych rokoch mohli širokej verejnosti javiť ako čistá fantázia, v lepšom prípade otázka ďalekej budúcnosti: deti zo skúmavky – klonovanie – transplantácie – ovládnutie nálad – regenerácie orgánov – vstrekovanie pamäti. Dnes vieme, že nešlo o fantáziu a mnohé z neuveriteľne znejúcich predpovedí z Taylorovej knihy sa naplnili.

Avšak nie celkom tak, ako si to Taylor predstavoval, opierajúc sa o informácie vedcov, s ktorými pri príprave knihy spolupracoval. Jednou z vecí, v ktorej sa najviac

---

<sup>4</sup> A nepochybné tiež inšpirovala v dobe svojho vydania mnohých mladých ľudí, aby sa začali venovať modernej biológii, prípadne bioetike. Autor tejto štúdie je jedným z nich.

<sup>5</sup> Nezabúdajme, že Taylor písal svoju knižku koncom šesťdesiatych rokov minulého storočia, ešte pred nástupom informačno-komunikačných technológií v tretej tretine dvadsiateho storočia, teda pred érou osobných počítačov, mobilov a internetu.

pomýlil pri odhade doby realizácie, je génové inžinierstvo, špeciálne jeho aplikovanie na človeka. Taylor svoje predpovede rozvoja biologickej revolúcie rozdelil na tri fázy. Pre prvú (okolo roku 1975) predpovedal napríklad uskutočňovanie transplantácie orgánov a údov alebo umelé oplodňovanie v skúmavke, pre druhú (okolo roku 2000) napríklad klonovanie živočíchov, regeneráciu orgánov, chiméry človek-zviera, a až pre tretiu fázu (po roku 2000) predpovedal okrem klonovania ľudí aj kontrolu starnutia či neobmedzený odklad smrti a syntézu zložitých živých organizmov vrátane „vkladania a ničenia génov“.

Dnes, takmer dve desaťročia po roku 2000, sme ešte vždy veľmi ďaleko od kontroly starnutia, ako aj od syntézy zložitých organizmov. Klonovanie ľudí je síce technologicky možné, ale eticky a legislatívne neprípustné. Na druhej strane „vkladanie a ničenie génov“ sa začalo oveľa skôr, ako to Taylor predpovedal. Pokúsme sa teraz odpovedať na otázku, prečo Taylor nesprávne predpovedal používanie „génovej mikrochirurgie“ v oveľa neskoršom čase, ako sa to nakoniec stalo.

Podľa nášho názoru je táto Taylorova mylná predikcia krásnym potvrdením skutočnosti, známej aj z prípadov nástupu iných revolučných technológií, a síce že objav revolučných technológií sa nedá predpovedať, preto je prekvapivý. V prípade manipulácie génov to platí dvojnásobne – objav génového inžinierstva a techník rekombinantnej DNA v sedemdesiatych rokoch minulého storočia, rovnako ako nedávny objav génového editovania pomocou revolučnej technológie CRISPR/Cas9 v roku 2012 bol prekvapivý a vopred nebol predpovedaný (Ledford 2015). Taylor vo svojej *Biologickej časovanej bombe* vcelku dobre odhadol nástup viacerých biologických techník a technológií, tak prečo sa v prípade techník manipulácie s génmi tak výrazne zmýlil? Treba hneď na začiatku povedať, že tu nešlo o osobné názory laika (žurnalistu), pretože Taylor sa vo svojich predikciách opieral o názory vedeckej komunity. Inými slovami Taylor sa pomýlil, pretože ani sama vedecká komunita neočakávala také skoré použitie génových manipulácií, pretože na základe vtedy známeho biologického poznania si nevedela dosť dobre predstaviť (až na niekoľko málo vedcov ako E. Tatum a J. Lederberg), ako by sa také mikrochirurgické manipulácie s génmi dali v praxi realizovať.

Taylor napr. uvádza dobové špekulácie, ktoré už dnes pôsobia absurdne: „Mikrochirurgia DNA by sa možno dala robiť fyzikálnymi metódami – úzkymi lúčmi žiarenia (pravdepodobne laserovým svetlom alebo pulzmi X-lúčov) by sa mohla rozrezať molekula DNA na vhodných miestach, alebo by sa mohli vyrezať malé úseky, aby sa odstránili niektoré defekty“ (Taylor 1971, 199).

Historickou skutočnosťou je, že k objavu obidvoch revolučných genetických technológií, ako technológie génového inžinierstva, tak aj technológie CRISPR/Cas9 editovania génov viedol mnohoročný základný výskum, ktorý vôbec nemal za cieľ

objaviť nové biotechnológie, ale pochopiť prírodou vytvorené molekulárne mechanizmy, ako sa baktérie bránia proti napadnutiu vírusmi.

### **V čom je podstatný rozdiel medzi génovým inžinierstvom a editovaním génov?**

Bežne sa editovanie génov pokladá za obdobu génového inžinierstva. Odporcovia vytvárania geneticky modifikovaných organizmov (GMO) považujú technológiu CRISPR/Cas9 za extrémne účinnú formu génového inžinierstva, a preto aj za oveľa nebezpečnejšiu, ako je tradičné génové inžinierstvo. Avšak editovanie génov nie je obdobou vytvárania rekombinantnej DNA, čo je prvý krok génového inžinierstva. Prostredníctvom rekombinantnej DNA boli vytvorené GMO mikroby, rastliny či zvieratá, kde do jedného biologického druhu bol prenesený gén z iného biologického druhu. Napríklad do baktérie bol vložený ľudský gén, do rastliny gén baktérie, do králiky alebo akváriových rybičiek gén medúzy a podobne. V prípade editovania génov ide o priame editovanie genetickej informácie, ktoré je veľmi podobné editovaniu textu v počítači pomocou Microsoft Wordu. Z tohto dôvodu americká agentúra FDA (*Food and Drug Administration*), ktorá má na starosti kontrolu vytvárania GMO, spočiatku odmietla posudzovať génovo editované organizmy, pretože platná legislatíva definovala GMO prostredníctvom prenosu cudzej DNA, a u týchto organizmov k žiadnemu takémuto prenosu nedošlo (Ledford 2015).

Popíšeme preto stručne princípy fungovania oboch systémov. Nástroje molekulárnej biológie označované súhrnne ako génové inžinierstvo sa začali vyvíjať od polovice sedemdesiatych rokov minulého storočia. Okamžite sa začali využívať v základnom i aplikovanom biologickom a biomedicínskom výskume, ale takmer súčasne aj v moderných biotechnológiách. A taktiež okamžite vyvolali obavy z možného nesprávneho použitia, prípadne zneužitia – najprv u odbornej verejnosti, potom aj v spoločnosti.

Podstatou metód génového inžinierstva je vytváranie rekombinantnej DNA v podmienkach *in vitro*. Najprv sa DNA izolovaná z rôznych organizmov pomocou špeciálnych enzýmov (tzv. reštrikčných endonukleáz) postríha na fragmenty DNA. Tieto fragmenty majú tzv. lepkavé konce. To znamená, že fragmenty postríhané tým istým reštrikčným enzýmom sa v roztoku samovoľne pospájajú do celkov bez ohľadu na to, z ktorého organizmu pochádzajú. Týmto mechanizmom sa fragmenty akejkolvek DNA tiež môžu včleniť do malinkých autonómnych molekúl DNA, ktoré slúžia ako prenášače cudzej DNA do buniek. Prenášače, vektory sú vytvorené z upravenej DNA vírusov alebo plazmidov. Pomocou vektorov môže byť dopravená cudzia DNA do baktérií, buniek rastlín, zvierat alebo ľudí. Táto cudzia DNA sa v bunke buď inkorporuje v jadre do chromozómu a stane sa jeho integrálnou súčasťou, alebo sa bude vyskytovať v cytoplazme. Spôsob, keď sa cudzia DNA integruje do chromozómu, sa

využíva pri tvorbe transgénových organizmov. Vtedy sa cudzí gén vovedie do oplodneného vajíčka (zygoty), kde sa integruje do chromozómu a stane sa novou súčasťou genetickej výbavy organizmu. Navyše dedičnou súčasťou, pretože sa bude integrovaný v chromozóme prenášať z generácie na generáciu. To je prípad vytvárania transgénových rastlín a zvierat.

Tento postup sa dá využiť aj na tzv. génovú terapiu. V takom prípade je cudzím génom izolovaný zdravý, nepoškodený, nezmutovaný gén, ktorý je pomocou vektora vovedený do buniek s poškodeným, a preto nefunkčným génom. To sa môže uskutočniť ako *ex vivo* (v skúmavkách na izolovaných kmeňových bunkách kostnej drene) alebo *in vivo* (zdravý gén naviazaný na vektor sa injikuje priamo do organizmu). Na to, aby zdravý gén nahradil chýbajúcu funkciu poškodeného génu v bunke, sa môže, ale aj nemusí integrovať do chromozómu. Dôležité je, aby v bunke správne fungoval.

Veľkou nevýhodou genetického inžinierstva je, že je málo efektívne. Reštrikčné enzýmy strihajú DNA na fragmenty viac-menej náhodne, nie tam, kde by sme potrebovali, ale tam, kde sa vyskytuje krátka špecifická sekvencia písmen genetickej abecedy. A podobne je to aj s integrovaním cudzej DNA do chromozómu pri tvorbe transgénových organizmov. Musí preto nasledovať časovo náročný proces selekcie, aby boli z obrovskej plejády neúspešných, viac-menej náhodných včlenení cudzej DNA vybraní jedinci, u ktorých sa cudzia DNA trafila a v chromozóme integrovala na želané miesto. Čím sú organizmy zložitejšie, tým je tento proces technicky aj časovo náročnejší, pretože sa musí udiať na veľkej populácii jedincov, aby bolo možné z väčšiny neúspešných zásahov vybrať tých niekoľko úspešných. Už len z tohto dôvodu odborníci vedeli, že vytvorenie transgénových ľudí metódami génového inžinierstva je prakticky nemožné (Capecchi 2000).

Naproti tomu metóda editovania génov, a z nich najmä CRISPR/Cas9, ktorá bola prvýkrát použitá v roku 2013, predstavuje oproti klasickému génovému inžinierstvu technologickú revolúciu, pretože je to technológia rádovo efektívnejšia a neporovnateľne presnejšia. Navyše jednoducho uskutočniteľná, a čo je nezanedbateľný faktor, aj finančne nenáročná.

Systém známy ako CRISPR/Cas9 je komplexom syntetickej molekuly RNA a molekuly enzýmu Cas9, ktorý je v podmienkach *in vitro* aj *in vivo* schopný prestrihnúť DNA (jej obidve vlákna) na špecifickom mieste s presnosťou na jedno písmeno genetickej abecedy. Strihacím enzýmom je endonukleáza Cas9. Syntetická RNA, označovaná ako *guide RNA* (gRNA), slúži ako zameriavač, navádzač enzýmu Cas9 na vopred vytipované miesto v molekule DNA. Toto je len začiatok procesu editovania génov. Po prestrihnutí DNA enzýmom Cas9 nastúpia prirodzene sa v bunke vyskytujúce opravné enzýmy, ktorých cieľom je sceliť prestrihnutú DNA (inak by došlo k smrti bunky). Existujú dva druhy takejto opravy DNA pomocou

reparačných enzýmov. Jeden je nepresný a jeho výsledkom je, že prestrihnutú DNA síce scelí, ale za cenu, že buď nejaký jej úsek bude v okolí miesta strihu chýbať, alebo naopak, nejaký kúsok DNA tam pridá navyše. Druhý opravný systém je schopný urobiť scelenie prestrihnutej DNA bez takýchto zmien. Ak sa mu však „podhodí“ veľmi podobná DNA sekvencia, aká je v blízkosti miesta prestrihu, tak ju dokáže vymeniť za pôvodnú. Ak napríklad sekvencia DNA v blízkosti miesta strihu je gén, ktorý obsahuje mutáciu, napríklad zámenu v jednom písmene genetickej abecedy, a „podhodená“ DNA sekvencia má na danom mieste správne písmeno, tak opravný systém vymení tieto sekvencie a v DNA sa fakticky opraví nesprávne písmeno genetickej abecedy za správne. Inými slovami, takáto technológia využívajúca CRISPR/Cas9 systém je schopná s presnosťou jedného písmena z DNA vystrihovať ľubovoľný genetický text, vkladať do nej nový text, opraviť v nej „preklep“ (bodovú mutáciu). Analógia s editorskými funkciami *cut and paste* a *replace / correct* je zjavná – preto pomenovanie „editovanie génov“<sup>6</sup> pre túto technológiu.

### **Etické a spoločenské aspekty editovania génov**

V počiatočných genového inžinierstva vedci začali v rámci biomedicínskeho výskumu skúšať aj prenos ľudských génov vyvolávajúcich rakovinu (tzv. onkogénov) do baktérie *Escherichia coli*, ktorá je jednou z najobľúbenejších modelových baktérií v laboratóriách, ale tiež je bežnou súčasťou ľudskej mikrobioty. Motívom bolo lepšie preskúmať onkogény. Avšak vedci si uvedomili, že takýto výskum môže byť veľmi riskantný. Baktéria s ľudským onkogénom sa poľahky môže zo skúmavky dostať do ľudského hrubého čreva, ktoré je jej prirodzeným prostredím a priniesť so sebou ľudský gén vyvolávajúci rakovinu. Obavy z takéhoto druhu experimentov viedli k tomu, že tých niekoľko málo priekopníkov genového inžinierstva sa zľaklo svojho vlastného objavu a navrhli v otvorenom liste (Berg et al. 1974) zaslanom do prestížneho vedeckého časopisu *Science*, aby vedci dočasne pozastavili (teda zaviedli tzv. moratórium) pokusy s rekombinantnou DNA (osobitne s tou, keď sa kombinujú ľudské onkogény s DNA mikroorganizmov). Súčasne vedci sami zorganizovali konferenciu, na ktorej prediskutovali riziká spojené s používaním techník genového inžinierstva. Konferencia sa uskutočnila v roku 1975 v americkom Asilomare a stala sa historickým míľnikom v dejinách manipulácie s DNA. Viedla k vytvoreniu bezpečnostných predpisov, ktorými vedci regulovali samých seba pri práci s rekombinantnou DNA.

---

<sup>6</sup> Niekedy sa tiež hovorí o editovaní genómu (angl. *genome editing*). Terminológia zatiaľ nie je ustálená, oba termíny, *editovanie génov* a *editovanie genómu*, sa momentálne považujú za ekvivalentné. Je možné, že v budúcnosti dôjde k ich rozlíšeniu, keď editovanie génov bude označovať editovanie na úrovni individuálnych génov a editovanie genómu bude označovať aj editovanie na nadgémovej úrovni alebo editovanie mimogémovej DNA (ktorá mimochodom u človeka tvorí približne 98 % celkovej DNA).



Neskôr sa zapojili do procesu regulovania génového inžinierstva aj štátne inštitúcie a vytvorili celý systém štandardov biologickej bezpečnosti práce s rekombinantnou DNA. Všeobecne sa má za to, že konferencia v Asilomare začala éru vzájomnej diskusie medzi biológmi a verejnosťou o rizikách biologického vedeckého výskumu a jeho regulovania spoločnosťou, tvorbou vedeckej politiky (*science policy*).

Avšak zvyčajne sa zabúda na to, že diskusia o kontrole biologického výskumu v súvislosti s možným ohrozením ľudskej existencie sa začala o niekoľko rokov skôr. Ak sa nemýlime, vôbec prvý text tohto druhu bol publikovaný vo vedeckom časopise *Science* v roku 1970 a americký biológ Bernard Davis v ňom reaguje na návrhy v budúcnosti zakázať akékoľvek genetické zásahy do ľudskej DNA vrátane zásahov opravujúcich genetické choroby (Davis 1970). Davis argumentoval, a to je z nášho pohľadu zaujímavé, že je nezmyselné sa baviť o týchto veciach, keďže vedci nemajú ani zďaleka také možnosti, aby mohli zasahovaním do DNA geneticky meniť ľudí.

Lenže populárna tlač už vtedy vykresľovala iný obraz o možnostiach genetiky. Pre nás je zaujímavý článok z roku 1971 v populárnom týždenníku TIME s príznačnou ilustráciou DNA, ktorá prekrýva ženské a mužské telo na titulnej strane,<sup>7</sup> a s príznačným titulkom *The New Genetics: Man into Superman*. V článku sa tvrdí, že človek je na počiatku novej éry genetiky, keď prevezme kontrolu nad svojou vlastnou evolúciou. Genetické poznanie sa tu prirovnáva k jedeniu ovocia zo zakázaného rajského stromu poznania. Preto treba, píše sa v článku, aby spoločnosť začala kontrolovať genetický výskum. Z historického hľadiska je pozoruhodné, že v tomto článku bol vôbec prvýkrát v médiách použitý termín „bioetika“ (Jonsen 1998, 27).

Bezpochyby obidva články upozornili na to, že sa naozaj deje niečo vážne. V roku 1972 dvaja americkí vedci vo vedeckom časopise *Science* prvýkrát publikovali koncepciu génovej terapie (Friedmann, Roblin 1972). V nej uvažovali o zatiaľ čisto teoretickej možnosti liečiť genetické ochorenia ľudí tým, že sa do buniek pacientov s poškodenými génmi za pomoci génového inžinierstva a rekombinantnej DNA vnesie zdravý gén, ktorý v bunke funkčne zastúpi zmutovaný nefunkčný gén spôsobujúci dedičné ochorenie.

Trvalo ďalších osemnásť rokov, než sa teoretický koncept začal experimentálne testovať na ľuďoch. Do dnešných dní sa uskutočnilo viac ako dvetisíc génových terapií. Vo všetkých týchto prípadoch ide o tzv. somatickú génovú terapiu, keď sa gény vnášajú do somatických buniek, a preto zmeny nie sú dedičné, neprenášajú sa na nasledujúce generácie.

Súčasne s prvými klinickými pokusmi génovej terapie sa začali formovať etické zásady, ktoré súvisia s aplikovaním génového inžinierstva na ľudí (podrobnejšie

---

<sup>7</sup> Spomínanú ilustráciu z titulnej strany magazínu TIME je možné vidieť na: <https://www.amazon.com/Time-Magazine-April-1971-Genetics/dp/B000LCTFB2>

k tomu Sýkora 2015, 2018). Počas troch desaťročí vykonávania somatickej génovej terapie sa diskurz o etických aspektoch genetického zasahovania do ľudských génov viedol v znamení všeobecného konsenzu v otázke dvoch základných etických koordinát, dvoch etických línií. Prvou je „červená čiara“ oddeľujúca od seba eticky prijateľnú nededičnú intervenciu do génov somatických buniek a eticky (v mnohých štátoch vrátane Slovenska) aj legislatívne neprijateľnú dedičnú intervenciu do génov línie zárodočných buniek. Druhou je „červená čiara“ oddeľujúca od seba eticky prijateľnú terapiu (vrátane genetickej) od eticky neprijateľného vylepšovania (vrátane genetického). Výsledkom prekriženia týchto dvoch čiar dostaneme štyri kvadranty, štyri eticky relevantné alternatívy.

Eticky najprijateľnejšou je alternatíva somatickej génovej terapie (doteraz už viac ako dvetisíc klinických pokusov somatickej génovej terapie). Eticky menej prijateľnou je alternatíva somatického génového vylepšovania (napr. tzv. génový doping športovcov). Za ešte menej eticky prijateľnú alternatívu sa pokladá terapia génov zárodočnej bunkovej línie a eticky úplne neprijateľné je vylepšovanie génov zárodočnej bunkovej línie. A presne toho sa He Jiankui dopustil svojím experimentom. Keď génovým editovaním odstránil z genómu dvoch ľudských jedincov gén CCR5, prekročil obidve červené etické línie, pretože aj keď hovorí o zákroku s medicínskym cieľom (prevencia proti HIV infekcii), nejde o terapiu, ale o dedičné genetické vylepšenie.

Kým hranica medzi zásahmi do somatických a zárodočných génov je ostrá a nie je problém identifikovať jej prekročenie, etická línia medzi terapiou a vylepšením je neostrá a rozdiel nemusí byť kvalitatívny, ale kvantitatívny, a kategorizácia je závislá od kontextu. Napríklad vylepšovanie kognitívnych schopností môže byť terapiou, ale aj nemedicínskym vylepšením. Ak pôjde o vylepšenie jedinca s poškodenými kognitívnymi schopnosťami (napr. trpiaceho Alzheimerovou chorobou), tak pôjde o terapiu, ak však pôjde o vylepšenie zdravého jedinca s normálnymi kognitívnymi schopnosťami, potom pôjde zjavne o neterapeutické vylepšenie. Nehovoriac o tom, že sám referenčný bod toho, čo sa považuje za normálny zdravý stav a čo za vylepšenie, je pohyblivý a bude sa posúvať v závislosti od masovosti terapie a vylepšovania. Dedičné vylepšovanie zárodočných génov, aké uskutočnil He Jiankui, prináša navyše otázky, ktoré smerujú priamo k problematike posthumanizmu.

### **Kognitívne vylepšovanie človeka pomocou editovania génov**

Profesor Marvin Minsky (1927 – 2016) z MIT (Massachusetts Institute of Technology) zdôvodňoval nevyhnutnosť kognitívneho vylepšovania človeka tým, že mnohé problémy, ktoré ohrozujú ľudstvo, majú svoje korene v kognitívnych limitoch ľudskej mysle, a preto nebude možné tieto problémy riešiť, pokiaľ sa nestaneme inteligentnejšími. Ako jeden z priekopníkov výskumu umelej inteligencie mal na mysli

kognitívne vylepšovanie človeka pomocou počítačov a informačno-komunikačných technológií (IKT). Mnohí sú dnes presvedčení – pod vplyvom veľmi známej knihy *Singularita je blízko* (Kurzweil 2005) z pera vynálezcu, futuroológa a šéfa výskumu vo firme Google Raya Kurzweila –, že okolo roku 2045 bude výpočtová sila a kapacita počítačov na takej úrovni, že bude schopná fungovať ako ľudská myseľ a človek bude môcť svoju myseľ skopírovať do IKT média. Vznikne tak posthumánný človek. Tento zásadný prelom v existencii ľudstva označuje Kurzweil termínom singularita. Bez toho, aby sme sa púšťali do nepochybne filozoficky veľmi zaujímavej otázky, či takáto transformácia človeka je vôbec možná (problematická je prinajmenšom identita transformovanej osoby – Odorčák 2015), dovoľme si súhlasiť s kritikmi, že singularita rozhodne nebude otázkou najbližšej budúcnosti (napr. Allen, Greaves 2011). Nie preto, že by sa nesplnili jeho predikcie nárastu kapacity pamäťových médií a výpočtovej rýchlosti, ale preto, že zďaleka vývoj nanotechnológií nenapreduje takým tempom, aké je potrebné na to, aby bolo možné naskenovať kompletný funkčný stav mozgu pre potreby jeho skopírovania. Zato pokrok v oblasti poznania vplyvu génov na kognitívne schopnosti, ako aj možnosť manipulácie s takýmito génmi napredujú tak rýchlo, že ako realistickejší scenár sa javí možnosť, že zásadne kognitívne (a nielen kognitívne) vylepšeného človeka sa podarí realizovať oveľa skôr.

V roku 1999 americkí vedci publikovali výsledky pokusu, v ktorom geneticky manipulovali v podmienkach *in vitro* s embryami myši takým spôsobom, že zvýšili aktivitu jedného génu fungujúceho v nervových bunkách mozgu. Výsledkom boli geneticky modifikované myši, ktoré sa ľahšie učili a lepšie si pamätali úlohy v špeciálnych kognitívnych testoch „myšacej inteligencie“. Táto genetická línia „super bystrých myši“ bola pomenovaná Doogie podľa obľúbenej postavy známeho amerického TV seriálu *Doogie Howser, M. D.* o detskom géniovi, ktorý vyštudoval univerzitu a v štrnástich rokoch sa stal lekárom. Spomenutá super bystrá myš bola vytvorená za pomoci technológie tzv. génového inžinierstva, ktorá bola vyvinutá v polovici sedemdesiatych rokov minulého storočia. Odborníkom, na rozdiel od laikov, však bolo jasné, že táto technológia nie je prakticky použiteľná pre zložitejšie genetické manipulácie u evolučne vyspelejších organizmov, akými sú primáty vrátane človeka (Capeschi 2000). Takže obavy, že by sa pomocou génového inžinierstva mohli vytvoriť super bystrí ľudia, biológovia v tomto prípade stále považovali, podobne ako hore spomenutý B. Davis, za úplne nerealistické, za oblasť vedeckej fantastiky. To sa však zásadne mení v súčasnosti s príchodom technológie editovania génov.

Presuňme sa do súčasnosti – koncom marca 2019 bola publikovaná štúdia, ktorá opisuje výsledky experimentu, v ktorom čínski vedci voviedli do genetickej informácie raných embryí makakov ľudskú verziu génu MCPH1. Ide o jeden z mála doteraz známych génov, o ktorých vedci predpokladajú, že zohráva kľúčovú úlohu v prena-

tálnom vývoji ľudského mozgu. Ak je tento gén poškodený, dochádza k tzv. mikrocefálii (k vývinu extrémne malého mozgu). V porovnaní s ľudskou verziou tohto génu sa verzia u ostatných primátov líši v šiestich písmenách genetickej abecedy. Vedcom sa podarilo úspešne doviesť ľudský gén medzi gény zárodočnej línie buniek, takže bol dedične ďalej prenášaný na potomkov prvej a druhej generácie. Testy ukázali, že makakovia s ľudským génom vykazovali lepšiu krátkodobú pamäť a kratší reakčný čas než geneticky nepozmenení jedinci (Jeffrey-Wilensky 2019).

Sotva niekoho prekvapí, že hneď po zverejnení týchto výsledkov si ľudia spomenuli na nedávny vedecko-fantastický film *Zrodenie Planéty opíc* (2011). V tomto filme počas testovania terapie na šimpanzici, ktorou by sa mala liečiť Alzheimerova choroba u ľudí (nie je vo filme bližšie spresnené, o aký typ terapie ide, ale zrejme má ísť o somatickú génovú terapiu s pomocou vírusového vektoru), dôjde náhodou k prenosu génu na šimpanzie embryo (vedec nevedel, že šimpanzica je gravidná), ktoré po narodení začne prejavovať vysoko nadpriemernú (na pomery šimpanzov a aj mnohých ľudí) inteligenciu.

Z hľadiska cieľa tejto štúdie vyznie príznačne symbolicky porovnanie novej filmovej verzie s pôvodnou verziou *Planéty opíc* z roku 1968. Základná idea filmu zostáva v oboch filmoch tá istá: ako by vyzeral svet, v ktorom si ľudia a ľudoopice vymenia úlohy, ale filmy sa líšia vo vysvetlení, ako k tomu môže dôjsť. V *Planéte opíc* je to dôsledok prirodzenej evolúcie – ľudstvo je v dôsledku nukleárnej svetovej vojny takmer úplne zdecimované, a tým sa uvoľní životný priestor (ako keď vyhynuli dinosaury v dôsledku pádu asteroidu a uvoľnil sa priestor pre evolúciu cicavcov) pre pokračovanie prirodzenej evolúcie ľudoopov, až dosiahnu stupeň inteligentných zvierat. Zmena úloh je pomalá. Technológia, ktorá je v hre, je fyzika – atómové bomby, cestovanie kozmonautov do budúcnosti. V *Zrodení planéty opíc* je kľúčovou vedou biológia s technológiami biomedicíny a zmena je rýchla – biologicky kognitívne vylepšený šimpanz, rýchle vymieranie ľudí v dôsledku šírenia vírusovej infekcie (opičej chrípky, voči ktorej sú ľudoopice odolné, ale ľudia citliví). Navyše v novej verzii nachádzame aj aktuálne bioetické posolstvo – vedecký výskum, medicínska technológia vyvinutá s nespochybniteľne etickým cieľom, akým je liečiť pacientov, sa môže nepredvídateľne vymknúť z rúk a viesť k ohrozeniu existencie celého ľudstva.

Ponechajme bokom veľmi zaujímavú otázku súvisiacu s etikou kognitívneho vylepšovania zvierat vrátane kognitívneho vylepšovania ľudoopíc. Akoby napríklad vyzerala odpoveď na otázku, či takto poľudštené ľudoopice nemajú nárok na ľudské práva.

V tejto súvislosti je dôležité spomenúť reálnu možnosť, že ku genetickému, a navyše dedičnému kognitívnemu vylepšeniu prostredníctvom editovania génov došlo v súčasnosti už aj u ľudí. Tým, že He Jiankui dvojčičkám Lulu a Nana vystrihol

gén CCR5, síce s cieľom urobiť ich odolných voči HIV infekcii, nie je vylúčené, že ich tiež pravdepodobne aj kognitívne vylepšil. A v tomto prípade vylepšil aj ich budúce deti a deti ich detí, všetky nasledujúce generácie. Možno je takto usudzovať na základe pokusov uskutočnených na myšiach, ktorým bol z genómu vystrihnutý gén CCR5. Takéto myši sa rýchlejšie naučili orientovať v labyrinte a rýchlejšie si zapamätali bolestivé stimuly ako myši s génom CCR5. Podľa neurovedca Kevina Foxa z Univerzity v Cardiffe, ktorý sa podieľal na tomto výskume, odstránenie génu CCR5 zlepšilo kognitívne schopnosti myši o 30 až 60 % (Cyranoski 2018). Keby sa to potvrdilo, znamenalo by to, že sa pravdepodobne uskutočnil prvý krok smerom k posthumánnemu človeku.

Samozrejme, voči takejto interpretácii možno očakávať viacero námietok. Tou podstatnou, najmä zo strany humanitných a sociálnych vedcov bude, že takýto postoj reprezentuje typický genetický determinizmus. Pokiaľ však termín genetický determinizmus nemá byť len akousi ideologickou nálepkou, bude sa treba zo strany jeho užívateľov vyrovnávať s ustavične narastajúcim empirickým poznaním potvrdzujúcim významný (hoci zďaleka nie absolútny) vplyv génov na kognitívne ľudské schopnosti (Plomin and deFries 1998). K tomuto problému vzhľadom na pojem ľudskej prirodzenosti sme sa podrobnejšie vyjadrili pred časom v inej našej publikácii (Sýkora 1999). A samozrejme, nesmieme zabúdať na to, že v prípade kognitívnych schopností, ako napr. inteligencie, ide o vplyv veľkého počtu génov (Plomin, von Stumm 2018), takže ich editovanie bude rádovo zložitejšie ako v spomínaných pokusoch s jedným génom. Avšak polygénny charakter znakov alebo vlastností nie je neprekonateľnou prekážkou pre ich genetické upravovanie. Experimentálne už bola preukázaná schopnosť technológie CRISPR/ Cas9 simultánne editovať viacero génov na rôznych miestach molekuly DNA.

### **Editovanie génov a spoločnosť**

Vedecká, rovnako ako aj laická verejnosť zostala zaskočená He Jiankuiho pokusmi, ktorým sa dostalo širokej publicity v médiách (vrátane Slovenska)<sup>8</sup> a ktoré vyvolali po celom svete veľkú vlnu kritiky a všeobecného odmietnutia. Každopádne tieto pokusy, o ktorých sa spočiatku pochybovalo, či sa naozaj stali, keďže chýbalo potvrdenie

---

<sup>8</sup> Napr. Otakar Horák: *Čínsky vedec tvrdí, že po prvý raz v dejinách vylepšil genóm dieťaťa, vedecká komunita je pobúrená*. Uverejnené: Denník N, 27. 11. 2018, [<https://dennikn.sk/1308108/cinsky-vedec-tvrdi-ze-po-prvy-raz-v-dejinach-vylepsil-genom-dietata-vedecka-komunita-je-poburena/>]; MLA: *Imúnne voči HIV. V Číne sa údajne narodili prvé deti s upravenou DNA*. Uverejnené: HN online, 27. 11. 2018, [<https://science.hnonline.sk/medicina/1849418-imunne-voci-hiv-v-cine-sa-udajne-narodili-prve-deti-s-upravenou-dna>]; Nina Haceková: *Geneticky upravené deti sú 1 x na svete! Veda sa zbláznila, čo bude ďalej?* Uverejnené: Pluska 29. 11. 2018, [<http://www.pluska.sk/izdravie/deti/geneticky-upravene-deti-su-1-x-svete-veda-zblaznila-co-bude-dalej.html>].

z nezávislých zdrojov, ukázali, že scenáre vedeckej fantastiky o geneticky zmanipulovaných ľuďoch alebo zvieratách vrátane ľudoopíc sa stávajú realitou. Tým sa mení základné nastavenie diskurzu. Kým išlo len o vedecko-fantastické scenáre, filozofické, a najmä etické úvahy sa pokladali len za akési intelektuálne cvičenia. Teraz, keď sa genetické vylepšovanie ľudí a zvierat vrátane ich kognitívnych schopností stáva realitou, diskusia o nich už nie je myšlienkovým experimentom, ale výzvou pre ľudstvo, s ktorou sa treba čo najskôr vyrovať. Eticky, filozoficky, politicky i legislatívne.

Pokusom He Jiankui predchádzali prvé pokusy čínskych (v roku 2015) a amerických (v roku 2017) vedcov s editovaním génov v ľudských *in vitro* embryách bez snahy vložiť takto zmanipulované embryá do maternice. I to stačilo na to, aby sa vedci a bioetici po celom svete začali zaoberať týmto problémom. V decembri 2015 bolo zorganizované prvé medzinárodné sympóziu o editovaní ľudského genómu vo Washingtone D. C. a v roku 2018 druhé takéto sympóziu v Hong Kongu. Na ňom neplánovane dostal priestor aj He Jiankui, aby oboznámil vedeckú komunitu i širšiu verejnosť s technickými detailmi vytvorenia prvých génovo editovaných detí. Od roku 2015 sa objavilo niekoľko významných dokumentov i vedeckých štúdií, ktoré sa venovali rôznym aspektom editovania ľudského genómu. K najdôležitejším z nich patrí správa špeciálneho medzinárodného výboru, publikovaná pod názvom *Human Genome Editing: Science, Ethics, and Governance* (NASEM 2017), v ktorej sa prvýkrát, v kontraste s doterajším všeobecným postojom, pripúšťa – po splnení vedeckých a etických podmienok – aj editovanie ľudských génov zárodočnej bunkovej línie s terapeutickým cieľom (vylepšovanie je jednoznačne odmietnuté). Podobne správa renomovaného britského The Nuffield Council on Bioethics za určitých podmienok pripúšťa dedičné editovanie ľudského genómu (Nuffield Council of Bioethics 2018). Obidve správy však potvrdzujú všeobecný konsenzus medzi vedcami, že v súčasnosti nie je technológia editovania génov dostatočne bezpečná, aby mohla byť klinicky aplikovaná. Odignorovanie tohto postoja He Jiankuiom viedlo k spomínanému návrhu dočasného moratória zo strany vedcov, aj k urýchleniu hľadania ciest (vytvorenie špeciálnej komisie) na úrovni Svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) k celosvetovej regulácii dedičného editovania ľudských génov.

Na Slovensku v ostatných rokoch dobiehame dlhodobý deficit v oblasti informovania verejnosti o vedeckých poznatkoch, a preto môžeme súhlasiť so Szapuovou a Nuhličkom (2015), že aj u nás „v budúcnosti možno očakávať zvýšený spoločenský dopyt po verejnom spolurozhodovaní o vedeckých otázkach“. Avšak ako upozorňujú, za predpokladu, že vedecká komunita aj tvorcovia politik budú mať záujem udržať dôveru slovenskej spoločnosti voči práci vedcov.

V tejto súvislosti treba uviesť, že celoštátna Etická komisia Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky (EK MZ SR) veľmi promptne zareagovala na mediálne

správy o Jiankuiho experimente a jednoznačne ho odsúdila ako neetický. Vo svojom stanovisku pripomenula dôležitosť informovania verejnosti o výsledkoch modernej vedy, ako aj o možných rizikách, a vyzýva vedecké aj vzdelávacie inštitúcie na Slovensku na spoluprácu:

*Na dosiahnutie efektívneho postupu proti neetickému konaniu je však potrebné neustále zvyšovať povedomie verejnosti o konkrétnych dôsledkoch vedeckého a technologického vývoja a jeho potenciálnych rizikách. EK MZ SR preto požaduje, aby orgány verejnej moci, ako aj vedecké a vzdelávacie inštitúcie v Slovenskej republike vytvárali podstatne širší priestor na vzdelávanie a odbornú diskusiu o etických témach v oblasti biológie a medicíny. Len informovaná a eticky vzdelaná spoločnosť dokáže neetické konanie včas identifikovať a postaviť sa mu na odpor (Etická komisia MZ SR, 2018).*

Čo sa týka legislatívnej stránky, na Slovensku – podobne ako vo väčšine európskych krajín – by boli pokusy, aké uskutočnil He Jiankui, protiprávne. Slovensko sa svojím podpisom a ratifikovaním zaviazalo dodržiavať medzinárodný dokument Rady Európy, známy ako Dohovor o ľudských právach a biomedicíne z roku 1997 (tzv. Oviedsky dohovor). Je to dodnes jediný medzinárodný bioetický dokument, ktorý nemá len deklaratívnu a odporúčaciu úlohu, ale je aj právne záväzný. Podľa článku 13 Oviedskeho dohovoru je zakázané uskutočňovať akékoľvek zásahy do ľudského genómu, ktoré by sa prenášali na potomkov. Výskum a nededičné zásahy do génov týmto zakázané nie sú. Pre Slovensko je tiež záväzná dodržiavať Chartu základných práv Európskej únie, ktorá v článku 3, odstavce 2b zakazuje akékoľvek eugenické praktiky.

To však zďaleka neznamená, že nemá zmysel o týchto veciach diskutovať. Práve naopak. Spomínaná európska legislatíva bola prijímaná v situácii, keď sa cieľené zásahy do ľudského genómu považovali za otázku vzdialenej budúcnosti a použitie technológií génového inžinierstva na človeka by bolo už len v dôsledku jej obrovskej nepresnosti a nespoľahlivosti obrovským zdravotným rizikom a z vedeckého hľadiska úplne nezmyselným krokom. Nástup technológií editovania génov však situáciu zásadne mení, pretože umožňuje cieľené a veľmi presné zasahovanie do ľudského genómu. Obavy z rizika nepresných zásahov (tzv. *off targets*) sú momentálne namieste, ale technológia editovania génov sa raketovým tempom zlepšuje a odborníci predpokladajú, že v dohľadnom čase toto riziko bude znížené na medicínsky prijateľnú úroveň. Preto sa vynára otázka, či by sa nemalo začať diskutovať o revízii Oviedskeho dohovoru s ohľadom na jeho paušálny zákaz akéhokoľvek zasahovania do génov ľudskej zárodočnej línie a umožniť zásahy do takýchto génov za účelom

liečby dedičných ochorení (Sýkora, Caplan 2017). Protiargument, ktorý bol použitý proti takémuto návrhu, sa opiera o tvrdenie, že tým by bola ohrozená ľudská dôstojnosť, ktorej ochrana je základným pilierom Oviedskeho dohovoru (Baylis, Ikemoto 2017). V takom prípade, by zákaz zasahovania do ľudských zárodočných génov nebol otázkou zdravotného rizika, a preto dočasný, ale otázkou najvyššieho etického princípu, a preto absolútny. Faktom však je, že jedným z cieľov Oviedskeho dohovoru (ako sa spomína v jeho preambule) je, aby sa pokrok v biomedicíne používal nielen pre blaho jedinca a spoločnosti, ale aj v záujme blaha budúcich generácií a ochrany ľudského druhu ako takého. Eliminovanie dedičných ochorení prostredníctvom génovej terapie na úrovni génov zárodočnej bunkovej línie možno považovať za spôsob, akým by sa zvyšovalo blaho budúcich generácií, a teda je plne v súlade so zámerom Oviedskeho dohovoru (Sýkora, Caplan 2017). Podobne argumentuje Raposo (2019), keď tvrdí, že editovanie génov nie je porušením, ale potvrdením ľudskej dôstojnosti. Ba čo viac, objavil sa aj argument, že použitie ľudskej dôstojnosti ako argumentu proti pozmeňovaniu ľudského genómu v zárodočnej línii buniek je vlastne logickou chybou (de Miguel Beriain 2018).

Niet pochýb, že akékoľvek pozmeňovanie génov zárodočnej línie buniek, ktoré je súčasne dedičné, a preto sa bude prenášať na ďalšie generácie, prekračuje hranice tradičnej bioetiky, pretože sa netýka len úrovne individuálnych pacientov, ale naindividuálnej úrovne a budúcnosti ľudského druhu. Zvýšená opatrnosť je tu nanajvýš potrebná. Medzi odborníkmi tiež panuje vzácna zhoda, že technológie dedičného editovania génov nie sú zatiaľ dostatočne bezpečné, aby boli klinicky použité, pretože napriek obrovskému technologickému progresu je stále veľká pravdepodobnosť výskytu neočakávaných a neželaných vedľajších účinkov, ohrozujúcich zdravie budúcich generácií. To však nie je dôvod, aby sme už dnes nediskutovali o podmienkach, za akých aj dedičné editovanie génov môže byť použité, až raz bude z medicínskeho hľadiska dostatočne bezpečné.

## **Záver**

Problematika editovania génov sa netýka len (bio)etikov, ktorí sa už dávnejšie venujú tomuto problému, a netýka sa len tvorcov politik a legislatívy, ktorých cieľom je racionálne regulovať vedecký výskum a jeho dôsledky pre spoločnosť, ale týka sa aj filozofov, ich koncepcií o ľudskej prirodzenosti. Na základe doterajšieho vývoja sa dá predpokladať, že editovanie génov (spolu s pokrokom v poznávaní fungovania ľudského genómu) prinesie v blízkej budúcnosti empirické poznanie, ktoré podrobí veľkej výzve doterajšie filozofické koncepcie ľudskej prirodzenosti, opierajúce sa najmä o špekulácie, a to vrátane koncepcií o neexistencii ľudskej prirodzenosti, respektíve o jej dejinnej, kultúrnej či sociálnej konštrukcii, ktorá postupne začala domi-



novat' vo filozofii, antropológii a mnohých ďalších humanitných a spoločenských vedách dvadsiateho storočia s presahom do súčasnosti. Našťastie, niektorí filozofi začínajú chápať význam biotechnologických zásahov do ľudskej genetickej informácie pre filozoficko-antropologickú problematiku a v tejto súvislosti zdôrazňujú zmysel spochybňovaného pojmu ľudskej prirodzenosti (Zarka 2018). Pritom, ako sme na inom mieste zdôvodnili, pojem ľudskej prirodzenosti nemusí nadobúdať zmysel len v rámci teologického, ale aj v rámci sekulárneho, naturalistického kontextu (Sýkora 2014). Navyše filozofická antropológia sa v budúcnosti pravdepodobne ocitne v podobnej situácii, v akej sa ocitla filozofická kozmológia po rozmachu astrofyziky, a pod tlakom empirického poznania bude musieť zrevidovať mnohé svoje koncepcie a názory na ľudskú prirodzenosť, ktoré sa doteraz opierali najmä o špekulatívnu filozofickú tradíciu.

## Literatúra

- ALLEN, P. G., GREAVES, M. (2011): The Singularity Isn't Near. *The MIT Technology Review* (March / April), 7 – 65.
- BAYLIS, F., IKEMOTO, L. (2017): The Council of Europe and the prohibition on human germline genome editing. *EMBO Report*, 18 (12), 2084 – 2085. [DOI:10.15252/embr.201745343]
- BERG, P. et al. (1974): Potential Biohazards of Recombinant DNA Molecules. *Science*, 185 (4148), 303.
- CAPPECCHI, M. R. (2000): Human Germline Gene Therapy: How and Why. In: Stock, G. – Campbell, J. (eds.): *Engineering the Human Genome*. New York – Oxford: Oxford University Press, 31 – 42.
- CYRANOSKI D. (2018): Baby gene edits could affect a range of traits. *Nature* (Published online 12. 12. 2018). Dostupné na: <https://www.nature.com/articles/d41586-018-07713-2>. [DOI: 10.1038/d41586-018-07713-2]
- DAVIS, B. D. (1970): Prospects for Genetic Intervention in Man. *Science*, 170 (3964), 1279 – 1283.
- DE MIGUEL BERIAIN, I. (2018): Human dignity and gene editing: Using human dignity as an argument against modifying the human genome and germline is a logical fallacy. *EMBO Report*, 19 (10). Published online 21. 9. 2018. [<https://doi.org/10.15252/embr.201846789>]
- DOUDNA, J. – STERNBERG, S. (2017): *A Crack in Creation: Gene Editing and the Unthinkable Power to Control Evolution*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt.
- ETICKÁ KOMISIA MZ SR (2018): Stanovisko Etickej komisie MZ SR k deklarovaneému narodeniu geneticky modifikovaných detí. Bratislava 12. 12. 2018. Dostupné na: <https://www.health.gov.sk/Clanok?eticcka-komisia-stanovisko-20181214> (Navštívené: 24. 5. 2019).
- FRIEDMANN, T., ROBLIN, R. (1972): Gene Therapy for Human Genetic Disease? Proposals for genetic manipulation in humans raise difficult scientific and ethical problems. *Science*, 175 (3), 949 – 955.
- JEFFREY-WILENSKY, J. (2019): Chinese scientists insert human brain gene into monkeys, spark ethical debate. NBC News Science (April 25). Dostupné na: <https://www.nbcnews.com/mach/>

science/chinese-scientists-insert-human-brain-gene-monkeys-spark-ethical-debate-ncna998076

(Navštívené: 24. 5. 2019).

- JONSEN, A. R. (1998): *The birth of bioethics*. New York: Oxford University Press.
- KURZWEIL, R. (2005): *Singularity is Near: When Humans Transcend Biology*. New York – London: Viking Penguin.
- LANDER et al. (2019): Adopt a moratorium on heritable genome editing. *Nature*, 567 (7747), 165 – 168. [doi: 10.1038/d41586-019-00726-5].
- LEDFORD, H. (2015): CRISPR, The Disruptor. *Nature*, 522 (7554), 20 – 24. [DOI: 10.1038/522020a]
- NASEM (2017): *Human Genome Editing: Science, Ethics, and Governance*. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Washington, DC: The National Academies Press.
- NUFFIELD COUNCIL ON BIOETHICS (2018): *Genome Editing and Human Reproduction: Social and Ethical Issues*. London: Nuffield Council on Bioethics.
- ODORČÁK, J. (2015): Kopírovanie zabíja identitu osoby. *Filozofia*, 70 (5), 367 – 377.
- PARRINGTON, J. (2016): *Redesigning Life: How Genome Editing will Transform the World*. Oxford: Oxford University Press.
- PLOMIN, R., DeFRIES, J. (1998): The Genetics of Cognitive Abilities and Disabilities. *Scientific American*, 278 (5), 62 – 69.
- PLOMIN, R., von STUMM S. (2018): The new genetics of intelligence. *Nature Reviews Genetics*, 19 (3), 148 – 159.
- RAPOSO, V. L. (2019): Gene Editing, the Mystic Threat to Human Dignity. *Journal of Bioethical Inquiry*. Published online 18. 3. 2019. Dostupné na: <https://doi.org/10.1007/s11673-019-09906-4> (Navštívené: 24. 5. 2019).
- REGALADO A. (2018): EXCLUSIVE: Chinese scientists are creating CRISPR babies. *The MIT Technology Review* (online 25. 11. 2018). Dostupné na: <https://www.technologyreview.com/s/612458/exclusive-chinese-scientists-are-creating-crispr-babies/> (Navštívené: 24. 5. 2019).
- SÝKORA, P. (1999): Bojí sa sociológia biológie? *Sociológia*, 31 (4), 375 – 396.
- SÝKORA, P., MATĚJKOVÁ, E. (2011): Kognitívne vylepšovanie človeka, evolúcia a etika. In: Kelemen, J. et al. (eds.): *Kognice a umělý život*. Opava: Slezská univerzita v Opavě, 255 – 267.
- SÝKORA, P. (2014): Kritika teologicko-teleologickej koncepcie ľudskej prirodzenosti ako dôvodu odmietnutia transhumanizmu. *Filozofia*, 69 (6), 514 – 525.
- SÝKORA, P. (2015): Etika biotechnologických zásahov do ľudskeho genómu: Argumenty rizikovosti a zničenia ľudskej prirodzenosti. *Filozofia*, 70 (5), 329 – 342.
- SÝKORA, P., CAPLAN, A. (2017): Germline gene therapy is compatible with human dignity. *EMBO Report*, 18 (12), 2086. [doi: 10.15252/embr.201745378]
- SÝKORA, P., CAPLAN, A. (2017): The Council of Europe should not reaffirm the ban on germline genome editing in humans. *EMBO Report*, 18 (11), 1871 – 1872. [doi: 10.15252/embr.201745246]
- SÝKORA, P. (2018): Germline gene therapy in the era of precise genome editing: How far should we go? In: Soniewicka, M. (ed.): *The Ethics of Reproductive Genetics – Between Utility, Principles, and Virtues*. Series: Philosophy and Medicine (Book 128). Heidelberg – New York – London: Springer.

- SZAPUOVÁ, M., NUHLÍČEK, M. (2015): Veda a verejnosť: Premeny spôsobov tvorby poznania a ich vzťahovania k verejnosti. In: Plašienková, Z. (ed.): *Bioetické výzvy a súčasnosť*. Bratislava: Stimul.
- TAYLOR, G. R. (1971, orig. 1968): *Biologická časovaná bomba*. Bratislava: Slovenský spisovateľ.
- ZARKA, Y. Ch. (2018): Má ešte pojem ľudská prirodzenosť zmysel? *Filozofia*, 73 (10), 777 – 789.

---

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-17-0064 v rámci projektu *Analýza multidimenzionálnej podoby trans- a posthumanizmu*.

---

Peter Sýkora  
Katedra filozofie a aplikovanej filozofie  
Centrum pre bioetiku  
Filozofická fakulta Univerzity sv. Cyrila a Metoda  
Nám. J. Herdu 2  
917 01 Trnava  
Slovenská republika  
e-mail: [petersykora111@gmail.com](mailto:petersykora111@gmail.com)  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1870-4626>