

Biotechnológie

Lekárska biotechnológia prispôsobuje medicínu tým, že sa zameriava na našu individuálnu biológiu,

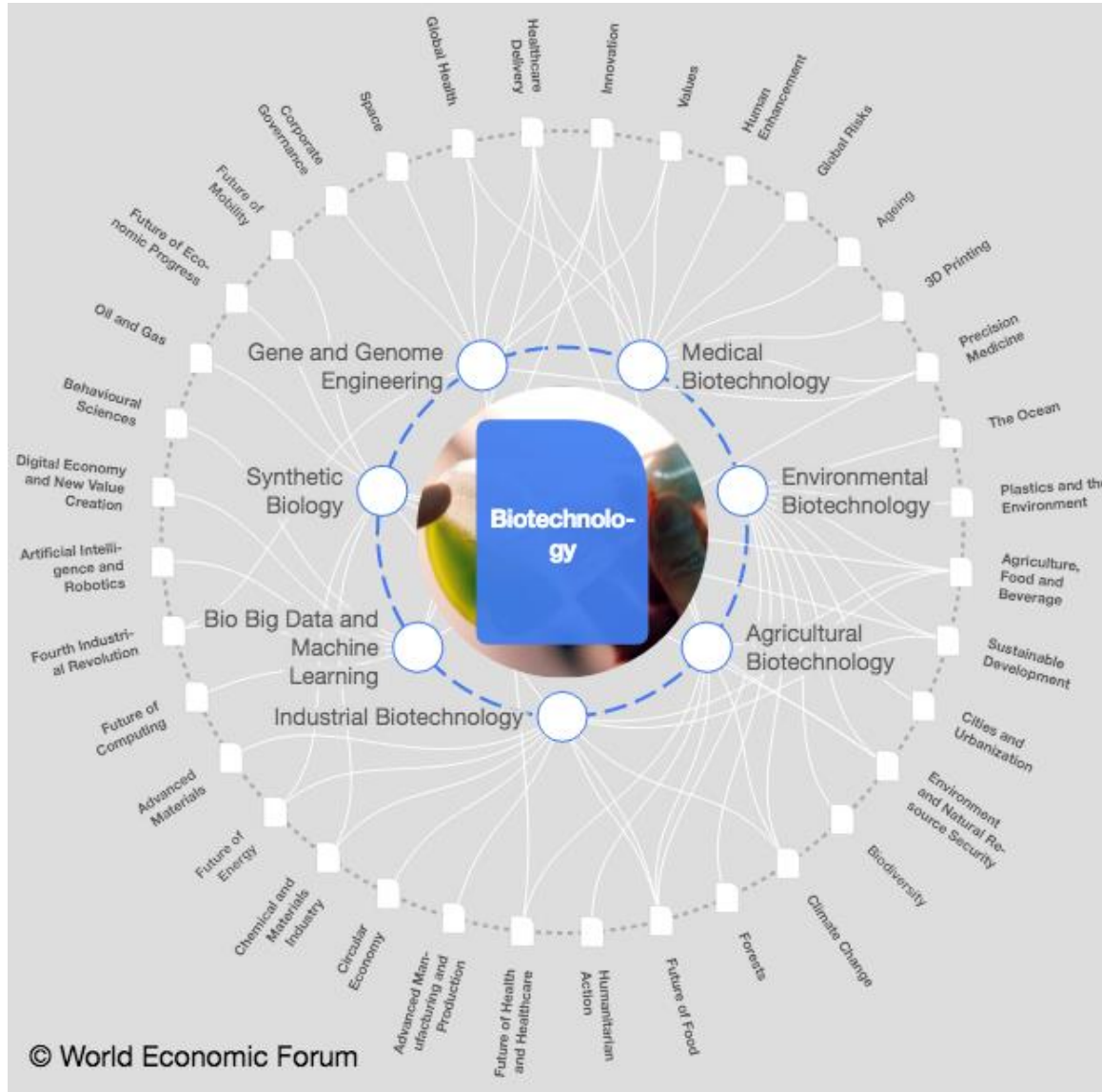
Priemyselná biotechnológia sa používa na vývoj ekologickejších spôsobov budovania vecí,

Poľnohospodárska biotechnológia môže pomôcť živiť rastúcu globálnu populáciu a

Syntetická biológia pomáha udržateľne vyrábať základné chemikálie a materiály.

Medzitým môže environmentálna biotechnológia ešte vyriešiť nepríjemný problém plastového znečistenia.

Aj keď nedávny pokrok súvisiaci s biotechnológiami otvoril neuveriteľné nové možnosti, vytvorili tiež významné etické problémy keďže spoločnosť sa potýka s konceptmi, ako sú génové deti



Lekárska biotechnológia

Starnutie populácie a ľudia s geneticky zdedenými chorobami môžu mať z úpravy génov úžitok, existujú však etické obavy

*Lekárska biotechnológia je rýchlo sa rozvíjajúcim prostriedkom na omladenie starších ľudí a regeneráciu starnúcich alebo chorých orgánov potenciálne prospešný vývoj pre mnohé krajiny (do roku 2017 **bolo takmer 8,7%** svetovej populácie **vo veku 65 rokov a viac**, zo 6,7% v roku 2017), podľa údajov Svetovej banky.*

*Použitie „**indukovaných pluripotentných**“ kmeňových buniek, ktoré nemusia pochádzať z ľudských embryí, preukázalo sľub na regeneráciu poškodeného srdca (pričom sa predišlo etickým problémom spojeným s používaním ľudských embryonálnych kmeňových buniek).*

***Biotechnologické nástroje** sa tiež používajú na diagnostiku a liečbu ľudských chorôb personalizovaným spôsobom. V súčasnosti sme schopní modulovať každú vrstvu biológie, od génov po proteíny a bunky. Pokiaľ ide o imunologickú liečbu rakoviny, klinický vývoj terapeutík na báze proteínov alebo protilátok postupuje a rozsah biologických cieľov sa rozširuje.*

Okrem toho sa vyvíjajú geneticky modifikované imunitné bunky ako imuno-onkologické lieky, vrátane T-buniek prenášaných chimérickým antigénovým receptorom (CAR) a T-bunkovým receptorom (TCR).

Lekárska biotechnológia

Regeneračná medicína sa urýchli pomocou technológie na úpravu génov.

CRISPR-Cas9 umožňuje *priamu modifikáciu génov* v záujme prevencie a liečby chorôb hoci existujú významné etické problémy súvisiace so *zmenou ľudského genómu spôsobmi*, ktoré sa prenesú z jednej generácie na ďalšiu (čínsky vedec) ohromil svet v roku 2018, keď sa zistilo, že ***navrhol prvé génové deti na svete***, aby sa stali odolnými voči infekcii HIV svojho otca.

Tkanivové inžinierstvo sa vyvinulo vďaka technológii *organoidov* (*miniaturizovaný orgán vyrábaný in vitro*), novým biomateriálom a 3D tlači.

Všeobecne je potrebná *osobnejšia aplikácia lekárskej biotechnológie*, aby sa zvýšila terapeutická účinnosť a minimalizovali nežiaduce vedľajšie účinky.

A najdôležitejším osobným faktorom je genóm - pokiaľ ide o genetické a získané choroby.

Integrácia informácií o genóme do lekárskeho údajov je dôležitou súčasťou presnej medicíny a pomáha jej umelá inteligencia.

Personalizované vakcíny proti rakovine a testy liekov s použitím náhrad, sú tiež hlavnými prvkami presnej medicíny.

Environmentálna biotechnológia

Plasty prenikajú do nášho života, zatiaľ čo kazia životné prostredie, a biotechnológia môže poskytnúť udržateľné riešenie

Metabolické a bioprosesové inžinierstvo sa môže používať na čistenie odpadových vôd a riešenie závažných problémov životného prostredia vrátane znečistenia plastmi.

Podľa správy uverejnenej Centrom pre medzinárodné a environmentálne právo výroba a spaľovanie plastov v roku 2019 pridalo do atmosféry viac ako **850 miliónov metrických ton skleníkových plynov**, čo zodpovedá znečisteniu spôsobenému **189 uholnými elektrárnami**.

Plasty, ako je *polyetyléntereftalát (PET)*, prenikajú do nášho každodenného života, pretože sa vyrábajú lacno a sú vysoko odolné. Táto trvanlivosť spôsobuje vážne poškodenie.

Odhaduje sa, že každý rok sa do oceánu **dostane až 8,8 milióna metrických ton plastového odpadu**, kde zostane na neurčito. Mikroorganizmy, ktoré sa väčšinou používajú na výrobu chemikálií a materiálov, sa môžu tiež použiť na biodegradáciu plastov spôsobom, ktorý umožňuje vysoko udržateľný recyklačný systém.

V roku 2016 japonský výskumný tím z Kjótskeho technologického inštitútu a univerzity v Keiu uverejnil v časopise Science správu o baktérii *Ideonella sakaiensis*, ktorá obsahuje enzým PETase, o ktorom sa zistilo, že je schopný degradovať PET.

Environmentálna biotechnológia

Kórejský výskumný tím z Kórejského inštitútu pre vedu a technológiu (KAIST) a Kyungpook National University sa ďalej ponoril do tohto enzýmu degradujúceho PET a určil jeho 3D kryštalickú štruktúru, zatiaľ čo predpovedal molekulárny mechanizmus degradácie PET.

Svoj výskum uverejnili v časopise Nature Communications ^{v roku 2018} a prístupy, ktoré sú za ním, sa teraz dajú použiť na štúdium enzýmov, ktoré by mohli degradovať iné typy plastov.

Nedávny výskum v oblasti *biodegradácie plastov vytvoril potenciál pre synergiu s druhom mikrobiálnej výroby biodegradovateľných polymérov*, ktoré mikrobiálni inžinieri už dlho študovali.

*Mikroorganizmy sa teraz dajú skonštruovať na výrobu **polyhydroxyalkanoátov** (polyesterov, ktoré môžu ukladať uhlík), **kyseliny polymliečnej** (biologicky rozložiteľný polyester) a nedávno *aromatických polyesterov*, ktoré ako surovinu používajú obnoviteľnú surovinu z biomasy.*

Jednou z pretrvávajúcich výziev bolo nájsť spôsob, ako zlepšiť výkonnosť mikrobiálnej výroby v ekonomicky realizovateľnom meradle - ktoré bude potrebné prekonať, aby sa výrazne znížilo znečistenie plastmi a vytvorila udržateľná recyklácia plastov.

Poľnohospodárska biotechnológia

„Zelené“ biotechnológie môžu pomôcť vytvárať výživnejšie potraviny pre rastúcu globálnu populáciu

Poľnohospodárske alebo „zelené“ biotechnológie sa môžu použiť na zlepšenie výnosu a kvality plodín, využívania živín, odolnosti voči chorobám, odolnosti voči stresu v prostredí a času rozkvetu.

Technológia sa používa na modifikáciu genetického obsahu rastlín v histórii ľudskej civilizácie dlho pred objavením DNA vyvinuli poľnohospodári z obdobia neolitu v domácom prostredí plodiny výberom tých, ktoré majú požadované vlastnosti odvodené z prirodzene sa vyskytujúcej mutácie.

Neskôr sa výber najžiadanejších rastlín z bežnej populácie vykryštalizoval do **konceptie šľachtenia**, ktoré prinieslo množstvo moderných plodín. *Vrcholom šľachtiteľskej technológie* bol vývoj „**polozrkadlovej**“ pšenice, ktorá je robustnejšia a úrodnejšia a po jej objavení okolo polovice 20. storočia predstavuje väčšinu výmery pšenice na svete.

Pokrok v technológii DNA spojený s identifikáciou génov nevyhnutných pre požadované vlastnosti zvýšil ekologickú biotechnológiu na novú úroveň.

Vedci dokázali nielen určiť gén regulujúci špecifickú črtu, ale tiež zaviesť gén do rastlinných genómov pomocou metód, ako je bombardovanie časticami.

Poľnohospodárska biotechnológia

Táto schopnosť zaviesť špecifický gén ako fragment DNA odstráni najväčšiu prekážku pre konvenčné šľachtenie plodín: reprodukčnú izoláciu oddeľujúcu rôzne druhy.

Dôkazom toho je úspešná generácia modrej ruže s použitím modrého génu z iného rastlinného druhu.

Odstránenie tejto druhovej bariéry otvorilo nové spôsoby hromadnej výroby cenných výrobkov, ako sú jedlé vakcíny a liečivé zlúčeniny.

Medzitým technológia ***na úpravu genómu***, ktorú umožňujú ZFN, TALEN a novšie CRISPR / Cas9, sľubuje ešte presnejšie technické vybavenie závodu. Táto technológia môže vyradiť špecifický gén, zmeniť sekvenciu špecifického génu a nahradiť jeden fragment DNA iným. Môže k tomu dôjsť bez zanechania stopy cudzej DNA alebo vyústenia do génov rezistentných na antibiotiká (*vada často spojená s geneticky modifikovanými organizmami alebo GMO*).

Nedávny vývoj odrody sóje, ktorá môže produkovať vysoké hladiny olejov zdravých pre srdce, a konštrukcia čerešní divo rastúcich spôsobom, ktoré ich dokážu zdomácníť ako jahody, podčiarkujú spôsoby, akými môže zelená biotechnológia pomôcť udržať rýchlo rozširujúcu sa globálnu populáciu.

Priemyselná biotechnológia

„Biela“ biotechnológia môže prispieť k podvýživám a lepšie chrániť životné prostredie

Priemyselná biotechnológia, známa aj ako „**biela**“ biotechnológia, zahŕňa trvalo udržateľnú výrobu chemikálií, farmaceutických výrobkov, potravín, vlákien, textilu a energie.

*Biela biotechnológia sa často označuje ako **tretia vlna biotechnológie**, ktorá nasleduje po „**červenej**“ biotechnológii (súvisiacej s lekárstvom) a „**zelenej**“ biotechnológii (súvisiace s poľnohospodárstvom) a stala sa mocným prostriedkom na riešenie zmeny klímy, zvyšovanie dopytu po energii, vyčerpanie zdrojov fosílnych palív a otázky životného prostredia vrátane znečistenia plastmi na báze ropy a mikroplastov.*

Podporné technológie v teréne sú založené hlavne na inžinierstve *mikrobiálnych hostiteľov* a v priebehu posledného desaťročia boli podporené vedeckými prelomami v *metabolickom inžinierstve, syntetike a biológii systémov* a pokročilými *kultivačnými technikami*. Najmä nedávne zavedenie systémového metabolického inžinierstva (*kombinácia metabolického inžinierstva so systémovou biológiou, syntetickou biológiou a vývojovým inžinierstvom*) viedlo k dramatickému pokroku.

Komplexnou optimalizáciou existujúcich metód a vytvorením nových metód sa dramaticky rozšírilo spektrum možných komerčných výrobkov, vrátane zdravých potravín, ktoré možno použiť na boj proti podvýžive v chudobných častiach sveta.

Priemyselná biotechnológia

V porovnaní s tradičnými chemickými procesmi založenými na fosílnych palivách môže byť priemyselný biotechnologický proces ukončený jednoduchou fermentáciou spôsobom, ako vyrobiť relatívne cenovo dostupné výrobky, ktoré pomáhajú chrániť životné prostredie.

V dôsledku toho sa očakáva, že celkový trh priemyselnej biotechnológie bude rásť tempom takmer **9% ročne** a do konca roku ²⁰²⁵ dosiahne celkovú veľkosť **472,3 miliárd dolárov**.

Podľa štúdie uverejnenej OECD, **Biohospodárstvo do roku 2030:**

Pri navrhovaní programu politiky bude priemyselná biotechnológia predstavovať **39% všetkej ekonomickej hodnoty generovanej biotechnológiou do roku ²⁰³⁰**.

Očakáva sa, že napríklad *bioetylén* bude predstavovať až **40% všetkých plastových polyetylénov** Podľa Medzinárodnej agentúry pre energiu a Medzinárodnej agentúry pre energiu z obnoviteľných zdrojov dosiahne výroba do roku ²⁰³⁵ a výroba *biologicky rozložiteľnej kyseliny polymliečnej*, použiteľnej na všetko od rozložiteľného obalového materiálu po lekárske implantáty.

Priemyselná biotechnológia môže v konečnom dôsledku významným spôsobom prispieť k dosiahnutiu cieľov OSN v oblasti trvalo udržateľného rozvoja spojených s podporou dostupnej a čistej energie, udržateľných miest a spoločenských a zodpovednou spotrebou a výrobou.

Bio Big Data a strojové učenie

Automatizovaná analýza stále väčších súborov genetických údajov sľubuje transformáciu zdravotnej starostlivosti

Biomedicínska veda sa transformuje na vedu veľkých údajov.

Vďaka technológii budúcej generácie **genomického sekvencovania** došlo k dramatickému výbuchu údajov, od roku 2016 bolo z normálneho a chorého tkaniva *sekvenovaných* viac ako **100 000 ľudských genómov** a petabajty nespracovaných sekvenčných údajov sa teraz vyrábajú a ukladajú do verejných archívov údajov o genómoch, ako je napríklad **portál údajov Medzinárodného združenia pre rakovinový genóm**.

Toto transformuje vedecké prostredie a celé systémy zdravotnej starostlivosti.

V súčasnosti archivované súbory údajov predstavujú iba malú časť veľkých dát súvisiacich s genómom, ktoré sa ešte majú vyrobiť, pretože sekvenčná kapacita bude naďalej rásť. Ak súčasná miera rastu bude pokračovať, zdvojnásobí sa kapacita *každých sedem mesiacov, v nasledujúcich 5 rokoch* sa získajú údaje o genóme v hodnote exabajtov (*jeden exabajt zodpovedá asi 250 miliónom DVD v hodnote videa*).

Keď sa globálna populácia v nasledujúcom desaťročí posunie *smernom k 8 miliardám*, je možné, **že 15% alebo viac** z nich bude mať svoj *genóm sekvencovaný*.

Okrem genomiky, zobrazovania vo vysokom rozlíšení, lekárskeho záznamov a súborov údajov týkajúcich sa životného štýlu pridajú nové dimenzie k bio-veľkým údajom a poskytnú základ zdravotnej starostlivosti novej generácie.

Bio Big Data a strojové učenie

Je tu však ešte dlhá cesta, kým veľké údaje môžu pomôcť pri poskytovaní precíznej medicíny založenej na genetickom zložení pacienta a okolitých podmienkach pre masy.

Pokiaľ ide o *uchovávanie údajov, distribúciu a správnu interpretáciu* v biomedicínskom kontexte, existujú obrovské výzvy.

Rozsiahle strojové vzdelávacie systémy musia byť integrované s rozsiahlou výpočtovou infraštruktúrou, aby bolo možné hlbšie vzdelávanie, jedno z *najsľubnejších odvetví umelej inteligencie*, pomôcť lepšie umožniť navigáciu veľkých dát a odhaliť veci, ktoré nie je možné zachytiť manuálne.

Strojové učenie by mohlo uľahčiť získavanie *interakcie gén-gén, klasifikáciu bunkových obrazov* a nájst prepojenia medzi súbormi údajov.

Algoritmy strojového učenia si napriek tomu vyžadujú rozsiahle a kvalitné údaje o „***základnej pravde***“ na výcvik algoritmov, ktoré je ťažké získať.

Strojové učenie môže byť navyše neobjektívne a pochopenie toho, ako algoritmy strojového učenia klasifikujú funkcie v množinách údajov, môže byť náročné.

Analýza veľkých údajov však bude mať nakoniec obrovský vplyv na prevenciu chorôb, na schopnosť liečiť a ošetrovať a na globálny systém zdravotnej starostlivosti.

Syntetická biológia

Továrne na mikrobiálne bunky môžu udržateľne vyrábať chemikálie potrebné na podporu hospodárstva

Civilizácia sa vo veľkej miere zaviazala k vytvoreniu udržateľnejšieho globálneho hospodárstva, ktoré efektívnejšie využíva zdroje.

Jedným z konečných cieľov je ***zosúladiť dopyt po chemických materiáloch potrebných na liečbu ľudských chorôb, rozvoj trvalo udržateľného poľnohospodárstva a rybného hospodárstva, posilnenie potravinovej bezpečnosti a energetické priemyselné aplikácie s potrebou zabezpečiť biodiverzitu a ochranu životného prostredia.***

Aby sa to dosiahlo, mnoho krajín využilo pokroky v *syntetickej biológii a metabolickom inžinierstve* využívaním prírodných biologických procesov na výrobu dôležitých chemikálií a využívaním štandardizovaných, inteligentných „***bunkových tovární***“ (zbiierky mikrobiálnych buniek, často stavaných z baktérií), ktoré môžu fungovať ako *chemické výrobné zariadenia*.

Dôsledky by mohli byť rovnako významné ako *dopad alchýmie na chémiu pred tisícročiami* s obrovskými a možno aj nepredstaviteľnými dôsledkami pre medicínu a vedu o materiáloch. Rozsah potenciálnych aplikácií je široký, zahŕňa a neobmedzuje sa len na: *diagnostiku, terapiu, senzory, sanáciu životného prostredia, výrobu energie a biomolekulárnu a chemickú výrobu*.

Štúdie napríklad ukázali, že je možné rozmiestniť bunkové továrne na báze baktérií na trvalo udržateľnú výrobu etanolu a butanolu, ktoré by sa mohli zase použiť na dekarbonizáciu prepravy.

Syntetická biológia

Po objavení sa technológie rekombinantnej DNA, ktorá rozdeľuje DNA z rôznych druhov za účelom vytvorenia kombinácií, ktoré majú hodnotu pre medicínu alebo priemysel, sa biologické systémy rozšírili v priemyselných odvetviach ako sú chemikálie a farmaceutiká.

Bunkové továrne podporujúce tieto procesy sa však často stretávajú so systémovým zlyhaním a trpia nestabilitou.

Syntetickú biológiu a metabolické inžinierstvo je možné na tieto problémy aplikovať vývojom buniek špeciálne navrhnutých na predvídateľnú, účinnú a efektívnu výrobu. Syntetická biológia a metabolické inžinierstvo tiež umožňujú vývoj nových biologických systémov, ktoré sú schopné účinne vyrábať priemyselné chemikálie a materiály a zároveň spotrebujú relatívne menej času, práce a peňazí.

Niektoré príklady tohto trendu zahŕňajú hlásené pokroky v mikrobiálnej výrobe benzínu, kyseliny tereftalovej (*organická zlúčenina používaná na výrobu odevov a plastových fliaš*), 1,4-butándiolu (*používa sa na výrobu vlákien, ako je Spandex*) a aromatických polyesterov.

V roku 2016 bolo na Svetovom ekonomickom fóre vybrané za jednu z najlepších 10 vznikajúcich technológií systémové metabolické inžinierstvo pre spôsoby, ako sa dá použiť na udržateľnejšiu a lacnejšiu výrobu chemikálií pomocou rastlín namiesto fosílnych palív.

Génové a genómové inžinierstvo

DNA je teraz možné rozobrať a usporiadať ako kyticu kvetov

V 20. storočí sa objavil sa biotechnologický ekvivalent „*Prometejského ohňa*“:
prvá podrobná sekvencia ľudského genómu.

Schopnosť dešifrovať genetické sekvencie nás posilnila aj keď vytvára značné riziká.

Štruktúra DNA objavená Watsonom a Crickom v roku 1953 splodila reštrikčný enzým, ktorý dokáže v priebehu niekoľkých sekúnd štiepiť DNA, čo vyvolalo objavenie biochemických enzýmov, ktoré spracúvajú DNA, čo vyvolalo technológiu úpravy génov, ktorá by sa mohla použiť na priamu kontrolu expresie intracelulárnych génov vnútri jadra.

Manipulácia s génovou expresiou v jadre však nebola nákladovo efektívna ani efektívna, problém sa vyriešil objavom systému CRISPR-Cas9 na začiatku 21. storočia. Vedci zistili, že pripojením špecifickej sekvencie navádzacej RNA spojenej s proteínom nazývaným Cas9 k genómu by mohli odrezať a odstrániť (alebo pridať) DNA.

Čoskoro po svojom objavení sa CRISPR-Cas9 stal globálnym pocitom vďaka svojej relatívnej ľahkosti a kompatibilite s takmer akýmkoľvek typom organizmu.

Génové a genómové inžinierstvo

Boli objavené techniky manipulácie s genómami, ktoré môžu *eradikovať* alebo *opravovať chybné gény*, vytvárať *rekombinantné embryá*, *liečiť rakovinu* alebo *predchádzať infekčným chorobám*.

V blízkej budúcnosti by sa mohli podávať injekčné lieky na génovú terapiu, čím by sa potenciálne vylúčila potreba chirurgického zákroku, aby sa predišlo genetickým defektom, postup herečky Angeliny Jolie, ktorý sa zaoberal jej predispozíciou k rakovine prsníka a vaječníkov.

Epigenetika alebo *štúdia genetickej expresie*, ktorá nezahŕňa zmenu sekvencie DNA, sľubuje budúce inovácie v oblasti genómového inžinierstva. *Epigenetika* by nakoniec umožnila ľuďom prispôbiť sa a vyvíjať sa v prostrediach, ako je napríklad atmosféra Marsu.

Genómové inžinierstvo však prichádza s etickými problémami.

Úspešné úsilie čínskeho vedca ^{v roku 2018} o vytvorenie *geneticky modifikovaných detí* s cieľom poskytnúť im odolnosť proti infekcii HIV ich otcom šokovalo vedeckú komunitu a poukazuje na potrebu väčšieho globálneho povedomia o nebezpečenstvách technológie genetického inžinierstva ako prostriedku umelá reprodukcia (*čínski úradníci odvtedy vyhlásili, že vedecké správanie bolo nezákonné*).

Prometheusov dar mal koniec koncov vážne následky pre civilizáciu.

Zdroj

Táto inštruktáž je založená na názoroch širokej škály expertov zo siete expertov Svetového ekonomického fóra a je kurátorom v spolupráci s Dr. Sang Yup Leeom, vyznamenaným profesorom, Katedrou chemického a biomolekulárneho inžinierstva, Kórejským pokrokovým ústavom vedy a techniky (KAIST) a kolegovia.