

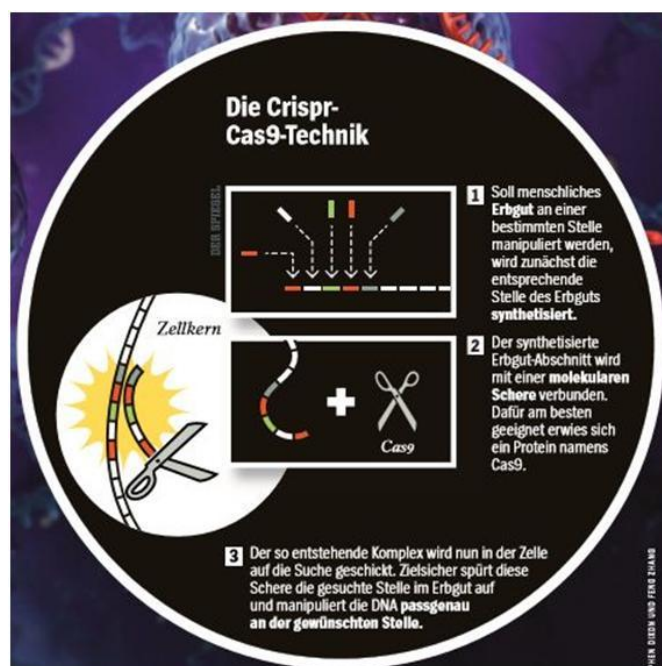
Humán GMO – a genetikailag módosított ember

(emberek megrendelésre)

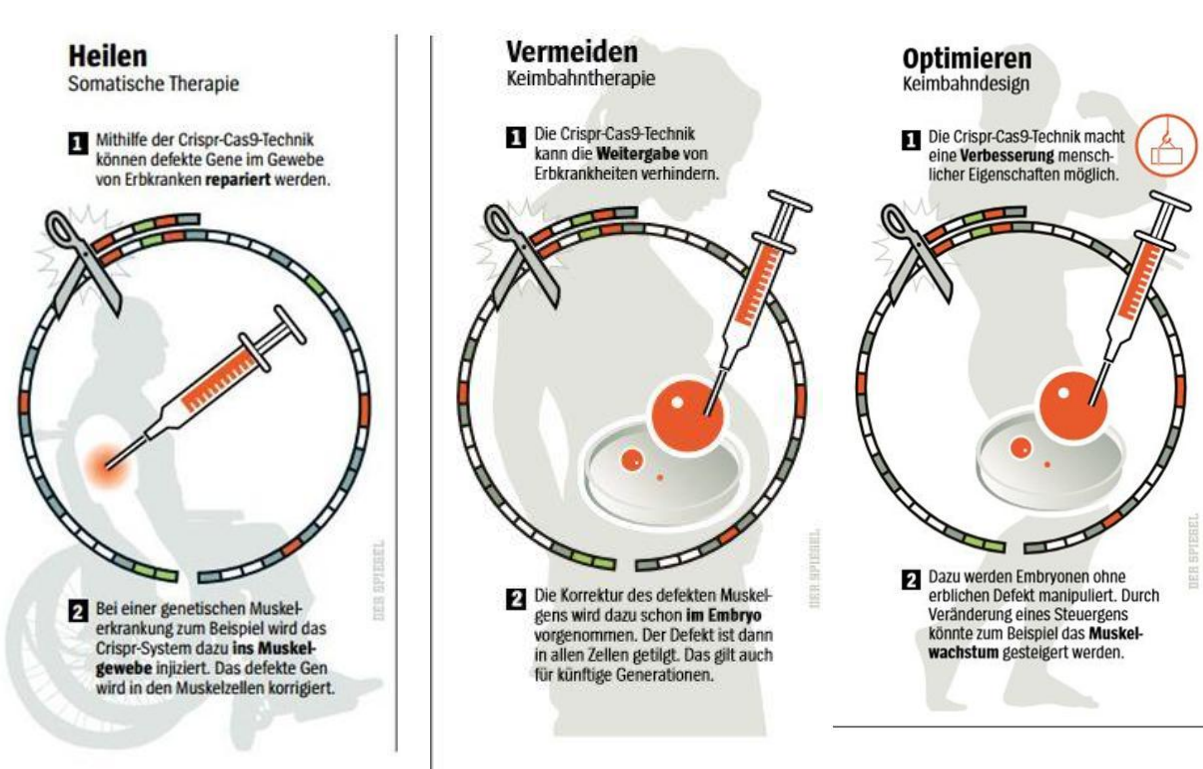
Génpiszka, Istent játszani és hasonló szófordulatokkal illetik a környezetvédők a genetikailag módosított élőlények (GMO-k) előállításait. A Mindenhatót utánzó genetikusoknak és a genetikailag módosított haszonnövények előállításainak sikerült elterelni a közvélemény gyanakvását: azzal érvelnek, hogy a GMO-k nem okoznak egészségi ártalmakat, és ez így is van, az átlagember ettől megnyugszik. Az igazi kockázat azonban az, hogy az eljárás során olyan, mindenféle ártalmakkal szemben megedzett növények jöhetnek létre, melyek ha „elszabadulnak”, azaz vadon élő rokonaikkal kereszteződnek, kipusztíthatatlan fajták, „szupergyomok” válhatnak belőlük. Gyorsan terjedve elveszik az őshonos növények életterét és felforgatják a bioszféra megszokott rendjét, ami beláthatatlan következményekkel járhat. És most gondoljunk bele, milyen következményei lehetnek az emberi „csírvonalat” módosító, örökletes genetikai eljárásoknak. A tudomány fejlődését végig aggodalmaskodás kíséri. Erwin Schargaff osztrák származású biokémikus szerint – miközben ő is a DNS kettős hélixé körül matatott – már a mikroszkópot sem lett volna szabad feltalálni; azzal pedig, hogy először behatoltunk az atomba, majd pedig a sejtmagba, beláthatatlan veszélyeket idéztünk elő. Az aggodalom az eddigiéknél talán még jobban indokolt.

A genetikai módosítás, vagy génésebészet negyven évvel ezelőtt kezdődött el, amikor felfedezték a DNS-t hasító restrikciós endonukleázokat és a DNS-szakaszokat összekapcsoló ligázokat. És mivel minden élőlény örökítő anyaga ugyanazon elemekből épül fel, lehetőség van a különböző fajok genetikai anyagának a kombinálására is (ami a természetben sosem fordulna elő). Így például „egy sarkvidéken élő halfaj ‘fagyállóságát’ biztosító gén lemásolható és beleírható mondjuk egy paradicsomba” – írja Dawkins. Mivel egy bizonyos tulajdonságot nem egyetlen gén „kódol”, hanem az több (sokszor több tucat, sőt, akár több száz) közreműködésének az eredménye, az előrehaladás nagy óvatosságot és rengeteg kutatást igényel. 2012-ben viszont egy olyan felfedezés történt, amely a gén-módosítást technikailag szinte pofon-egyszerűvé és az előzőhöz képest összehasonlíthatatlanul pontosabbá tette. (Ezt a kívülállóknak teljességgel érthetetlen *CRISPR/Cas9* szó-rövidítésű módszernek nevezik.)

Ma már a géneket úgy szabdalják és ragasztják, mint ahogy egy filmrendező összevágja a felvételekből a kész filmet, vagy ahogy egy szerkesztő a word-ben átjavítja a kéziratot. Az új eljárást ennek megfelelően génszerkesztésnek nevezik, s a szakma a teremtés mámorában él.



A Boston melletti Cambridge-ben egy irodaház ötödik emeletén működik az *Addgene* nevű laboratórium. Itt bármely faj génjei megkaphatók: a zebrahalatól kezdve a fonálféregéig, az emberi agy, máj vagy izom génjeiig fix áron, darabja 65 dollárba kerül. A raktárhelyiség nem nagy helyet foglal el: négy hűtőszekrényben, mínusz 80 fokra lehűtve tárolják a készletet. A *CRISPR/Cas9* módszerrel elméletileg szinte bármilyen élőlényt bármilyen tulajdonsággal felruházhatunk, fantáziánknak csak a fent említett hiányosság szab határt: még nem ismerjük pontosan a gének összjátékát. A változás ahhoz hasonló, mint amikor Ford beindította futószalagját. Eljött a genomok tömegtermelésének ideje.



A módszer alkalmazása:

- az örökletes testi betegségek kezelése
- a csíravonal megváltoztatása: az örökletes betegségek továbbadásának megállítása
- a tulajdonságok optimalizálása a leszármazási vonal manipulálása által

(Der Spiegel 49/2015)

Emberi vonatkozásban a génszabályozást eddig az egyéni rendellenességek kiküszöbölésére, gyógyítására használták. Az igen nagy perspektívákat nyitó őssejt-alkalmazásban génszabályozással elérhető, hogy ne kelljen embriókat feláldozni a gyógyítás érdekében. Pluripotens, azaz még nem szakosodott, sokcélú sejteket állítanak elő testi sejtekből a gének ki-be kapcsolása által. (Egy úgynevezett „ugráló” DNS-szakaszba beviszik a szükséges géneket, ezt beültetik a testi sejtbe, majd miután kifejtette a szükséges hatást, kioperálják belőle).¹ George Church a sertésgénekből „kikapcsolja” a vírusokat, hogy megakadályozza az

¹ E technikáért Shinya Yamanaka kapott Nobel díjat 2012-ben, de az ötlet a Torontóban dolgozó Nagy Andrásztól származik, aki korábban az ELTE kutatója volt. (Heti Válasz 2009. júl. 9.)

emberbe átültetett szervek kilökődését.² Szöveteket képesek oly módon megújítani, hogy saját testi sejteket visszaprogramoznak fiatal állapotba. (Mivel kísérleti úton egy emberi májjal ezt már sikerült megtenni, a módszert Prometheusz effektusnak nevezik).³ „Rábeszélük” a sejteket, hogy újítsák meg önmagukat.



„Tumorvadász” sejteket állítanak elő oly módon, hogy az immunsejteket genetikailag harcképesebbé teszik. A szintetikus biológia abban jeleskedik, hogy funkcionális célokra fejlesztenek ki élőlényeket (egyelőre mikroorganizmusokat). Például baktériumokat vértelennek fel más baktériumok elleni harcra. Craig Venter 2010-ben szintetikus DNS-t állított elő, melyet egy baktérium vázába ültettek és a baktérium működött! (Ez már-már a teremtés aktusával egyenlő tett.)⁴

Ma már lehetőség van a megtermékenyített emberi petesejt, a zigóta differenciálódás előtti örökítő anyagának manipulálására, melynek során módosíthatják a megszülető gyermek fizikai jellemzőit, intelligenciáját vagy a boldogságra való hajlamát, s e módosítások örökletessé válnak. Ez több igen súlyos kérdést vet fel. Milyenek legyenek az „optimális” emberi tulajdonságok? Kik dönthetnek efelől? Mennyiben esik egybe a szülők által kívánt tulajdonság a társadalom számára elfogadhatóval vagy szükségessé? Megengedhető-e, hogy a szülők anyagi lehetőségei immár a gyermekek genetikai sajátosságaiban is különbségeket okozzanak (az öröklötten túlmenően)? Hogy a gyerek intellektuális képességeit ne csak öröklött tulajdonságai, a szülői ház légköre és a szülők pénztárcája alakítsa? Megengedhető-e, hogy ha mondjuk a kedves apuka ugróbajnokot akar nevelni a fiából, akkor annak zigóta korában tetet hozzá egy kis kenguru-gént? Vagy – hogy gyorsabb legyen a gyerek – örökítő-anyagát feldúsíttatja még egy kis gepárdgénnel is? A tulajdonságok öröklődéses megváltozása az egész emberi faj génállományát érinti, ezért nyilvánvaló, hogy az egyéni preferenciák érvényesítése megengedhetetlen. Egy faj túlélési esélye nagyban függ a fajon belüli diverzitástól; a körülmények megváltozásakor az azokhoz legjobban alkalmazkodni képes egyedek szaporodnak tovább és tartják fenn a fajt. Márpedig ha a



² The Economist October 17th 2015.

³ The Economist July 6th 2013.

⁴ The Economist May 20th 2010.

szülők döntenének, a nyugati világban csupa okos, kékszemű, magas gyerek születne, a fiúk széles vállalal, a kislányok Barbie-alkattal.

December első napjaiban erről a témáról rendeztek nemzetközi konferenciát Washingtonban. A világ legkiválóbb genetikusai arra a következtetésre jutottak, hogy az emberi csírvonallal és a korai embriókkal végzett kísérletek nem végződhetnek terhességgel, tehát az öröklődéses emberi génszerkesztés egyelőre tilos. Az embereken is alkalmazott (klinikai) génszerkesztés csak a testi sejteket érintheti és csak az egyes ember tulajdonságait változtathatja meg. Sok még a bizonytalanság: milyen mellékhatásokkal és következményekkel járhat a beavatkozás.⁵ (Ne felejtjük el, hogy az emberi DNS-nek csak az 1,8-2 százalékát teszik ki a gének, és még azok működésének a pontos ismeretétől is messze vagyunk.)



*Jennifer Doudna (Berkeley), a módszer kidolgozója.
Vele együtt szokták emlegetni Emmanuelle Charpentier nevét is.*

A tudomány elé azonban nem lehet tartósan korlátokat állítani: „Az ember ezt ha egykor ellesi, vegykonyhájában szintén megteszi”, figyelmeztet Madách. A negyven évvel ezelőtti felfedezéskor a kaliforniai Asilomarban tartott tudóskonferencia mintaértékű volt. Tekintettel a kockázatokra és veszélyekre, a szakma önkorlátozó elveket fogadott el. De a géntechnológusok tudós közössége akkor még átlátható volt, mindenki ismerte a másikat. Mára már ez a terület is globalizálódott, és az amerikai, európai és japán laboratóriumok mellett Szingapúrban, Dél-Koreában, és főként Kínában is folynak csúcskutatások és megjelentek a hobbikutatók is, akik az interneten összeszedett morzsákból „kerülnek képbe”.

De még ha dűlőre is jutunk abban, hogy ki dönthet a leszármazási vonal módosításáról, vajon hogyan fog végbemenni az emberkép optimalizálása? Milyen az ideális ember?⁶ Az optimalizálás során Csontváry és Van Gogh fennakadt volna a rostán, nekünk nem lett volna



József Attilánk, a németeknek pedig Hölderlinjük. (De ugyanakkor kiszelektálódott volna Hitler és Sztálin, írhatnánk a pozitív oldalra.) Hawkingnak sem lenne helye a „normális” emberek között, az amerikaiaknak pedig nem lett volna JFK-jük, akit súlyos, örökletes gerincbetegség kínozta. Csíkszentmihályi Mihály – valószínűleg sokak megrökönyödésére – azt írja, hogy nem több intelligens emberre van szükség; már így is túl sok a társadalomban az intelligencia. Hanem elsősorban közepszerű, szorgalmas, tisztességes, együttműködő és

együttérző emberekből kellene sokkal több.⁷

⁵ International Summit on Human Gene Editing.

⁶ Der Spiegel 51/2015.

⁷ Csíkszentmihályi: A boldogság jövője.



Vagy nem is olyan nehéz ez a dolog? „Teremtsünk embert az mi ábrázatunkra és az mi hasonlóságunkra” – mondá az Úr.

Miért is ne?

Ha már a technikáját ellestük, miért ne tekinthetnénk Őt vagy az egyszülött fiát példaképnek?

Bp, 2015. dec. 27.

Kiss Károly
közgazdász és társadalomkutató

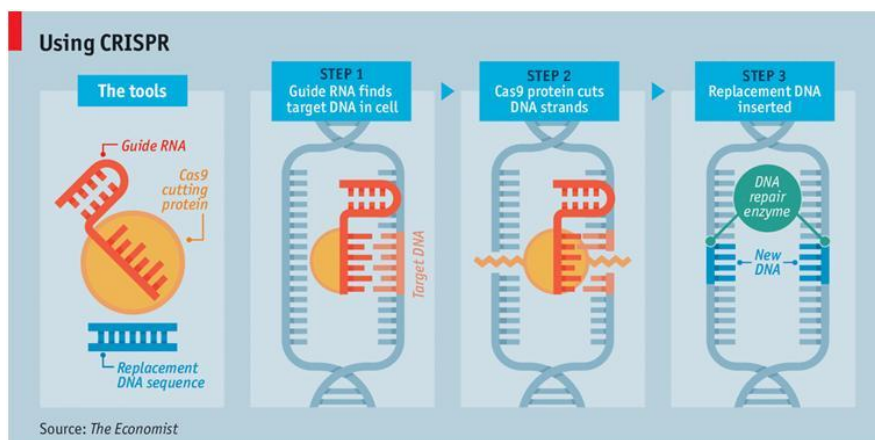
(Az írás a Magyar Nemzet publicisztikai rovatában fog megjelenni, de egyelőre ott vita folyik a liberalizmusról és a menekültekkel kapcsolatos cikkek is elsőbbséget kapnak)

Néhány forrás és további illusztrációk:

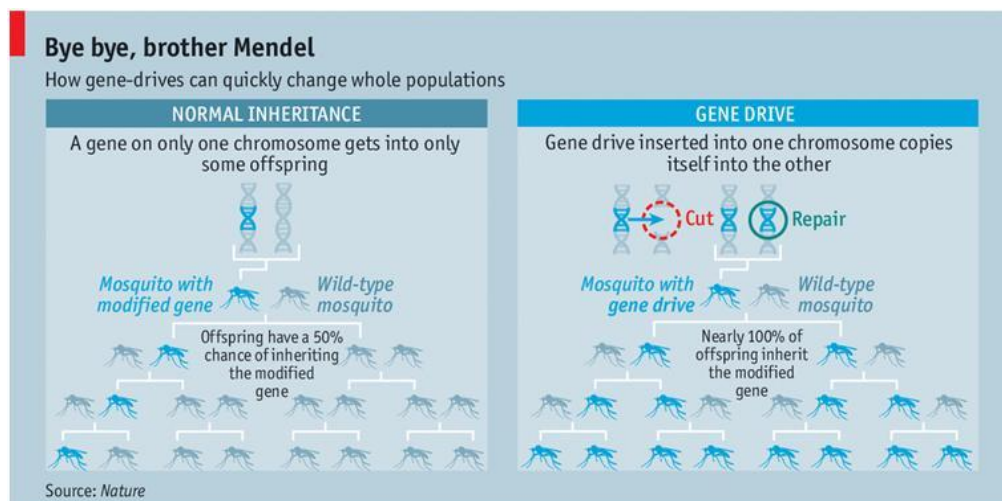
Der Spiegel 49/2015. Menschen nach Maß. Johann Grolle.

Der Spiegel 51/2015. Mehr Demut. Stefan Berg.

The Economist August 22nd 2015. Editing Humanity; Genom editing, The age of the red pen; Gene drives, The most selfish genes.



(Ebben a cikkben így illusztrálják a CRISPR módszer alkalmazását.)



(A normális öröklés során – melynek szabályait Mendel testvér fedezte fel – egy kromoszóma génje mindig csak a közvetlen leszármazottak felénél jelenik meg. A génszerkesztéssel bevitt gén viszont szinte minden utódnál jelentkezik.)

The Economist July 6th 2013. Prometheus unbound.

The Economist December 5th 2015. Genetic Engineering. Time to think carefully.

The Economist October 17th 2015. CRISPR/cas9 gene editing.

The Economist May 20th 2010. And man made life. Synthetic biology.



(Inverz teremtés. Az Economist illusztrációja.)

Csíkszentmihályi Mihály: A boldogság jövője. Megjelent John Brockman (szerk.): A következő 50 év c. kötetben. Vince Kiadó, 2003.

Dawkins, Richard: Az önző gén. Kossuth, 2011.

Index.web, Bolcsó Dániel:

http://index.hu/tudomany/egeszseg/2015/08/06/crispr_cas9_genetika_genmanipulacio_dns/erdemes_idezni_e_cikk_fontosabb_alcimeit_es_megallapitasait/

- A genetika svájci bicskája

- A Teremtés motorja vagy mutáns gyártó szuperfegyver lesz-e belőle
- Monumentális pillanatok az orvosbiológiai kutatás történetében
- Az eredmény a cukorbetegségtől az AIDS-en át a rákig számos súlyos betegség kezelésében vezethet áttöréshez a jövőben
- A nagy hatalommal mutáns apokalipszis jár
- Ott a lehetőség, hogy az evolúció olyan irányba viszi el a rendszert, amelyet nem terveztünk
- A mindennapos emberi génmanipuláció végérvényesen átkerült a scifikből a valós lehetőségek körébe

Der Spiegel 3/2013. „Biologie is Präzisionsarbeit.” Gespräch mit George Church.

Der Spiegel 1/2010. Konkurrenz für Gott. Johann Grolle.

Heti Válasz 2011. ápr. 7. Íme, a teremtő ember. Miklósi Ádám.

Heti Válasz 2009. júl. 9. Az élet ára. Miklósi Ádám.

International Summit on Human Gene Editing. Washington December 3rd 2015.

http://www.nationalacademies.org/gene-editing/gene_167925