

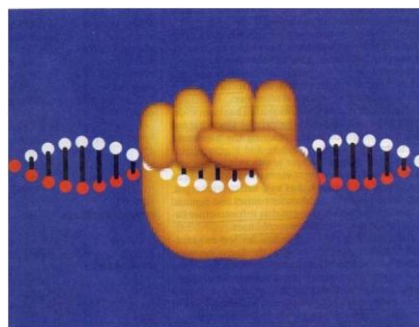
What if? Mi lenne, ha?

(Képzeltések az egészségügy jövőjéről)

Az Economist minden évben tartalmaz egy *What if?* mellékletet, mely bizonyos vonatkozásokban feltérképezi a jövőt, spekulál, és a mai helyzetből és a tudomány jelenlegi állásából kiindulva, jóslatokat tesz. A tavalyi *What if* néhány kérdése: Mi lenne, ha a kihalt mammutokat újból életre keltenék? Mi lenne, ha a klíma-védelem terrorizmussá fajulna? Mi lenne, ha az antibiotikumok többé nem hatnának ránk? Mi lenne, ha a vízhiány destabilizálná Kínát? ... Az idei, 2021. július 3-i szám egészségünkkel kapcsolatos témákról tartalmaz jövőjóslásokat.

Ha 2029-re megvalósulna a saját testünkkel való kísérletezés joga

A Karikó Katalin és Drew Weissman által kifejlesztett, és a 2019-es Covid-járvány idején vakcinák készítésére alkalmazott mRNS-módszer tovább terjedt. A páciens saját sejtszintű vegyi folyamatainak felhasználásával testén belül állítják elő a szükséges „gyógyszereket”. Ma már így kezelik a rákot, szívbetegségeket és neurológiai rendellenességeket gyógyítanak.¹ A vakcinagyártás idején kiépült „infrastruktúra” nem állt le, tovább kísérletezett. Gondosan előállított mRNS-molekulákkal ideiglenesen emelni tudták az EPO-szintet. Ez egy protein-hormon, amely a vörösvértestek előállítását stimulálja. Ezáltal az izmok vérellátása megnő, és így az izomteljesítmény is. Híresztelések szerint a 2024-es párizsi olimpián egyes versenyzők már éltek ezzel a módszerrel. Erre tekintettel a 2028-as olimpiára már olyan tesztekkel dolgoztak ki, melyek kimutatják az EPO-szint manipulálását.



2025-ben a belgrádi egyetemen doktori hallgatók olyan mRNA-molekulát fejlesztettek ki, mely növeli a memória működését javító fehérjék termelését, és állítólag ezt alkalmazták vizsgáik során (melyek sikeresebbek voltak a többiekénél). A következő évben fény derült egy amerikai esetre. A texasi Austin-ban várandós anyák olyan mRNS-készítménnyel injekciózták magukat, mely a méhen belüli magzati fejlődés során javítja a magzat kognitív képességeit. Keresztény fundamentalisták és jobboldali politikusok követelésére a szövetségi kormány ezt 2027-ben betiltotta.

Ekkor lépett színre a biohekkerek mozgalma, azt követelve, hogy **az embereknek joguk van ahhoz, hogy saját sejtjeikhez saját testük által előállított saját genetikai üzeneteket**

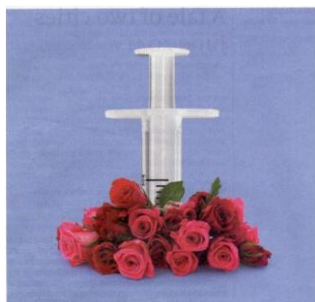
¹ A Spiegel idei június 19-i számának ez volt a fő témája: Die Supermedizin. Die Medizin von morgen. Lásd erről ismertetésünket ugyanezen web-oldalon, a július 25-i bejegyzés alatt.

küldhessenek. És ezt ne csak gyógyászati célból tehessék, hanem egy sor más esetben is, a hétköznapiak során: éberségük fokozására, hajhullás ellen, a stressz csökkentésére, stb.²

A biohekkelés technikailag úgy valósul meg, hogy egy mikroelektronikát vagy mikrofluidomot tartalmazó rugalmas flastromot tapasztanak a bőrfelületre, amely *in situ* képes a megfelelő mRNA szekvenciák legyártására és a véráramba juttatására. De lehetőség van arra is, hogy e flastrom egy okostelefonról vagy kompjúterről kapja az utasítást. A biohekkelés már széles körben elterjedt, orvosok is javasolják. A kérdés: vajon vissza lehet-e még zárni a palackból kiszabadult szellemet?

A túlzott drogfogyasztás okozta halálesetek Amerikában 2025-ben

(A másik járvány) Előrejelzések szerint 2025-ben több, mint 100 ezer amerikai halálát fogja okozni a kábítószer-túladagolás, és 1999 óta ez a szám majd 1 milliót fog kitenni. 2028-ra a drog-túladagolás több amerikai halálát fogja okozni, mint amennyien meghaltak az USA összes eddigi háborúiban. 2018-ban ugyan e halálozási ráta csökkent, de a járvány idején újból megnövekedett.³



Habár a kokain- és metamfetamin-függőség is nő, a fő problémát az **opioidok** (orvosi felírásra kapható erős fájdalomcsillapítók) okozzák. Ezek gyártói ellen évekig tartó bírósági perek folytak, és végül a 350 milliárd dolláros kiszabott össz-büntetés nagyobb, mint amit a dohányipar ellen valaha is megítéltek. Ennek ellenére az opioidok okozta válság már negyed évszázada tart, és Amerikának évi 80 milliárd dollárjába kerül.

A cikk előrejelzése szerint Kamala Harris elnöksége idején egy 250 milliárd dolláros óriáscsomagot fognak kidolgozni a probléma kezelésére. A hangsúly nem az opioid-kínálat csökkentésén, hanem a függőségben szenvedők kezelésén lesz. Helyettesítőként három gyógyszert állítanak elő: methadont, buprenorfint és naltrexont, de ezek használata nem

² Ide megjegyzések sora kívánczik ahhoz, hogy mennyire sajátunk a testünk. Hétköznapi értelemben ez kétségtelenül így van. De a testünket szüleinktől kaptuk, azok szintén az övéiktől, és így tovább. Testünk az evolúció terméke, végső soron az evolúcióé, a természeté, a teremtésé vagyunk. Amikor a vallás tiltja az öngyilkosságot, ebből a megfontolásból teszi. (Katonák öncsonkításának tilalma mögött már egy másféle megfontolás áll.) Az abortuszpárti nők is azzal érvelnek, hogy a saját testükkel azt tesznek, amit akarnak. Ezt bonyolítja, hogy ráadásul nem is a saját testükkel, hanem egy másik élőlényel akarják tenni azt, amit akarnak. – De a helyzet bonyolult; amikor edzem a testemet, vagy szellememet pallérozom, alkoholizálok, egészségtelen ételeket eszem, kábítószerreken élek, akkor is a saját testemmel teszek valamit... Tehát elfogadhatatlan az az elv, hogy a saját testem, azt teszek vele, amit akarok. A társadalomnak nyilvánvalóan beleszólása kell legyen, hogy mit tehetek a testemmel és mit nem. Mert ha tönkreteszem – a kötelező társadalombiztosítás korában – a teendők és költségek a társadalomra hárulnak. Ha pedig olyan szerek, eszközök, módszerek birtokába jutok amelyek révén másokkal szemben előnyhöz jutok, azok alkalmazása csak akkor engedhető meg, ha azokhoz mások is hozzájuthatnak.

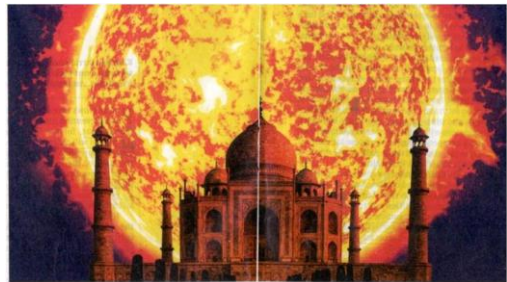
³ Egy másik tragikus furcsaság arról, hogy miben halnak meg tömegesen az amerikaiak: a poszttraumás stressz következtében minden órában öngyilkos lesz egy háborús veterán: <https://24.hu/kulfold/2013/02/02/orankent-egy-veteran-ongyilkos-lesz-amerikaban/>; ennek következtében több az öngyilkos katona, mint amennyien a háborúban halnak meg: https://index.hu/kulfold/2013/07/14/tobb_az_ongyilkos_katona_mint_a_haborus_halott/

kielégítő. Nem tudnak elegendő számú „biztos injekciós helyet” sem létrehozni. Bizakodásra ad viszont okot, hogy az opioidok felírása csökken. 2012-ben száz amerikaiak még 81 ilyen receptet írtak fel, 2019-ben már csak 47-et.

2041: Hyderabad sikeres védekezése a hőhullámok ellen

2041 júniusában vagyunk. Elmaradt a monszun, Új-Delhiben 49,3 C fok a hőmérséklet, olvadnak az útburkolatok. India déli részén 50 fok fölötti hőmérsékletet mérnek. A légkondicionálók tömeges használata miatt túlterhelt az elektromos hálózat, áramellátási zavarok vannak. Ha a levegő száraz, az emberi szervezet jóval 37 fok fölötti hőmérsékletet is kibír, mert tud izzadni, párologtatni. De ha a levegő nedves, páraburokban vagyunk, a legtöbb embernek már a 36 fok is halálos kimenetelű. A dél-indiai 10 milliós Chennai (régiben Mádrász) klímája párás, a hőhullámnak tulajdoníthatóan meghalt 17.642 ember. De a hasonló méretű, és ugyanolyan klímájú Hyderabadban csak 26-an haltak meg. Mi okozza ezt az óriási különbséget?

2015 nyarán a hőhullámnak köszönhetően Hyderabadban 585-en meghaltak. Azóta a város védekezési programot valósít meg. Olcsó, fehér polietilén burkolattal fedik be a háztetőket és egy közmunka-program keretében fehérre festik a vityillókat és kunyhókat. Továbbá 2,5 millió árnyékadó fát ültettek.



A jelenlegi nemzetközi megállapodások értelmében a világ csak 2062-re lesz karbon-semleges, a globális széndioxid-kibocsátás akkor éri majd el a *net zero* állapotot. De az előző kibocsátások utóhatásai még évtizedekig érezhetők lesznek.⁴ A halálos hőhullámok ellen idejében óvintézkedéseket kell tennünk.

Személyre szabott táplálkozás 2035-ben

2035 januárjában vagyunk a davosi Világgazdasági Fórumon. A téma: hogyan lehet lehetővé tenni, hogy a személyreszabott táplálkozás előnyeit azok is élvezhessék, akik eddig anyagi okok miatt nem engedhették meg maguknak a költséges tesztek elvégzését, a szükséges készülékek megvételét. A skandináv országokban ezekhez már ingyenesen hozzá lehet jutni.

Előzmények: A 2010-es évek végének felismerése, hogy míg ugyanaz az étel az egyik személynek abszolút egészséges, a másiknál elhízást, diabéteszt vagy szívbeteget okoz. Sőt, még az is számít, hogy ugyanazt az ételt melyik napszakban fogyasztjuk el és milyen más ételekkel együtt, és közben mennyit alszunk, vagy mennyit sportolunk. De a legalapvetőbb

⁴ Jobbik esetben, teszem én hozzá. Rosszabbikban – és ez a valószínű – egy olyan folyamatot indítottunk el, mely kumulatív, öngerjesztő, megállíthatatlan.

felfedezés az, hogy mekkora szerepe van mikrobiómunknak, ennek az emésztőrendszerünkben élő, 100 billió (ezer milliárd) mikrobából álló masszának a táplálék hasznosításában, mely minden embernél egyedi sajátosságokkal bír.

2015-ben az izraeli Weizmann intézetben egy olyan, a mesterséges intelligencia felhasználásával készült algoritmust dolgoztak ki, mely a felső karon hordozható kis készülékkel folyamatosan méri a vér glukóz-szintjét és pontosan előre jelzi, hogy viselője hogyan fog reagálni bármilyen táplálékra. Az algoritmus az illető életstílusának, orvosi előzményeinek és mikrobiómja összetételének az alapján készült. Ezt a módszert Amerika, Britannia és Németország tudósai is elsajátították.

Fikció: A 2020-as évek elején ugrásszerűen megnőtt azoknak a startupoknak a száma, amelyek testnedvek, vagy a vér glukóz-, lipid-, vitamin-, stb. szintjének folyamatos monitorizálásán alapuló algoritmusokat kínálnak az egészséges táplálkozás érdekében, sőt, a mikrobiómunk genomikai elemzését is elvégzik. Az e téren született számtalan app segít étrendünk összeállításában, a kedvenc ízeink előállításához szükséges ételek megvásárlásában,



étterem menü-kínálatának elemzésében – természetesen mindezt biomarkereink figyelembe vételével. A háztartási eszközöket, gépeket gyártó cégek is úgy készítik termékeiket, hogy azok figyelembe veszik a felhasználók személyreszabott táplálkozási igényeit. 1934-ben az amerikai háztartások felében már ilyen okos fridzsiderek működnek.

Az élelmiszeripar is meglepően gyorsan alkalmazkodott a személyreszabott étkezés követelményeihez. A szupermarketek polcain az élelmiszerek széles választéka áll rendelkezésre e követelmények kielégítésére: a tudósok által kidolgozott „*metabotípusok*” szerint. 2034-ben a mesterséges húsok és halak forgalma már meghaladja a természetest, és azokat is metabotípusok szerint állítják elő. E módszerek elterjedését a társadalombiztosítás és a kormányok különféle módszerekkel támogatják.

Az Apple egészségügyi asszisztense, 2028

Az Apple 2028-ban megjelent iPhone XX okostelefonja egészségi állapotunkat monitorozza, ahhoz hasonlóan, ahogy egy személyes egészségügyi asszisztens tenné. Az új készülék folytatása a 2015-ös Apple Watch-nak. Az nyomon követte álmunkat, a női menstruációt, mozgásunkat és általa hozzáférhettünk egészségügyi vizsgálati dokumentumainkhoz. Azóta újabb funkciókkal bővült: megfigyeli a szív működését, méri a vérnyomást és a testhőmérsékletet, a vér oxigén-, cukor- és alkohol-tartalmát, felismeri a korai demencia jeleit. A cukorbetegre készült változat méri a vércukorszintet, egy másikba oximeter és spirometer van beépítve a légzési zavarokban szenvedők számára, van, amelyik a hasi folyamatokat figyeli meg. Különböző appokkal



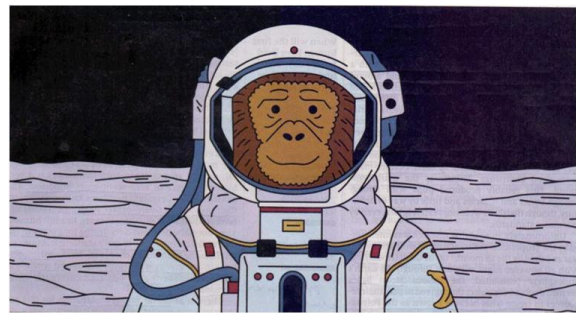
egy-egy betegség kezeléséhez szükséges étrend vagy tennivalók részletesen is megismerhetők, illetve korai jeleik felismerhetők.

Mindezzel kapcsolatban két aggály merül fel: a *privacy* kérdése; nem kerülnek-e nyilvánosságra vagy illetéktelen kezekbe ez érzékeny adatok, és a *fairness*. Az előbbihez az fűzhető hozzá, hogy az Apple üzletpolitikája eddig is etikus volt,⁵ továbbá: amikor az Apple iPhone-ja 2007-ben megjelent, még túl drága volt, de a terméket más gyártók is utánozták, és ma már az emberiség felének van okostelefonja.

2055: **Selyemmajmocskák a Holdon**

[Ez a betét olyan kérdést feszeget, amely korunkban még nem aktuális. Majdan, az élethosszig tartó űrutazások korában – melyekre azért kerülhet sor, mert tönkretettük bolygónkat, és új lakhelyet kell keresnünk – vajon hogyan hat majd a súlytalanság állapota az űrhajókon megfogant embriókra.]

A Holdra feljuttatott selyemmajmocskákkal folytatott kísérlet célja: hogyan fejlődik a magzat a földi gravitáció 1/6-ának körülményei közepette, nem hat-e az károsan az emberi embrióra. A hosszabb ideig tartó tartózkodás a súlytalanság állapotában törékennyé teszi a csontokat, izomfogyáshoz és szembetegségekhez vezet. Az űrutasok ezt megelőzendő fizikai gyakorlatokat végeznek. De az embrió nem tud tornázni.



Az embriók a magzatvízben fejlődnek, mely természetes felhajtóerőt jelent számukra és így indifferensek a helyi gravitációval szemben. De a Holdon született selyemmajmocskák a pubertás korban súlyos, később vaksághoz vezető szembetegségben szenvedtek. A Holdon élő emberi kolónia tagjai számára időnként centrifugával szimulálták a földi viszonyokat, elkerülendő az alacsony gravitáció okozta káros következményeket. De a selyemmajomkolykókra a centrifugába helyezés nem várt problémákkal járt: utána nem szoptak. Az a magyarázat is felmerült, hogy a vaksághoz vezető szembetegséget az a génszerkesztő beavatkozás okozza, mely a csontok törékennyé válását hivatott megakadályozni.

A demencia legyőzése 2050-re

A 2020-22-es covid-járvány idején fény derült a demencia elterjedtségére és veszélyére: egyes országokban a járványban meghaltak körében a legelterjedtebb betegség, illetve állapot a demencia volt. 2020-ban egy, a *Neurology*-ban megjelent tanulmány közel 50 ezer amerikai

⁵ Lásd erről és az Apple-ről Cappelalism c. írást ugyan ezen oldalon.

és európai megfigyelésén alapult 1988 és 2015 között. 8,6 százalékuk szenvedett demenciában. Tíz év múltán a demencia kockázata már 13 százalékkal csökkent. 1995-ben a 75 éveseknél még 1:4 arányban fejlődött ki demencia, 2015-ben már 1:5-re javult az arány.



A demencia aránya a világ legöregebb társadalmában, Japánban volt a legmagasabb: 4%, 5 millió embert érintett. De súlyos volt a helyzet Nyugat-Európában és az ázsiai kistigrisekben is. A 2030-as évektől kezdve azonban a demencia visszaszorult, és ez mérhetetlen javulást eredményezett az emberi nyomorúság mérséklődésében és a gazdasági

terhek csökkenésében. (A 2020-as években a demenciában szenvedő betegek ápolása globálisan évi 2 billió, azaz 2.000 milliárd dollárba került.)

Az eredmények elsősorban az életmód és a viselkedés megváltoztatására vezethetők vissza. A felvilágosítások és kampányok egyszerre célozták meg a demencia, a szívbetegségek, a rák és a diabétesz visszaszorítását: rendszeres testgyakorlással, a céltudatos étkezéssel, kevés alkoholfogyasztással és a vérnyomás alacsonyan tartásával. Emellett aktív agyi tevékenységgel. Elterjesztették a „kognitív tréningeket”, a számítógéppel végzett mentális gyakorlatokat. Kiemelkedő szerepet tulajdonítottak az aktív társasági életnek. Japánban pl. elterjesztették a „demencia-kávéházak” rendszerét.

Fordulópontot jelentett, hogy 2023-ban kifejlesztettek egy egyszerű vér-tesztet, melynek alapján évtizedekre előre meg lehet tudni, mi a valószínűsége annak, hogy valakinél a kor előrehaladtával kialakul az Alzheimer kór (amely 60-80 százalékban felelős a demencia létrejöttéért). – A korai felismerés alapvető fontosságú az Alzheimer kezelésében. Ezt követően további új eljárásokat dolgoztak ki, pl. a genetikai eredetű Huntington-kór, vagy a frontotemporális demencia kezelésére, antiszensz oligonukleotidokkal vagy mRNS-sel.

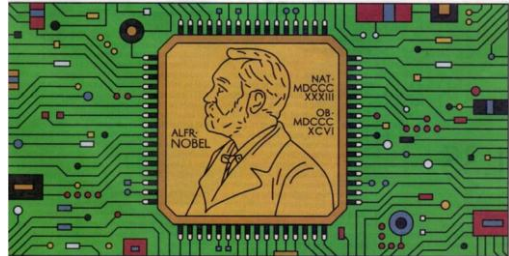
80 fölötti japán nők oroszul tanulnak, hogy eredetiben olvashassák a Háború és békét, és angolul, hogy megértsék Shakespeare-t.

Nobel-díj a mesterséges intelligenciának – 2036

Egy YULYA nevű, a gépi tanuláson alapuló mesterséges intelligencia rendszer (hivatalosan System for Automated Lymphoma Diagnosis) felfedezte, hogy bizonyos antibiotikumokat párban alkalmazva legyőzhetők egyes, amúgy külön-külön rezisztens baktériumok. (A jelenséget *ancillary vulnerability*-nek nevezik.) A stockholmi Nobel-bizottság a 2036-os fiziológiai és orvostudományi díjat ennek a mesterséges intelligenciának ítélte oda. Amint várható volt, a döntést botrányos jelenetek, tüntetések és tiltakozások követték. Az ellenzők leggyakoribb érve: ez téves antropomorfizmus.

Előzmények: Évi 2,5 millió ember hal meg antibiotikum-rezisztencia miatt. A 2020-22-es koronavírus-járvány óta ez a legnagyobb egészségügyi válság. A felfedezést követő másfél évben viszont YULYÁ-nak köszönhetően 4 millió ember életét mentették meg.

A Nobel-szabályzat nem egyértelmű. Egyrészt kimondja, hogy a díj csak embereknek ítéhető oda, de azt is tartalmazza, hogy olyan találmányért vagy felfedezésért jár, ami az előző évben a legnagyobb hasznot hajtotta az emberiségnek – ennek alapján ítélték oda YULYÁ-nak. Ez a fajta mesterséges intelligencia fekete dobozként működik, „gondolkodása”, döntései nem követhetőek.⁶



YULYÁ-n kívül voltak nevezések a fizika és a kémia területén mesterséges intelligencia által elért eredmények alapján is, és valószínű, hogy a jövőben egyre gyakrabban lesznek ilyen döntések. Csak – az okozott felháborodást látván – egy nem valószínű: hogy a mesterséges intelligencia valaha is Nobel békedíjat fog kapni.

Miért nem fejlődött ki hamarabb a csíra-elmélet?

A melléklet utolsó írása nem a jövőbe, hanem a múltba néz. Azt vizsgálja, hogy miért csak a 19. században jöttek rá az emberek, hogy a betegségeket mikroorganizmusok okozzák, holott Leeuwenhoek már a 17.-ben felfedezte a mikroszkópot. A magyarázat: az orvoslás, a sebészet és a „mikroszkópia” annak idején még külön tudományok voltak, nem találkoztak egymással. Az orvosok a hippokratészi doktrínát követték, miszerint a betegséget a testnedvek arányának a meg bomlása okozza. A „csíra-elmélet” csak a 19. században jelent meg, Semmelweis, Snow, Pasteur és Lister munkássága nyomán.

What if?

Scenarios for the future of health.

The Economist July 3rd 2021

Bp, 2021 szeptember

Kiss Károly ismertetése

⁶ Lásd erről pl. Kiss Károly: A mesterséges intelligenciáról – halandóknak. Valóság, 2019 december. http://kisskaroly.x3.hu/mintellig/mi_halandoknak.pdf