

A gép én vagyok, én gép vagyok! (1. rész)

DR. SPEER GÁBOR

Egy közlemény szerint az AI-doktor jobb, mint a kiégett, érdektelen humán orvos. A ChatGPT legújabb verziói egyre jobban teljesítenek az orvosi diagnosztika és döntéshozatal területén az elméleti teszteken, de hogyan teljesít az AI (a gép) valós orvosi megoldások esetén? Hogyan jutott el az orvoslás az implantációtól az orvosi ember-kiborgokig? Eljutott-e már valóban?

A ChatGPT 2022 telén vált elérhetővé, és 2024-ben már arról szóltak a közlemények, hogy az újabb verziók egyre jobban teljesítik a USMLE (United States Medical Licensing Examination) orvosi vizsgát. Jelenleg a valóság az, hogy bár a mesterséges intelligencia (GenAI, LLMs) nem helyettesíti az orvost, de ha valaki jól használja, előfordulhat, hogy helyes orvosi döntést hoz.

Cikkem arra keresi a választ, eljutott-e az orvoslás az implantációtól az orvosi ember-kiborgok megteremtéséig?

A közleményben bemutatott ábrák kialakítása, felhasználhatósága az OTSZ szerkesztőségi munkatársainak munkája. A képek nélkül a cikk veszítene. Elismeréssel tartozom érte.

KIBORG – BIOLÓGIAI SZÖVET ÉS GÉPI ELEMEL

A kiborg olyan lény, amelyben keverednek a gépi (kiber) és biológiai (organikus) alkotóelemek. A filmekben, könyvekben, képregényekben e szuperképességűvé tett lények testébe érzékelőket, fegyvereket építenek, robotvégtagjaik vannak, döntéseiket akár a mesterséges intelligencia is segíti, de a lényeg, hogy felerősítsék a képességeiket, szupererőt kapjanak. A kibernetikus organizmusról (kiborg) legtöbbször a *Terminátor* című film-ben hallhattak először (T-800). De a *Terminátor* valójában a mai (és jövőbeni) orvosi értelemben véve nem kiborg. A szerves

rész csak a bőr, némi izom volt, amit azért alakítottak ki, hogy el tudjon vegyülni az emberek között (elfedje a gépet): nyilván a részletek nem voltak kidolgozva, valójában nem „emberien” működő biológiai szövet volt, csak álca. A T-800-as és a fejlettebb változata ún. biohibrid robot (1. ábra), emberi szöveteket is tartalmazó – a T-modellek esetében szövetköpennyel borított – elektronika. Nem kiborgok az androidok (vagy replikánsok) sem, mert ezek mesterséges intelligenciával vezérelt,

emberi szövetet nem tartalmazó, de teljesen emberszerű robotok.

Egyre több ember él valamilyen készülékkel (orvosi eszköz, mesterséges szerv) a testében: pacemaker, művégtag stb., mégsem nevezzük őket kiborgnak. Vagy kellene? Mennyi elektronika beépítésétől kellene annak nevezni valakit? Vagy csak abban az esetben, ha már az AI is alapvető szerepet tölt be a beépített elektronikában, és független egészségügyi döntést is tud hozni? Az ICD (implantálható kardioverter

01. ÁBRA

▶ A T-800 biohibrid robot. Endoszkkeleton, elektronika, AI, és – csak az álcázásra – emberi külső szövetek



(Forrás: <https://www.cbr.com/terminator-how-much-weighs/>)

defibrillátor) és a pacemaker is hoz független döntést, de mégsem nevezhető mesterséges intelligenciának.

Az *orvosi implantátum* olyan eszköz vagy szövet, amelyet a testben vagy annak felületén helyeznek el. Talán a legtöbb implantátum protézis, míg mások gyógyszert visznek be, esetleg érzékelik a testfunkciókat, és főleg a szerveket támogatják (pl. orvosi eszközök). A *protézis* végtagot, hiányzó szervet pótló mesterséges/technikai készítmény. A protézis a test mesterséges cserealkatrésze: olyat pótol, ami hiányzik vagy már nem működik megfelelően. A mesterséges szív, amivel akár iskolába is lehet járni, vajon csak egy komolyabb implantátum? Vagy a mesterséges szívvel majdnem teljes életet élő ember már orvosi ember-kiborg?

A kiborg tehát olyan lény, amely gépi elemekből és biológiai szövetekből épül fel, azaz van biológiai és elektronikai alkotórésze is. Lehet egy ember és egy gép egysége is: részben ember, részben robot (ez az emberi/orvosi kiborg).

A KIBORGLÉT AZ ÜZLETI SZEMLELETBEN

Egy munkaerőpiaci/üzleti elmélet szerint a munkában két megközelítése (modellje) van az AI használatának, vagyis a mesterséges intelligencia és az ember kapcsolata: kentaur vagy kiborg.

A kentaur félig ember, félig ló alakú lény volt a görög mitológiában, olyan emberi lény, aki teljes egészében összenőtt valami nem emberivel (de nem géppel) azért, hogy mindkettő legjobb tulajdonságait egyesítse.

A „kentaur”-megközelítésben az ember és az AI együttműködésében az emberek az AI-t eszközként (másodpilóta) használják saját képességeik javítására. A félig ember, félig ló olyan partnerséget (kollaborációt) szimbolizál, amelyben az AI csak asszisztensként működik. Ez a megközelítés az AI-t bizonyos feladatok – például adatelemzés – elvégzésére használja fel, miközben a stratégiai döntéshozatal, innováció, az összetett problémameg-

oldás az ember része. Az egészségügyben is működik ez: például az AI használható az orvosi képalkotás első diagnózisához vagy betegadatok elemzéséhez, de végül az orvos a saját szakértelme alapján diagnosztizál. A kentaurmunkában tehát éles határvonal van személy és gép között, mint a mitológiai kentaur emberi törzse és lóteste között.

A „kiborg”-megközelítésben az AI-t integrálják az emberi munkafolyamatokba, mert a kiborgok a munka során összekeverik a gépet és az embert. A kiborgok nemcsak feladatokat delegálnak az AI-nak, hanem egyesítik vele az erőfeszítéseiket. Az ember és a gép közötti határvonal elmosódik. Ebben a modellben az AI olyan mértékben fokozza az emberi képességeket, hogy elválaszthatatlan tőlük. Ez jelentős termelékenység-növekedést eredményezhet. A pénzügyek területén például az algoritmikus kereskedési rendszerek kiborgok: az emberi képességeket messze meghaladó sebességgel és hatékonysággal kereskednek. Bár az emberek tervezik és felügyelik az algoritmusokat, de a végrehajtást főként az AI-ra bízák (részvényt ad-vesz).

HARAWAY KIBORGKIÁLTVÁNYA

Donna J. Haraway 1985-ös „kiborgkiáltványa” az egyik első posztumán filozófiai mű.¹ Ő használja először a kiborg fogalmát, de ez a szó nála nem a fizikai test módosulását jelenti: számára a kiborg a technika által teljesen áthatott létezési mód (a technológia által szervezett társadalom) metaforája, egyik kulcskérdése pedig a technikai hálózatokba integrált személyiség és identitás elemzése. A kiborglét szerinte az univerzális egyesítés irányába mutat: a kiborg felszámolja az esszenciális társadalmi alaptengőseket, melyek a társadalmat szervezik és gátolják a kisebbségek egyenjogúsági törekvéseit is. Haraway szerint a jelenlegi társadalomban képtelenség fenntartani az olyan megkülönböztetéseket, mint az ember/nem ember, organikus/inorganikus, kultúra/természet. Szerinte bele kell nyu-

godunk a kiborglétmódba, és olyan társadalompolitikát kell követni, amely nyitott a hibridizációs folyamatokra.

MI A KÜLÖNBÉSG A HIBRID ÉS A KIBORG KÖZÖTT?

„...mindannyian kimérák vagyunk, gépek és élőlények megszerkesztett és elméletbe foglalt hibridjei; egyszerűen kiborgok” – írja Haraway.¹ Ez a posztumán filozófia jellemző állítása. Persze értjük, mi a metafora, de biológiai helytelen a mondat. A hibrid nem kiborg, mert a hibrid két eltérő szerves fajból (egyedből) áll. A kiborg egyik része gép, míg a kentaur hibrid. A biológiában hibridnek nevezzük azt az utódot, amely két különböző fajú, alfajú, nemzetségű organizmus ivaros szaporodás útján történő kombinációjából származik: minden sejtben két különböző organizmus genetikai anyaga van. Azt a lényt, amelynek egyes sejtjei egy fajon belüli más szervezetből származnak, kimérának nevezzük: vagyis több DNS-készlete van (2 vagy több zigótából). De egy fajon belül. A kiméra a görög mitológiában egy oroszlánfejű, kecsketestű és kígyófarkú lény (vagyis több fajból áll), több „forrás” tulajdonságait egyesíti magában, fokozva azokat. Hibrid emberek nincsenek, de emberi kimérák igen!

Az emberi kiméra tehát olyan személy, akinek legalább két különböző forrásból (zigótából) származó sejtjei vannak: ez két egymásnak idegen DNS-készletet (DNS-keveredést) eredményez. Kialakulhat akkor, ha az anya ikrekkel terhes. Ha az egyik embrió elpusztul, sejtjei a tovább fejlődővel (és megszületővel) összeolvadhatnak („eltűnő iker”-szindróma). A megszülető gyermek kimérává válik. Ennél messze gyakoribb az ún. foetomaternalis mikrokimerizmus: a terhesség során magzati és anyai sejtek kétirányú cseréje zajlik, kevés idegen sejt stabil beágyazódásához vezethet mind az anyában, mind a gyermekben, és évtizedekig fennmaradhat. Egy nő magzati sejteket hordozhat saját magzati létéből (saját anyjától), amiket az ő várandóssága alatt magzatának is tovább-

adhat.² Allogén hemopoetikus őssejt-transzplantáció során is kialakulhat kimerizmus (ami rossz prognózist jelent). A kimerának nincs egyértelmű külső jele vagy tünete, de a bőr foltos pigmentációja (2/a ábra),³ az ún. Blaschko-vonalak mentén jelentkező szokatlan bőrmintázat (2/b ábra) és a két szem különböző színe (heterochromia iridum) ennek lehetséges jelei.

CSÚCSKATEGÓRIÁS MESTERSÉGES SZERVEK, ORVOSI ESZKÖZÖK

Olyan megoldásokat mutatok be, amelyek az emberi kiborglét határát súrolhatják, mert például AI-vezérelt egészségügyi

02. ÁBRA

a) A törzs foltos (szabálytalan) pigmentációja „kiméra” esetében. b) Blaschko-vonalaknak megfelelő pigmentáció (a felkar és az alkar közötti jellegzetes pigmentációs eltérésre érdemes figyelni)



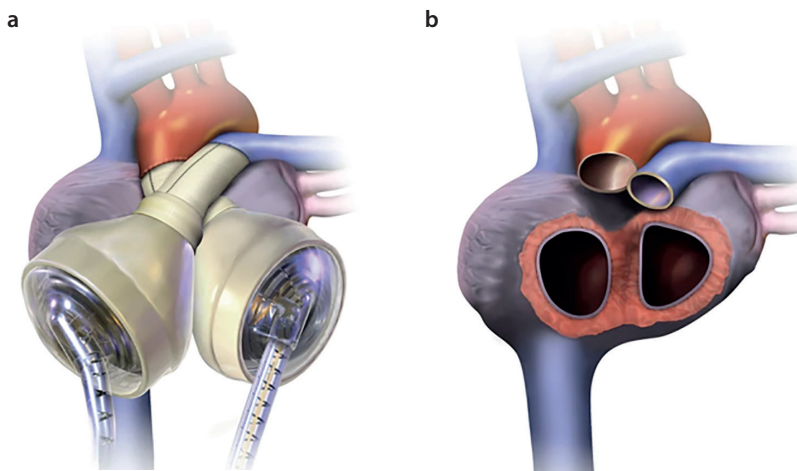
Image courtesy of JAMA Network® © 2026 American Medical Association
(Lipsker D et al. közleménye 1. ábrájának részlete³)



(van Bever Y et al. közleményének 2. ábrája⁴)

03. ÁBRA

a) A SynCardia műszív. b) A pitvarok, az aorta és a pulmonális artéria



(<https://www.syncardia.com/freedom-portable-driver-system.html>)
(<https://www.syncardia.com/surgical-technique.html>)

megoldásokká fejlődhetnek (vagy már azok is), illetve fontos, meghatározó részei az emberi szervezetnek (ha a gép/elektronika kiterjedtsége lenne az emberi kiborg kritériuma). A SynCardia átmeneti, teljesen mesterséges szív (total artificial heart, TAH) (3. ábra), amely 2004 óta rendelkezik FDA-engedéllyel mint orvosi (transzplantációs) eszköz. Igazoltan növeli a transzplantáció utáni túlélés esélyeit is a gyógyszeres kezeléshez képest. Alapvetően a transzplantáció idejéig tartó alkalmazásra fejlesztették, de már 7 éve él vele egy 45 éves, végstádiumú szívelégtelen beteg, igazolva a hosszú távú megoldást. Eddig több mint 2000 esetben implantálták. Energiaforrást is igényel (a pneumatikus szívpumpa működtetőjét), és hatalmas újdonság, hogy ez a kettő már egy hátizsákban is elfér, így a beteg nincs ágyhoz/helyhez kötve (4. ábra).

A protézisek egy hiányzó testrész pótlására szolgálnak. Léteznek testen kívüli (kar, láb) és testen belüli protézisek (ízületi

és ér pótlások, mechanikus szívbillentyűk). A protetika fő célja a hiányzó testrész alapvető fizikai funkciójának és megjelenésének helyreállítása, hogy a használó el tudja látni a mindennapi feladatokat, és akár aktív életmódot (sportot is) folytathasson. A protézisek a passzív eszközöktől a bionikus eszközökig terjedhetnek.

Az a művégtag, amely EMG-érzékeléssel (így az idegekkel, izmokkal) van összekapcsolva, és akaratlagosan fogni, szorítani, simogatni is lehet vele (AI szabályozza, hogy az ember szorít-e vele, vagy inkább simít) (5. ábra), csak egy szuperprotézis, vagy már kiborglét? Ilyet készít a négy ukrán fiatal által alapított Esper Bionics (5. ábra). Ha már érezni is lehet vele (erre haladnak), és ez az érzet mesterséges intelligenciával módosítható (elviselve például a forróságot), akkor lett kiborg a viselője? A kevés mozgásra képes művégtagtól hamarosan eljutnak nemcsak EMG-vel, de már ENG-vel, EOG-vel (elektrookulogram) irányítható bionikus művégtagig.⁵

04. ÁBRA

▶ SynCardia a Freedom Driver hordozható pneumatikus pumpával



(<https://www.syncardia.com/freedom-portable-driver-system.html>)

A bionika a protetikai technológia legfejlettebbje. A mechanikus és elektronikus alkatrészeket egyesítve integrációt hoz létre az eszköz és a felhasználó idegrendszere között. A hagyományos protézisek az alapvető mechanikai funkciókra összpontosítanak, a bionikus protézis végtagok kapcsolódnak az idegvégződésekhöz és az izmokhoz, sőt visszacsatolás is lesz: intuitív kapcsolatot teremt a felhasználó és az eszköz között. A műkéz még nem érzékel, de már zajlanak kísérletek a neurális interfész kialakítására, amivel fájdalmat, nyomást is lehet majd érzékelni. A valódi kezét minden szempontból helyettesítő bionikus kéz elkészülése közeledik. Ha sikerül, az hatalmas technikai ugrás – véleményem szerint – a kiborglét felé, mert bár kezünk a test 1%-át adja, működése a központi idegrendszer 30%-át igényli.⁵

A cochleáris implantáció nálunk is régóta elérhető. Az implantátum nem állítja

helyre a normális hallást, csak „ábrázolja” a környezet hangjait, ezért meg kell tanulni hallani vele a hangokat. A cochleáris implantátum nem hallókészülék (amely csak felerősíti a hangokat): közvetlenül stimulálja a hallóideget. Az implantátum által generált jelek a hallóideg útján jutnak el az agyba, amely a jeleket hangszerűként ismeri fel, de ez eltér a normál hallástól. Lényege, hogy a mikrofontól, majd a beszédprocesszorból érkező jelek elektromos impulzusokká alakulnak, és az elektródák a különböző impulzusokat a hallóideg különböző régióiba továbbítják (6. ábra).

A bionikus szem bonyolultabb, de létezik – egyetlen ember esetében – másfajta megoldás, a színhallás. Az akromatopszia a retina kúpjait érintő genetikai betegség (incidenciája 1:30 000), az ilyen beteg nem látja a színeket. Nincs gyógymódja, ezért az így született Neil Harbisson különleges érzékelőt

fejlesztetett ki: a fején lévő kamera a fényhullámokat a koponyacsontra rögzített chipre közvetíti, ami azokat hanghullámokká alakítja, melyek a koponyája occipitális csontján keresztül a belső fülhöz jutnak (csontvezetéses hallás). Tehát „hallja” a színeket. Ez a megoldás azon alapul, hogy kétféleképpen hallunk: légvezetéssel (a hang a levegőn keresztül jut el a belső fülbe) és csontvezetéssel (a hang a fej csontjain keresztül jut el a belső fülhöz). Nem újdonság, hiszen halláskárosultak számára ún. csontvezetéses implantátumok is használatosak, ilyen például a Cochlear cég Baha System megoldása (7. ábra).

Az eszköz különlegessége, hogy az UVB-, infravörös és wifihullámokat is vesz, és Harbisson ezt érzékeli is. Esetében fordítva is igaz: nemcsak hangimpulzusok segítségével azonosít színeket, de hangokat tud színekre fordítani (8. ábra). Ez pluszképességgel ruházza fel (ezt nem mesterséges intelligenciával éri el), ami lehet a kiborglét egyik kritériuma.

05. ÁBRA

EMG-vel működő Esper Bionics-kéz

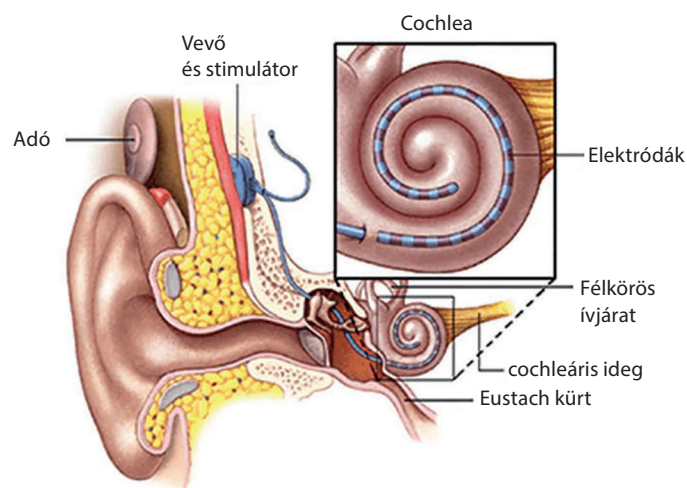
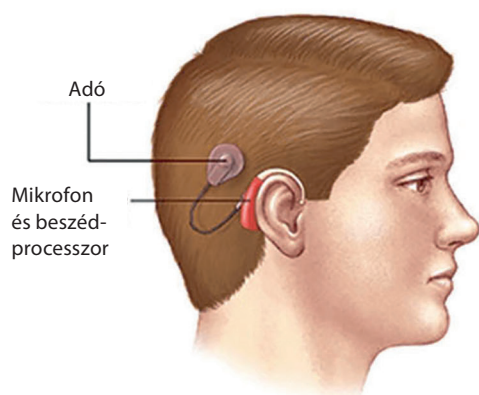


(<https://united24media.com/business/how-ukrainian-start-ups-are-transforming-the-tech-world-one-step-at-a-time-2670>) Esper Bionics

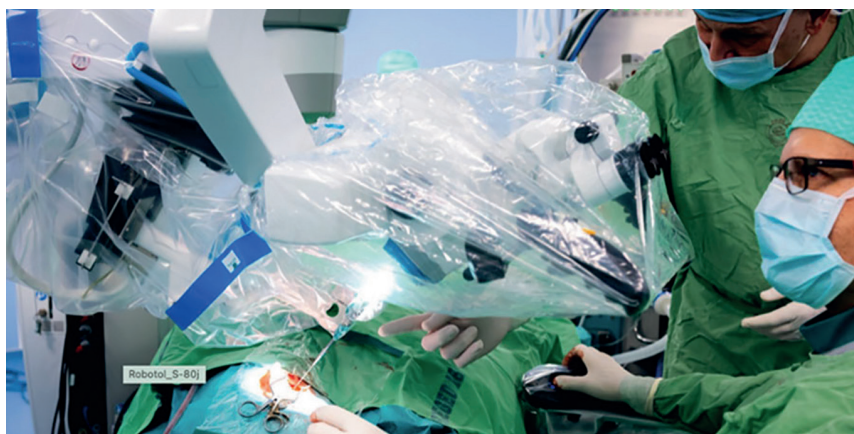
06. ÁBRA

a) A cochleáris implantátum, b) amelyet már Szegeden is a francia Robotol fülészeti robottal operálnak (kiborg orvos?)

a



b



(<https://sinosz.hu/hasznos/cochlearis-implantacio/>, <https://www.collinmedical.fr/en/robotol/4207-systeme-robotol-avec-accessoires.html>, <https://u-szeged.hu/sztechirek/2025-februar/robottal-mutenek-szte>) SZTE NKI Sahin-Tóth István

„A modern háború pedig egy kiborgorgia, melyet a C³I kódol: command-control-communication-intelligence” (irányítás-ellenőrzés-kommunikáció-hírszerzés) – írja Haraway.¹ Az exoskeleton mint harcászati eszköz szintén filmekből lehet ismerős, például *A holnap határa* katonáinak erejét megsokszorozza (9. ábra). Az egészségügyben azonban még csak pótolja. Például az FDA- és CE-engedéllyel rendelkező ReWalk Personal Exoskeleton egy robotizált exoskeleton, amely csípő- és térdtartást, valamint -moz-

gást tesz lehetővé gerincvelő-sérülés esetében (T7-L5 szinten). A rendszer a beteg által indított mozgást biztosítja számítógépes vezérléssel és mozgásérzékelőkkel (applikáció is jár hozzá). Magyar szerzők – többek között – az Ekso NR (Eksobionics) szintén valid exoskeletonjával az OORI-ban szerzett tapasztalatokról számolnak be (9. ábra).⁶

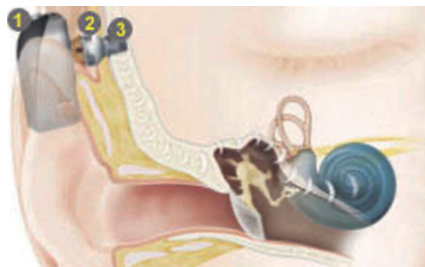
ÖSSZEFOGLALÁS

Nincs pontos meghatározása az orvosi ember-kiborg létnek.⁷ Felmerül azonban,

hogy az orvostudomány óriási fejlődése nyomán ma holnap erre is szükség lesz. Az implantátumokkal és mesterséges szervekkel élő ember természetesen nem kiborg, de a gép (+AI) emberi szervezetbe integrálódásának lesz majd olyan mértéke (a „hibriditás” foka), hogy nem kizárólag az idegrendszer működését kiegészítő eszközként funkcionál – azaz nem csupán intelligens, mint például a bionikus szem, hanem adaptív és kreatív (gépi tanulás). Vagyis az emberi képességeket nemcsak kiegészítő,

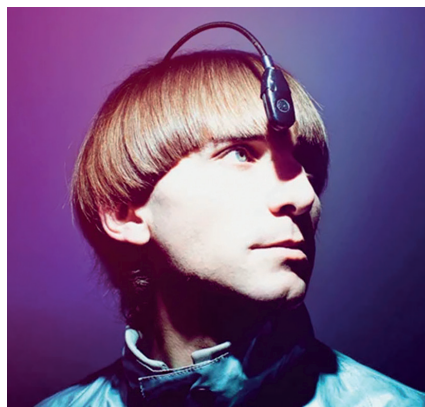
07.
ÁBRA

Baha System – csontvezetési implantátum



1) hangprocesszor, mely érzékeli a hangot, és rezgésekké alakítja, 2) az eszköz, amely összeköti a hangprocesszort az implantátummal, 3) az implantátum közvetlenül a csigába továbbítja a hangrezgéseket (<https://www.cochlear.com/us/en/professionals/products-and-candidacy/baha>)

hanem az ember biológiai képességeit növelő eszköz lesz: ekkor születhet meg az orvosi ember-kiborg. De erről részletesen majd a második részben.

08.
ÁBRANeil Harbisson szín-
hallása

(<https://www.dezeen.com/2013/11/20/interview-with-human-cyborg-neil-harbisson/>),

09.
ÁBRA

a) Tom Cruise katonaként *A holnap határa* című filmben. Az exoskeleton egyben fegyver is. b) és c): Az Eksobionics exoskeletonja pl. gerincvelő-sérülés esetén ad új életet a kerekesszék helyett



b



c



(<https://port.hu/galeria/a-holnap-hatarara/movie-147836?openwith=610741>, <https://eksobionics.com/eksonr/>, <https://eksobionics.com/spinal-cord-injury/>) Esko Bionics

Kosztolányi Dezső

Csak hús vagyok. Csak csont vagyok.

Csak hús vagyok. Csak csont vagyok.

Gép a fejem. Gép a kezem.

De ami elmúlt, azt tudom.

Sírtam, nevettem az uton.

Én, ember, én. Emlékezem.

(1924)

Nyilatkozat. A közlemény más folyóiratban korábban nem jelent meg, és nem került beküldésre. A szerző a cikk megírása, illetve a kutatómunka során anyagi támogatásban nem részesült. A szerzőnek a cikk témájával kapcsolatos érdekeltsége nincs. A dolgozat nem sérti a Helsinki deklaráció előírásait.



Levelezési cím:

info@ebetegbar.hu

A szerző munkahelye:

Dr. Speer Gábor: PhD, endokrinológus szakorvos, E-betegbár-alapító, endokrinológiai magánrendelések



Irodalom:

1. Haraway JD. Kiborg kiáltvány: tudomány, technika és szocialista feminizmus az 1980-as években. Replika 2005;51-52:107-139

2. Sedov E, McCarthy J, Koren E, et al. Fetomaternal microchimerism in tissue repair and tumor development. Dev Cell 2022;57:1442-1452

3. Lipsker D, Flory E, Wiesel ML, et al. Between light and dark, the chimera comes out. Arch Dermatol 2008;144:327-330

4. Van Bever Y, Wolffenbuttel KP, Brüggewirth HT, et al. Multiparameter Investigation of a 46,XX/46,XY Tetragametic Chimeric Phenotypic Male Patient with Bilateral Scrotal Ootestes and Ovary Activity. Sex Dev 2018;12(1-3):145-154, doi: 10.1159/000479946

5. Aman M, Sporer ME, Gstoettner C, et al. Bionic hand as artificial organ: Current status and future perspectives. Artif Organs 2019;43:109-118

6. Sándor K, Mirk B, Takács P, et al. Robotterápia alkalmazása a rehabilitációban alsó végtagi funkciózavarok esetén. Rehabilitáció 2022;32:15-20

7. Papakonstantinou E, Mitsis T, Dragoumani K, et al. The medical cyborg concept. EMBnet J 2022;27:e1005