

A mesterséges intelligencia története

Buzás György Miklós dr.^{1,2}

¹Ferencvárosi Egészségügyi Szolgáltató KKNP Kft., Gasztroenterológia, Budapest; ²MEDOC Egészségközpont, Gasztroenterológia, Budapest
Correspondence: drbgym@gmail.com

A mesterséges intelligencián alapuló vizsgálati módszerek az utóbbi évtizedekben terjedtek el az orvostudományban, így a gasztroenterológiában is. A mesterséges intelligencia előfutárai az ókorban jelentek meg, és szakaszosan fejlődtek az eltelt évszázadok során. A mai értelemben vett mesterséges intelligencia fogalmai (mélytanulás, gépi tanulás, neurális hálózatok, fuzzy logika) az 1950-es évektől alakultak ki. Magyar tudósok számos jelentős elméleti és gyakorlati megoldással járultak hozzá a folyamathoz. A mesterséges intelligencia módszereit egyre szélesebb körben alkalmazzák a gasztroenterológia számos területén (*Helicobacter pylori* diagnosztika, daganatos betegségek, gyulladásozós bélbetegségek, képalkotó módszerek, gyógyszertervezés). Kialakulóban vannak hazai centrumok, ahol a mesterséges intelligencia saját fejlesztésű módszereit alkalmazzák.

KULCSSZAVAK: gasztroenterológia, konvolúciós neurális hálózat, mesterséges intelligencia, mélytanulás

History of artificial intelligence

Technological advances of artificial intelligence were developed in recent decades, offering an opportunity to benefit gastroenterological practice. The precursors of artificial intelligence occurred in the ancient times and gradually developed over the past centuries. The current conceptions and vocabulary of artificial intelligence (deep learning, machine learning, neural networks, fuzzy logic) were developed from the 1950's onwards. Hungarian scientists made a significant contribution to this process. Methods of artificial intelligence are applied more and more in different fields of gastroenterology (diagnosis of *Helicobacter pylori* infection, tumours, inflammatory bowel disease, imaging studies, drug development). Original methods of artificial intelligence are developed and applied in some Hungarian endoscopic centers.

KEYWORDS: artificial intelligence, convolutional neural network, deep learning, gastroenterology

A mesterséges intelligencia (MI, AI) kutatása és alkalmazása egyre nagyobb teret nyert az utóbbi évtizedekben, elterjedt az orvostudományban is, befolyásolva nemcsak az orvosi gondolkodást, de az egészségügyi ellátást is, annak egyelőre sejtethető és előre nem látható gyakorlati, jogi és etikai következményeivel (1, 2). A témával kapcsolatos kutatások száma exponenciálisan növekszik: az 1. táblázat ezek irodalmi lábnyomát tünteti fel a Pubmed alapján (<http://www.pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>, kapcsolódva: 2021. május 15.).

A gépi tanulás rövidesen tantárgy lesz, az interneten 895 \$-ért már 4 napos tanfolyamot lehet végezni (<https://statisticalhorizons.com/seminars/public-semi->

nars/machinelearning, csatlakozva: 2021. április 20.). Időszerű tehát az MI történetének áttekintése, kiemelve a magyar tudósok hozzájárulásait.

A mesterséges intelligencia előfutárai

Bár az MI (AI) fogalma az 1950-es években alakult ki, az emberiség régi szándéka volt, hogy egyes tevékenységeit gépekkel helyettesítse. Ezt elsőként *Arisztotelész* (Kr. e. 384–324) fogalmazta meg *Politika* c. művében: elképzelése szerint az általa automatonnak nevezett berendezések képesek a rabszolgák munkájának elvég-

1. táblázat: A mesterséges intelligencia lábnyoma az orvosi irodalomban

Adatbázis	Keresőszó	Publikációk száma
Pubmed/ Medline	Artificial intelligence	125 415
	Deep learning (mélytanulás)	24 164
	Convolutional neural network ua. + gastroenterology	11 143
	Artificial intelligence + Hungary	866
Orvosi Hetilap	Mesterséges intelligencia	263
		15

zésére: mindegyik egy bizonyos tevékenységet tudna vezényszóra elvégezni. Ötlete sohasem valósult meg, de *Organon* (= görögül szerszám) c. munkájában lefektette a logika és a szillogizmus alapjait: ezeket később a matematikában és az MI módozatainak kidolgozásában fogják alkalmazni. *Euklidész* (Kr. e. 300 körül) *Elemek* c. munkájában írta le a számelméleti algoritmust, amellyel két szám legnagyobb közös osztója határozható meg: munkája arab fordításban maradt fenn, majd 1482-ben jelent meg mint az első latin nyelvű matematikai könyv. Az algoritmus kifejezés azonban a Bagdadban élt perzsa *Mohammed ibn Musa al-Khvarizmitól* (Kr. u. 780–850) származik, aki matematikai, csillagászati és földrajzi tanulmányai mellett zsidó kalendáriumot is szerkesztett. A bagdadi Bölcsök Háza könyvtárát vezette, és az algoritmus szó nevének latinizált változata (3–5).

1. ábra: Kempelen Farkas sakkozógépe (Joseph von Racknitz [1744–1818] rajza, Drezda, 1789)



Az elmúlt két évezredben számos olyan gépet, játékot, eszközt, szerkezetet terveztek, amelyek az MI előfutárainak tekinthetők: néhányat – a teljesség igénye nélkül – a 2. táblázatban mutatok be.

A 19. század végén olyan élettani, neurológiai és szövettani felfedezések történtek, amelyek utóbb beépültek az MI fogalmaiba, hiszen azok az idegrendszer szerkezeti mintájára alakultak ki. A neuron kifejezést *Galénosz* (Kr. u. 129–200) használta először, felismerve, hogy az izmokat az idegek mozgatják; mai értelemben az idegsejt elnevezése *Heinrich Wilhelm Gottfried Waldayer* (1836–1921) berlini szövettanásztól származik, aki 1891-ben vezette be a terminust; ő használta először a kromoszóma kifejezést is. Szövettanilag a neuront 1888-ban mutatta ki ezüstnitrát festéssel *Santiago Ramon y Cajal* (1853–1934) (Nobel díj: 1906) Zaragozában. Vele majdnem egy időben, 1893–1895 között végzett idegrendszeri kutatásokat *Lenhossék Mihály* (1863–1937): munkája elérhető az interneten (Der feinere Bau des Nervensystems im Lichte neuester Forschungen, Fischer's Medicinische Buchhandlung, Berlin 1893, <http://archive.org/details/derfeinerebaudes00lenh/page/n5>), történeti érdeklődésű hálózatkutatóknak tanulságos olvasmány lehet (2. ábra). A mai MI-ben a konvolúciós neurális hálózat az agytekevnyek mintázatát reprodukálja.

A mesterséges intelligencia fejlődése a 20. században

Az ideghálózat első matematikai megközelítését *Warren McCulloch* (1898–1969) és munkatársa végezte 1943-ban a chicagói egyetem pszichiátriai tanszékén, felismerve, hogy az idegrendszer „mindent vagy semmit” elv alapján működik, így matematikailag modellezhető: ezáltal létrehozható a mesterséges neuron (6). Az általuk megalkotott modell tekinthető a mesterséges neurális hálózat őseinek. Az MI kialakulásához olyan világhíres

2. ábra: Lenhossék Mihály könyvének fedőlapja és felvétele (30 cm hosszú emberi foetus gerinovel metszetében látható neurális hálózat Golgi-féle ezüstnitrátos festéssel)



2. táblázat: A mesterséges intelligencia kialakulása

Korszak, év	Terület/ország/helység	Elnevezés	Eszköz, szerkezet, készülék	Megjegyzés
Kr. e. 2500–3000	Mezopotámia, Egyiptom, Görögország, Kína, Japán, Mexikó	Abakusz (görög jelentése: deszka, tábla, sík felület)	Kőből, fémből, fából, márványból készült rudak, amelyeken mozgatható golyókkal a négy alapműveletet lehet végezni.	Ma is használatos. A komputer előfutárának tekintik. A Forbes szerint a második leghasznosabb szerkezet az emberiség történetében.
Kr. e. 300–400	Kréta szigete	Talosz	Mitológiai bronz automata, szerepe Minosz király anyjának, Európának védelme a kalóztól.	A tűz, a kovácsok és a fémfeldolgozás istenének, Héphaisztosznak az alkotása volt.
Kr. e. 285–222	Alexandria	Ktészibiosz (Tesibius) vízórája, a klepszidra	A víz mozgásán alapuló időmérő eszköz, az athéni bíróságokon a szónokok beszédének időtartamát mérte.	Az alexandriai museion (Múzeum) első vezetője, órája a könyvtárral együtt elpusztult (Kr. e. 48–47). Több változata Kínában, Indiában, Babilonban, Perzsiában terjedt el.
1232–1315	Palma de Mallorca	Ramon Llull (Raimundus Lullus)	Az Ars Magna c. művében (1305) írta le a forgatható tárcsák rendszerét: a tárcsákon szavak és betűk vannak, amelyekből forgatással kombinációk hozhatók létre.	Munkája ihlette Gottfried Leibnizet (1646–1716) a formális logika kidolgozásában. Llull tekintik a kombinatorika első előfutárának.
1352	Strasbourg	A Notre Dame katedrális automata órája	Az óra jobb oldalán egy kakas időnként a fejét és a szárnyait mozgatja. Az óra felett keringő angyalok mozognak. Az órához örökös naptár tartozik.	A keresztény templomokban gyakori volt a Krisztus vagy az ördög mozdulatait utánozó automaták építése.
1495	Milánó	Leonardo da Vinci (1452–1519)	Fából, bronzból, bőrből és fémből készült, kábelrendszerrel mozgó robot. Feje, végtagjai mozgathatók.	A robotnak csak tervrajza maradt fenn a Leonardo Codex Atlanticus című, 12 kötetes, rajzait és írásait tartalmazó művében, nem tudni, hogy valaha megépült-e.
1568	Prága	Júda Löw ben Becalél (1520–1609) rabbi	Agyagból és sárból gyúrt műember, aki megvédte a zsidókat a támadások ellen.	A gölem szó a Zsoltárok könyvében szerepel, tökéletlen testű lényt jelent, aki parancsra egyszerű, ismétlődő automata mozgást végez.
1642	Párizs	Blaise Pascal (1623–1662)	Fogaskerekű összeadó gép.	Készülékét arithmometernek nevezte.
1671–73		Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716)	Mind a négy alapműveletet végző gépezet.	Leibniz tökéletesítette az arithmometert, és javasolta a 2-es számrendszer használatát.
1738	Párizs	Jacques de Vacanson (1709–1782) által a Tuillériák kertjében kiállított automata kacsa	Fejét, szárnyait, lábait mozgatni képes műkacsa, amely ételt is elfogadott, és széklete volt: ezzel előzetesen töltötték fel a műbélét.	Korábban nagyon népszerű volt, és hozzájárult ahhoz, hogy a fiziológusok az emésztést pusztán mechanikai folyamatnak tekintsék.
1767–1782	Pozsony, Bécs, Budapest	Kempelen Farkas (1734–1804)	A Török néven sakkozógépet készített, de benne egy ember el volt rejtve. A gép olyan ellenfelek ellen győzött, mint Bonaparte Napóleon (1769–1821) és Benjamin Franklin (1706–1790). Az első billentyűvezérlésű hangszintetizátor is a nevéhez fűződik.	Építészként a budai Várszínházat ő tervezte, emellett gőzturbinát, szivattyúkat is készített. Találmányait nem tudta kamatoztatni, szegényen halt meg. Sakkozógépet Mária Teréziának (1717–1780) is bemutatta (1. ábra).
1819–1822	Cambridge, London	Charles Babbage (1791–1871)	Kézi vezérlésű mechanikus számító gépet tervezett, amely a mai komputerek előfutárának tekinthető.	Kempelen sakkozógépet bemutatta Angliában. Számító gépe azonban méltatlanul feledésbe merült.
1854	London	George Boole (1815–1864)	A valószínűségi számítás kidolgozója. A logikát egyszerű algebrává alakította át, amelyben csak két mennyiség: a 0 és az 1 szerepel.	A Boole-algebra a modern számítógépek alapját képezi.

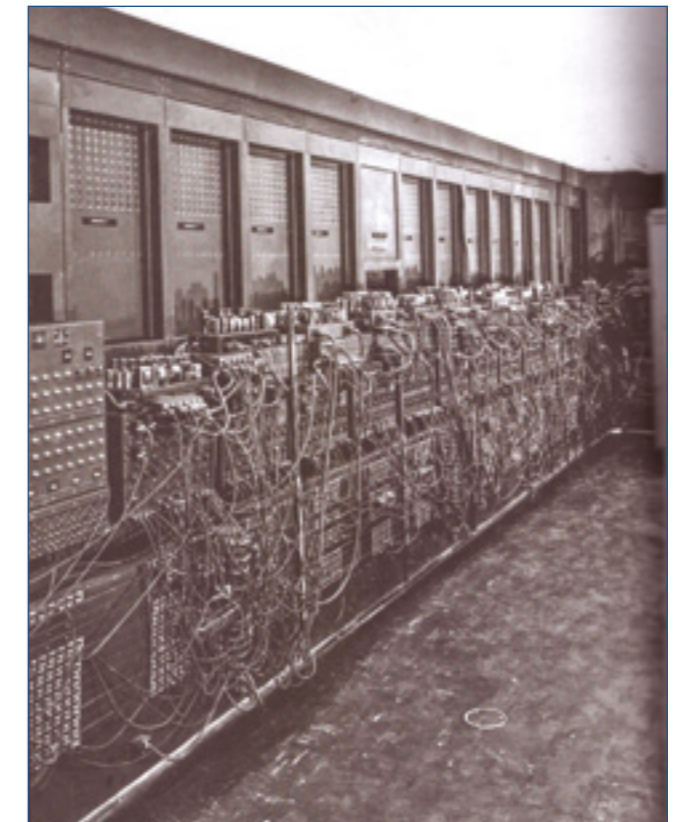
2. táblázat folytatása

1931–1935	Oroszország, Írország	Emanuel Goldberg (1881–1970) Edmund Gournier d'Albe (1868–1933)	Optikai betűfelismerő rendszerek. Vakok számára készített betűfelismerő.	Mikrofilmek írásmintázatának felismerése. Az optikai betűjelek felismerése matematikai módszerrel történt.
1928–1938	Pennsylvania, Bell laboratórium, Western Electric Company	Homer Dudley (1896–1980)	Az emberi beszéddel analóg hangjelekből mesterséges beszédet készített.	Stephen Hawking (1942–2018) asztrofizikus a beszédszintetizátor továbbfejlesztett változatát használta.

matematikusok járultak hozzá, mint *Erdős Pál* (1913–1996), *Rényi Alfréd* (1921–1970), valamint a játékelmélet és a modern számítógépek atyja, *Neumann János Lajos* (1903–1957). *Neumann* részt vett a Manhattan-tervben az atom- és hidrogénbomba kifejlesztésében. Munkája során olyan összefüggéseket fedezett fel, amelyek hagyományos matematikai módszerekkel nem oldhatók meg, így érdeklődése a nagysebességű elektronikus számítógépek felé fordult. 1944–1952 között részt vett az ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer) és az EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer) programtároló számítógép tervezésében, és kidolgozta a számítógépek belső szervezésének elvét: ezt ma *Neumann-elvnek* nevezik. Az ENIAC egy egész termet elfoglalt, 1700 vákuumcsövet tartalmazott, 30 tonnát nyomott, és óránként 100–150 kilowatt áramot fogyasztott, 10-es számrendszerben (numerikusan), és nem binárisan számolt: 1955-ig működött (3. ábra). A korszakra jellemzően létezett egy Z3-AS német és British Colossus angol számítógép is, de ezek nem voltak teljesen elektronikusak. Magyar hozzájárulás a *Kemény János* (1926–1992) által megalkotott BASIC nyelv, illetve a *Szilárd Leó* (1898–1964) által meghatározott elemi információk kvantum, a bit (igen/nem) fogalma is (3). Az MI kialakulásában fontos szerepet tulajdonítanak *Alan Mathison Turingnak* (1912–1954), aki az 1930-as években kidolgozta a programozható számítógép matematikai modelljét: azt Turing-gépnek nevezték el. 1950-ben jelent meg szakirodalmi klasszikusa arról, hogy tudnak-e a gépek gondolkodni (7). Kidolgozta a Turing-tesztet, amely abból áll, hogy a bíráló egy billentyűzet és egy monitor segítségével kérdéseket tesz fel két alanyra, akiket nem lát és hall, az egyik ember, a másik gép. Ha a kérdező öt perc alatt nem tudja egyértelműen megállapítani, hogy melyik a gép, akkor az sikerrel teljesítette a tesztet. *Turing* úgy vélte, 2000-re olyan programot alkotnak, amely 5 perc alatt 70%-os eséllyel különbséget tehet ember és gép között: ez nem sikerült (8, 9). 1942-ben megfejtette a német haditengerészet Enigma titkosírását: ezt *Winston Churchill* (1874–1965) is nagyra értékelte. A háború után a sorsa rosszra fordult: az érdekei ellenére a homoszexuális kapcsolata miatt elítélték. 1954-ben ciánkálival öngyilkos lett. Az MI kialakulását elősegítette *Norbert Wiener* (1894–1964) amerikai matematikus és filozófus, aki 1948-ban a kibernetikát az ember és a gépek közötti kommunikáció tudományának vélte, valamint a magyar felmenőkkel

rendelkező osztrák *Ludwig von Bertalanffy* (1901–1972) osztrák biológus általános rendszerelmélete. A mai értelemben vett MI fogalmát *John McCarthy* (1927–2011) informatikus javasolta 1956-ban a New Hampshire-i Dartmouth Egyetem konferenciáján, és azt a jelen lévő szakemberek elfogadták (11). Célja az volt, hogy megkülönböztesse a kibernetikától. Az MI elterjedése párhuzamos volt az új technológiai újítások bevezetésével: az 1980-as években jelentek meg a fém-oxid félvezetők (MOS: metal-oxide semiconductor) és a komplementer félvezetők (CMOS): ezek tették lehetővé a neurális hálózatok fejlesztését. Az orvostudományban elsőként a Stanford Egyetemen *Joshua Lederberg* (1925–2008) genetikus és munkatársai az 1960-as években alkalmaztak okos algoritmusokat a szerves vegyületek spektrometriai adatainak elemzésében, de a Nobel-díjat a plazmidok felfedezéséért kapta (1958). Az általuk kidolgozott DENDRAL (= dendritic

3. ábra: Az ENIAC számítógép képe (Neumann János és munkatársai, 1944) (Forrás: Wikipédia)



3. táblázat: A mesterséges intelligencia fogalmai

Fogalom	Meghatározás
Mesterséges intelligencia	Az emberi kognitív funkciókhoz hasonló tulajdonságokkal rendelkező gép/szerkezet/berendezés, amely feladatokat tud megoldani, és képes tanulni.
Gépi tanulás	Bevitte adatokból automatikusan készített algoritmusok alapján hozott döntések, amelyeket előzetesen nem programoztak be.
Mélytanulás	Többretegű neurális hálózati algoritmusokat alkalmazó, önállóan tanulni képes és a gyakorlattal önállóan fejlődni tudó rendszer.
Konvolúciós neurális hálózat	A mesterséges neurális hálózatok speciális, többretegű formája, amelyben egymással összekötött bemeneti rejtett és kimeneti rétegek segítségével történik döntéshozatal, képfelismerés.
Fuzzy (elmosódott halmaz) logika	Folytonos, közbülső valóságértékekkel dolgozó logikai rendszer az informatikában, szemantikában, matematikában, valószínűségszámításban és mesterséges intelligenciában.

algorithm) program számos további MI-módszer kialakulásához vezetett (11).

Az 1950-es évek óta az MI több módzata alakult ki: meghatározásukat glosszáként a 3. táblázatban ismerettem.

- A gépi tanulás kifejezést *Arthur Samuel Lee* (1902–1990) vezette be 1959-ben: az IBM-nél olyan számítógépet tervezett, amely dámajátékot tudott játszani. Elsők között alkalmazta a számítógépekben a tranzistorokat.
- A mélytanulás módszerét először 1965-ben használta *Alekszej Ivaknenko* (1913–2007) ukrán-szovjet matematikus, de csak 1986 után kezdték széleskörűen alkalmazni. Használták a beszéd felismerésben, idegen nyelvek fordításában, gyógyszertervezésben, festészeti stílusok, arcképek felismerésében és azonosításában, de alkalmazásra lelt az üzleti életben és szórakoztatásban is (3).
- A fuzzy logika fogalmát (elmosódott halmazok logikája) 1965-ben vezette be *Lotfi Zadeh* (1821–2017) matematikus-informatikus a berkeley-i Kaliforniai Egyetemen. Eredete az ókori görög filozófusokig vezethető vissza. Szemben a hagyományos igen/nem alapú (1 vagy 0) logikával, az FL folytonosan értékeli a valódi értékek megoszlását. 1973 óta elterjedt a háztartási elektronikus gépekben, szórakoztatóiparban, színesfilm-gyártásban, fényképezőgépekben, a gépjárművek lopásgátló berendezéseiben, de az orvosi készülékekben is (pl. hőmérő, vérnyomásmérő) (3).

A konvolúciós neurális hálózat (KNH) az MI legelterjedtebb módzata az orvosbiológiai kutatásokban. Fejlesztésében döntő előrelépés volt a *Frank Rosenblatt* (1928–1971) által 1957-ben kidolgozott perceptron algoritmus, amely lehetővé tette a mintázatfelismerést: a berendezés IBM 704-es számítógépen a Cornell laboratóriumában (Ithaca, New York állam) működött. Találmánya nemzetközileg is elismert lett, a Mark I nevű perceptron a washingtoni Smithsonian intézetben van kiállítva. A mintázatfelismerés akkoriban az arcfelismerésre korlátozódott: kezdete 1852-re vezethető vissza, amikor angliai börtönökben bevezették a fogvatartottak fényképes nyilvántartását. A kezdetben kétrétegű perceptront *Marvin Minsky* (1928–2016) és munkatársai továbbfejlesztették: a többretegű berendezésükben

még több ezer vákuumcső működött (3, 11). Ezután kifejlesztették a többretegű mesterséges neurális hálózatokat (ANN), amelyek számos változatát használják a mai orvosbiológiai kutatásokban, köztük a gasztroenterológia számtalan területén [(*Helicobacter pylori* fertőzés kimutatása (12, 13), gyomor- (14) és pancreasrák (12), vastagbélpolipok szövettani megítélése (12), a gyulladássos bélbetegségek szövettani elemzése (15)]. A hepatológiában a májdaganatok képalkotó és szövettani diagnózisában és a fibrózis fokozatának megítélésében alkalmazzák az MI-t (16).

Mesterséges intelligencia a gasztroenterológiában: hazai tapasztalatok

Az MI hazai meghonosítása *Roska Tamás* (1940–2014) akadémikus nevéhez fűződik, aki az 1980-as években munkatársával, a kínai-Fülöp-szigeteki-amerikai *Leon O. Chuával* (1936) a berkeley-i Kaliforniai Egyetemen kifejlesztette a celluláris neurális számítógépet és az ahhoz kapcsolt chipet. *Hámori Józseffel* (1932–2021) közösen végzett kutatásai a bionikus szemprotézis kifejlesztését tűzték ki célul. Munkáját fia, *Roska Botond* neurobiológus Zürichben sikerrel folytatja.

A budapesti II. Belgyógyászati Klinika és az Országos Onkológiai Intézet közös munkacsoportja elsőként tanulmányozta a gyomor daganatainak citogenetikai kiértékelését a fuzzy logikán és KNH-n alapuló MI-módszerrel, és azt észlelték, hogy az esetek 95%-ában lehetséges a normális, dysplasiás és tumoros esetek elkülönítése (17). 1998-as összefoglaló közleményünkben *Molnár Béla és munkatársai* az akkori irodalom alapján elsősorban az emésztőszervi tumorok és a képalkotó módszerek területén látták az MI fő alkalmazási lehetőségeit (18).

Az MI gyakorlati alkalmazása megkezdődött hazai endoszkópos centrumokban is. Több egyetemi és megyei oktatókórházban dolgozó kutatócsoport *Fujinon 760 Eluxeo* endoszkóppal 2000 vastagbélpolip adatait elemezte. A felvételeket WL, BLI és CLI módban készítették, majd PolyBrain számítógépes programmal tesztelték, és összevetették a polipok szövettani eredményével. A munkacsoport tapasztalata szerint az MI-alapú program diagnosztikus teljesítménye azonos volt

a tapasztalt (expert) endoszkópos szakemberek által elért pontossággal, igazolva az MI noninferior voltát (19, 20). Az eddigi tapasztalatokról *Lovász Barbara Dorottya* tartott Magyar Imre-émlékelőadást a 62. MGT-nagygyűlésen (21). *Rácz Istvántól* (Petz Aladár Megyei Oktató Kórház, Gasztroenterológia) hallhattunk előadást az MI alkalmazásáról a vastagbélpolipok felismerésében, bemutatva saját tapasztalatát is (22).

Az endoszkópia mellett az MI helyet követel magának a képalkotó (CT, MRI) diagnosztikában: a témáról eddig összefoglaló közlemények jelentek meg, előrevetítve a jövőbeni lehetséges alkalmazást (23, 24).

Az alap kutatásban kiemelkedő *Barabási Albert-László* tevékenysége, aki a bostoni Northeastern egyetemen közel 20 éve foglalkozik a hálózatkutatással, kimutatva a daganatos betegségek és egyes gének (Kras, p53, Erb2) közötti összefüggéseket. Az emberi betegségek alkotta hálózatok kutatásának nagy jövője van a patogenetikai ismeretek, osztályozások módosításában és az egyénre szabott gyógyszeres kezelésben (25). *Csermely Péter* a Semmelweis Egyetem Biokémiai intézetében az idegsejtek tanulás által keletkezett biokémiai folyamatában végzett nemzetközileg is jegyzett kutatásokat, kimutatva a jelátviteli hálózatok jelentőségét a gyógyszermolekulák tervezésében (26). *Mátyus Péter* az MI lehetőségeit elemezte az innovatív gyógyszerkutatásban (27). Remélhetőleg mindezen területeknek lesz gyakorlati alkalmazása a gasztroenterológiában.

A mesterséges intelligencia alkalmazásának etikai kérdései

Mint a tudomány legtöbb területén, az új ismeretek és módszerek bevezetése előbb-utóbb etikai kérdéseket vet fel. Az MI alkalmazásában többszörös hibalehetőség van, amelyeknek jogi és etikai elbírálása még nem tisztázott: az MI létezik, de mesterséges jog és etika nem ismert (2, 3).

- **Adatfeldolgozás.** Az MI adatok elemzéséből épül fel, amelyeknek minősége és mennyisége meghatározza az eredményességet. Minőségi eredményt csak minőségi adatokból lehet elérni. Mivel a bizonyítékokon alapuló ajánlások jórészt metaanalíziseken alapulnak, téves adatokból téves ajánlások, ebből pedig téves gyakorlat származhat. A metaanalízisek adatbázisát kutatók állítják elő, ezzel szemben az MI gépek, berendezések által érzékelt adatokból dolgozik: az algoritmusok hatalmas, de emberektől származó adatmennyiséget dolgoznak fel. Ebben a szakaszban felmerül a hibás adatrögztítés, illetve az adatvédelem: hozzáértő személy számára a betegek adatai elérhetővé válnak, hackerek csapata az egészségügyben is működhet: az ellenük való védekezés állandó feladat. Itt is érvényes, hogy pontos adatbázist csak pontos adatokból lehet generálni (1).
- Az MI másik etikai problémája a tévedések esetén felmerülő etikai, szakmai és jogi felelősség. Konszenzus

Rövidítések

- ▶ AI = artificial intelligence (mesterséges intelligencia);
- ▶ ANN = Artificial Neural Network;
- ▶ BLI = Blue Light Imaging (kéfényű képalkotás);
- ▶ CMOS = complementary metal-oxid semiconductor (komplementer fém-oxid félvezető);
- ▶ CNN = Cellular Neural Network, convolutional neural network;
- ▶ EDVAC = Electronic Discrete Variable Automatic Computer;
- ▶ ENIAC = Electronic Numerical Integrator And Computer;
- ▶ IBM = International Business Machine Corporation;
- ▶ KNH = konvolúciós neurális hálózat;
- ▶ LCI = linked color imaging (kapcsolt fényű képalkotás);
- ▶ MI = mesterséges intelligencia;
- ▶ MOS = metal-oxid semiconductor (fém-oxid félvezető);
- ▶ WL = white light (fehér fényű képalkotás)

szerint egészségkárosodás esetén téves diagnózis/beavatkozás/kezelés miatt az azt javasoló szakember felelősségre vonható, ha az MI-módszert nem rendeltetésszerűen használta. Kevésbé tisztázott, mennyire vonható felelősségre az MI-t készítő cég/kutatócsoport/személy (1). Precedensértékű esetekről az áttekintett irodalom nem tesz említést.

- Végezetül állandó vita forrása, hogy mennyiben fog vezetni az MI orvosi/szakdolgozói munkanélküliséghez. Optimista forgatókönyv szerint az emberi munka és az MI kiegészíti egymást, mások jelentős munkanélküliséget vizionálnak, magasan képzett, de fölösleges emberek generálásával (2).
- Mindezek a problémák felvetik az MI fejlődésének és fejlesztésének szoros ellenőrzését: ezt – az antibiotikumkezelés mintájára – „AI stewardshipnek” nevezik. Szem előtt kell tartani, hogy az MI nem emberfeletti, és tévedni is képes, ezért alkalmazásukban előnyben kell részesíteni a felügyelt tanulást a nem felügyelttel szemben, illetve az MI által asszisztált gyógyítást az MI vezette gyógyítással szemben (28).

Köszönetnyilvánítás

A dolgozat áttekintéséért köszönettel tartozom dr. Tuza Zsolt professzor úrnak (Pannon Egyetem, Veszprém). Az angol összefoglaló lektorálását köszönöm Douglas Arnott úrnak (EDMF Language Services Kft., Budapest), a dolgozat szövegszerkesztéséért Józán Jolánnak jár köszönet.

Irodalom

1. Meskó B, Görög M. Rövid útmutató egészségügyi szakemberek számára a mesterséges intelligencia korában. Magyar Tudomány, 2020; 10: 1361–1377.
2. Csepeli Gy. Ember 2.0. Kossuth Kiadó, Budapest. 2020; 1–241.
3. Picklover CA. From medical robots to neural networks. Artificial intelligence, an illustrated history. Sterling, New York. 2019; 1–213.
4. Lozsádi K. Etymologia medica. Orvosi szótörténeti tár. Medicina Könyvkiadó Rt. Budapest. 2006; 61.
5. Sebastian A. A Dictionary of the History of Medicine. Parthenon Publishing, London. 1999.
6. McCulloch WS, Pitts W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. Bull Mathematical Biol. 1943; 5: 115–133. reprinted: idem, 1990; 52: 99–115.
7. Dénes TZ. Turing-teszt az információs társadalomban, avagy valós vagy virtuális e-társadalom? Társadalomkutatás. 2003; 21: 275–310.
8. Turing AT. Computing machinery and intelligence (<http://www.csee.um,bc.edu/courses/471/papers/turing.pdf>). Kapcsolódás: 2021. 05. 05.
9. Turing-teszt, https://hu.wikipedia.org/wiki/Turing_teszt. (Kapcsolódás: 2021. 05. 05.)
10. Samuel, Arthur L. Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers. IBM Journal of Research and Development. 1959; 44: 206–226.
11. Shortliffe EH. Artificial intelligence in medicine: weighing the accomplishments, hype and promise. Yearbook Med Inform 2019; 257–262.
12. Yang JY, Bang CS. Application of artificial intelligence in gastroenterology. World J Gastroenterol 2019; 25: 1666–1683.
13. Itoh T, KaWAHIRA H, Nakashima H et al. Deep learning analyzes Helicobacter pylori infection by upper gastrointestinal endoscopy images. Endoscopy Int Open 2018; 6: E319–E144.
14. Hirasawa T, Aoyama K, Takimoto T et al. Application of artificial intelligence using a convolutional neural network for detecting gastric cancer in endoscopic images. Gastric Cancer. 2018; 21: 653–660.
15. Udris̄toiu AL, Ștefănescu D, Gruionu G et al. Deep learning algorithm for

- the confirmation of mucosal healing in Crohn disease, based on confocal endomicroscopy images. J Gastrointest Liv Dis. 2021; 30: 59–65.
16. Le Verre C, Sandborn WJ et al. Application of artificial intelligence to gastroenterology and hepatology. Gastroenterology. 2020; 158: 76–94.
17. Molnár B, Szentirmay Z, Bodó M et al. Többváltozós matematikai eljárások alkalmazása az orvosi diagnosztikai rendszerekben – Egy modell a citológiai kenetek kiértékelésére. Orv. Hetil. 1983; 133: 2697–2701.
18. Molnár B, Papik K, Schaefer R et al. A mesterséges neurális hálózatok orvosi alkalmazásai. Orv Hetil. 1998; 139: 3–9.
19. Szalai M, Oczella L, Dubravcsik Z, et al. Differentiation between neoplastic and non-neoplastic diminutive colorectal polyps with Fujinon Blue Light imaging electronic chromoendoscopy with and without optical magnification – A randomized, prospective, multicenter trial. Endoscopy. 2018; 50(04): S2.
20. Lovász BD, Finta Á, Zsibrák K et al. Mesterséges intelligencia alkalmazásának lehetőségei a gasztroenterológiában és az endoszkópiában. Central Eur J Gastroenterol Hepatol. 2020; 6: 2–9.
21. Lovász BD. Magyar Imre Emlékelőadás. Neoplasztikus és nem-neoplasztikus polypok valós idejű optikai diagnózisa vastagbélűtkörözés során mesterséges intelligencia alapú döntéstámogatórendszer (Polybrain®) segítségével. MGT 63. Nagygyűlés, 2021. 6. 4.
22. Rácz I. A mesterséges intelligencia a colon polipok megismerésében. XXI. Gasztroenterológiai Továbbképző Tanfolyam. Budapest. 2021. február 2.
23. Baranyi T, Martos J, Geszler J, et al. Fejlesztési trendek a CT- és MRI-diagnosztikában. Magyar Onkológia. 2020; 64: 139–144.
24. Emri M. A mesterséges intelligencia módszerei és alkalmazásuk a képalkotó diagnosztikában. Magyar Onkológia. 2020; 64: 145–152.
25. Barabási A-L, Gulbahce N, Loscalzo J. Network medicine: a network-based approach to human disease. Nat Rev Genet. 2011; 123: 56–68.
26. Csermely P, Kunsic N, Mendik P et al. Learning of signaling networks: molecular mechanisms. Trend Biochem Sci. 2020; 45: 284–294.
27. Mátyus P. Több támadáspontú gyógyszerek: múlt, jelen, jövő. Orv Hetil 2020; 161: 523–531.
28. Ruffle JK, Farmer AD, Aziz Q. Artificial intelligence – assisted gastroenterology – promises and pitfalls. Am J Gastroenterol. 2019; 114: 422–428.