

Mesterséges intelligencia szerepe a szemészeti betegellátásban, kutatásban és oktatásban

NÉMETH JÁNOS DR.¹, TAPASZTÓ BEÁTA DR.¹, KARACS KRISTÓF²,
NAGY ZOLTÁN ZSOLT DR.¹

¹Semmelweis Egyetem, Szemészeti Klinika, Budapest
(Igazgató: Prof. Dr. Nagy Zoltán Zsolt, egyetemi tanár)

²Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológiai és Bionikai Kar, Budapest (Dékán: Dr. Iván Kristóf, egyetemi docens)

Általános áttekintés után a közlemény részletezi a mesterséges intelligencia szemészeti alkalmazásának hazai előzményeit és jelenlegi alkalmazási területeit a szemészeti betegellátásban (betegek informálása, szembetegségek megelőzése, szűrése, diagnosztikája, szemműtétek végzése), a kutatásban és az oktatásban. A szerzők több példán keresztül bemutatják, hogy a mesterséges intelligenciaalapú algoritmusok gyors fejlődése hatékonyan fokozza a módszer pontosságát és alkalmazhatóságát. Felhívják a figyelmet a mesterséges intelligencia még meglévő hiányosságaira és azok kezelésének fontosságára is.

The role of artificial intelligence in ophthalmic patient care, research and education

After a general overview, the article details the history of the application of artificial intelligence in ophthalmology in Hungary and its current areas of application in ophthalmic patient care (patient information, screening, diagnosis, surgery), research and education. It shows through several examples that the rapid development of artificial intelligence-based algorithms effectively increases the accuracy and applicability of the method. However, it draws attention to the still existing shortcomings of artificial intelligence and the importance of their management.

KULCSSZAVAK

mesterséges intelligencia, szemészet, diagnosztika, szűrés, kutatás, oktatás

KEYWORDS

artificial intelligence, ophthalmology, diagnostics, screening, research, education

Bevezetés

A mesterséges intelligencia (MI) definíciója nem egységes, és folyamatosan változik. Az Európai Parlament a következőképpen határozta meg tavaly (1): „A mesterséges intelligencia (MI) a gépek emberhez hasonló képességeit jelenti, mint például az érvelés, a tanulás, a tervezés és a kreativitás. Lehetővé teszi a technika számára, hogy érzékelje környezetét, foglalkozzon azzal, amit észlel, problémákat oldjon

meg, és konkrét cél elérése érdekében tervezze meg lépéseit. A számítógép nemcsak adatokat fogad (már előkészített vagy összegyűjtött adatokat érzékelőin, például kameráján keresztül), hanem fel is dolgozza azokat és reagál rájuk. Ezek a rendszerek képesek viselkedésük bizonyos fokú módosítására is, a korábbi lépéseik hatásainak elemzésével és önálló munkával.” Az Európai Unió Tanácsa 2024-ben az Organisation for Economic Co-operation and

Development (OECD) definíciójának megfelelően módosította saját meghatározását, amely a következő (2, 3): „A „MI-rendszer” egy olyan gépi alapú rendszer, amelyet úgy terveztek, hogy különböző szintű autonómiával működjön, és amely a telepítés után alkalmazkodóképességet mutathat, és amely explicit vagy implicit célok esetén a kapott bemenetből arra következtet, hogy hogyan kell kimeneteket, például előrejelzéseket, tartalmakat, aján-

lásokat vagy döntéseket generálni, amelyek befolyásolhatják a fizikai vagy virtuális környezetet.”

A mesterséges intelligencia nemzetközi történetét, fejlődését, fejlesztésének és működésének leírását, valamint elméleti-gyakorlati szintjeit már *Kovács Attila és Szabó Áron* részletesen ismertették a Szemészetben 2021-ben megjelent közleményükben (4), ezért ezeket nem ismételjük meg.

Hazánkban, az Orvosi Hetilapban *Walsa Róbert* 1967-ben „Az elektromos számológépek (computerek), mint diagnosztikai gépek IV.” című cikkében már foglalkozott a mesterséges intelligencia (MI) egyes alapvető kérdéseivel és akkori lehetőségeivel (5). Mint a cikk első mondatában írja: „Az a kilátás, hogy a computerek felhasználhatók a betegségek kórismezéséhez, szerencsésen találkozunk a régi igyekezettel, amely megkísérli korlátozni az intuíciót a diagnosztikában.” Egyrészt megjegyzi, hogy (1967-ben) a számítógépek intelligenciája szükségképpen elmarad az átlagos emberi intelligenciától, ezért a szerzők egy része a computert „gigantikus idiótának” nevezi, a „mesterséges intelligencia megjelölést pedig helyesen csak terminus technikusként használják”. Ugyanakkor leírja azokat, az akkor még futurisztikus elképzeléseket is, amelyek szerint: „Reményt látnak arra is, hogy sikerül olyan programokat kifejleszteni, amelyek információfelvétel (tanulás) útján önmagukat továbbfejlesztik, az emberi intelligenciát a maguk teljes egészében utánozzák, sőt, amelyek a patológiás gondolkodást és az emótiót szimulálják” (5). Ezek a jóslatok mára már valósággá váltak, vélik egyesek, míg mások szerint a fejlődés csak mérsékelt volt (6).

Az MI az egészségügyi piacon több mint 11 milliárd USA dollárt ért világszerte 2021-ben, ami az előrejelzések szerint 2030-ra eléri a 188 milliárd dollárt (7, 8). A felmérések szerint a világ egészségügyi szervezeteinek körülbelül egyötöde indított már korai MI alkalmazásokat

2021-ben, és a kórházak és egészségügyi rendszerek további negyede a mesterséges intelligencia és a gépi tanulási technológiák bevezetésének kísérleti szakaszában volt már (8).

Girasek és munkatársainak 2020–2021-es országos felmérése szerint a hazai orvosok 52,5%-a ismeri az MI-t, de csak 4,7%-a használja az MI-vel kapcsolatos megoldásokat az orvosi döntéshozatalban (radiológia, patológia, szemészet, diagnosztikai megoldások területeken), viszont az orvosok 28,3%-a jelezte, hogy szívesen alkalmazná a következő 3 évben (9).

Jelenleg a mesterséges intelligencia (MI) képességei és alkalmazásai exponenciálisan fejlődnek, és az életünk, munkánk egyre szélesebb és újabb területeit érintik. Egyre több összefoglaló könyv jelenik meg a szemészet területén is az MI alkalmazhatóságáról (10). Az MI fejlődésének még közel sincsen vége, sőt egyesek robbanásszerű fejlődést jósolnak, egyenesen a szingularitás eljövételét (11), amikor az MI átveszi az irányítást az emberektől, és igen szoros szimbiózisban él tovább, de már az emberek által nem kontrollálható módon.

Jelenleg még nem itt tartunk. Egyes vélemények szerint az MI jelenleg (a 2024-es év elején) olyan szintet képvisel, mint egy gimnazista téniszcsapat, és még távol áll egy Nobel díjas matematikustól vagy orvostól. Az MI-t sokan használják különböző feladatokra már jelenleg is, és ugyan számosan nagyon elégedettek vele és dicsérik, mások viszont figyelmeztetnek a jelenlegi hiányosságokra, valamint a várható problémákra, és óvatosságra intenek. Az MI regulációjának kérdésével igen magas szinten (ENSZ Biztonsági Tanácsa, Európai Parlament, Európai Tanács, nagy cyber világcégek vezetői, az MI fejlesztői stb.) foglalkoznak és egyeztetnek, hogy mennyire fejlődjön az MI szabadon, vagy mennyire legyen fejlesztése/fejlődése a jelenleginél szorosabb emberi kontroll alatt (2, 6, 10, 12, 13). Az MI egészségügybe és a gyógyításba való bevezetése számos szakmai és jogi kérdést is felvet, mert az MI feketedoboz természetének köszönhetően az MI klinikai alkalmazása különleges kihívásokat jelent (14, 15).

Jelen közleményünkben nem foglalkozunk az MI fentebb említett fontos általános kérdéseivel, hanem azt szeretnénk megvizsgálni, hogy saját szakmánkban a szemészetben a jelen pillanatban mennyire alkalmazott, illetve alkalmazható az MI, és mik a főbb előnyei és hátrányai, amivel érdemes tisztában lennünk.

Hazai szemészeti történeti előzmények

Számos szerző számolt már be korábban hazánkban is az MI szemészeti alkalmazásáról. *Deutsch Tibor* 1986-ban egy MI-alapú glaukóma-konzultációs rendszert (CASNET: Causal and Association Network) mutatott be (16), amelyet zöldhályogban szenvedő betegek diagnosztizálására és kezelési tanácsadás céljára fejlesztettek ki amerikai kutatók (17). A közlemény elkészítéséhez jelentős szakmai segítséget nyújtott *Follmann Pirooska*, akinek a szerző köszönetet mondott (16). A századfordulón *Dervaderics János* cikkekben és számos alkalommal referátumban számolt be az Orvosi Hetilapban és a Szemészetben az MI-t alkalmazó szemészeti kutatásokról, szűrésekről, telemedicináról és ilyen témájú konferenciákról (18, 19).

Németh Gábor a Szemészet hasábjain 2018-ban MI-t használó műlencsetervezéssel szerzett saját tapasztalatait mutatta be (20). Eredményei szerint a mesterséges intelligenciát használó, mintafelismerésen alapuló műlencsetervezéssel nyert kezdeti tapasztalatok kedvezőek voltak. *Kovács Attila és Szabó Áron* 2021-ben továbbképző közleményt írt a Szemészetben, amelyben bemutatták az MI technológiai alapjait, és az MI alkalmazásával elért eredményeket a retinabetegségek (időskori makuladegeneráció, diabéteszes retinopathia, koraszülött

retinopathia), glaukóma, és a szem elülső szegmentuma betegségeinek felismerésében, a betegségek morfológiai és funkcionális progressziójának kimutatásában. Elsősorban a digitális képi információk feldolgozásában látták az MI szerepét és alkalmazhatóságát a szemészetben (4). *Csutak Adrienne és munkatársai* 2021-ben referáló közleményükben részletesen bemutatták az MI-n alapuló új technológiákat a cukorbetegség szemfenéki elváltozásainak szűrésére és értékelésére (21). *Németh János, Karacs Kristóf és munkatársai* a Nemzeti Bionika Program Telemedicina alprogramban végeztek kutatásokat MI-alapú telemedicinális szemészeti szűrőprogramok kifejlesztésére cukorbeteg és koraszülöttek részére (22–24).

Betegellátás

Az MI aktív szerepet vállalhat a szembetegségek megelőzésben, szűrésben, diagnosztikájában, műtétekben, és a betegek követésében, valamint a betegekkel való szakmai konzultációk során. A beteginformációk nyújtásában az MI hatékonyan segíthet, és ezáltal értékes időt spórolhat meg a túlterhelt szak- és orvosi személyzet számára. *Biswas és munkatársai* azt vizsgálták, hogy az egyre gyakoribb rövidlátósággal kapcsolatos kérdések megválaszolásában a ChatGPT-3.5 mennyire hatékony (25). Eredményeik szerint a chatbot jó minőségű válaszokat tudott adni a kérdésekre, és ezáltal nagy lehetőségeket mutat az egészségügyi információk gyors átadására, azonban a hibás vagy félreérthető válaszok csökkentése érdekében még további fejlesztést igényel. *Baxter és munkatársai* az MI válaszait elemezték betegek által írt negatív tartalmú üzenetekre, és azt találták, hogy bár az MI válaszai ígéretesek, de még a klinikai bevezetés előtt meg kell oldani néhány fontos kihívást. Ezek közé a problémák közé tartozott, hogy az MI néha nem a klinikus szemszögéből fogalmazta meg a szöveget, túlságosan tág vagy általános nyelveze-

tet használt, nem megfelelő megoldást javasolt (26).

Wang és munkatársai MI-n alapuló tabletre telepített algoritmust fejlesztettek és alkalmaztak a rövidlátóság kialakulásának és progressziójának csökkentése céljából, aminek segítségével hatásosan tudták javítani gyermekek és felnőttek számítógépképernyő-nézési szokásait és környezeti fényviszonyait (27).

A szűrések és a diagnosztika vonatkozásában az MI elsősorban a képi információk feldolgozásában erős a szemészeti szakmában, amelyet jól mutatnak a korábban megjelent magyar közlemények (4, 21, 24). Ezek a hazai összefoglaló közlemények részletesen bemutatták és leírták az MI alkalmazását a cukorbetegség, a koraszülöttség szemfenéki szövődményeinek diagnosztikájában, és más retina- és elülső szegmens betegségeiben, valamint glaukómában, ezért ezzel a témával itt nem foglalkozunk részleteiben; csak néhány friss eredményt említünk meg.

Delsoz és munkatársai chatbotok diagnosztikus képességeit vizsgálták corneabetegségeiben. Eredményeik szerint a ChatGPT-3.5 pontossága 60%-os (12 helyes diagnózis 20 esetből), míg a ChatGPT-4.0 pontossága már 85%-os (28). Összehasonlításként, a vizsgálatba bevont 3 corneaspecialista diagnosztikus pontossága 100%, 90%, illetve 90% volt. A javuló tendencia alapján az MI potenciális klinikai alkalmazását ígéretesnek látják.

Chang és munkatársai bizonyították, hogy a gyermekkori papillaödéma és a pseudopapillaödéma differenciáldiagnosztikájában az MI szenzitivitása (90,4%) szignifikánsan jobb volt, mint a szakembereké (különösen az enyhe esetekben teljesített az MI jobban), és specificitása pedig hasonló volt. Eredményeik alapján ajánlják az MI alkalmazását papillaödémában szenvedő gyermekek osztályozásában (29).

Wu és munkatársai 2024-ben 15 cikket áttekintő tanulmányukban kimutatták, hogy a szembetegségek MI-n alapuló szűrése olcsóbb és

hatékonyabb, mint a hagyományos módszerek (30). *Jin és munkatársai* 52 tanulmányt tekintettek át a mobiltelefonok és az MI integrált szemészeti alkalmazásáról, és megállapították, hogy a két technológia kombinációja korábbi és pontosabb diagnózist tesz lehetővé (31). Az elemzett közlemények eredményei alátámasztják, hogy az MI-algoritmusok fejlődése lehetővé teszi a szembetegségek még kifinomultabb, pontosabb és automatikus diagnosztizálását. Az okostelefonok képességeinek folyamatos fejlődése pedig egyre jobb képalkotást, és könnyebb távvezérlést tesz lehetővé, ami javítja a hozzáférést különösen a távollévő elzárt térségekben, és előmozdítja a betegek önellenőrzésének lehetőségét is. Az MI integrációja a mobiltelefon-diagnosztikába korszerűsíti a szembetegségek időben történő felismerését, szűrését (31).

Az egészségügyben segítő robotok napjainkban különböző feladatokat látnak el, mint például orvosi eljárások végrehajtása vagy az ellátás minőségének javítása. Mivel képesek precízen és következetesen elvégezni a feladatokat, a sebészeti robotoktól a segítő robotokig terjedő skálán számos területen alkalmazzák őket, beleértve a műtéteket is (32). A szemsebészetben, kísérleti vizsgálatokban, a robotok bizonyították alkalmazhatóságukat katarakta, vitrectomia, keratoplasztika, és plasztikai műtétek során, pl. operációs mikroszkópba szerelt OCT-irányítás bevonásával (33, 34). Azonban, a robotoknak számos kihívással kell szembenéznük, mint például a magas fejlesztési költségek és az egészségügyi szakemberek megfelelő képzésének szükségessége (32).

Tudományos munka

Számos MI eszköz érhető el az interneten, amely segít a kutatóknak kutatási feladataik elvégzésében. Nevezetesen, a különböző MI-generátorok aktívan részt tudnak venni a kutatások tervezésében, az

adatok elemzésében, az irodalom keresésében és megértésében, az idegnyelvű közlemények fordításában, tudományos közlemények írásában, előadások poszterek készítésében (35). Egyes szemészeti újságokban ingyenes angol nyelvtani javítóprogramot bocsátanak a szerzők rendelkezésére, amelyben az MI segít a kéziratok minőségének javításában (36). Az MI-t sikerrel alkalmazzák új gyógyszermolekulák gyorsabb és költséghatékonyabb létrehozásában (37). Kínai kutatók és klinikusok útmutatót dolgoztak ki az MI klinikai kutatási értékeléséhez a szemészetben (38).

Az MI alkalmazásának azonban vannak hivatalos korlátai. A tudományos folyóiratok, mint pl. a Science újságok, nem engedélyezik, hogy a szerzők közleményeikben MI-generálta szöveget, ábrákat, képeket vagy adatokat használjanak (csak a lap szerkesztőjének engedélyével). A hasonló nagy nemzetközi tudományos újságok aktívan keresik a beadott kéziratokban az MI-generálta szövegeket, ábrákat, azaz szűrik a szövegeket, arra nézve, hogy emberi vagy MI alkotta-e. Érdeemes elolvasni a Lancet „Utasítás a szerzőknek” szövegét, ami részletezi az MI korlátozott és ellenőrzött helyes alkalmazását cikkek írása során (39). A Nature és a Science újságok kifejezték, hogy az MI nem lehet tudományos cikkek szerzője vagy társszerzője, mert az MI nem tud felelősséget vállalni írásaiért, ami pedig minden szerző kötelezettsége (40). Érdekes megemlíteni, hogy az MI lehetséges szerzősége nemcsak a tudományos életben kérdéses, hanem a művészetben is. Miután két kép első díjat nyert egy kiállításon, amelyről később kiderült, hogy MI alkotta őket, hevesen azon vitatkoznak, hogy pl. művészeti képeknek lehet-e a szerzője az MI.

Oktatás, továbbképzés – szimulált valóság

Az oktatásban, és ezen belül a szakorvos- és szakasszisztens-kép-

zés során is, az MI sokoldalúan felhasználható. Alkalmos oktatósi anyagok, szimulációs tréningek előállítására, kivitelezésére. *Mihalaché és munkatársai* azt találták, hogy a ChatGPT-3.5 (2023. januári verzió) az amerikai szemészeti szakvizsga gyakorlati feleletválasztós (OKAP) kérdések 46%-ára, illetve újabb változata (2023. februári verzió) a kérdések 58%-ára válaszolt helyesen, míg a legújabb ChatGPT-4 már 84%-ára (2023. márciusi verzió) (41, 42). Ugyanez a munkacsoport 2024-ben a Google Bard (2023. novemberi verzió) és Gemini (2023. decemberi verzió) MI-chatbotok teljesítményét is megvizsgálta szemészeti szakvizsgakérdések (EyeQuiz-OKAP) megválaszolásában, amelyet mindkét program esetében alacsonyabbnak talált (71%-os találati pontosság), mint a ChatGPT-4 esetében (43). Mindegyik chatbot magabiztos magyarázatokat tudott adni válaszaik indoklására, még akkor is, ha a válaszuk helytelen volt. A másodikként említett vizsgálatban azt is kimutatták, hogy a találati pontosságot befolyásolta, hogy a tesztkérdést mely országban tették fel (43). A szerzők nem adtak magyarázatot az országok között észlelt különbségek okaira vonatkozóan, hanem további kutatásokat javasoltak a chatbotok összehasonlító pontosságának vizsgálatára a szemészetben. Az MI szimuláció-alapú tanulási platformokkal jelentősen hozzájárulhat a szemészeti képzéshez. Ezek a platformok MI-algoritmusok használatával valóságghű virtuális környezetet hoznak létre, így a rezidensek, posztgraduális végzettségűek a különböző szemsebészeti beavatkozásokat, például katarakta, vagy vitrectomia műtéteket, vagy akár a keratoplasztikát tudják gyakorolni. Ezáltal kockázatmentesen, a betegeket nem veszélyeztetve csiszolhatják a sebészi képességüket, szerezhetnek magabiztosságot és jártasságot az adott műtétekben. Ezen platformok előnye még, hogy személyre szabott visszajelzéseket és teljesítménymutatókat kínál-

nak, amivel segítik a folyamatos fejlődést és a kompetenciafelmérést (44–46). Az MI-alapú szimulációs szemsebészeti tréningek hatékonysága hasonlóan jó, mint a hagyományos wet-lab képzéseké (47).

Számonkérés, vizsgáztatás

A diákok, hallgatók könnyen tudnak tetszetős esszétet előállítani az MI segítségével bármilyen témáról. Ezek az MI által írt esszék általában nagyon jó minőségű, eredeti szövegek, és nagyon nehezen különböztethetők meg az emberi alkotásoktól. Így az otthoni esszéírás már a múlt számonkérési műfajává válik, hacsak az esszét nem a tanteremben, az oktató szeme láttára írják, telefon és számítógép használatának kizárásával (48). Az interneten egyébként számos fizetős és ingyenesen használható MI detektáló szoftver érhető el, amelyek egy része maga is MI alapú.

Ugyanakkor az MI a tanulás eszköze is lehet, amennyiben vizsgatételeiket a diákok, hallgatók, rezidensek az MI segítségével dolgozzák ki, és azt tanulják meg. Ekkor ugyan elkerülik a saját irodalomkutatás nehézségét és gyorsan jutnak „viszonylag” jó információhoz, de elkerülik sajnos a saját kutatás hasznát is. Úgy írtuk, hogy „viszonylag” jó tudást szerezhetnek meg, mert az MI által generált szövegekben lehetnek hibák, akár szarvashibák is. Ennek következtében a vizsgázó előadhat olyan megalapozatlan állításokat, amiket nem ért és nem tud megmagyarázni, így ezek a vizsgán látványosan kibukhatnak. A vizsgáztató eléggé jól érzékelheti, hogy a vizsgázó az előadásokon előadott tananyagot, javasolt tankönyvet tanulta és értette meg, vagy az MI segítségével végzett gyors tájékozódást, vagy mint a kicsit régebbi időkben, nem-ellenőrzött online anyagokat nézett át és jegyzett meg.

Következtetések

Összefoglalva, az MI egyre inkább a napi szemészeti gyakorlat részévé fog válni, mert hatékonyan hozzá

tud járulni a betegekkel való kommunikációhoz, a szembetegségek felismeréséhez és kezeléséhez, valamint hasznos szerepe lehet a kutatásban és az oktatásban is. Mindemellett fontos tudni, hogy az MI által nyújtott információkat mindig

ellenőrizni kell, mert lehetnek benne hibák, amiket ki kell szűrni és korigálni kell.

Nyilatkozat

A szerzők kijelentik, hogy az eredeti

közleményük megírásával kapcsolatban nem áll fenn velük szemben pénzügyi vagy egyéb lényeges összefüggés, összeférhetetlenségi ok, amely befolyásolhatja a közleményben bemutatott eredményeket, az abból levont következtetéseket vagy azok értelmezését.

IRODALOM

1. Európai Parlament. Mi az a mesterséges intelligencia és mire használják? Közzétve: 04-09-2020. Utolsó frissítés: 2023.6.20. Online: <https://www.europarl.europa.eu/topics/hu/article/20200827ST085804/mi-az-a-mestersleges-intelligencia-es-mire-hasznaljak>
2. Council of the European Union. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act) and amending certain Union legislative acts. Brussels, 26 January 2024. Elérhető online: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-5662-2024-INIT/en/pdf>, 97. oldal
3. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Explanatory Memorandum on the Updated OECD Definition of an AI System. OECD Artificial Intelligence Papers March 2024 No. 8., page 4. Elérhető online: <https://www.oecd-ilibrary.org/deliver/623da898-en.pdf?itemId=/content/paper/623da898-en&mimeType=pdf>
4. Kovács A, Szabó Á. Mesterséges intelligencia a szemészetben. Szemészet 2021; 158(1): 1–16.
5. Walsa R. Az elektromos számológépek (computerek), mint diagnosztikai gépek IV. Orv Hetil 1967; 108(44): 2065–2069.
6. Meskó B, Görög M. Rövid útmutató egészségügyi szakemberek számára a mesterséges intelligencia korában. Magyar Tudomány 2020; 181(10): 1361–1377. <https://doi.org/10.1556/2065.181.2020.10.8>
7. Dave D. The Statistical Landscape of AI Adoption in Healthcare. In: Radixweb. Elérhető online: <https://radixweb.com/blog/ai-in-healthcare-statistics>
8. Stewart C. AI in healthcare - statistics & facts. In: Statista. Elérhető online: <https://www.statista.com/topics/10011/ai-in-healthcare/#topicOverview>
9. Girasek E, et al. E-orvosok Magyarországon: Digitális egészséggel kapcsolatos tapasztalatok és vélemények a hazai orvosok körében. Orv Hetil 2023; 164(4): 132–139. <https://doi.org/10.1556/650.2023.32686>
10. Grzybowski A (ed). Artificial Intelligence in Ophthalmology. Cham: Springer; 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-78601-4>
11. Kurzweil R. A szingularitás küszöbén. Amikor az emberiség meghaladja a biológiát. Budapest: Ad Astra Kiadó; 2013. ISBN 978-615-5229-26-8.
12. Gyarmati P. Gondolatok a mesterséges intelligencia, a gépi tanulás kapcsán II. rész. Mesterséges intelligencia – interdiszciplináris folyóirat 2022; 4(2): 9–25. <https://doi.org/10.35406/MI.2022.2.9>
13. The Lancet. AI in medicine: creating a safe and equitable future. Lancet 2023; 402(10401): 503. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(23\)01668-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)01668-9)
14. Basu K, Sinha R, Ong A, Basu T. Artificial Intelligence: How is It Changing Medical Sciences and Its Future? Indian J Dermatol 2020; 65(5): 365–370. https://doi.org/10.4103/ijd.IJD_421_20
15. Jassar S, et al. The future of artificial intelligence in medicine: Medical-legal considerations for health leaders. Health Manage Forum 2022; 35(3): 185–189. <https://doi.org/10.1177/08404704221082069>
16. Deutsch T. Mesterséges intelligencia a klinikumban A CASNET rendszer. Információ Elektronika 1986/6; 315–323.
17. Weiss S, Kulikowski CA, Safir A. Glaucoma consultation by computer. Comput Biol Med 1978; 8(1): 25–40. [https://doi.org/10.1016/0010-4825\(78\)90011-2](https://doi.org/10.1016/0010-4825(78)90011-2)
18. Dervaderics J. Komputerezáció és robotika az orvosi tevékenységben. Orvosi Hetilap 1997; 138(43): 2751–2753.
19. Dervaderics J. Folyóirat-referátum. Szemészet 2001; 138: 49–50.
20. Németh G. Biometriai képlet nélkül végzett mülencse-tervezéssel szerzett kezdeti tapasztalatok. Szemészet 2018; 155(4): 172–176.
21. Csutak A, et al. Diabéteszes retinopathia szűrésének változó gyakorlata. Szemészet 2021; 158(3): 122–132.
22. Németh J. VISION 2020 hazánkban. Szemészet 2019; 156(3): 109–118.
23. Németh J, Mák E, Szabó D, Somogyvári Zs, Kovács G, Tóth G, Papp A, Karacs K, Nagy Z. Működő telemedicinális szemészeti szűrőprogramok és lehetőségek hazánkban. IME 2019; 18(8): 46–51.
24. Németh J, Nyitrai B, Karacs K, et al. OCT-leletek telemedicinális értékelésének pontossága cukorbetegségben. Szemészet 2022; 159(2): 64–68. <https://doi.org/10.55342/SZEMHUNGARICA.2022.159.2.64>
25. Biswas S, Logan NS, Davies LN, et al. Assessing the utility of ChatGPT as an artificial intelligence-based large language model for information to answer questions on myopia. Ophthalmic Physiol Opt 2023; 43(6): 1562–1570. <https://doi.org/10.1111/opo.13207>
26. Baxter SL, Longhurst CA, Millen M, et al. Generative artificial intelligence responses to patient messages in the electronic health record: early lessons learned. JAMIA Open 2024; 7(2): o0ae028. <https://doi.org/10.1093/jamiaopen/ooae028>
27. Wang J, Shen Y, Zhao J, et al. Algorithmic and sensor-based research on Chinese children's and adolescents' screen use behavior and light environment. Front Public Health 2024; 12: 1352759. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1352759>
28. Delloso M, Madadi Y, Raja H, et al. Performance of ChatGPT in Diagnosis of Corneal Eye Diseases. Cornea 2024; 43(5): 664–670. <https://doi.org/10.1097/ICO.0000000000003492>
29. Chang MY, Heidary G, Beres S, et al. Artificial Intelligence to Differentiate Pediatric Pseudopapilledema and True Papilledema on Fundus Photographs. Ophthalmol Sci 2024; 4(4): 100496. <https://doi.org/10.1016/j.xops.2024.100496>
30. Wu H, Jin K, Yip CC, et al. A systematic review of economic evaluation of artificial intelligence-based screening for eye diseases: From possibility to reality. Surv Ophthalmol 2024 Mar 15; S0039-6257(24)00025-0. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2024.03.008>
31. Jin K, Li Y, Wu H, et al. Integration of smartphone technology and artificial intelligence for advanced ophthalmic care: A systematic review, Advances in Ophthalmology Practice and Research 2024; 3(4): 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.aopr.2024.03.003>
32. Licardo JT, Domjan M, Orehovački T. Intelligent Robotics – A Systematic Review of Emerging Technologies and Trends. Electronics 2024; 13(3): 542. <https://doi.org/10.3390/electronics13030542>
33. Madadi Y, Delloso M, Khouri AS, et al. Applications of artificial intelligence-enabled robots and chatbots in ophthalmology: recent advances and future trends. Curr Opin Ophthalmol 2024; 35(3): 238–243. <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000001035>
34. Nulijqman M, Xu M, Sun Y, et al. Artificial Intelligence in Ophthalmic Surgery: Current Applications and Expectations. Clin Ophthalmol 2023; 17: 3499–3511. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S438127>
35. Somasundaram R. Top 7 Artificial Intelligence (AI) Tools in Scientific Research. In: iLovePhD honlap. <https://www.ilovephd.com/top-7-artificial-intelligence-ai-tools-in-scientific-research/>
36. BMC Ophthalmology. Preparing your manuscript. <https://bmcophthalmol.biomedcentral.com/submission-guidelines/preparing-your-manuscript#preparing+main+manuscript+text>
37. Gangwal A, Ansari A, Ahmad I, et al. Generative artificial intelligence in drug discovery: basic framework, recent advances, challenges, and opportunities. Front Pharmacol 2024; 15: 1331062. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1331062>
38. Yang WH, Shao Y, Xu YW; Expert Workgroup of Guidelines on Clinical Research Evaluation of Artificial Intelligence in Ophthalmology (2023), Ophthalmic Imaging and Intelligent Medicine Branch of Chinese Medicine Education Association, Intelligent Medicine Committee of Chinese Medicine Education Association. Guidelines on clinical research evaluation of artificial intelligence in ophthalmology (2023). Int J Ophthalmol 2023; 16(9): 1361–1372. <https://doi.org/10.18240/ijo.2023.09.02>
39. The Lancet. Information for Authors. On-line: <https://www.thelancet.com/pb-assets/Lancet/authors/tl-info-for-authors-1690986041530.pdf>
40. Lee JY. Can an artificial intelligence chatbot be the author of a scholarly article? J Educ Eval Health Prof 2023; 20: 6. <https://doi.org/10.3352/jeehp.2023.20.6>
41. Mihalache A, Popovic MM, Muni RH. Performance of an Artificial Intelligence Chatbot in Ophthalmic Knowledge Assessment. JAMA Ophthalmol 2023; 141(6): 589–597. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2023.1144>
42. Mihalache A, Huang RS, Popovic MM, et al. Performance of an Upgraded Artificial Intelligence Chatbot for Ophthalmic Knowledge Assessment. JAMA Ophthalmol 2023; 141(8): 798–800. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2023.2754>
43. Mihalache A, Grad J, Patil NS, et al. Google Gemini and Bard artificial intelligence chatbot performance in ophthalmology knowledge assessment. Eye (Lond) 2024 Apr 13. <https://doi.org/10.1038/s41433-024-03067-4>
44. Deuchler S, Scholtz J, Ackermann H, et al. Implementation of microsurgery simulation in an ophthalmology clerkship in Germany: a prospective, exploratory study. BMC Med Educ 2022; 22(1): 599. <https://doi.org/10.1186/s12909-022-03634-x>
45. Lansingh VC, Nair AG. More than simulation: the HelpMeSee approach to cataract surgical training. Community Eye Health 2023; 36(120): 20–21. PMID: 38178826.
46. Roizenblatt M, Carvalho JJ, Ribeiro LZ, et al. The evolving role of vitreosurgical simulators in surgical training. Ophthalmology Times Europe 2024; 20(4): 28–31. <https://europe.ophthalmologytimes.com/view/the-evolving-role-of-vitreosurgical-simulators-in-surgical-training-virtual-reality>
47. Lin JC, Yu Z, Scott IU, et al. Virtual reality training for cataract surgery operating performance in ophthalmology trainees. Cochrane Database Syst Rev 2021; 12(12): CD014953. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD014953.pub2>
48. Eliot L. Enraged Worries That Generative AI ChatGPT Spurs Students To Vastly Cheat When Writing Essays, Spawns Spellbound Attention For AI Ethics And AI Law. Forbes Dec 18, 2022. <https://www.forbes.com/sites/lanceeliot/2022/12/18/enraged-worries-that-generative-ai-chatgpt-spurs-students-to-vastly-cheat-when-writing-essays-spawns-spellbound-attention-for-ai-ethics-and-ai-law/?sh=5bfa42a34a4>

LEVELEZÉSI CÍM

Dr. Németh János, 1085 Budapest, Mária u. 39.
E-mail: nemeth.janos@semmelweis.hu