

A mesterséges intelligencia alkalmazása az egészségügyben: előnyök, kihívások és felelősségi kérdések

Pásztor Ibolya dr.¹ ■ Papp Annamária²  ■ Bíró Klára dr.²
Bányai-Márton Gábor dr.² ■ Papp Zoltán dr.³

¹Debreceni Egyetem, Gazdaságtudományi Kar, Debrecen

²Debreceni Egyetem, Gazdaságtudományi Kar, Egészségügyi Gazdasági és Menedzsment Intézet, Debrecen

³Debreceni Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Fül-Orr-Gégészeti és Fej-Nyaksebészeti Tanszék, Debrecen

Bevezetés és célkitűzés: A mesterséges intelligencia egyre meghatározóbb szerepet tölt be az egészségügyben, különösen a diagnosztika, a döntéstámogatás, a személyre szabott medicina, a robotika, az adminisztráció és az orvoscépzés területén. A mesterséges intelligencia klinikai alkalmazása ugyanakkor nemcsak technológiai lehetőségeket, hanem etikai, adatvédelmi és jogi kihívásokat is felvet. Tanulmányunk célja a mesterséges intelligencia egészségügyi alkalmazásainak fő előnyeit és kockázatait integráltan áttekinteni, különös tekintettel a felelősségi kérdésekre.

Módszer: Interdiszciplináris, narratív jellegű kritikai irodalmi áttekintést végeztünk. A feldolgozott tudományos és szabályozási forrásokat tartalomelemzés, tematikus elemzés és kritikai diskurzus elemzés segítségével értékeltük, az orvosszakmai, etikai, jogi és adatvédelmi szempontok összekapcsolásával.

Eredmények: A vizsgált szakirodalom alapján a mesterséges intelligencia javíthatja a diagnosztikai pontosságot, támogatja a személyre szabott döntéshozatalt, csökkentheti az adminisztratív terheket, hozzájárulhat az ellátáshoz való hozzáférés javításához, valamint új lehetőségeket teremthet a robotika és az orvoscépzés területén. Ugyanakkor az algoritmikus torzítás, a feketedoboz-jellegből fakadó átláthatatlanság, az adatvédelmi és kiberbiztonsági kockázatok, továbbá a társadalmi elfogadás bizonytalanságai jelentős akadályokat képeznek. Legfontosabb megállapításunk, hogy e tényezők a klinikai felelősség kérdésében összegződnek, miközben a hagyományos, orvoscépző felelősségi modell egyre kevésbé elegendő.

Következtetés: A mesterséges intelligencia egészségügyi alkalmazása csak integrált, felelősség-központú megközelítés mellett lehet fenntartható és legitim. A fejlesztők, az egészségügyi intézmények és a klinikusok közötti felelősségi viszonyok újragondolása, valamint az átláthatóság, az emberi kontroll, a betegautonómia és az adatvédelem intézményi garanciáinak megerősítése a biztonságos mesterséges intelligencia bevezetésének alapvető feltétele.

Orv Hetil. 2026; 167(27): 1079–1087.

Kulcsszavak: mesterséges intelligencia, egészségügy, orvosi felelősség, adatvédelem, klinikai döntéstámogatás

The application of artificial intelligence in healthcare: benefits, challenges, and issues of responsibility

Introduction and objective: Artificial intelligence is playing an increasingly important role in healthcare, particularly in diagnostics, clinical decision support, personalized medicine, robotics, administration, and medical education. At the same time, the clinical use of artificial intelligence raises not only technological opportunities but also ethical, data protection, and legal challenges. The aim of our study was to provide an integrated overview of the main benefits and risks of artificial intelligence applications in healthcare, with particular emphasis on liability-related issues.

Method: We conducted an interdisciplinary, narrative critical review of the literature. Scientific and regulatory sources were analyzed using content analysis, thematic analysis, and critical discourse analysis, with the integration of clinical, ethical, legal, and data protection perspectives.

Results: Based on the reviewed literature, artificial intelligence may improve diagnostic accuracy, support personalized decision-making, reduce administrative burden, contribute to better access to care, and create new opportunities in robotics and medical education. However, algorithmic bias, the lack of transparency resulting from the “black box” nature of many artificial intelligence systems, data protection and cybersecurity risks, as well as uncertainties related to social acceptance, represent major challenges. Our most important finding is that these issues converge in the question of clinical liability, while the traditional physician-centered model of responsibility appears increasingly insufficient.

Conclusion: The use of artificial intelligence in healthcare can only be sustainable and legitimate within an integrated, liability-centered framework. Reconsidering the distribution of responsibilities among developers, healthcare institutions, and clinicians, as well as strengthening institutional guarantees of transparency, human oversight, patient autonomy, and data protection is essential for the safe implementation of artificial intelligence in healthcare.

Keywords: artificial intelligence, healthcare, medical liability, data protection, clinical decision

Pásztor I, Papp A, Bíró K, Bányai-Márton G, Papp Z. [The application of artificial intelligence in healthcare: benefits, challenges, and issues of responsibility]. *Orv Hetil.* 2026; 167(27): 1079–1087.

(Beérkezett: 2026. március 22.; elfogadva: 2026. április 8.)

Rövidítések

AI = (artificial intelligence) mesterséges intelligencia; AILD = (AI Liability Directive) a mesterséges intelligenciához kapcsolódó felelősségi irányelv; CT = (computed tomography) komputertomográfia; EDPB = (European Data Protection Board) Európai Adatvédelmi Testület; GDPR = (General Data Protection Regulation) az Európai Unió egységes adatvédelmi rendelete; HIPAA = (Health Insurance Portability and Accountability Act) egy amerikai szövetségi törvény, amely szigorú előírásokat határoz meg az érzékeny egészségügyi adatok védelmére, tárolására és továbbítására vonatkozóan; MR = mágneses rezonancia

Az elmúlt években a mesterséges intelligencia a klinikai döntéstámogatástól a betegútszervezésig számos területen kínál hatékonyságnövekedést, és a bizonyítékbázis gyorsan bővül [1, 2]. Ugyanakkor a gépi tanulási rendszerek sajátosságai, a tanítóadatok torzításai, az átláthatóság korlátai és a modellviselkedés kontextusfüggő kiszámíthatatlansága új kockázatokat is teremt, különösen a nagy tétű egészségügyi döntésekben [2]. Bár az egészségügyi mesterséges intelligenciáról szóló szakirodalom gyorsan bővül, a klinikai hasznok, az etikai dilemmák, az adatvédelmi kérdések és a polgári jogi felelősség integrált elemzése továbbra is töredezett, különösen az új európai szabályozási környezet fényében.

Az egészségügy a mesterséges intelligencia egyik legdinamikusabban fejlődő alkalmazási területe: a diagnosztikai pontosság, a kockázatbecslés, a személyre szabott terápiatervezés és a munkafolyamatok optimalizálása terén már ma is jól láthatók a klinikai hasznosulás irányai [1]. Az Európai Unió 2024-ben elfogadott horizontális szabályozása, az AI Act mérföldkőnek tekinthető: a rendelet 2024. augusztus 1-jén lépett hatályba, és fokozatosan válik alkalmazandóvá (főszabály szerint 2026. augusztus 2-től), miközben az egészségügyi mesterséges intelligenciát, különösen az orvostechikai eszközök körében, tipikusan a „nagy kockázatú” kategóriába sorolja [3–5].

A gyakorlati bevezetést ugyanakkor több, egymással összefüggő kihívás nehezíti. A klinikai elfogadás egyik fő akadálya az átláthatóság és a magyarázhatóság hiánya: a

feketedoboz-jellegű modellek esetében a döntési logika nehezen auditálható, ami felelősségi és elszámoltathatósági „réseket” okozhat [6], miközben a magyarázható mesterségesintelligencia-módszerek klinikai használhatósága és standardizált értékelése még fejlődőben van [7]. A torz vagy nem reprezentatív adatokból eredő algoritmikus elfogultságok az ellátási egyenlőtlenségek súlyosbodásához vezethetnek; erre klasszikus példa a populációegészség-menedzsmentet támogató kockázatbecslő algoritmusban kimutatott faji alapú torzítás [8]. E kockázatokat tovább erősíti a generatív mesterséges intelligencia és a nagy multimodális modellek gyors elterjedése, amelyek új típusú hibamódokat és irányítási, illetve szabályozási kérdéseket vetnek fel [9]. Az egészségügyi adatok szenzitív jellege miatt a modellek betanítása és használata adatvédelmi szempontból is kiemelt figyelmet igényel; az Európai Adatvédelmi Testület (European Data Protection Board – EDPB) 2024. évi véleménye és 2025. évi útmutatója külön is hangsúlyozza az anonimizálhatóság, a jogalap és a kockázatkezelés gyakorlati dilemmáit [10, 11]. A meglévő elemzések azonban többnyire egy-egy részproblémára, például a torzításra, a magyarázhatóságra vagy az adatvédelemre koncentrálnak, és ritkábban vizsgálják együtt, hogy ezek miként sűrűsödnek össze a klinikai felelősség kérdésében.

Az uniós felelősségi keretrendszer ezzel párhuzamosan több, részben egymással átfedő szabályozási szálon fejlődik. A Bizottság 2022-ben közzétette a mesterséges intelligenciához kapcsolódó felelősségi irányelvre (AI Liability Directive – AILD) vonatkozó javaslatát, amely a nem szerződéses polgári jogi felelősségi szabályok „mesterséges intelligenciához igazítását” célozza [12]. Ugyanakkor a Bizottság 2025. február 11-én elfogadott munkaprogramjában a javaslatot „nincs előrelátható megállapodás” indokkal a visszavonandó kezdeményezések közé sorolta [13], és a munkaanyagot később formálisan is visszavonták [14]. Ezzel egy időben a hibás termékekért való felelősség modernizációja (Directive [EU] 2024/2853, 2024), a kibernetikus ellenállóképesség horizontális követelményei (Regulation [EU] 2024/2847, 2024) és az Európai Egészségügyi Adattér (Regulation [EU] 2025/327, 2025) új elvárásokat támaszt a fejlesztők és

az ellátók felé [15–17]. Mindazonáltal a mesterséges intelligencia által okozott klinikai károk esetén a felelősség „eloszlása” (fejlesztő, intézmény, egészségügyi szakember) továbbra is összetett és vitatott kérdés, amelyben a joggyakorlat még korlátozott támpontot nyújt [15, 16]. Mindez arra utal, hogy az egészségügyi mesterséges intelligencia megítélésében nem elegendő az egyes technológiai, etikai vagy jogi problémák elkülönített tárgyalása; olyan integrált megközelítésre van szükség, amely ezeket a klinikai felelősség szempontjából összekapcsolva elemzi.

Célkitűzések

Tanulmányunk célja, hogy a legfrissebb szakirodalom alapján integráltan áttekintse a mesterséges intelligencia egészségügyi alkalmazásainak fő előnyeit és kockázatait, különös tekintettel a felelősségi kérdésekre. Arra keressük a választ, hogy a jelenlegi jogi, etikai és adatvédelmi keretek mennyiben alkalmasak a mesterséges intelligenciára épülő rendszerek által létrehozott új típusú klinikai és szervezeti kockázatok kezelésére. A tanulmány eredeti hozzájárulása, hogy az orvosszakmai, etikai, jogi és adatvédelmi szempontokat közös, felelősség-központú elemzési keretben kapcsolja össze, és ezzel gyakorlati támpontokat kíván adni a döntéshozók, az intézményvezetők és a klinikusok számára.

Módszerek

Tanulmányunk interdiszciplináris, narratív jellegű kritikai irodalmi áttekintés, amely a mesterséges intelligencia egészségügyi alkalmazásainak előnyeit, kockázatait és felelősségi vonatkozásait vizsgálja orvosszakmai, etikai, jogi és adatvédelmi szempontok integrálásával. Az elemzés középpontjában azok a szakirodalmi és szabályozási források álltak, amelyek a mesterséges intelligencia klinikai hasznosíthatósága mellett a bevezetés során felmerülő felelősségi, átláthatósági, adatvédelmi és szabályozási kérdéseket is tárgyalják.

Az irodalomkeresést PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar, illetve szükség szerint jogi és szakpolitikai adatbázisok, például EUR-Lex és WHO-dokumentumtár felhasználásával végeztük. A keresés időintervalluma 2020 és 2025 közé esett, elsődlegesen a legfrissebb, az egészségügyi mesterséges intelligencia klinikai alkalmazásaival, kockázataival és felelősségi kérdéseivel foglalkozó publikációkra fókuszálva. A keresési stratégia kulcsszavai többek között a következők voltak: „artificial intelligence”, „healthcare”, „medical liability”, „clinical decision support”, „bias”, „explainability”, „data protection”, „AI Act”, ezek magyar és angol nyelvű kombinációival.

A beválasztás során azokat a lektorált tudományos közleményeket, áttekintő tanulmányokat, valamint elsődleges szabályozási és szakpolitikai dokumentumokat részesítettük előnyben, amelyek közvetlenül kapcsolód-

tak a mesterséges intelligencia egészségügyi alkalmazásainak előnyeihez, kockázataihoz vagy felelősségi aspektusaihoz. Kizártuk azokat a forrásokat, amelyek nem egészségügyi kontextusban tárgyalták a mesterséges intelligenciát, nem kapcsolódtak a tanulmány fókuszához, vagy nem bírtak érdemi szakmai, etikai vagy szabályozási relevanciával. A végleges forráskiválasztás célzott, szakmai relevanciaalapú szelekcióval történt.

Az elemzés során kombináltan alkalmaztunk tartalom-elemzést, tematikus elemzést és kritikai diskurzuselemzést. A tartalom-elemzés segítségével azonosítottuk a visszatérő témákat és kulcsfogalmakat, a tematikus elemzés révén főbb értelmezési kategóriákat alakítottunk ki különösen az előnyök, a kockázatok, a felelősség, az adatvédelem és a szabályozási kihívások területén, míg a kritikai diskurzuselemzés lehetővé tette annak vizsgálatát, hogy a szakirodalom és a szabályozási dokumentumok miként keretezik a mesterséges intelligencia egészségügyi alkalmazásának társadalmi, etikai és jogi következményeit.

Mivel a tanulmány nem primer adatfelvételen alapuló empirikus vizsgálat, hanem kritikai irodalmi áttekintés, statisztikai elemzést nem végeztünk. A módszertani megközelítés célja nem teljes körű szisztematikus evidenciaszintézis, hanem a legrelevánsabb, aktuális tudományos és szabályozási források kritikai, interdiszciplináris értelmezése volt.

Eredmények

A mesterséges intelligencia előnyei az egészségügyben

A kiválasztott tanulmányok elsődlegesen a mesterséges intelligencia egészségügyi alkalmazásainak jogi, etikai és felelősségi kérdéseire fókuszáltak, ugyanakkor szinte valamennyi forrás részletesen tárgyalta a bevezetésével elérhető gyakorlati előnyöket is. A szakirodalom alapján a mesterséges intelligencia a leggyakrabban a diagnosztikai pontosság javítása, a személyre szabott döntéstámogatás, a klinikai munkafolyamatok hatékonyságának növelése, az orvosképzés támogatása, valamint a hozzáférési egyenlőtlenségek mérséklése terén mutat kedvező alkalmazási lehetőségeket. A mesterséges intelligencia egészségügyi alkalmazásának fő előnyeit, kockázatait és felelősségi összefüggéseit az 1. táblázat foglalja össze.

Diagnosztika és képalkotás

A diagnosztikai folyamatokban a mesterséges intelligencia alkalmazása a vizsgált tanulmányok alapján a pontosság és a klinikai hatékonyság javulásának lehetőségét kínálja [17]. A szakirodalom különösen azt emeli ki, hogy a mesterséges intelligencián alapuló rendszerek nagy mennyiségű, összetett egészségügyi adat feldolgozására képesek, ezáltal támogathatják a mintázatfelismerést és

1. táblázat | A mesterséges intelligencia egészségügyi alkalmazásának fő előnyei, kockázatai és felelősségi összefüggései

Tématerület	Fő előny	Fő kockázat/korlát	Felelősségi/szabályozási implikáció
Diagnosztika és klinikai döntéstámogatás	A diagnosztikai pontosság és a döntéshozatal gyorsaságának javítása	Korlátozott magyarázhatóság, feketedoboz-jelleg, elégtelen külső validáció	Szükséges az auditálhatóság, az emberi felügyelet és a helyi klinikai validáció biztosítása
Személyre szabott orvoslás	Pontosabb rizikóbecslés és célzottabb terápiatervezés	Adatminőségi problémák, nem reprezentatív adatbázisok, algoritmikus torzítás	Tisztázandó az adatkezelés jogalapja, az átláthatóság követelménye és a döntéstámogatás felelősségi határa
Klinikai adminisztráció	A dokumentációs teher csökkentése és az ellátásra fordítható idő növelése	Hibás, félrevezető vagy kontroll nélkül átvett automatikus tartalom	A végső szakmai ellenőrzés és a dokumentáció hitelességéért viselt felelősség továbbra is a klinikust terheli
Robotika és telemedicina	A beavatkozások precizitásának növelése, valamint a hozzáférés javítása	Technikai meghibásodás, kiberbiztonsági sérülékenység, összetett működési lánc	Erősödik a fejlesztő, az intézmény és az egészségügyi szakember közötti megosztott felelősség
Betegkapcsolat és etikai dimenzió	Hatékonyabb ellátásszervezés és kedvezőbb betegkimenetelek lehetősége	Bizalomvesztés, algoritmusaverzió, a tájékozott beleegyezés tartalmi gyengülése	Alapvető követelmény a betegautonómia, az emberi kontroll és az átlátható tájékoztatás fenntartása
Oktatás és implementáció	A készségfejlesztés és a technológiai adaptáció támogatása	Mesterségesintelligencia-specifikus kompetenciahiány, a nem megfelelő alkalmazás veszélye	A képzés és az intézményi szintű 'governance' (irányítás) a biztonságos bevezetés előfeltétele
Átfogó felelősségi kérdés	Az innováció szélesebb körű és skálázható alkalmazhatósága	Felelősségi rés, bizonyítási nehézségek, töredezett szabályozási környezet	Az orvosközpontú klasszikus modell helyett többszereplős felelősségi struktúra kialakítása szükséges

Megjegyzés: A táblázat a kéziratban feldolgozott szakirodalom szintetizált összefoglalását tartalmazza, kiemelve a mesterséges intelligencia egészségügyi alkalmazásának fő előnyeit, kockázatait és felelősségi vonatkozásait

a korai eltérések azonosítását [18]. Ez hozzájárulhat a korai diagnózisok arányának növeléséhez, az ellátás minőségének javításához, valamint bizonyos környezetekben az egészségügyi hozzáférési különbségek mérsékléséhez is [19].

A képalkotás területén a szakirodalom szerint a mesterséges intelligencia alkalmazása a CT- és MR-vizsgálatok esetében egyaránt javíthatja a képalkotás hatékonyságát és minőségét, miközben egyes megoldások a sugárterhelés csökkentéséhez is hozzájárulhatnak [20]. A mesterséges intelligencia nemcsak a felvételek előállítását, hanem azok értelmezését is támogathatja: a számítógéppel segített detektálás és a gyanús eltérések kockázat-alapú megjelölése ígéretes lehetőség a szűrési munkafolyamatok optimalizálására, különösen a rosszindulatú elváltozások korai felismerésében [21].

Személyre szabott medicina és döntéstámogatás

A személyre szabott orvoslás területén a mesterséges intelligencia a genetikai, klinikai és életmódbeli adatok együttes elemzésével támogathatja a pontosabb diagnózis és a célzottabb terápiás terv kialakítását [22, 23]. A szakirodalom alapján a nagy mennyiségű adat gyors feldolgozása és a döntéstámogató funkciók révén a szolgáltatások minősége is javulhat, különösen komplex vagy többváltozós klinikai helyzetekben [24].

Munkafolyamatok, adminisztráció és hozzáférés

A klinikai munkafolyamatok és az adminisztráció területén a mesterséges intelligencia különösen a dokumentáció, az adatbevitel és az adatelemzés támogatásában kínál előnyöket. A vizsgált tanulmányok szerint az automatizált klinikai dokumentáció és az orvos-beteg találkozások összefoglalása csökkentheti az egészségügyi személyzet adminisztratív terheit, ezáltal több idő maradhat közvetlen betegellátásra [25]. A további azonosított előnyök közé tartozik a diagnosztikai hibák csökkenésének lehetősége, az időmegtakarítás, a gyógyszeres adherencia javulása, a képalkotó vizsgálatok gyorsulása és a járóbeteg-várakozási idő csökkenése [26, 27].

A telemedicina területén a mesterséges intelligencia az ellátáshoz való hozzáférés javításában játszhat szerepet, különösen olyan régiókban, ahol szakemberhiány vagy földrajzi korlátok nehezítik a személyes ellátást. A távmonitorozási, előszűrési és döntéstámogató megoldások hozzájárulhatnak az erőforrások hatékonyabb elosztásához és a betegutak jobb szervezéséhez.

Robotika és orvoscépzés

A robotika az egészségügy több területén is egyre jelentősebb szerepet tölt be [28]. A robotasszisztált sebészet mellett a szakirodalom a rehabilitáció, a mobilitástámogatás, a sugárterápia, a 'telepresence' (távoli jelenlét), az intervenciós ellátás, a képalkotás, a gyógyszerészet, vala-

mint a logisztikai és fertőtlenítési feladatok területén is azonosít alkalmazási lehetőségeket. *Morgan és mtsai* 'scoping review'-ja (feltáró szakirodalmi áttekintése) 171 elnevezett robotot azonosított, amelyek közül a da Vinci sebészeti rendszer szerepelt a leggyakrabban [29]. A vizsgált források alapján a robotika fő előnyei közé tartozik a precizitás növelése, a távoli jelenlét és mentorálás támogatása, valamint a rehabilitációs és az egyéb támogató folyamatok hatékonyabbá tétele. Nem hanyagolható el a robotasszisztált sebészet azon hatása sem, hogy a berendezés ergonomikus kialakítása részben kiegyenlítheti a felhasználók közötti fizikai és testalkati különbségekből adódó korlátokat, ezáltal egységesebb munkafeltételeket teremthet az operátorok számára [30].

A mesterséges intelligencia az orvospépzésben is új lehetőségeket kínál. A szakirodalom szerint az adaptív tanulási környezetek, a kiterjesztett valóságot alkalmazó megoldások és a szimulációs platformok támogatják a gyakorlati készségek, a döntéshozatali kompetenciák és a kommunikációs készségek fejlesztését kockázatmentes környezetben [31]. A chatbotalapú szimulációk az anamnéziszfelvétel és a diagnosztikai gondolkodás gyakorlásában is hasznosak lehetnek [32]. Több forrás hangsúlyozza ugyanakkor azt is, hogy a mesterséges intelligencia hatékony használatához a hallgatóknak és a szakembereknek az eszközök korlátait és kockázatait is ismerniük kell [33].

A mesterséges intelligencia használatából fakadó kihívások

A vizsgált tanulmányok egybehangzóan hangsúlyozzák, hogy a mesterséges intelligencia egészségügyi alkalmazása jelentős előnyök mellett számottevő kihívásokat is felvet. Ezek a problémák különösen a felelősség, az adatvédelem, az átláthatóság, a biztonság és a társadalmi elfogadás területén jelennek meg. A kihívások jelentős része magukból a rendszerek működési sajátosságaiból, az autonómiászerű működésből, a feketedoboz-jellegből és a nagy mennyiségű adat kezeléséből fakad, ezért a szakirodalom további szabályozási, fejlesztési és intézményi válaszok szükségességét emeli ki.

Elfogadás, bizalom és képzési szükséglet

Több tanulmány vizsgálja, hogyan viszonyulnak a mesterséges intelligenciára épülő rendszerekhez az egészségügyi szakemberek és a betegek. A kérdés jelentőségét az adja, hogy az új technológia elfogadottsága közvetlenül befolyásolja a klinikai bevezetés sikerét, valamint hatással lehet az orvos-beteg kapcsolatra is. A szakirodalom a betegek oldalán a humanista ellátás háttérbe szorulásától való félelmet, az orvosok oldalán pedig a technológia működésének korlátozott átlátását, a munkakör jövőjével kapcsolatos bizonytalanságot és a felelősségi viszonyok tisztázatlanságát azonosítja fő aggályként [25, 27].

Az egészségügyi szakemberek perspektíváit vizsgáló tanulmányok szinte kivétel nélkül hangsúlyozzák, hogy a technológia elfogadottságának és a bizalom kiépülésének előfeltétele a megfelelő képzés. *Sahoo és mtsai* vizsgálatában az egészségügyi dolgozók 64%-a még nem találkozott közvetlenül mesterséges intelligenciával, és több résztvevő a technológiai ismeretek hiányát nevezte meg a bizonytalanság egyik forrásaként [25].

Algoritmikus torzítás

Az egyik leggyakrabban említett etikai aggály az algoritmikus torzítás. A mesterséges intelligencián alapuló modellek teljesítménye nagymértékben függ a betanításukhoz használt adatok minőségétől és reprezentativitásától, ezért a torz adatok aránytalanul érinthetnek bizonyos betegcsoportokat, különösen marginalizált vagy alulreprezentált populációkat. Az ilyen torzítások téves diagnózisokhoz, az ellátáshoz való egyenlőtlen hozzáféréshez és az egészségügyi egyenlőtlenségek súlyosbodásához vezethetnek [34].

A szakirodalom szerint a torzítások több forrásból eredhetnek: a felhasznált adatokból, a tanulási mechanizmusból, valamint az emberi interakciók és a rendszerhasználat során fellépő hibákból [35]. A kockázat a teljes életciklus során fennáll, az adatgyűjtéstől és előfeldolgozástól kezdve a modellfejlesztésen és validáláson át egészen a valós környezetben történő bevezetésig és az utólagos monitorozásig, ezért a torzítás kezelése nem egyszeri, hanem folyamatos feladat [19].

Átláthatóság és a feketedoboz-jelleg problémaköre

A modern, mesterséges intelligenciára épülő rendszerek, különösen a mélytanuláson alapuló modellek működése gyakran a felhasználók, sőt részben a fejlesztők számára is nehezen látható át. Ezt a problémát írja le a feketedoboz-metafora, amely a szakirodalomban az egészségügyi mesterséges intelligencia egyik központi kockázati tényezőjeként jelenik meg. A fő aggály az, hogy minél nagyobb teljesítményű és összetettebb egy modell, annál nehezebb lehet annak magyarázhatósága és ellenőrizhetősége, ami különösen kritikus a nagy tétű klinikai döntések esetén [36, 37].

A szakirodalom azt is hangsúlyozza, hogy az átláthatóság hiánya nem csupán technikai, hanem jogi és etikai probléma is. Az olyan szabályozási keretek, mint a GDPR vagy az AI Act, kiemelt jelentőséget tulajdonítanak az átláthatóságnak és az elszámoltathatóságnak, miközben a gyakorlatban a rendszer működésének pontos magyarázata sokszor nehezen biztosítható [38]. Ez a tájékozott beleegyezés, az adatvédelem és az orvos-beteg kapcsolat szempontjából egyaránt jelentős következményekkel járhat [19].

Adatvédelem és kiberbiztonság

Az adatvédelem a mesterséges intelligencia egészségügyi alkalmazásának egyik legfontosabb kihívása. A szakirodalom szerint a jelenlegi szabályozási keretek (Európában elsősorban a GDPR, az Egyesült Államokban a HIPAA) fontos garanciákat biztosítanak, ugyanakkor a mesterséges intelligencián alapuló rendszerek fejlesztése és működtetése új problémákat vet fel a hozzájárulás, az adatok másodlagos felhasználása, az átlátható tájékoztatás és az „elfeledtetéshez való jog” gyakorlati érvényesítése terén [19]. Külön kihívást jelent, hogy egy már betanított modellből az érintett adatok nyomai nem minden esetben távolíthatók el egyszerűen. Az adatvédelemhez szorosan kapcsolódik a kiberbiztonság kérdése is, mivel a szakirodalom a mesterségesintelligencia-alapú egészségügyi rendszereket célzó kibertámadások növekvő kockázatára hívja fel a figyelmet [19].

Felelősségi kérdések

A vizsgált irodalom alapján a jogi felelősség kérdésköre olyan csomópont, amelyben a mesterséges intelligencia alkalmazásával összefüggő technikai, etikai, adatvédelmi és szervezeti problémák összegződnek. Több szerző arra mutat rá, hogy a mesterséges intelligencia használata a sebezhetőség új, dinamikus és nehezen előre jelezhető formáit hozhatja létre, amelyek a meglévő jogi válaszokat is próbára teszik [39]. Ennek nyomán a felelősségi kérdés nem csupán kártelepítési, hanem szélesebb szabályozási és intézményi ellenálló képességi problémaként is megjelenik.

A felelősség fogalmának értelmezése a szakirodalomban szorosan kapcsolódik ahhoz, hogy kitől várható el magyarázat és elszámoltathatóság egy adott döntés vagy következmény kapcsán [40]. A klinikai gyakorlatban hagyományosan a kezelőorvost tekintik elsődlegesen felelősnek a diagnosztikus és terápiás döntésekért, valamint az ezekhez kapcsolódó tájékoztatásért. A mesterséges intelligencián alapuló rendszerek esetében azonban a feketedoboz-probléma és a fokozódó autonómiászerű működés megnehezíti annak megítélését, hogy a klinikus milyen mértékben képes ellenőrizni vagy hitelesíteni a rendszer kimeneteit, és ez miként hat a felelősség telepítésére [19].

Egy németországi reprezentatív vizsgálat arra is rámutatott, hogy a mesterséges intelligenciához kapcsolódó felelősségtulajdonítás nem pusztán elméleti kérdés, hanem az egészségügyi rendszer szereplőinek viselkedését és ösztönzőit is alakíthatja. A szerzők szerint az erkölcsi felelősség pszichológiai áthelyezése akár csökkentheti az emberi ágensek által érzékelt terhet, ami közvetve befolyásolhatja a téves döntésekkel szembeni toleranciát [41].

Megbeszélés

A vizsgált tanulmányok alapján a mesterséges intelligencia egészségügyi alkalmazása jelentős lehetőségeket kínál a diagnosztikai pontosság javítására, a klinikai hatékonyság növelésére és a személyre szabott ellátás fejlesztésére. Ugyanakkor a szakirodalom egyértelműen jelzi azt is, hogy e technológiai előnyök csak akkor érvényesülhetnek fenntartható módon, ha a bevezetés során egyszerre kezeljük az algoritmikus torzítás, az átláthatatlanság, az adatvédelmi kockázatok, a társadalmi elfogadás és a jogi felelősség kérdéseit [19, 25, 34, 39].

Eredményeink egyik legfontosabb tanulsága, hogy a mesterséges intelligencia egészségügyi értéke nem kizárólag a technológiai teljesítményben mérhető. Bár a szakirodalom a diagnosztikában, a döntéstámogatásban, a dokumentációban, a robotikában és az orvoscépzésben egyaránt számottevő előnyöket azonosít, ezek klinikai hasznosulását végső soron az emberi tényezők: a bizalom, az empátia, a szakmai ítélőképesség és az intézményi beágyazottság határozza meg. Ennek megfelelően a mesterséges intelligencia nem az emberi klinikai szerep egyszerű kiváltójaként, hanem a szakmai döntéshozatalt átalakító és újraszervező eszközként értelmezhető [1, 18, 24, 29, 31].

Az eredmények etikai értelmezése arra utal, hogy a mesterséges intelligencia integrációja nem gyengítheti az orvoslás alapszabályait. A beteg jólléte, az autonómia tisztelete, az igazságosság, a jótékonyosság és az elszámoltathatóság olyan normatív keretet alkotnak, amelyhez az új technológiák alkalmazását is igazítani kell. Ez különösen azért fontos, mert a mesterséges intelligencián alapuló rendszerek klinikai használata során a technológiai racionalitás könnyen előtérbe kerülhet az emberi szempontokkal szemben, holott az egészségügyi döntéshozatalt továbbra is a beteg érdeke marad az elsődleges rendezőelv [18, 34].

Ezzel összefüggésben a szakirodalom fontos fogalmi figyelmeztetést is megfogalmaz. A mesterséges intelligenciára épülő rendszerekkel kapcsolatban használt terminológia – például „tanulás”, „intelligencia”, „bizalom” vagy „felelősség” – részben antropomorf jellege miatt könnyen azt a benyomást keltheti, mintha a technológia önálló erkölcsi ágens volna. Valójában azonban az algoritmusok működése – még nagyfokú komplexitás esetén is – emberi tervezési, fejlesztési és alkalmazási döntésekbe ágyazódik. Ezért az „algoritmusetika” szempontjából kulcskérdés, hogy a rendszerek feletti erkölcsi kontroll és az elszámoltathatóság végső soron ne váljon személytelenné vagy elkenhetővé. Mindez arra utal, hogy a mesterséges intelligencia szabályozása során nem feltétlenül elegendő a meglévő jogi keretek mechanikus kiterjesztése, hanem bizonyos pontokon a szabályozás alapelveinek újragondolása is szükségessé válhat [37, 40].

A vizsgált tanulmányok alapján az európai és a nemzetközi szabályozási környezet egyik legfontosabb erőssége, hogy egyre nagyobb hangsúlyt fektet a betegjogok védelmére, az adatbiztonságra, az átláthatóságra és az emberi felügyeletre, különösen a nagy kockázatú rendszerek esetében. Az olyan új szabályozási fejlemények, mint az AI Act, a termékfelelősségi keret modernizációja vagy az Európai Egészségügyi Adattár kialakítása fontos lépések afelé, hogy a mesterséges intelligencián alapuló rendszerek ne szabályozási vákuumban működjenek. Ugyanakkor a szakirodalom arra is rámutat, hogy a jelenlegi keretek továbbra is részben töredezettek, nehezen harmonizálhatók nemzetközi szinten, és a gyakorlatban még nem oldják fel teljes mértékben a fejlesztők, a szolgáltatók és a klinikusok közötti felelősségi bizonytalanságot. Különösen problematikus lehet ez a határokon átnyúló telemedicina, a robotika és a nagy fokban automatizált döntéstámogató rendszerek esetében [3–5, 10–14, 42–44].

A tanulmány központi értelmezési kerete szerint a mesterséges intelligencia egészségügyi alkalmazásának kulcskérdése a felelősség újraértelmezése. A hagyományos, orvosközpontú felelősségi modell egyre nehezebben tartható fenn olyan helyzetekben, amelyeknél a döntéstámogatás, az előrejelzés vagy az ajánlás jelentős része részben átláthatatlan algoritmikus rendszereken keresztül valósul meg. A szakirodalom alapján ez a „felelősségi rés” különösen a feketedobozos modellek esetében válik hangsúlyossá, mivel az átláthatatlanság korlátozza a nyomon követhetőséget és az utólagos magyarázhatóságot [6, 18, 19, 39, 40].

Ezzel összefüggésben a vizsgált források arra is rámutatnak, hogy a mesterséges intelligencia nem pusztán új típusú károkozási kockázatot, hanem újfajta sebezhetőséget is létrehozhat. Ezért a megfelelő szabályozási válasz nem merülhet ki a klasszikus kárfelelősségi eszközök kiterjesztésében, hanem szélesebb, ellenálló képességen alapuló megközelítést is igényelhet. A felelősség fogalmának értelmezése ebben az összefüggésben azért válik kulcskérdéssé, mert a klinikai döntések esetében továbbra is szükség van olyan szereplőre vagy szereplőkre, akik magyarázattal tartoznak egy adott döntés vagy következmény kapcsán [15, 16, 39, 40].

A szakirodalom ugyanakkor azt is jelzi, hogy a felelősség nem kizárólag jogi kategória, hanem viselkedésformáló tényező is. Ha a mesterséges intelligencián alapuló rendszerekhez pszichológiai értelemben erkölcsi felelőséget rendelünk, az csökkentheti az emberi szereplők szubjektíven megélt felelősségterhét, ami közvetve a hibás döntésekkel szembeni toleranciát is növelheti. E megfontolások alapján indokoltnak tűnik egy többszereplős felelősségi modell körvonalazása, amelyben a fejlesztők, az intézmények és a klinikusok egymást kiegészítő, de világosan elhatárolható felelősségi szintekkel rendelkeznek [41].

A gyakorlati következmények szintjén az eredmények arra utalnak, hogy a mesterséges intelligencia sikeres be-

vezetése nem kizárólag technológiai beruházás kérdése. Ugyanolyan fontos az egészségügyi szakemberek célzott képzése, a mesterséges intelligenciához szükséges specifikus kompetenciák fejlesztése, a helyi intézményi protokollok kialakítása, valamint a betegek megfelelő tájékoztatása. A tájékozott beleegyezés, a betegautonómia és a klinikai döntések emberi felügyelete továbbra is a legitim alkalmazás alapfeltételei maradnak. Más szóval: a mesterséges intelligencia egészségügyi használatának sikere végső soron azon múlik, hogy a technológiai innováció mennyire tud beilleszkedni egy betegközpontú, szakmailag ellenőrzött és etikailag reflektált ellátási környezetbe [25, 33].

Tanulmányunk korlátai közé tartozik, hogy narratív jellegű, kritikai irodalmi áttekintésről van szó, nem pedig szisztematikus 'review'-ről vagy primer empirikus vizsgálatról. Ennek megfelelően a források kiválasztása célzott, relevanciaalapú szelekcióval történt, ami bár lehetővé tette a jogi, etikai és klinikai szempontok integrált értelmezését, egyúttal korlátozza az eredmények teljes körű általánosíthatóságát. További korlátot jelent, hogy a téma gyors szabályozási és technológiai változása miatt egyes megállapítások időérzékenyek lehetnek, különösen a jogalkotási környezet vonatkozásában.

Összességében a vizsgált szakirodalom azt mutatja, hogy a mesterséges intelligencia egészségügyi alkalmazása nem pusztán technológiai kérdés, hanem egyidejűleg klinikai, etikai, adatvédelmi és jogi kihívás is. A tanulmány legfontosabb tanulsága, hogy ezek a dimenziók a felelősség problémájában találkoznak össze, ezért a jövőbeli szabályozási és intézményi válaszoknak is integrált, többszereplős és betegközpontú logikára kell épülniük. A mesterséges intelligencia akkor válhat valóban fenntartható és legitim elemmé az egészségügyi ellátásban, ha a technológiai innovációval párhuzamosan az elszámoltathatóság, az átláthatóság és az emberi kontroll intézményi garanciái is megerősödnek [15, 16, 39].

Következtetés

Tanulmányunk célja az volt, hogy áttekintse a mesterséges intelligencia egészségügyi alkalmazásainak fő előnyeit, kockázatait és szabályozási összefüggéseit, különös tekintettel a felelősségi kérdésekre. A vizsgált szakirodalom alapján megállapítható, hogy a mesterséges intelligencia az egészségügyben egyre meghatározóbb szerepet tölt be, és alkalmazása jelentős klinikai, szervezeti és oktatási előnyökkel járhat. Ugyanakkor e lehetőségek csak akkor hasznosíthatók felelősen, ha az átláthatóság, az adatvédelem, az algoritmikus torzítás, a társadalmi elfogadás és a jogi elszámoltathatóság kérdéseit integrált módon kezeljük [1, 3–5, 19, 34, 39].

A szabályozás szükségessége nem vitatható, ugyanakkor a technológiai fejlődés gyorsasága miatt a reguláció időzítése és rugalmassága különös jelentőségű. A Collingridge-dilemma arra figyelmeztet, hogy a túl korai, merev szabályozás gátolhatja az innovációt, míg a túl kés-

sói beavatkozás esetén a már megszilárdult technológiai és intézményi érdekek nehezíthetik a hatékony korrekciót [39]. Ezért az egészségügyi mesterséges intelligencia etikai és jogi irányításához egyszerre van szükség felülről lefelé kialakított normákra és a valós klinikai használatból származó tapasztalatok folyamatos beépítésére, multidiszciplináris együttműködés mellett [45].

A szakirodalom alapján a felelősség a mesterséges intelligencia egészségügyi alkalmazásában nem csupán jogi, hanem társadalmi és intézményi konstrukcióként is értelmezhető. Jelenleg a mesterséges intelligencia első sorban támogatja, nem pedig teljesen helyettesíti az emberi döntéshozatalt, azonban az autonómiászerű működés erősödésével a hagyományos orvospontú felelősségi modell egyre kevésbé lesz elegendő. A jövő egyik kulcskérdése ezért az lesz, hogyan alakul át az orvos-beteg kapcsolat és a klinikai döntéshozatal olyan környezetben, ahol a mesterséges intelligencia harmadik szereplőként jelenik meg a folyamatban. Mindez azt is jelzi, hogy a hagyományos auditálási és megfelelőségi logikák számos, mesterséges intelligencián alapuló rendszer esetében már nem elegendők, ezért a jövőben technológiailag is támogatott, folyamatos felügyeleti és megfelelési mechanizmusokra lesz szükség [46].

A mesterséges intelligencia jövőjét az egészségügyben alapvetően az határozza meg, hogy képesek leszünk-e a technológiát felelős, átgondolt és etikailag megalapozott módon alkalmazni. Ehhez nemcsak technológiai innovációra, hanem a fejlesztők, a klinikusok, a jogalkotók, az etikusok és a betegek együttműködésére is szükség van. A mesterséges intelligencia csak akkor válhat az egészségügyi ellátás legitim és fenntartható elemévé, ha fejlődésével párhuzamosan az átláthatóság, az emberi kontroll, az adatvédelem és az elszámoltathatóság garanciái is megerősödnek [47].

Anyagi támogatás: A tanulmány megírása, illetve a kapcsolódó kutatómunka nem részesült anyagi támogatásban.

Szerzői munkamegosztás: P. I. a jogi, adatvédelmi és felelősségi vonatkozások szakirodalmi feldolgozásában és a kézirat megírásában, B.-M. G. a jogi, adatvédelmi és felelősségi vonatkozások szakirodalmi feldolgozásában és a kézirat kritikai véleményezésében vett részt. P. A. közreműködött a koncepció kialakításában, elvégezte a szakirodalom feldolgozását és szerkesztését, valamint ellátta a levelező szerzői feladatokat. B. K. a kézirat egészségügyi és egészség-gazdaságtani szempontú értékelésében és szakmai korrekciójában működött közre. P. Z. részt vett a koncepció kialakításában, a kutatómunka szakmai irányításában, valamint a kézirat orvosszakmai szempontú kritikai átolvasásában, korrekciójában és véglegesítésében. A közlemény végleges változatát valamennyi szerző elolvasta és jóváhagyta.

Érdekltségek: A szerzőknek nincsenek érdekltségeik.

Irodalom

- [1] Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med.* 2019; 25: 44–56.
- [2] WHO. Ethics and governance of artificial intelligence for health: WHO guidance. World Health Organization, Geneva, 2021. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240029200> [accessed: March 22, 2026].
- [3] Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence and amending Regulations (EC) No 300/2008, (EU) No 167/2013, (EU) No 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1139 and (EU) 2019/2144 and Directives 2014/90/EU, (EU) 2016/797 and (EU) 2020/1828 (Artificial Intelligence Act). (Text with EEA relevance.) Off J Eur Union, 2024. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj/eng> [accessed: March 22, 2026].
- [4] Van Kolschooten H, van Oirschot J. The EU Artificial Intelligence Act (2024): implications for healthcare. *Health Policy* 2024; 149: 105152.
- [5] Vardas EP, Marketou M, Vardas PE. Medicine, healthcare and the AI Act: gaps, challenges and future implications. *Eur Heart J Digit Health* 2025; 6: 833–839.
- [6] Lang BH, Nyholm S, Blumenthal-Barby J. Responsibility gaps and black box healthcare artificial intelligence: shared responsibility as a solution. *Digit Soc.* 2023; 2: 52.
- [7] Abbas Q, Jeong W, Lee SW. Explainable artificial intelligence in clinical decision support systems: a meta-analysis of methods, applications, and usability challenges. *Healthcare* 2025; 13: 2154.
- [8] Obermeyer Z, Powers B, Vogeli C, et al. Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. *Science* 2019; 366: 447–453.
- [9] WHO. Ethics and governance of artificial intelligence for health: guidance on large multi-modal models 25 March, 2025. World Health Organization, Geneva, 2025. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240084759> [accessed: March 22, 2026].
- [10] European Data Protection Board. Opinion 28/2024 on certain data protection aspects related to the processing of personal data in the context of artificial intelligence models. European Data Protection Board, Brussels, 2024. Available from: https://www.edpb.europa.eu/system/files/2024-12/edpb_opinion_202428_ai-models_en.pdf [accessed: March 22, 2026].
- [11] European Data Protection Board. Artificial intelligence privacy risks and mitigations in large language models. European Data Protection Board, Brussels, 2025. Available from: <https://www.edpb.europa.eu/system/files/2025-04/ai-privacy-risks-and-mitigations-in-llms.pdf> [accessed: March 22, 2026].
- [12] European Commission. Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on adapting non-contractual civil liability rules to artificial intelligence (Artificial Intelligence Liability Directive) (COM/2022/496 final). European Commission, Brussels, 2022. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52022PC0496> [accessed: March 22, 2026].
- [13] European Commission. Commission work programme 2025. European Commission, Brussels, 2025. Available from: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/strategy-documents/commission-work-programme/commission-work-programme-2025_en [accessed: March 22, 2026].
- [14] European Parliament. Artificial intelligence liability directive (Legislative Train Schedule). European Parliament, Brussels, 2026. Available from: <https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-a-europe-fit-for-the-digital-age/file-ai-liability-directive> [accessed: March 1, 2026].
- [15] Directive (EU) 2024/2853 of the European Parliament and of the Council of 23 October 2024 on liability for defective products and repealing Council Directive 85/374/EEC (Text with

- EEA relevance). Off J Eur Union, 2024. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/2853/oj/eng> [accessed: March 22, 2026].
- [16] Regulation (EU) 2024/2847 of the European Parliament and of the Council of 23 October 2024 on horizontal cybersecurity requirements for products with digital elements and amending Regulations (EU) No 168/2013 and (EU) 2019/1020 and Directive (EU) 2020/1828 (Cyber Resilience Act) (Text with EEA relevance.) (Cyber Resilience Act). Off J Eur Union, 2024. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/2847/oj/eng> [accessed: March 22, 2026].
- [17] Regulation (EU) 2025/327 of the European Parliament and of the Council of 11 February 2025 on the European Health Data Space and amending Directive 2011/24/EU and Regulation (EU) 2024/2847. (Text with EEA relevance.) Off J Eur Union, 2025. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2025/327/oj/eng> [accessed: March 22, 2026].
- [18] Price WN II, Gerke S, Cohen IG. Liability for use of artificial intelligence in medicine. In: Solaiman B, Cohen IG (eds.) Research handbook on health, artificial intelligence and the law. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 2024; chapter 9.
- [19] Bertolini A. Artificial intelligence and civil liability. European Parliament, Policy Department for Justice, Civil Liberties and Institutional Affairs, Brussels, 2025. Available from: [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IUST_STU\(2025\)776426](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IUST_STU(2025)776426) [accessed: March 22, 2026].
- [20] Szilágyi GS, Szabó T, Holnapp G, et al. Three-dimensional modeling and printing in the instrumentation of arthroplasty. [Háromdimenziós tervezés és nyomtatás az arthroplastica műszerparkjában.] Orv Hetil. 2025; 166: 1730–1735. [Hungarian]
- [21] Jha D, Durak G, Sharma V, et al. A conceptual framework for applying ethical principles of artificial intelligence to medical practice. Bioengineering 2025; 12: 180.
- [22] Savastano MC, Rizzo C, Fossataro C, et al. Artificial intelligence in ophthalmology: progress, challenges, and ethical implications. Prog Retin Eye Res. 2025; 107: 101374.
- [23] Melazzini L, Bortolotto C, Brizzi L, et al. Artificial intelligence for image quality and patient safety in CT and MRI. Eur Radiol Exp. 2025; 9: 28.
- [24] Chang YW, Ryu JK, An JK, et al. Artificial intelligence for breast cancer screening in mammography (AI-STREAM): preliminary analysis of a prospective multicenter cohort study. Nat Commun. 2025; 16: 2248.
- [25] Esmailzadeh P. Challenges and strategies for wide-scale artificial intelligence deployment in healthcare practices: a perspective for healthcare organizations. Artif Intell Med. 2024; 151: 102861.
- [26] Bungyi G, Pócsa T, Zongor Á, et al. Application of artificial intelligence-based organ contouring software and comparison of results in treatment planning for radiotherapy. [Mesterséges intelligencián alapuló szervkontúrozó szoftverek alkalmazása és eredményeinek összehasonlítása sugárterápiás besugárzástervezés során.] Orv Hetil. 2024; 165: 1934–1944. [Hungarian]
- [27] Lee C, Britto S, Diwan K. Evaluating the impact of artificial intelligence on clinical documentation efficiency and accuracy across clinical settings: a scoping review. Cureus 2024; 16: e73994.
- [28] Sahoo RK, Sahoo KC, Negi S, et al. Health professionals' perspectives on the use of artificial intelligence in healthcare: a systematic review. Patient Educ Couns. 2025; 134: 108680.
- [29] Kowalewska E. Physicians and artificial intelligence in healthcare: insights from a mixed-methods study in Poland on adoption and challenges. Front Digit Health 2025; 7: 1556921.
- [30] Li W, Liu X. Anxiety about artificial intelligence from patient and doctor-physician perspectives. Patient Educ Couns. 2025; 133: 108619.
- [31] Turgut F, Pálya F, Saad A, et al. Revolutionary innovations in ophthalmology: the enhanced role of robots in microsurgical techniques. [Forradalmi újítások a szemészetben: a robotok növekvő szerepe a mikrosebészeti technikában.] Orv Hetil. 2025; 166: 1403–1411. [Hungarian]
- [32] Morgan AA, Abdi J, Syed MA, et al. Robots in healthcare: a scoping review. Curr Robot Rep. 2022; 3: 271–280.
- [33] Papp A, Kun AI, Bíró K. Does technological progress (robotics) contribute to a greater role of women in surgical specialties? [Hozzájárul-e a technológiai fejlődés (robotika) a nők nagyobb szerepvállalásához a sebészeti szakmákban?] Orv Hetil. 2025; 166: 116–120. [Hungarian]
- [34] Sriram A, Ramachandran K, Krishnamoorthy S. Artificial intelligence in medical education: transforming learning and practice. Cureus 2025; 17: e80852.
- [35] Horváthné Kónya E, Virág A, Lajkó P, et al. Artificial intelligence in health education: blessing or curse? [Mesterséges intelligencia az egészségügyi oktatásban: áldás vagy átok?] Orv Hetil. 2024; 165: 2061–2064. [Hungarian]
- [36] Hallquist E, Gupta I, Montalbano M, et al. Applications of artificial intelligence in medical education: a systematic review. Cureus 2025; 17: e79878.
- [37] Pham T. Ethical and legal considerations in healthcare artificial intelligence: innovation and policy for safe and fair use. R Soc Open Sci. 2025; 12: 241873.
- [38] Ungureanu AM, Matei SC, Malita D. Controversies in the application of artificial intelligence in radiology – is there medico-legal support? Aspects from Romanian practice. Diagnostics (Basel) 2025; 15: 230.
- [39] Morandini S, Fraboni F, Balatti E, et al. Assessing the transparency and explainability of artificial intelligence algorithms in planning and scheduling tools: a review of the literature. In: Proceedings of the 10th International Conference on Human Interaction and Emerging Technologies (IHET) 2023; 111: 609–619.
- [40] Üveges I. The black box phenomenon and its consequences in artificial intelligence-based technologies. [A feketedoboz jelensége és következményei a mesterséges intelligencia alapú technológiákban.] Jogászvilág, 2024. május 6. Available from: <https://jogaszvilag.hu/a-jovo-jogasz-a-feketedoboz-jelensege-es-kovetkezmeyei-a-mesterseges-intelligencia-alapu-technologiakban/> [accessed: March 22, 2026].
- [41] European Data Protection Supervisor; Attoresi M, Lareo X, Velasco L. (eds.) TechDispatch – Explainable artificial intelligence (2/2023). Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023. Available from: <https://data.europa.eu/doi/10.2804/802043> [accessed: March 22, 2026].
- [42] Teo SA. Artificial intelligence, human vulnerability and multi-level resilience. Comput Law Secur Rev. 2025; 57: 106134.
- [43] Giubilini A. It is not about artificial intelligence, it is about humans. Responsibility gaps and medical artificial intelligence. Bioethical Inquiry 2025; 22: 527–537.
- [44] Krügel S, Ammeling J, Aubreville M, et al. Perceived responsibility in AI-supported medicine. AI Society 2025; 40: 1485–1495.
- [45] Ricciardi Celsi L, Zomaya AY. Perspectives on managing artificial intelligence ethics in the digital age. Information 2025; 16: 318.
- [46] Judge B, Nitzberg M, Russell S. When code is not law: rethinking regulation for artificial intelligence. Policy Society 2025; 44: 85–97.
- [47] Pásztor I. Future challenges of artificial intelligence in healthcare. [A mesterséges intelligencia jövőbeli kihívásai az egészségügyben.] IME Innov Menedzs Egészségügy 2025; 24: 26–31. [Hungarian]

(Papp Annamária

Debrecen, Böszörményi út 132., 4032;

Fény ház 105.

e-mail: papp.annamaria@econ.unideb.hu)