AI și Medicină: Un Nou Standard pentru Diagnosticare și Tratament Personalizat

Marius Stan [1], Ionut-Ciprian Iorga [1,2], Felix Voinea [1,2], Irina Vlase [2], George Mitroi [3], Dragos Florin Vasile [3,5], Andreea Nelson Twakor [4]

[1] Emergency Clinical Hospital Constanta, Urology Clinic, Constanta, Romania/
Spitalul Clinic Judetean de Urgenta "Sf. Apostol Andrei", Clinica Urologie, Constanta, Romania
[2] Ovidius University of Constanta, Faculty of Medicine, Constanta, Romania/ Universitatea "Ovidius Constanta", Facultatea de Medicina, Constanta, Romania
[3] University of Medicine and Pharmacy of Craiova, Urology Clinic, Craiova, Romania/ Universitatea de Medicina si Farmacie din Craiova, Clinica Urologie, Craiova, Romania
[4] Internal Medicine department, Emergency County Hospital Constanta, Romania/ Departamentul Medicina Interna, Spitalul Clinic Judetean de Urgenta Constanta, Romania
[5] Universitatea de Medicina si Farmacie Craiova, Scoala doctorala, Craiova, Romania /University of Medicine and Pharmacy of Craiova, Doctoral School, Craiova, Romania.

ABSTRACT

Inteligența artificială (Artificial Intelligence - AI) reprezintă o tehnologie emergentă cu potențialul de a revoluționa domeniul medical prin îmbunătățirea proceselor de diagnosticare, tratament și monitorizare a pacienților. În contextul medical, IA se referă la aplicarea acestor tehnologii pentru a îmbunătăți diferitele aspecte ale îngrijirii pacienților, de la diagnosticare și tratament, până la monitorizarea și gestionarea eficientă a datelor medicale. Astfel, IA nu se limitează doar la simpla prelucrare a informațiilor, ci include o gamă largă de aplicații, precum utilizarea roboților chirurgicali, implementarea sistemelor de asistență la distanță și dezvoltarea de algoritmi avansați pentru analiza imagisticii medicale. Prin aceste mijloace, IA poate oferi soluții inovatoare pentru probleme complexe, contribuind la progresul medicinei contemporane și la îmbunătățirea calității vieții pacienților.

Acest articol oferă o analiză narativă a evoluției și aplicabilității AI în medicină, explorând beneficiile, provocările și perspectivele viitoare ale integrării acestor tehnologii în practica medicală. Exemplele concrete și studiile de caz prezentate ilustrează impactul pozitiv al AI asupra eficienței și preciziei intervențiilor medicale, subliniind totodată necesitatea unor reglementări etice și de securitate pentru a asigura o utilizare responsabilă a acestei tehnologii.

Correspondence to:
Dr. Dragos Florin Vasile
University of Medicine and Pharmacy of Craiova, Doctoral School, Emergency Clinical Hospital Craiova
e-mail: vdl_dragos@yahoo.com

INTRODUCERE

Inteligența artificială a devenit un pilon central în modernizarea sistemelor de sănătate, având capacitatea de a transforma modul în care sunt efectuate diagnosticele și tratamentele. Creșterea exponențială a volumului de date medicale și nevoia urgentă de soluții rapide și precise au catalizat adoptarea AI în medicină [1]. Acest articol își propune să exploreze impactul AI asupra diferitelor ramuri medicale si a urologiei, să analizeze avantajele și provocările asociate, precum și să ofere o perspectivă asupra viitorului acestei tehnologii în practica medicală.

Relevanța și importanța utilizării IA în urologie sunt evidente în contextul provocărilor cu care se confruntă sistemele de sănătate din întreaga lume, oferind o oportunitate unică de a îmbunătăți aceste procese, de la identificarea timpurie a bolilor, până la personalizarea tratamentelor pentru a se potrivi nevoilor specifice ale fiecărui pacient [2]. Aceste capacități sunt esențiale în medicina modernă, unde precizia și eficiența sunt fundamentale pentru obținerea unor rezultate clinice optime [3]. În plus, AI permite o gestionare mai eficientă a resurselor medicale, contribuind astfel la sustenabilitatea sistemelor de sănătate pe termen lung.

Acest studiu își propune să exploreze în detaliu rolul AI în practica medicală si in urologie, punând accent pe aplicațiile sale specifice și pe impactul pe care îl are asupra actului medical.

Printre obiectivele principale ale acestei lucrări se numără definirea și clarificarea conceptelor fundamentale ale AI în contextul medical, examinarea aplicabilității AI în diverse ramuri ale medicinei, cum ar fi telemedicina, chirurgia asistată de roboți și diagnosticarea precoce a bolilor, precum și evaluarea avantajelor și provocărilor asociate cu implementarea acestor tehnologii [4]. De asemenea, aceasta cercetare va analiza modul în care AI influențează relația dintre pacient și medic, precum și impactul său asupra rezultatelor clinice [5]. În final, se va discuta despre viitorul AI în medicină, evidențiind tendințele actuale și prognozele pentru dezvoltarea acestui domeniu în anii ce urmează [6]. Această analiză este susținută de studii de caz și exemple concrete din practica medicală curentă, oferind o imagine de ansamblu bine documentată asupra contribuției AI la transformarea și îmbunătățirea asistenței medicale moderne.

MATERIALE SI METODE

Această analiză narativă a fost realizată prin examinarea literaturii de specialitate, a studiilor de caz și a aplicațiilor practice ale AI în domeniul medical urologic. S-a concentrat pe dezvoltarea istorică a tehnologiilor de AI în medicină, aplicabilitatea acestora în diverse specialități medicale, precum și pe provocările și succesele întâmpinate în implementarea acestor tehnologii. Accentul a fost pus pe surse recente pentru a reflecta cele mai noi evoluții și tendințe în acest domeniu dinamic. În plus, au fost analizate studii de caz concrete din practica medicală, care ilustrează impactul AI asupra proceselor de diagnosticare, tratament și management al pacienților.

Metodele utilizate în această analiză includ o sinteză a datelor disponibile din sursele selectate, urmată de o evaluare critică a avantajelor și limitărilor raportate în implementarea tehnologiilor IA. Au fost identificate aplicații specifice ale IA în diferite ramuri ale medicinii, cum ar fi radiologia, oncologia, chirurgia asistată de roboți și telemedicina. De asemenea, s-a evaluat impactul acestor tehnologii asupra eficienței actului medical, preciziei diagnostice și personalizării tratamentului. Toate datele colectate au fost contextualizate pentru a evidenția tendințele emergente și provocările actuale în integrarea IA în sistemele de sănătate moderne.

REZULTATE

Scurt Istoric al Inteligenței Artificiale în Medicină
Dezvoltarea inteligenței artificiale în domeniul medical a avut un parcurs fascinant, marcat de inovații și progrese tehnologice remarcabile. Primele aplicații ale IA în medicină au apărut în anii 1970, odată cu dezvoltarea primelor sisteme expert [7]. Unul dintre cele mai notabile exemple este sistemul MYCIN, dezvoltat la Universitatea Stanford, care era capabil să identifice agenții patogeni cauzatori de

infecții bacteriene și să recomande tratamente antibiotice adecvate [8]. Deși acest sistem nu a fost utilizat pe scară largă în practica clinică din cauza limitărilor tehnologice ale vremii, el a demonstrat potențialul IA de a asista medicii în luarea deciziilor complexe. Această perioadă de pionierat a stabilit fundația pentru cercetările ulterioare și a deschis calea pentru integrarea tot mai profundă a IA în medicină [8].

Evoluția tehnologiei IA în medicină a continuat în deceniile următoare, odată cu dezvoltarea sistemelor de imagistică medicală asistate de AI și a algoritmilor de învățare automată (Machine Learning - ML) [9]. În anii 1990 și 2000, au fost introduse primele sisteme de diagnosticare asistată de calculator (Computer Aided Design - CAD), care au fost utilizate în mod special în radiologie pentru a ajuta la detectarea precoce a cancerului de sân [10]. Aceste sisteme au fost capabile să analizeze imagini mamografice și să identifice posibile leziuni suspecte, completând astfel expertiza radiologilor. De-a lungul timpului, performanța acestor sisteme a fost îmbunătățită prin utilizarea unor algoritmi tot mai sofisticați, ceea ce a dus la creșterea acurateței și a încrederii în rezultatele furnizate de AI. Această perioadă a fost caracterizată de un interes crescând pentru utilizarea AI în medicină, ceea ce a condus la investiții semnificative în cercetare și dezvoltare [11].

Impactul tehnologiilor IA asupra practicii medicale a fost semnificativ, influențând atât metodele de diagnostic, cât și abordările terapeutice. De exemplu, în oncologie, sistemele de AI au fost integrate în fluxurile de lucru pentru a analiza volume mari de date genomice și imagistice, ajutând la identificarea unor terapii personalizate pentru pacienți [12]. De asemenea, în domeniul cardiologiei, AI a fost utilizată pentru a analiza electrocardiogramele (ECG) și pentru a prezice riscul de evenimente cardiovasculare, îmbunătățind astfel prevenția și tratamentul acestor afecțiuni. În prezent, AI continuă să evolueze și să se extindă în noi domenii ale medicinei, cum ar fi telemedicina și chirurgia robotică, transformând fundamental modul în care se realizează îngrijirea medicală. Impactul acestor tehnologii este vizibil nu doar în creșterea eficienței și acurateței actului medical, ci și în îmbunătățirea experienței pacientului, printr-o asistență medicală mai rapidă și mai precisă [13].

Aplicațiile Inteligenței Artificiale în Medicina Modernă

Una dintre cele mai revoluționare aplicații ale inteligenței artificiale în medicina modernă este în domeniul diagnosticării bolilor. AI a transformat modul în care medicii analizează și interpretează datele medicale, oferind un nivel de precizie și rapiditate fără precedent [14]. În imagistica medicală, de exemplu, algoritmii de învățare automată sunt folosiți pentru a analiza imagini radiologice, ecografii, tomografii computerizate (CT) și imagini prin rezonanță magnetică (IRM) pentru a detecta anomalii care ar putea fi omise de ochiul uman [15]. AI poate identifica tumori, fracturi, leziuni cerebrale și alte afecțiuni cu o acuratețe care se apropie sau chiar depășește capacitatea unor medici specialiști. De asemenea, AI este folosită pentru analiza datelor din dosarele medicale electronice, unde poate identifica modele și corelații care sugerează prezența unor boli sau riscul dezvoltării acestora [16]. Această capacitate de a analiza volume mari de date și de a oferi un diagnostic rapid și precis ajută medicii să ia decizii informate și să îmbunătățească semnificativ rezultatele pentru pacienți.

Rolul IA în dezvoltarea tratamentelor personalizate reprezintă un alt domeniu în care tehnologia a avut un impact major [17]. Medicina personalizată, care adaptează tratamentele în funcție de caracteristicile genetice, biologice și de stil de viață ale fiecărui pacient, este susținută de avansurile în inteligența artificială. Prin analiza datelor genetice și moleculare, AI poate identifica care pacienți vor răspunde cel mai bine la anumite medicamente sau tratamente, optimizând astfel abordările terapeutice [18]. De exemplu, în oncologie, AI este utilizată pentru a analiza profilurile genetice ale tumorilor și pentru a recomanda terapii țintite care să fie mai eficiente pentru fiecare pacient în parte. Această abordare reduce semnificativ riscul de efecte secundare și crește șansele de succes ale tratamentelor. De asemenea, AI poate monitoriza răspunsul pacientului la tratament în timp real și

poate ajusta dozele sau poate sugera schimbarea terapiei, asigurând o îngrijire continuă și adaptată nevoilor fiecărui individ [19].

Un alt domeniu în care IA și-a dovedit eficiența este chirurgia asistată de roboți și tehnologii automate. Roboții chirurgicali, cum ar fi sistemul Da Vinci, sunt echipați cu algoritmi de AI care ajută chirurgii să efectueze proceduri complexe cu o precizie de neegalat [20]. Aceste sisteme oferă medicilor un control extrem de precis asupra instrumentelor chirurgicale și permit realizarea unor intervenții minim invazive, care reduc semnificativ timpul de recuperare al pacienților și riscul de complicații postoperatorii. AI joacă, de asemenea, un rol crucial în planificarea preoperatorie, unde poate simula diferite scenarii chirurgicale și poate sugera cea mai sigură și eficientă abordare [21]. De exemplu, în neurochirurgie, AI este utilizată pentru a cartografia zonele critice ale creierului înainte de o intervenție, minimizând riscul de deteriorare a funcțiilor cognitive sau motorii ale pacientului [22]. Aceste inovații nu doar îmbunătățesc rezultatele chirurgicale, dar și extind capacitățile chirurgilor, permițându-le să efectueze operații care anterior erau considerate imposibile sau prea riscante [23].

AI a revoluționat, de asemenea, domeniul telemedicinei, facilitând consultațiile și monitorizarea pacienților la distanță. Această tehnologie a devenit deosebit de relevantă în contextul pandemiei de COVID-19, când accesul la servicii medicale tradiționale a fost limitat [24]. Algoritmii de AI pot analiza simptomele raportate de pacienți prin intermediul platformelor de telemedicină și pot oferi recomandări de diagnostic preliminar sau pot ghida pacientul către specialistul potrivit. În plus, AI este utilizată în monitorizarea la distanță a pacienților cu afecțiuni cronice, cum ar fi diabetul sau bolile cardiovasculare, prin dispozitive wearable care colectează date despre starea de sănătate a pacientului [25]. Aceste date sunt analizate în timp real de algoritmi de AI, care pot detecta schimbări subtile în starea pacientului și pot alerta medicii înainte ca simptomele să devină severe. Astfel, AI permite o monitorizare continuă și proactivă, reducând numărul de spitalizări și îmbunătățind calitatea vieții pacienților [26].

În ciuda succeselor remarcabile în integrarea IA în medicina modernă, există încă provocări semnificative care trebuie abordate. Una dintre acestea este asigurarea acurateței și fiabilității algoritmilor de AI, care depind în mare măsură de calitatea datelor pe care sunt antrenați [27]. De asemenea, există preocupări legate de confidențialitatea datelor pacienților și de respectarea reglementărilor etice. Este esențial ca dezvoltatorii de AI să colaboreze îndeaproape cu profesioniștii din domeniul medical pentru a dezvolta soluții care să fie nu doar eficiente, ci și conforme cu standardele de siguranță și etică [28]. Pe măsură ce tehnologia continuă să evolueze, este probabil ca AI să devină un instrument indispensabil în toate aspectele practicii medicale, de la diagnosticare și tratament la monitorizare și prevenție. Cu investiții continue în cercetare și dezvoltare, IA are potențialul de a transforma fundamental modul în care sunt furnizate serviciile medicale, îmbunătățind semnificativ rezultatele pentru pacienți la nivel global [29].

Tehnologii Cheie Utilizate în Inteligența Artificială Medicală

Învățarea automată reprezintă una dintre cele mai fundamentale tehnologii utilizate în inteligența artificială aplicată în domeniul medical. ML implică dezvoltarea și utilizarea unor algoritmi capabili să învețe din date și să facă predicții sau să ia decizii fără a fi programate explicit pentru fiecare scenariu posibil [30]. În medicină, ML este folosit pentru a crea modele predictive care pot ajuta în diagnosticarea bolilor, prognosticul pacienților și recomandarea tratamentelor personalizate. De exemplu, modelele de ML pot analiza seturi mari de date clinice pentru a identifica pacienții cu un risc ridicat de a dezvolta anumite afecțiuni, cum ar fi bolile cardiovasculare sau diabetul, chiar înainte ca simptomele să devină evidente [31]. Algoritmii de ML sunt, de asemenea, utilizați în medicina de precizie, unde pot corela date genetice și moleculare cu răspunsurile la tratamente, ajutând la personalizarea terapiei pentru fiecare pacient. Această capacitate de a învăța și a se adapta pe baza datelor noi face ca ML să fie un instrument puternic în medicina modernă, contribuind la îmbunătățirea continuă a calității îngrijirii pacienților [32].

Rețelele neuronale și Deep Learning-ul sunt tehnologii avansate care au revoluționat recunoașterea și interpretarea imaginilor medicale. Rețelele neuronale artificiale sunt inspirate de structura și funcționarea creierului uman, fiind capabile să proceseze și să înțeleagă informații complexe. Deep Learning, o subramură a învățării automate, utilizează rețele neuronale adânci, formate din multiple straturi de neuroni artificiali, pentru a analiza și interpreta date nestructurate, cum ar fi imaginile medicale [33]. În imagistica medicală, rețelele neuronale convoluționale (CNN) sunt utilizate pentru a detecta și clasifica anomalii în imagini radiologice, ecografii, tomografii computerizate și imagini prin rezonanță magnetică. Aceste rețele pot învăța să recunoască modele complexe asociate cu diferite patologii, cum ar fi tumorile, fracturile sau leziunile cerebrale, cu o acuratețe care rivalizează cu cea a medicilor specialiști [34]. Pe lângă diagnosticare, Deep Learning-ul este utilizat și în segmentarea imagistică, unde poate delimita automat structurile anatomice și leziunile, facilitând planificarea tratamentelor și intervențiilor chirurgicale. Această tehnologie nu doar îmbunătățește viteza și precizia analizei medicale, dar și extinde capacitatea medicilor de a furniza îngrijire de înaltă calitate pacienților [35].

Procesarea limbajului natural (Natural Language Processing - NLP) este o altă tehnologie esențială în inteligența artificială medicală, având un rol critic în analiza datelor textuale și a documentelor medicale. NLP permite computerelor să înțeleagă, interpreteze și răspundă la limbajul uman într-un mod care este util pentru aplicațiile medicale [36]. În practică, NLP este utilizat pentru a analiza dosarele medicale electronice, unde poate extrage informații relevante despre istoricul medical al pacienților, diagnostice, tratamente și evoluția stării de sănătate. De asemenea, NLP este folosit pentru a dezvolta asistenți virtuali și chatbots care pot răspunde la întrebările pacienților, oferi recomandări medicale bazate pe simptomele raportate și chiar programa consultații [37]. Un alt domeniu în care NLP are un impact major este cercetarea medicală, unde este folosit pentru a analiza literatura științifică și a identifica noi tendințe, corelații sau descoperiri care pot fi relevante pentru practica clinică. Prin automatizarea analizei textuale și reducerea sarcinilor administrative, NLP ajută la eficientizarea fluxurilor de lucru în spitale și cabinete medicale, permițând medicilor să se concentreze mai mult pe îngrijirea directă a pacienților [38].

Integrarea învățării automate, rețelelor neuronale și NLP în soluțiile de inteligență artificială medicală a deschis noi orizonturi în diagnosticul, tratamentul și managementul pacienților. Învățarea automată oferă o bază pentru dezvoltarea unor algoritmi de predicție și diagnostic extrem de sofisticate, în timp ce rețelele neuronale și Deep Learning-ul asigură o capacitate de procesare și analiză vizuală care poate depăși chiar și expertiza umană în anumite cazuri [39]. NLP, pe de altă parte, adaugă capacitatea de a analiza și interpreta datele nestructurate, cum ar fi textul și documentele medicale, oferind o imagine completă și integrată a stării de sănătate a pacienților. Împreună, aceste tehnologii creează un ecosistem de inteligență artificială care poate transforma fundamental modul în care este practicată medicina, de la diagnosticare la tratament și monitorizare [40].

Cu toate că aceste tehnologii au demonstrat un potențial imens în medicina modernă, există și provocări semnificative care trebuie abordate pentru a maximiza beneficiile lor. Una dintre cele mai mari provocări este asigurarea că algoritmii de AI sunt corect antrenați și validați pe seturi de date reprezentative, pentru a evita erorile și părtinirile în diagnostic și tratament. De asemenea, integrarea acestor tehnologii în fluxurile de lucru clinice necesită investiții în infrastructură și formare profesională, precum și o colaborare strânsă între dezvoltatorii de software, medici și reglementatori [41]. În ciuda acestor provocări, viitorul inteligenței artificiale în medicină pare promițător, cu potențialul de a revoluționa modul în care sunt diagnosticate și tratate bolile, îmbunătățind în cele din urmă rezultatele pentru pacienți și eficiența sistemelor de sănătate la nivel global.

Avantaje si Dezavantaje

Implementarea inteligenței artificiale (AI) în medicină aduce o serie de avantaje semnificative, care au potențialul de a transforma radical modul în

care sunt oferite serviciile de sănătate. Unul dintre principalele avantaje este creșterea eficienței în diagnosticare și tratament. Algoritmii de AI pot analiza volume mari de date într-un timp extrem de scurt, ceea ce permite medicilor să obțină rapid informații detaliate despre starea de sănătate a pacienților [42]. Acest lucru este deosebit de important în situații de urgență, unde timpul este esențial. De exemplu, în cazul imagisticii medicale, AI poate detecta anomalii subtile în imagini radiologice care ar putea trece neobservate de ochiul uman, contribuind astfel la diagnosticarea precoce a unor afecțiuni grave, cum ar fi cancerul. În plus, AI reduce erorile umane prin furnizarea de analize obiective și consistente, eliminând variabilitatea interpretării umane care poate duce la erori de diagnostic. Această capacitate de a standardiza și de a automatiza procesele medicale contribuie la îmbunătățirea calității îngrijirii și la reducerea riscurilor asociate cu intervențiile medicale [43].

Etica și confidențialitatea datelor, costurile implementării, acceptarea de către cadrele medicale: Cu toate acestea, implementarea AI în medicină nu este lipsită de provocări, unele dintre cele mai importante fiind legate de etica și confidențialitatea datelor. Întrucât AI se bazează pe analiza unor volume mari de date, inclusiv date personale sensibile, există îngrijorări legate de modul în care aceste date sunt colectate, stocate și utilizate. Protejarea confidențialității pacienților și prevenirea utilizării abuzive a datelor reprezintă provocări majore care necesită reglementări stricte și mecanisme robuste de securitate [44]. De asemenea, costurile asociate cu implementarea AI în sistemele de sănătate sunt semnificative. Dezvoltarea și integrarea tehnologiilor AI necesită investiții substanțiale în infrastructură, echipamente și formare profesională pentru cadrele medicale. Nu în ultimul rând, acceptarea acestor tehnologii de către profesioniștii din domeniul sănătății reprezintă o altă provocare. Mulți medici și asistente pot fi reticenți în a adopta AI din cauza temerilor legate de pierderea controlului asupra procesului de diagnosticare și tratament sau a incertitudinilor privind acuratețea și fiabilitatea acestor sisteme [45].

Exemple de succese ale IA în medicină

În ciuda acestor provocări, există numeroase exemple de succes ale implementării IA în medicină, care demonstrează potențialul imens al acestei tehnologii. De exemplu, utilizarea AI în diagnosticarea cancerului de sân a înregistrat succese remarcabile. Algoritmii de învățare automată au fost instruiți să analizeze mamografiile și să identifice cu precizie leziunile care ar putea fi canceroase, reducând astfel necesitatea biopsiilor inutile și accelerând procesul de diagnosticare [46]. În plus, AI a fost utilizată cu succes în gestionarea bolilor cronice, cum ar fi diabetul, unde aplicațiile mobile bazate pe AI ajută pacienții să își monitorizeze nivelul de glicemie și să își ajusteze tratamentul în timp real. Un alt exemplu de succes este utilizarea AI în optimizarea fluxurilor de lucru în spitale, unde algoritmii pot previziona nevoile de resurse, cum ar fi paturile de spital și personalul medical, contribuind astfel la o mai bună gestionare a capacităților și la îmbunătățirea îngrijirii pacienților [47].

Totuși, nu toate implementările de AI în medicină au fost încununate de succes. Unele proiecte au întâmpinat dificultăți semnificative, care au dus la rezultate sub așteptări sau chiar la eșecuri. Un exemplu este utilizarea AI în predicția riscului de mortalitate în unitățile de terapie intensivă. Deși aceste sisteme pot oferi predicții bazate pe date complexe, au fost cazuri în care predicțiile nu au fost suficient de precise, ducând la decizii clinice incorecte [48]. O altă provocare majoră este integrarea AI în fluxurile de lucru clinice. În multe cazuri, implementarea AI a fost împiedicată de incompatibilitățile dintre noile tehnologii și sistemele existente de gestionare a datelor medicale. De asemenea, dificultățile în interpretarea și utilizarea rezultatelor generate de IA au creat bariere în calea adoptării acestor tehnologii de către cadrele medicale [49]. Aceste exemple subliniază necesitatea unei abordări prudente și bine planificate în implementarea AI în medicină, asigurându-se că tehnologiile sunt bine testate și integrate armonios în practicile clinice existente.

Perspective de viitor și soluții pentru depășirea provocărilor

Privind spre viitor, este esențial ca dezvoltarea și implementarea AI în medicină să fie însoțite de

strategii care să abordeze în mod eficient provocările identificate [50]. Una dintre soluțiile posibile este crearea unor cadre de reglementare clare și cuprinzătoare, care să asigure utilizarea etică și sigură a datelor medicale în dezvoltarea algoritmilor de AI. De asemenea, este crucial ca implementarea AI să fie însoțită de programe de formare pentru cadrele medicale, astfel încât acestea să înțeleagă și să accepte noile tehnologii ca parte integrantă a activității lor profesionale [51]. În plus, colaborarea între dezvoltatorii de tehnologie, profesioniștii din domeniul sănătății și autoritățile de reglementare va fi esențială pentru a asigura că AI este integrată în mod responsabil și eficient în practica medicală. În cele din urmă, succesul AI în medicină va depinde de capacitatea de a depăși provocările actuale și de a valorifica pe deplin potențialul acestor tehnologii pentru a îmbunătăți rezultatele pacienților și a transforma îngrijirea medicală [52].

Reglementările actuale privind utilizarea AI în sănătate: Într-o epocă în care AI devine din ce în ce mai integrată în practica medicală, reglementările privind utilizarea acestei tehnologii devin esențiale pentru a asigura siguranța pacienților și integritatea sistemului de sănătate. Reglementările actuale variază considerabil între diferite țări și jurisdicții, însă multe dintre acestea au început să dezvolte cadre legislative specifice pentru a răspunde provocărilor aduse de AI [53]. De exemplu, în Statele Unite, Administrația pentru Alimente și Medicamente (FDA) reglementează dispozitivele medicale bazate pe AI printr-un proces de aprobare riguros, asigurându-se că acestea îndeplinesc standardele de siguranță și eficacitate [54]. În Uniunea Europeană, Regulamentul privind dispozitivele medicale include dispoziții specifice pentru tehnologiile emergente, cum ar fi AI, impunând cerințe stricte de evaluare și monitorizare [55]. Aceste reglementări sunt esențiale pentru a preveni utilizarea necorespunzătoare a AI și pentru a proteja pacienții de riscurile asociate cu implementarea unor tehnologii insuficient testate.

Aspecte etice legate de inteligența artificială

Utilizarea AI în medicină si implicit in urologie, ridică numeroase provocări etice, mai ales în ceea ce privește responsabilitatea pentru deciziile automate și gradul de implicare umană. Unul dintre principalele aspecte etice este legat de cine este responsabil pentru deciziile medicale luate cu ajutorul AI – medicul care utilizează tehnologia, dezvoltatorii software sau instituția medicală? Acest lucru este deosebit de relevant în cazurile în care AI greșește sau oferă recomandări care pot duce la rezultate adverse. În plus, există preocupări legate de automatizarea excesivă a deciziilor medicale, care ar putea reduce rolul judecății clinice umane și ar putea duce la o dependență excesivă de tehnologie. Pentru a aborda aceste provocări, este esențial ca AI să fie utilizată ca un instrument complementar, nu ca un substitut al expertizei umane [56]. Astfel, medicii trebuie să rămână implicați activ în procesul decizional, utilizând AI pentru a îmbunătăți acuratețea și eficiența, dar fără a renunța la responsabilitatea lor profesională.

Un alt aspect etic crucial este confidențialitatea și protecția datelor pacienților. AI se bazează pe accesul la cantități mari de date medicale pentru a învăța și a face predicții, ceea ce ridică riscuri semnificative în ceea ce privește protecția informațiilor personale [57]. Există temeri că datele pacienților ar putea fi utilizate fără consimțământul lor explicit sau că ar putea fi expuse la atacuri cibernetice. De aceea, reglementările actuale în multe țări impun standarde stricte pentru gestionarea și protejarea datelor medicale, cum ar fi Regulamentul General privind Protecția Datelor (GDPR) din Uniunea Europeană, care oferă un cadru legal robust pentru protecția datelor personale [58]. În plus, instituțiile medicale trebuie să adopte măsuri de securitate avansate și să asigure transparența în modul în care utilizează AI, astfel încât pacienții să aibă încredere în aceste tehnologii și în protecția informațiilor lor sensibile.

La nivel global, există o serie de reglementări și standarde care au fost dezvoltate pentru a ghida utilizarea responsabilă a IA în medicină. De exemplu, Organizația Mondială a Sănătății (OMS) a publicat un set de principii pentru proiectarea și implementarea tehnologiilor de sănătate bazate pe AI, subliniind importanța echității, transparenței și siguranței [59]. În Statele Unite, Institutul Național de Standarde și Tehnologie (NIST) a dezvoltat un cadru pentru utilizarea etică și sigură a AI, care include recomandări pentru testarea riguroasă și

monitorizarea continuă a performanței algoritmilor [60]. În Uniunea Europeană, Comisia Europeană a propus un regulament specific pentru AI care acoperă toate domeniile, inclusiv sănătatea, subliniind necesitatea evaluării riscurilor și a conformității cu standardele de protecție a datelor și drepturile fundamentale ale omului [61]. Aceste reglementări și standarde sunt esențiale pentru a asigura că AI este utilizată într-un mod care să maximizeze beneficiile pentru pacienți și societate, minimizând în același timp riscurile potențiale.

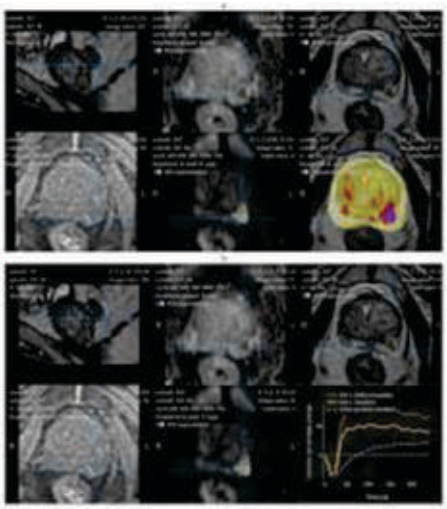
Studii de Caz și Aplicații Practice

Inteligența Artificială a început să fie implementată pe scară largă în spitale și clinici, oferind soluții inovatoare care îmbunătățesc semnificativ calitatea îngrijirii medicale. Un exemplu concret este utilizarea AI în radiologie, unde algoritmii de învățare automată sunt folosiți pentru a analiza imagini medicale și a detecta anomalii, cum ar fi tumorile sau fracturile, cu o acuratețe comparabilă sau chiar superioară experților umani [62]. De exemplu, la Clinica Mayo din Statele Unite, un sistem bazat pe AI a fost implementat pentru a analiza mamografiile, reușind să identifice cazuri de cancer mamar pe care radiologii umani le-au trecut cu vederea [63]. Această tehnologie nu doar că îmbunătățește ratele de detectare precoce, dar și reduce timpul de așteptare pentru pacienți, oferindu-le un diagnostic rapid și precis.

Un alt domeniu în care AI a demonstrat rezultate remarcabile este medicina de urgență. În spitalele din Marea Britanie, un algoritm de AI numit "Streamline" a fost introdus pentru a ajuta personalul medical să prioritizeze pacienții în funcție de gravitatea stării lor [64]. Acest sistem analizează datele medicale ale pacienților și face predicții privind riscul de complicații sau necesitatea intervenției imediate. Conform studiilor de caz realizate, implementarea acestui sistem a redus semnificativ timpul de așteptare în secțiile de urgență și a îmbunătățit eficiența alocării resurselor medicale. De asemenea, pacienții care necesită îngrijiri urgente sunt tratați mai rapid, ceea ce contribuie la reducerea mortalității și a complicațiilor severe [65].

Pe lângă radiologie și medicina de urgență, AI a fost adoptată și în domeniul chirurgiei asistate de roboți, printre care in prim plan se află si chirurgia urologică. În spitalele din Japonia, de exemplu, roboții chirurgicali dotați cu AI sunt utilizați pentru a efectua operații complexe cu o precizie extraordinară. Aceste sisteme permit urologilor să efectueze proceduri minim invazive, reducând astfel riscurile de infecții și scurtând perioada de recuperare
postoperatorie a pacienților [66]. Studiile de caz arată că pacienții operați cu ajutorul acestor tehnologii beneficiază de o recuperare mai rapidă și de rezultate chirurgicale superioare, comparativ cu intervențiile tradiționale.





In același timp, se observa o evoluție in direcția diagnosticului de specificitate, in care radiologia combina tehnici de tipul „Quantib® Prostate MRI", ce realizează o legătură in timp real intre markerii tumorali clasici, RMN-ul multiparametric si densitatea valorilor PSA.

Viitorul Inteligenței Artificiale în Medicină

Tendințele și inovațiile viitoare în AI medicală promit să transforme în continuare sistemele de sănătate, oferind soluții din ce în ce mai sofisticate și personalizate. O direcție majoră de dezvoltare este integrarea AI în medicina preventivă, unde algoritmii pot analiza datele de sănătate ale pacienților pentru a identifica riscurile de îmbolnăvire înainte ca simptomele să apară. De exemplu, AI poate fi utilizată pentru a monitoriza pacienții cu boli cronice, oferind alerte timpurii în cazul modificărilor care ar putea indica o agravare a stării lor. Această abordare preventivă nu doar că îmbunătățește calitatea vieții pacienților, dar și reduce costurile asociate cu tratamentele complexe și spitalizările prelungite.

Un alt domeniu de interes este dezvoltarea sistemelor de AI capabile să analizeze genomul uman, oferind astfel tratamente personalizate adaptate profilului genetic al fiecărui pacient. Această abordare, cunoscută sub numele de "medicina de precizie", are potențialul de a revoluționa modul în care sunt tratate bolile grave, cum ar fi cancerul. În viitor, AI ar putea fi utilizată pentru a dezvolta terapii specifice care să țintească mutațiile genetice unice ale fiecărui pacient, maximizând eficacitatea tratamentului și minimizând efectele secundare.

De asemenea, se anticipează că AI va juca un rol esențial în îmbunătățirea accesului la servicii medicale în zonele rurale sau izolate, prin telemedicină. Algoritmii de AI pot analiza datele colectate de la pacienții care utilizează dispozitive de monitorizare la distanță, oferind diagnostice precise și recomandări de tratament, fără ca aceștia să fie nevoiți să se deplaseze la o clinică. Acest lucru nu doar că reduce povara asupra sistemelor de sănătate urbane, dar și asigură că pacienții din zonele mai puțin accesibile beneficiază de îngrijiri medicale de calitate.

CONCLUZII

Inteligența Artificială în medicină si implicit in chirurgia urologică reprezintă o frontieră emergentă cu potențial de a revoluționa îngrijirea pacienților, oferind soluții inovatoare pentru diagnosticul, tratamentul și monitorizarea bolilor. Studiile de caz și aplicațiile practice evidențiate demonstrează impactul pozitiv pe care AI îl poate avea asupra eficienței și preciziei intervențiilor medicale, contribuind la îmbunătățirea rezultatelor pentru pacienți. Deși AI aduce numeroase beneficii, cum ar fi reducerea erorilor umane și personalizarea tratamentelor, provocările etice și de reglementare rămân aspecte cruciale care trebuie abordate pentru a asigura o implementare sigură și responsabilă a acestor tehnologii.

Perspectivele pe termen lung sugerează că AI va continua să evolueze, devenind o componentă esențială a practicii urologice moderne. Cu toate acestea, succesul integrării AI în medicină depinde de capacitatea sistemelor de sănătate de a se adapta rapid la inovațiile tehnologice, de a dezvolta cadre legislative adecvate și de a promova formarea continuă a cadrelor medicale. Prin continuarea cercetării și dezvoltării în acest domeniu, AI are potențialul de a transforma fundamental modul în care îngrijirea medicală este furnizată, oferind beneficii semnificative atât pentru pacienți, cât și pentru profesioniștii din domeniul sănătății.

BIBLIOGRAFIE

[1] Darsareh F., Ranjbar A., Farashah M. V., Mehrnoush V., Shekari M., Jahromi M. S., et al.. (2023). Application of machine learning to identify risk factors of birth asphyxia. BMC Pregnancy Childbirth. 23, 156. 10.1186/s12884-023-05486-9
[2] El Hajjar A., Rey J. F. (2020). Artificial intelligence in gastrointestinal endoscopy: general overview. Chin. Med. J. 133, 326–34. 10.1097/CM9.0000000000000623
[3] For Physicians. (2023). Suki AI. Available online at: https://www.suki.ai/for-physicians/ (accesat Iulie 30, 2024).
[4] FoundationOne Liquid CDx. (2023). Foundation Medicine. Available online at: https://www.foundationmedicine.com/test/found

ationone-liquid-cdx (accesat Iulie 30, 2024).
[5] Ghanayim T., Lupu L., Naveh S., Bachner-Hinenzon N., Adler D., Adawi S., et al.. (2022). Artificial intelligence-based stethoscope for the diagnosis of aortic stenosis. Am. J. Med. 135, 1124–33. 10.1016/j.amjmed.2022.04.032
[6] Gupta P. (2017). Decision Trees in Machine Learning. Medium. Available online at: https://towardsdatascience.com/decision-trees-in-machine-learning-641b9c4e8052 (accesat Iulie 30, 2024).
[7] Patel VL, Shortliffe EH, Stefanelli M, Szolovits P, Berthold MR, Bellazzi R, Abu-Hanna A. The coming of age of artificial intelligence in medicine. Artif Intell Med. 2009 May;46(1):5-17. doi: 10.1016/j.artmed.2008.07.017. Epub 2008 Sep 13. PMID: 18790621; PMCID: PMC2752210.
[8] Theodosiou AA, Read RC. Artificial intelligence, machine learning and deep learning: Potential resources for the infection clinician. J Infect. 2023 Oct;87(4):287-294. doi: 10.1016/j.jinf.2023.07.006. Epub 2023 Jul 17. PMID: 37468046.
[9] Andreas K, Haenlein M. Siri, Siri in my hand, who's the Fairest in the land? on the interpretations, illustrations and implications of artificial intelligence. Business Horizons 2019; 6: 15–25.
[10] Tang X. The role of artificial intelligence in medical imaging research. BJR Open. 2019 Nov 28;2(1):20190031. doi: 10.1259/bjro.20190031. PMID: 33178962; PMCID: PMC7594889.
[11] Chartrand G, Cheng PM, Vorontsov E, Drozdzal M, Turcotte S, Pal CJ, et al.. Deep learning: a primer for radiologists. Radiographics 2017; 37: 2113–31. doi: 10.1148/rg.2017170077
[12] Hamidinekoo A., Denton E., Rampun A., Honnor K., Zwiggelaar R. (2018). Deep learning in mammography and breast histology, an overview and future trends. Med. Image Anal. 47, 45–67. 10.1016/j.media.2018.03.006
[13] Harrer S., Shah P., Antony B., Hu J. (2019). Artificial intelligence for clinical trial design. Trends Pharmacol. Sci. 40, 577–91. 10.1016/j.tips.2019.05.005
[14] IBM (2023). What is Artificial Intelligence (AI) ? | IBM. Available online at: https://www.ibm.com/topics/artificial-intelligence (accesat August 01, 2024).
[15] Isabel DDx Companion. (2023). Isabel DDx Companion | Isabel Healthcare. Available online at: https://www.isabelhealthcare.com/products/isabel-ddx-companion (accessed April 27, 2023).
[16] Johnson K. B., Wei W. Q., Weeraratne D., Frisse M. E., Misulis K., Rhee K., et al.. (2021). Precision medicine AI and the future of personalized health care. Clin. Transl. Sci. 14, 86–93. 10.1111/cts.12884
[17] Muehlematter UJ, Daniore P, Vokinger KN. Approval of artificial intelligence and machine learning-based medical devices in the USA and Europe (2015–20): a comparative analysis. Lancet Digital Health 2021;3:e195–203.
[18] Wang X, Peng Y, Lu L, et al.. Hospital-scale chest x-ray database and benchmarks on weakly-supervised classification and localization of common thorax diseases. IEEE CVPR 2017:2097–106.
[19] Esteva A, Robicquet A, Ramsundar B, et al.. A guide to deep learning in healthcare. Nat Med 2019;25:24–9.
[20] Bejnordi BE, Veta M, Van Diest PJ, et al.. Diagnostic assessment of deep learning algorithms for detection of lymph node metastases in women with breast cancer. JAMA 2017;318:2199–210.
[21] Strodthoff N, Strodthoff C. Detecting and interpreting myocardial infarction using fully convolutional neural networks. Physiological Measurement 2019;40:015001.
[22] University of Leeds . NPIC - Northern Pathology Imaging Co-operative. University of Leeds, 2020. www.virtualpathology.leeds.ac.uk/npic
[23] Bellemo V, Lim ZW, Lim G, et al.. Artificial intelligence using deep learning to screen for referable and vision-threatening diabetic retinopathy in Africa: a clinical validation study. Lancet Digit Health 2019;1:e35–44.
[24] Gulshan V, Peng L, Coram M, et al.. Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs. JAMA 2016;316:2402–10.
[25] Ting DSW, Pasquale LR, Peng L, et al.. Artificial intelligence and deep learning in ophthalmology. Br J Ophthalmol 2019;103:167–75.
[26] Raumviboonsuk P, Krause J, Chotcomwongse P, et al.. Deep learning versus human graders for classifying diabetic retinopathy severity in a nationwide screening program. NPJ Digit Med 2019;2:25.
[27] Xie Y, Nguyen QD, Hamzah H, et al.. Artificial intelligence for teleophthalmology-based diabetic retinopathy screening in a national programme: an

economic analysis modelling study. Lancet Digit Health 2020;2:e240–9.
[28] Simonite T. The US government will pay doctors to use these AI algorithms. Wired, 2020. www.wired.com/story/us-government-pay-doctors-use-ai-algorithms
[29] Oktay O, Nanavati J, Schwaighofer A, et al. Evaluation of deep learning to augment image-guided radiotherapy for head and neck and prostate cancers. JAMA Netw Open 2020;3:e2027426.
[30] Alverez-Valle J, Moore GJ. Project InnerEye open-source deep learning toolkit: Democratizing medical imaging AI. Microsoft, 2020. www.microsoft.com/en-us/research/blog/project-innereye-open-source-deep-learning-toolkit-democratizing-medical-imaging-ai
[31] Senior AW, Evans R, Jumper J, et al.. Improved protein structure prediction using potentials from deep learning. Nature 2020;577:706–10.
[32] The AlphaFold team . AlphaFold: a solution to a 50-year-old grand challenge in biology. DeepMind, 2020. https://deepmind.com/blog/article/alphafold-a-solution-to-a-50-year-old-grand-challenge-in-biology
[33] Kanesaka T., Lee T. C., Uedo N., Lin K. P., Chen H. Z., Lee J. Y., et al.. (2018). Computer-aided diagnosis for identifying and delineating early gastric cancers in magnifying narrow-band imaging. Gastrointest. Endosc. 87, 1339–44. 10.1016/j.gie.2017.11.029
[34] Lalmuanawma S., Hussain J., Chhakchhuak L. (2020). Applications of machine learning and artificial intelligence for Covid-19 (SARS-CoV-2) pandemic: a review. Chaos Solitons Fractals. 139, 110059. 10.1016/j.chaos.2020.110059
[35] Liang W., Yao J., Chen A., Lv Q., Zanin M., Liu J., et al.. (2020). Early triage of critically ill COVID-19 patients using deep learning. Nat. Commun. 11, 3543. 10.1038/s41467-020-17280-8
[36] Maeda Y., Kudo S. E., Mori Y., Misawa M., Ogata N., Sasanuma S., et al.. (2019). Fully automated diagnostic system with artificial intelligence using endocytoscopy to identify the presence of histologic inflammation associated with ulcerative colitis (with video). Gastrointest. Endosc. 89, 408–15. 10.1016/j.gie.2018.09.024
[37] Mannino R. G., Myers D. R., Tyburski E. A., Caruso C., Boudreaux J., Leong T., et al.. (2018). Smartphone app for non-invasive detection of anemia using only patient-sourced photos. Nat. Commun. 9, 4924. 10.1038/s41467-018-07262-2
[38] Medical Imaging Cloud AI for Radiology (2023). Arterys. Available online at: https://www.arterys.com/ (accessed April 28, 2023).
[39] Nadarzynski T., Miles O., Cowie A., Ridge D. (2019). Acceptability of artificial intelligence (AI)-led chatbot services in healthcare: a mixed-methods study. Digit. Health 5, 2055207619871808. 10.1177/2055207619871808
[40] Nagai A., Hirata M., Kamatani Y., Muto K., Matsuda K., Kiyohara Y., et al.. (2017). Overview of the BioBank Japan Project: Study design and profile. J. Epidemiol. 27(3S):S2–8. 10.1016/j.je.2016.12.005
[41] Okagawa Y., Abe S., Yamada M., Oda I., Saito Y. (2022). Artificial intelligence in endoscopy. Dig. Dis. Sci. 67, 1553–72. 10.1007/s10620-021-07086-z
[42] Onu C. C., Udeogu I., Ndiomu E., Kengni U., Precup D., Sant'anna GM, et al.. (2017). Ubenwa: Cry-based Diagnosis of Birth Asphyxia. Available online at: https://arxiv.org/abs/171106405 (accessed April 23, 2023).
[43] Pangti R., Mathur J., Chouhan V., Kumar S., Rajput L., Shah S., et al.. (2021). A machine learning-based, decision support, mobile phone application for diagnosis of common dermatological diseases. J. Eur. Acad. Dermatol. Venereol. 35, 536–45. 10.1111/jdv.16967
[44] Gulshan V., Rajan R. P., Widner K., Wu D., Wubbels P., Rhodes T., et al.. (2019). Performance of a deep-learning algorithm vs. manual grading for detecting diabetic retinopathy in India. JAMA Ophthalmol. 137, 987–93. 10.1001/jamaophthalmol.2019.2004
[45] Kayaalp M. (2018). Patient privacy in the era of big data. Balkan Med. J. 35, 8–17. 10.4274/balkanmedj.2017.0966
[46] Kazemzadeh S., Yu J., Jamshy S., Pilgrim R., Nabulsi Z., Chen C., et al.. (2023). Deep learning detection of active pulmonary tuberculosis at chest radiography matched the clinical performance of radiologists. Radiology 306, 124–37. 10.1148/radiol.212213
[47] Augmented reality in medical education: Students' experiences and learning outcomes. Dhar P, Rocks T, Samarasinghe RM, Stephenson G, Smith C. Med Educ Online. 2021;26:1953953.
[48] Overview of the development of personalized genomic medicine and surgery. Brunicardi FC,

Gibbs RA, Wheeler DA, Nemunaitis J, Fisher W, Goss J, Chen C. World J Surg. 2011;35:1693–1699.
[49] The role of 3D printing in medical applications: A state of the art. Aimar A, Palermo A, Innocenti B. J Healthc Eng. 2019;2019:5340616.
[50] Robotic surgery: A narrative review. Bramhe S, Pathak SS. Cureus. 2022;14:0.
[51] Esteva A., Kuprel B., Novoa R. A., Ko J., Swetter S. M., Blau H. M., et al.. (2017). Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. Nature 542, 115–8. 10.1038/nature21056
[52] Friedman C. P. A. (2009). "fundamental theorem" of biomedical informatics. J. Am. Med. Inform. Assoc. 16, 169–70. 10.1197/jamia.M3092
[53] Frizzell T. O., Glashutter M., Liu C. C., Zeng A., Pan D., Hajra S. G., et al.. (2022). Artificial intelligence in brain MRI analysis of Alzheimer's disease over the past 12 years: a systematic review. Ageing Res. Rev. 77, 101614. 10.1016/j.arr.2022.101614
[54] Benjamens S, Dhunnoo P, Meskó B. The state of artificial intelligence-based FDA-approved medical devices and algorithms: an online database. NPJ Digit Med. 2020 Sep 11;3:118. doi: 10.1038/s41746-020-00324-0. PMID: 32984550; PMCID: PMC7486909.
[55] Niemiec E. Will the EU Medical Device Regulation help to improve the safety and performance of medical AI devices? Digit Health. 2022 Mar 30;8:20552076221089079. doi: 10.1177/20552076221089079. PMID: 35386955; PMCID: PMC8977702.
[56] Gulshan V., Peng L., Coram M., Stumpe M. C., Wu D., Narayanaswamy A., et al.. (2016). Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs. JAMA 316, 2402–10. 10.1001/jama.2016.17216
[57] Khan B., Fatima H., Qureshi A., Kumar S., Hanan A., Hussain J., et al.. (2023). Drawbacks of artificial intelligence and their potential solutions in the healthcare sector. Biomed Mater Dev. 3, 1–8. 10.1007/s44174-023-00063-2
[58] Bradford L, Aboy M, Liddell K. International transfers of health data between the EU and USA: a sector-specific approach for the USA to ensure an 'adequate' level of protection. J Law Biosci. 2020 Oct 15;7(1):lsaa055. doi: 10.1093/jlb/lsaa055. PMID: 34221424; PMCID: PMC8249089.
[59] Badal K, Lee CM, Esserman LJ. Guiding principles for the responsible development of artificial intelligence tools for healthcare. Commun Med (Lond). 2023 Apr 1;3(1):47. doi: 10.1038/s43856-023-00279-9. PMID: 37005467; PMCID: PMC10066953.
[60] Hwang I. C., Choi D., Choi Y. J., Ju L., Kim M., Hong J. E., et al.. (2022). Differential diagnosis of common etiologies of left ventricular hypertrophy using a hybrid CNN-LSTM model. Sci. Rep. 12, 20998. 10.1038/s41598-022-25467-w
[61] Jamshidi E., Asgary A., Tavakoli N., Zali A., Dastan F., Daaee A., et al.. (2021). Symptom prediction and mortality risk calculation for COVID-19 using machine learning. Front. Artif. Intell. 4, 673527. 10.3389/frai.2021.673527
[62] Haug C. J., Drazen J. M. (2023). Artificial intelligence and machine learning in clinical medicine, 2023. Drazen JM, Kohane IS, Leong TY, editors. N. Engl. J. Med. 388, 1201–8. 10.1056/NEJMra2302038
[63] Patel K, Huang S, Rashid A, Varghese B, Gholamrezanezhad A. A Narrative Review of the Use of Artificial Intelligence in Breast, Lung, and Prostate Cancer. Life (Basel). 2023 Oct 4;13(10):2011. doi: 10.3390/life13102011. PMID: 37895393; PMCID: PMC10608739.
[64] Krishnan G, Singh S, Pathania M, Gosavi S, Abhishek S, Parchani A, Dhar M. Artificial intelligence in clinical medicine: catalyzing a sustainable global healthcare paradigm. Front Artif Intell. 2023 Aug 29;6:1227091. doi: 10.3389/frai.2023.1227091. PMID: 37705603; PMCID: PMC10497111.
[65] König I. R., Fuchs O., Hansen G., von Mutius E., Kopp M. V. (2017). What is precision medicine? Eur. Respir J. 50, 1700391. 10.1183/13993003.00391-2017
[66] Reddy K, Gharde P, Tayade H, Patil M, Reddy LS, Surya D. Advancements in Robotic Surgery: A Comprehensive Overview of Current Utilizations and Upcoming Frontiers. Cureus. 2023 Dec 12;15(12):e50415. doi: 10.7759/cureus.50415. PMID: 38222213; PMCID: PMC10784205.