

Reptes i
oportunitats en
la incorporació
de solucions
d'**intel·ligència
artificial** en
l'àmbit oncològic
en el Sistema
Català de la Salut

Projecte promogut per:



Amb la col·laboració de:

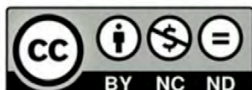


© 2023, Consorci de Salut i Social de Catalunya
Edita: Consorci de Salut i Social de Catalunya
Primera edició: Barcelona, novembre 2024

Coordinació: Enric Lizano, Josep M Guiu

Els continguts d'aquesta obra estan subjectes a una llicència de Reconeixement-No Comercial-Sense Obres Derivades 4.0 Internacional..

La llicència es pot consultar a:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ca>



Introducció

La intel·ligència artificial (IA) suposa actualment un canvi de paradigma en molts aspectes de la societat, però també en l'àmbit de la salut, oferint noves oportunitats per millorar l'eficiència, l'efectivitat i la personalització de l'atenció sanitària. Amb capacitats com l'anàlisi massiva de dades, l'aprenentatge automàtic i els algorismes avançats, la IA permet processar informació clínica a una velocitat i precisió sense precedents. Aquestes tecnologies ens plantegen poder abordar reptes com el diagnòstic precoç, l'optimització de recursos i la personalització dels tractaments a les necessitats individuals de cada pacient. Tanmateix, també es plantegen qüestions ètiques, legals i pràctiques que cal abordar per assegurar la seva implementació segura i equitativa.

En l'àmbit de l'oncologia, la IA presenta oportunitats en la prevenció, el diagnòstic, el tractament i la gestió global del càncer. Les eines basades en IA poden analitzar imatges mèdiques, identificar patrons moleculars per guiar tractaments personalitzats i predir la resposta terapèutica en temps real. A més, les plataformes d'IA permeten el monitoratge remot de pacients i el desenvolupament d'assajos clínics més eficients. Aquestes innovacions estan transformant l'oncologia, des de la recerca fins a la pràctica clínica, i ens obliga a professionals sanitaris, investigadors i gestors a reflexionar sobre les oportunitats i els reptes d'integrar la IA en aquest camp essencial.

Al Consorci de Salut i Social de Catalunya (CSC), tenim com a missió impulsar models de salut i atenció social excel·lents i sostenibles, orientats a

millorar la qualitat de vida de les persones. La gestió de les malalties oncològiques es configura com un repte per al sistema de salut i per al benestar dels pacients. A més, la seva millora contribueix a assolir un model de salut centrat en les persones, on l'atenció personalitzada i la innovació juguen un paper fonamental per oferir respostes efectives als desafiaments que planteja el càncer.

Des del CSC s'ha apostat fermament per la innovació com a motor de transformació del sistema de salut, especialment en la integració de la IA. Aquest compromís es materialitza en projectes pioners, com el que es presenta en aquest informe, i que compta amb la col·laboració de Daiichi Sankyo - AstraZeneca per avançar en la utilització de la IA en oncologia. Aquesta iniciativa, que analitza tant les oportunitats com els reptes de la IA, té com a objectiu millorar els resultats en salut dels pacients, garantint alhora la transparència, la seguretat i l'acceptació social d'aquestes tecnologies. Aquest projecte exemplifica també la importància de la col·laboració entre els diversos agents del sistema de salut per innovar conjuntament i respondre als desafiaments actuals.

Així mateix, des del CSC volem expressar el nostre agraïment a tots els professionals que han participat en aquest projecte. Les seves valuoses aportacions, capacitat d'autocrítica, propostes i iniciatives per al futur de la incorporació de la intel·ligència artificial en salut i, concretament, en l'àmbit de l'oncologia, han estat claus per fer-lo possible.

Membres del grup de treball i revisors del document

Dr. Agustí Barnadas – Cap del Servei d'Oncologia Mèdica de l'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau.

Dra. Estela Moreno – Farmacèutica hospitalària a l'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau.

Gerardo-Diego Ontiveros – Coordinador TIC del Centre de Validació de Solucions Digitals de l'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau.

Dr. Miguel Àngel Seguí – Cap del Servei d'Oncologia Mèdica. Consorci Corporació Sanitària Parc Taulí.

Montse Gasol – Cap de Divisió de l'Ús Racional del Medicament al Sistema de Salut de Catalunya.

Dra. Sandra Fontanals – Cap del servei de Farmàcia de l'Institut Català d'Oncologia (ICO).

Dr. Santiago Escriba – Oncòleg metge de l'Hospital Universitari Vall d'Hebron.

Dra. Sonia Pernas – Cap de la Unitat del Càncer de Mama a l'Institut Català d'Oncologia (ICO).

Dr. Vicente Peg – Patòleg de l'Hospital Universitari Vall d'Hebron i Cap del Departament de Patologia de l'International Breast Cancer Center.

Dra. Yolanda Ribas – Cirurgiana del Consorci Sanitari de Terrassa.

Josep M. Guiu Segura – Director de l'Àrea de Farmàcia i del Medicament del Consorci de Salut i d'Atenció Social de Catalunya.

Enric Lizano Gispert – Coordinador de l'oficina tècnica de suport al Centre d'Intel·ligència Artificial en Medicaments al Consorci de Salut i d'Atenció Social de Catalunya.

Revisors del document

Dra. Montserrat Muñoz – Oncòloga del servei d'Oncologia Mèdica i Coordinadora de la Unitat de Mama de l'Hospital Clínic de Barcelona.

Dr. Ricard Mesía – Oncòleg i Cap del servei d'Oncologia de l'Institut Català d'Oncologia (ICO) – Badalona.

índex

Intel·ligència artificial en el Sistema de Salut de Catalunya	6
Reglament Europeu d'Intel·ligència Artificial	8
La intel·ligència artificial en oncologia	12
Anàlisi de les aplicacions de la intel·ligència artificial en el tractament i monitoratge en oncologia	18
Resum dels reptes i oportunitats	32
Priorització de les aplicacions	34
Conclusions.	37
Recomanacions	38
Bibliografia	42

Intel·ligència artificial en el Sistema de Salut de Catalunya

La intel·ligència artificial (IA) està irrompent en el camp de la salut, generant una gran expectació per a la millora de l'atenció sanitària. La seva capacitat per analitzar grans quantitats de dades, identificar patrons i prendre decisions automatitzades té el potencial de transformar i millorar la pràctica assistencial, millorant l'experiència del pacient i els resultats en salut. Per exemple, la IA pot ajudar en la detecció precoç de malalties mitjançant l'anàlisi d'imatges mèdiques o la identificació de factors de risc en els historials clínics. També pot facilitar el desenvolupament de plans de tractament personalitzats, adaptats a les necessitats específiques de cada pacient. En la següent imatge (figura 01) es mostra un resum de les principals aplicacions de la IA en el camp de la salut.

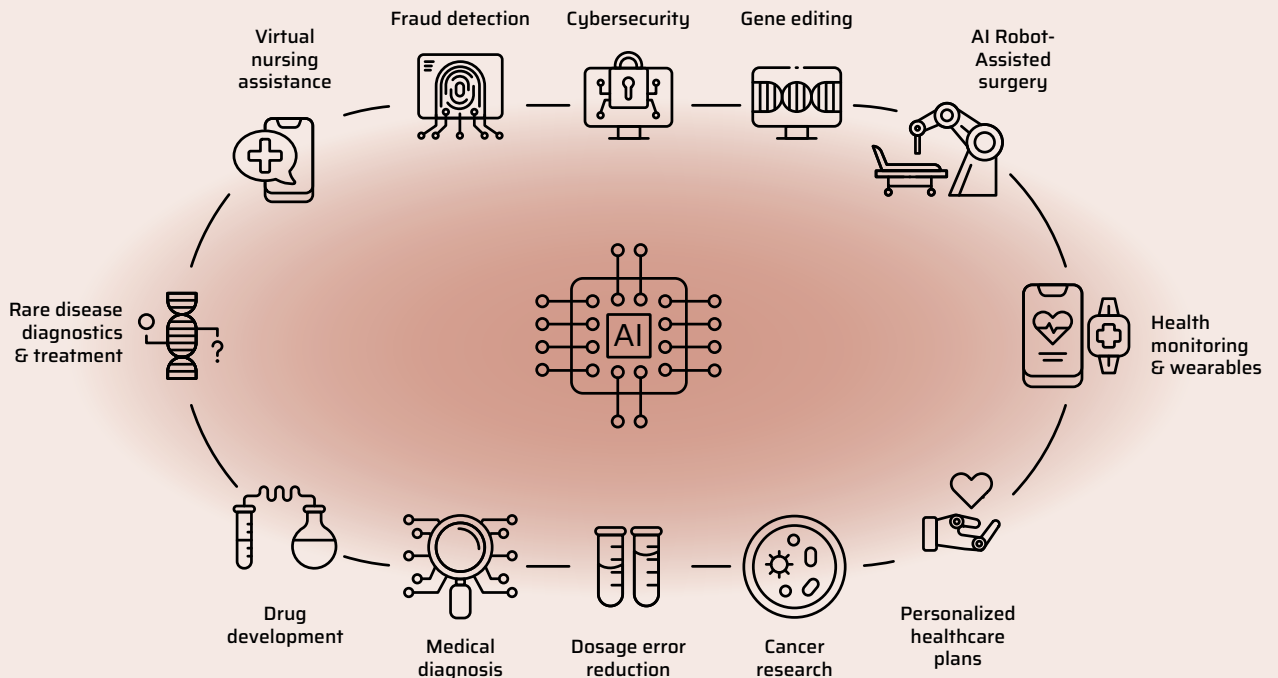


Figura 01

Font: <https://www.delveinsight.com/blog/top-applications-of-artificial-intelligence-in-healthcare>

Tot i els prometedors avantatges de la IA, la seva implementació generalitzada encara presenta alguns obstacles significatius. La resistència al canvi en la integració d'aplicacions d'IA és causada per diversos factors com la por a la deshumanització de la pràctica assistencial, la falta de formació i la preocupació per la privacitat de les dades. A més, els canvis en els fluxos de treball, els costos d'implementació, la resistència cultural i la incertesa sobre la rendibilitat de la inversió també contribueixen a aquesta resistència ⁽¹⁾.

A Catalunya, es disposa d'un elevat volum de dades de salut i dades socials, però aquestes presenten una elevada variabilitat. Per tant, es requereix un esforç per garantir la qualitat i la fiabilitat d'aquestes dades per poder desenvolupar, entrenar i validar els algorismes d'IA. Aquestes dades provenen de fonts molt diverses, com ara historials clínics electrònics, imatges mèdiques, estudis genètics i epidemiològics, assajos clínics, protocols i guies terapèutiques, entre d'altres. La variabilitat en la qualitat i el format d'aquestes dades representa un desafiament significatiu. Per exemple, les dades poden contenir errors, estar incompletes o no estar estructurades de manera uniforme, fet que pot afectar negativament l'eficàcia dels algorismes d'IA.

Per desenvolupar solucions d'IA robustes és essencial garantir que les dades siguin representatives de la població a la qual es vol aplicar la tecnologia. Això significa que cal tenir en compte la diversitat en termes de gènere, edat, condicions mèdiques i altres factors demogràfics i clínics. Només així es pot assegurar que els algorismes d'IA siguin adequats per a tots els pacients. La manca de representativitat pot portar a biaixos en els algorismes, que poden perpetuar desigualtats en l'atenció sanitària.

A més, el Sistema Sanitari de Catalunya es caracteritza per la diversitat de les entitats de provisió, la qual cosa ha comportat una diversificació dels sistemes d'informació que registren la informació de salut. Aquesta diversificació implica que diferents hospitals, clíniques i centres de salut utilitzin sistemes de gestió de dades diferents, sovint amb poc o, fins i tot, cap nivell d'interoperabilitat entre ells. Això pot dificultar l'intercanvi de dades i la implementació de solucions d'IA a gran escala.

És necessari, doncs, desenvolupar marcs reguladors i polítiques que promoguin l'intercanvi segur i ètic de dades de salut entre les institucions. Això pot implicar la creació de consorcis o aliances entre institucions de salut per compartir dades de manera segura i col·laborar en el desenvolupament de solucions d'IA. També és fonamental establir estàndards per a la interoperabilitat dels sistemes informàtics i garantir la privacitat dels pacients.

La capacitat dels professionals de la salut en l'ús de tecnologies d'IA i la sensibilització sobre la importància de la qualitat de les dades són crucials per a l'èxit de la seva integració. Això inclou oferir formació contínua sobre les eines d'IA disponibles i les seves aplicacions pràctiques, així com promoure una cultura de col·laboració i innovació dins del sector sanitari. Només amb un enfocament col·laboratiu i multidisciplinari es podran superar aquests obstacles i aprofitar tot el potencial de la IA per millorar la salut i el benestar de la població.

En línia amb els principals reptes identificats és necessari presentar el nou Reglament Europeu d'Intel·ligència Artificial amb entrada en vigor l'agost de 2024.

Reglament Europeu d'Intel·ligència Artificial

El Reglament Europeu d'Intel·ligència Artificial (AIA) busca regular els usos de la IA per limitar els riscos derivats. La seva aplicació s'estén a:

- ▶ Proveïdors de sistemes d'IA a la UE o comercialitzats dins la UE.
- ▶ Usuaris d'aquests sistemes dins la UE.

No s'aplica a:

- ▶ Autoritats públiques de tercers països en cooperació policial o judicial amb la UE.
- ▶ Sistemes d'ús militar o de seguretat nacional, ni a sistemes utilitzats per a recerca i desenvolupament científic.

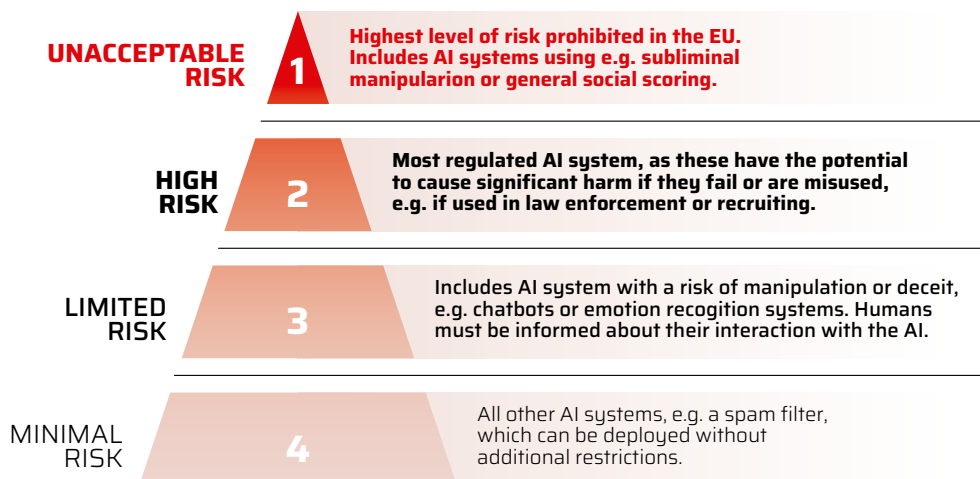
Definició de Sistema d'Intel·ligència

Artificial. Un sistema d'IA opera amb elements d'autonomia i, basant-se en dades, interfereix sobre com assolir objectius proposats utilitzant tècniques d'aprenentatge automàtic o lògica i coneixement. Genera sortides com prediccions, recomanacions o decisions que influeixen en el seu entorn ⁽²⁾.

I. Classificació dels sistemes d'IA segons l'AIA

El reglament classifica els sistemes d'IA segons el risc que representen per a la seguretat, la salut i els drets fonamentals de les persones ⁽²⁾:

- ▶ **Risc inadmissible:** Aquestes aplicacions estan prohibides perquè suposen una amenaça clara per a la seguretat, els drets i les llibertats de les persones. Entre altres exemples, inclouen sistemes de control social basats en IA i tecnologies de manipulació subconscient.
- ▶ **Risc alt:** Aquests sistemes poden afectar significativament la seguretat o els drets de les persones. S'inclouen en aquesta categoria les IA utilitzades en infraestructures crítiques (transport, aigua, educació, formació professional, components de seguretat de productes, ocupació, gestió de treballadors, serveis públics essencials, aplicacions mèdiques, aplicació de la llei, migració, control de fronteres, administració de justícia i processos democràtics). Aquests sistemes han de complir requisits estrictes abans de la seva comercialització, com ara:
 - ▶ Realitzar una avaluació de riscos.
 - ▶ Mantenir una alta qualitat de les dades.



- ▶ Garantir la traçabilitat dels resultats.
- ▶ Proporcionar informació detallada i comprensible als usuaris.
- ▶ Assegurar una supervisió humana adequada.
- ▶ **Risc limitat:** Sistemes amb obligacions específiques de transparència, com ara xats que han d'informar els usuaris que estan interactuant amb una IA. Tot i que els riscos són menors, cal informar clarament els usuaris sobre la naturalesa de la interacció per evitar malentesos.
- ▶ **Risc mínim:** Aquests sistemes presenten el menor risc i, per tant, tenen una necessitat mínima de regulació específica. Inclouen aplicacions com videojocs i filtres de correu brossa.

Font: <https://www.trail-ml.com/blog/eu-ai-act-how-risk-is-classified>

II. Obligacions per als proveïdors i usuaris

- ▶ **Proveïdors:**
 - ▶ Han de garantir que els sistemes d'IA compleixin amb els requisits legals abans de ser comercialitzats.
 - ▶ Són responsables d'avaluar els riscos associats a les seves tecnologies i d'implementar mesures de mitigació adequades.
 - ▶ Han de proporcionar documentació detallada per facilitar la comprensió i el control dels sistemes d'IA.
 - ▶ Estan obligats a establir mecanismes per a la supervisió contínua dels seus sistemes d'IA.

▶ **Usuaris:**

- ▶ Han de garantir l'ús adequat dels sistemes d'IA segons les indicacions del proveïdor.
- ▶ Són responsables d'informar de qualsevol problema o incompliment que detectin durant l'ús dels sistemes d'IA.
- ▶ Han de seguir les pautes i recomanacions per a una utilització segura i ètica dels sistemes d'IA.

III. Supervisió i sancions

▶ **Supervisió:**

- ▶ Es crearà una estructura de supervisió per monitorar el compliment del reglament, incloent-hi autoritats nacionals i una Junta Europea d'IA que coordinarà les accions en l'àmbit de la UE.
- ▶ Les autoritats de supervisió tindran el poder de realitzar inspeccions, sol·licitar informació i imposar mesures correctives.

▶ **Sancions:**

- ▶ Es preveuen sancions per a aquells que incompleixin el reglament, amb multes que poden arribar fins al 6% del volum de negocis global anual de l'entitat infractora.
- ▶ Les sancions estan dissenyades per ser prou dissuasives i garantir el compliment del reglament.

III. Governança de la IA

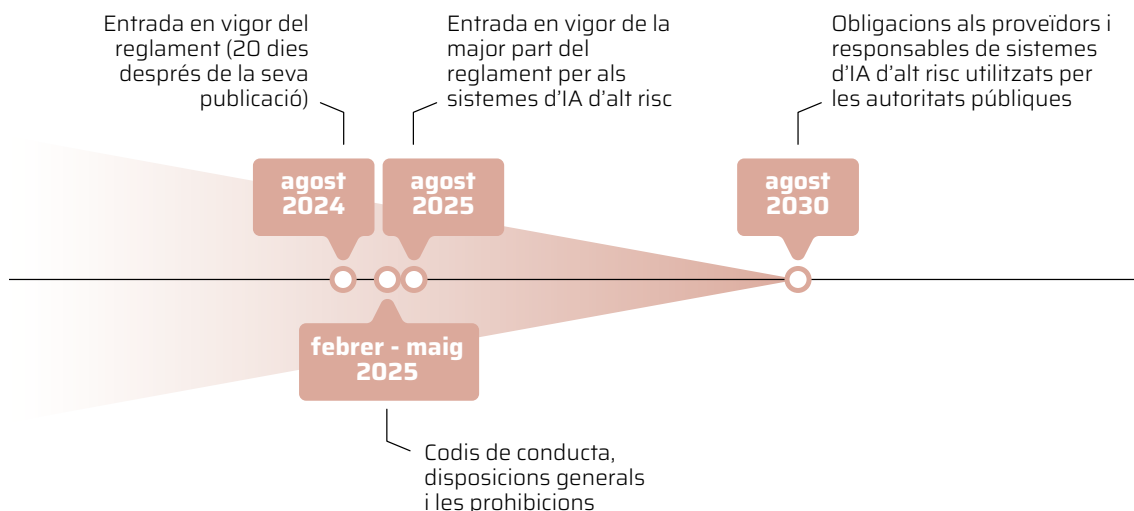
▶ **Estructura de governança:**

- ▶ Es proposa establir comitès i consells per supervisar i guiar la implementació del reglament.
- ▶ Aquests òrgans tindran la missió de promoure bones pràctiques, elaborar guies i recomanacions i coordinar les activitats de supervisió en l'àmbit europeu.

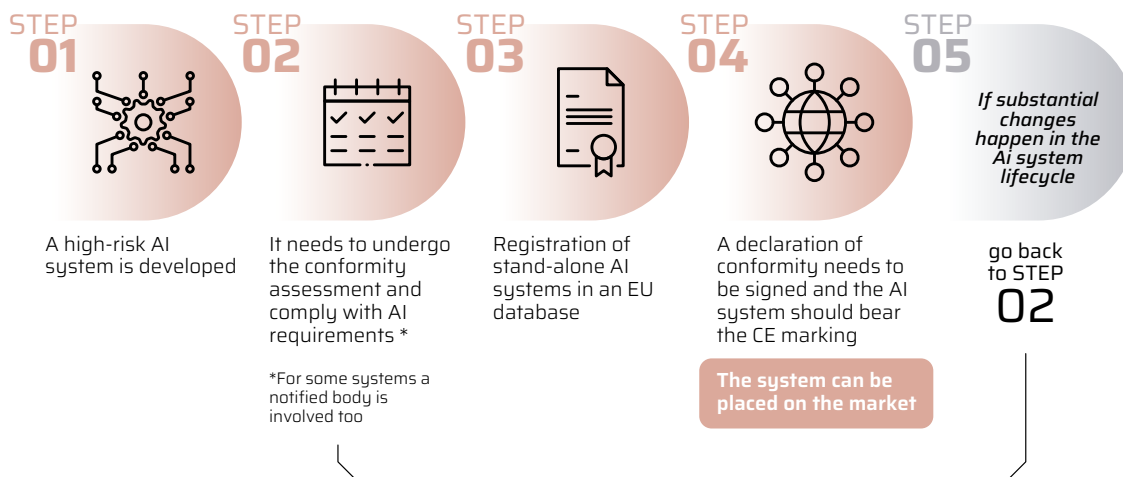
▶ **Col·laboració internacional:**

- ▶ La governança de la IA inclourà la cooperació amb organismes internacionals i la participació en fòrums globals per establir estàndards i millorar la seguretat i l'ètica de la IA a escala mundial.

V. Cronograma



Totes aquelles solucions d'IA que intervinguin en el procés assistencial i ajudin a la decisió clínica es consideraran productes sanitaris d'elevat risc i, per tant, hauran d'obtenir el certificat CE i tota la regulació pròpia d'un producte sanitari per a poder-se comercialitzar. Per a més informació podeu consultar la pàgina de l'AEMPS sobre la normativa en productes sanitaris: <https://www.aemps.gob.es/la-aemps/legislacion/legislacion-sobre-productos-sanitarios/?lang=ca>

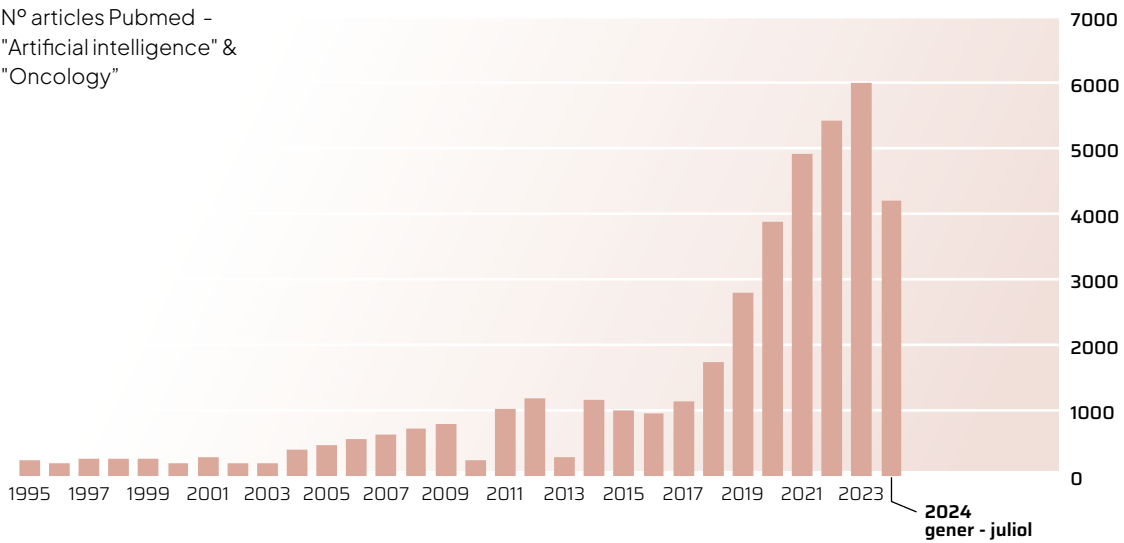


Font: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai>

Un cop establertes les bases legals i els principals reptes de l'entorn català, s'ha realitzat una revisió de l'estat de l'art de les aplicacions d'IA en l'àmbit oncològic a nivell global. L'objectiu ha estat identificar les principals solucions/algoritmes disponibles actualment, tant d'investigació i recerca com comercialitzades.

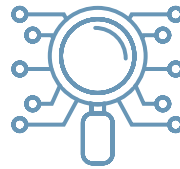
La intel·ligència artificial en oncologia

Nº articles Pubmed -
"Artificial intelligence" &
"Oncology"



A través d'una cerca bibliogràfica s'han classificat les aplicacions d'IA disponibles en l'àmbit oncològic a nivell global en quatre grans blocs: cribratge i diagnòstic, tractament, monitoratge dels pacients i altres. Per cada bloc, es descriuen les experiències que s'han considerat més rellevants, destacant els usos potencials de la IA en cadascun d'aquests àmbits.

Cribratge i diagnòstic



Les aplicacions de diagnòstic són les més nombroses i estan dissenyades per identificar i diagnosticar diversos tipus de càncer utilitzant dades mèdiques i genòmiques. Aquestes aplicacions poden analitzar imatges de teixits, imatges mèdiques -com les imatges radiològiques-, fotografies de lesions, registres d'estudis endoscòpics o altres

tècniques invasives, dades de procediments mèdics, registres de salut i dades genòmiques per proporcionar diagnòstics acurats i detallats i generar grups de risc associats a diferents pronòstics de la malaltia ⁽³⁾.

Anatomia Patològica:

La darrera dècada ha presenciat un augment prometedor en l'aplicació d'eines d'IA en l'anatomia patològica. Mitjançant la IA s'obté el potencial de revolucionar la pràctica de l'anatomia patològica, ja que no només transfereix una imatge de la làmina de vidre al monitor, sinó que també augmenta la visió del patòleg amb informació que és impossible de captar mitjançant l'examen humà. La IA permet dur a terme tasques més senzilles com ara el reconeixement de cèl·lules, així com accions més complexes com l'ús del reconeixement de patrons d'imatge per a predir diagnòstics de malalties, pronòstics i teràpies. El principi fonamental d'aquests enfocaments d'IA és extreure fragments d'imatge que es poden utilitzar per a entrenar els algoritmes ^{(4) (5)}.

L'establiment de l'entorn de patologia digital ha contribuït al desenvolupament d'una nova branca de la patologia coneguda com a patologia computacional. Els enfocaments d'IA, ajudats per resultats d'aprenentatge profund, es fan servir sovint per combinar informació de les imatges de patologia digitalitzades amb les seves metadades associades.

El mètode convencional d'aprenentatge automàtic d'imatges digitals patològiques requereix patòlegs especialment formats per categoritzar manualment atributs d'imatges anormals abans d'incorporar-les en els algoritmes. Extreure i analitzar manualment les característiques de les imatges patològiques era un mètode laboriós i costós, que requeria molt de temps. Les característiques visuals extretes pels humans han de ser traduïdes a formes numèriques per als algoritmes informàtics, però identificar patrons i expressar-los amb un nombre finit de marcadors de característiques era gairebé impossible en algunes malalties complexes. Els diversos estudis per aprendre adequadament les característiques fetes a mà van esdevenir la base d'un sistema d'anàlisi d'imatges mèdiques disponible comercialment. Després de tots els passos de desenvolupament de l'algoritme, el seu rendiment sovint tenia una taxa elevada de falsos positius i la generalització, fins i tot en imatges patològiques habituals, era limitada. L'aprenentatge profund ha permès als ordinadors extreure automàticament vectors de característiques de dades d'imatges patològiques i aprendre a construir algoritmes òptims per si mateixos i, actualment, s'ha convertit en un mètode d'aprenentatge automàtic pioner en la pràctica clínica.

Anàlisi d'imatges mèdiques:

Mitjançant algoritmes d'aprenentatge profund, es poden analitzar radiografies, tomografies

computeritzades (TC) i ressonàncies magnètiques (RM) per identificar i classificar tumors. Models com les xarxes neuronals (CNN) es poden entrenar en grans bases de dades d'imatges mèdiques per detectar patrons subtils que poden ser indicatius de càncer. Això permet una detecció més primerenca i precisa, així com una reducció en la taxa de falsos positius i negatius i una aplicació en millorar l'eficiència de les campanyes de diagnòstic precoç, dirigint-les a les poblacions de major risc ⁽⁶⁾.

Predicció del risc de càncer:

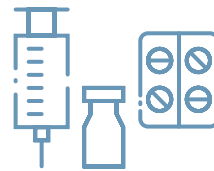
Els models d'IA poden integrar dades de diverses fonts, com ara informació genètica (mutacions i variants genètiques), dades d'estil de vida (dieta i exposició a carcinògens) i historial mèdic (antecedents familiars de càncer) per avaluar el risc individual de desenvolupar càncer. Algoritmes predictius poden calcular probabilitats basades en patrons identificats en grans cohorts de pacients, que permeten una avaluació personalitzada del risc ⁽⁷⁾.

Diagnòstic primerenc:

La IA pot analitzar biomarcadors presents en sang, orina i altres fluids corporals per detectar signes primerencs de càncer. Per exemple, la IA pot identificar patrons en perfils d'ADN lliure en sang o en proteïnes específiques que podrien

indicar la presència de càncer abans que es presentin símptomes clínics evidents ⁽⁸⁾.

Tractament



Les aplicacions de tractament se centren en la planificació i administració del tractament del càncer. Aquestes aplicacions poden integrar dades d'imatges de pacients (fotografies, PET, CT o MRI), registres de salut electrònics i dades de monitoratge en temps real per optimitzar els plans de tractament i millorar els resultats en salut dels pacients.

Pronòstic de la malaltia:

Els sistemes d'IA poden analitzar dades sobre l'evolució de la malaltia per avaluar l'eficàcia d'un tractament emprat, per preveure la probabilitat de recurrència del càncer i per pronosticar la supervivència del pacient. Aquestes anàlisis poden basar-se en dades històriques i en el seguiment del pacient, ajudant a adaptar els plans de tractament a les necessitats específiques de cada individu ^{(11) (12)}.

Personalització del tractament:

La IA pot ajudar a escollir el tractament més adequat per a cada pacient segons el seu perfil. Per tant, pot ser una eina de predicció de l'eficàcia a través de l'anàlisi de les dades de salut del pacient i de la literatura científica. Els algoritmes poden suggerir opcions terapèutiques personalitzades que s'ajustin millor al perfil genètic del tumor i/o a les característiques del pacient ^{(16) (17)}.

Dosificació de medicaments:

Els models d'IA poden determinar la dosi òptima d'un medicament per minimitzar la toxicitat i maximitzar l'eficàcia. Basant-se en dades sobre el metabolisme individual i la resposta al medicament, la IA pot ajustar les dosis per evitar efectes adversos i millorar el tractament i la seguretat dels pacients ⁽¹³⁾.

Planificació de la radioteràpia:

La IA pot ajudar a optimitzar la planificació de la radioteràpia per assegurar que la radiació es dirigeixi amb precisió al tumor, alhora que es minimitza el dany als teixits sans circumdants. Mitjançant l'anàlisi tridimensional del tumor i la creació de plans de tractament personalitzats es pot assolir aquest objectiu ^{(9) (10)}.

Monitoratge



Les aplicacions de monitoratge estan dissenyades per fer un seguiment continu de l'estat dels pacients, cosa que permet una resposta ràpida a qualsevol canvi en la seva salut. Aquestes aplicacions poden utilitzar dades de monitoratge en temps real, registres de salut electrònics i altres fonts de dades per proporcionar una visió completa i actualitzada de l'estat del pacient ⁽¹⁶⁾.

Rehabilitació del pacient:

La IA pot ajudar als pacients amb càncer a recuperar-se després de la cirurgia, radioteràpia o del tractament sistèmic. Això inclou la creació de plans de rehabilitació personalitzats i el monitoratge del progrés de la recuperació per ajustar els tractaments segons sigui necessari.

Cura pal·liativa:

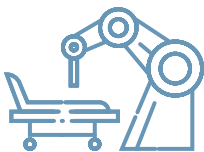
La IA pot millorar la qualitat de vida dels pacients amb càncer en fase avançada i/o estat terminal mitjançant la gestió dels símptomes

i la coordinació de la cura. Els sistemes d'IA poden ajudar a ajustar els tractaments pal·liatius i a proporcionar suport emocional i logístic a pacients i familiars.

Suport emocional:

La IA pot oferir suport emocional a pacients amb càncer i les seves famílies mitjançant xatbots i altres eines digitals. Aquest suport pot incloure informació sobre la malaltia, consells per afrontar l'estrès i connexions amb grups de suport.

Altres



Investigació de fàrmacs:

La IA pot identificar noves molècules i mecanismes implicats en el desenvolupament del càncer analitzant dades biològiques i químiques. Això pot conduir al descobriment de nous objectius terapèutics per al disseny de tractaments més efectius ⁽¹⁷⁾.

A més, la IA pot identificar nous usos per a medicaments ja existents en el tractament del càncer. Mitjançant l'anàlisi de dades sobre els efectes d'aquests fàrmacs en altres condicions, es poden descobrir aplicacions alternatives en oncologia ⁽¹⁸⁾.

Assaigs clínics:

Els sistemes d'IA poden optimitzar el disseny i l'execució d'assaigs clínics per a nous fàrmacs contra el càncer. També inclou la selecció de participants, la planificació de protocols i l'anàlisi de dades per millorar l'eficiència i la precisió dels assaigs ⁽¹⁹⁾.

Cirurgia robòtica:

La IA pot millorar la precisió i la seguretat de la cirurgia robòtica en oncologia. Els sistemes assistits per IA poden proporcionar feedback en temps real als cirurgians, ajudar a planificar les vies d'abordatge i optimitzar les tècniques quirúrgiques ⁽²⁰⁾.

La cerca bibliogràfica realitzada ha permès identificar una àmplia gamma d'aplicacions d'IA en oncologia, amb una clara predominança d'aplicacions orientades al diagnòstic i cribratge del càncer. Tot i que hi ha menys aplicacions dedicades al tractament i el monitoratge, aquestes continuen sent àrees importants per al desenvolupament futur.

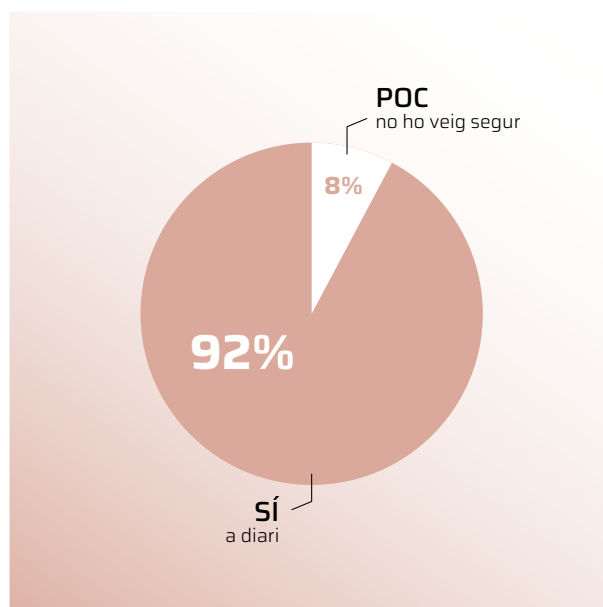
De les aplicacions identificades algunes disposen de certificats de CE, FDA o altres, tot i que encara hi ha una gran majoria que es categoritzen com a projectes de recerca i, per tant, encara no disposen de la regulació adequada per a la seva comercialització a escala global. En l'àmbit europeu, com s'ha descrit anteriorment, la nova llei regularà i ajudarà al procediment d'obtenció d'aquest marcatge.

Tenint en compte que el principal àmbit on hi ha un menor nombre d'aplicacions d'IA és en el tractament i monitoratge del càncer, es va realitzar un taller pràctic amb diferents professionals sanitaris de Catalunya involucrats en el camp de l'oncohematologia per tal de poder identificar les principals oportunitats i els reptes d'incorporar aquesta tecnologia en la pràctica clínica.

A partir de diferents casos pràctics, s'han categoritzat les aplicacions en el tractament i monitoratge oncològic en: radioteràpia, predicció de la supervivència, personalització del tractament, assistent en la prescripció, monitoratge de la resposta i estratificació de pacients en funció dels resultats en salut.

Per a cada aplicació es va dur a terme una anàlisi exhaustiva, debatent i identificant tant els possibles avantatges o oportunitats que podrien sorgir, així com els inconvenients o reptes que caldria afrontar en la seva introducció al sistema sanitari. Aquest procés va permetre explorar els beneficis potencials que podrien derivar-se de cada opció, així com anticipar les dificultats o barreres que podrien complicar-ne la implementació. A continuació, es presenten de manera detallada els aspectes positius i les limitacions associades a cada supòsit, proporcionant una visió completa dels factors que es van considerar.

Prèviament a l'inici del taller es va realitzar una enquesta als membres on es preguntava si estarien disposats/des a utilitzar la IA en els seus centres:



Anàlisi de les aplicacions de la intel·ligència artificial en el tractament i monitoratge en oncologia

Radioteràpia

Actualment, la radioteràpia per a pacients amb càncer és un procés molt detallat que implica diverses etapes: realitzar una tomografia computada de simulació per a la delineació dels òrgans de risc, volum tumoral macroscòpic i àrees amb risc de malaltia subclínica, prescripció de dosis i definició de les dosis de restricció als teixits sans, planificació, verificació i administració de la radioteràpia.

En el flux de treball de la radioteràpia hi ha diferents punts en els quals s'ha aplicat la IA i es preveu un impacte significatiu en termes d'eficiència, consistència del tractament i resultats dels tractaments:

- ▶ **Definició dels volums d'irradiació:** les tècniques de *deep learning* permeten la delineació automàtica dels òrgans de risc i la definició precisa del volum tumoral en pocs minuts.
- ▶ **Planificació del tractament:** la IA pot generar plans de tractament òptims amb una distribució de dosis que maximitza la radiació sobre el tumor i minimitza l'exposició dels teixits sans.
- ▶ **Radioteràpia guiada per imatge i gestió del moviment:** assegura que el tractament es dirigeixi amb precisió, fins i tot amb el moviment dels òrgans o del pacient.
- ▶ **Models predictius de resposta i toxicitat:** la IA pot ajudar a predir la resposta del pacient al tractament i la toxicitat derivada de la radioteràpia.

- ▶ **Assistència en els processos de qualitat:** monitora l'administració del tractament comparant-lo amb el pla de dosi original per assegurar la seva precisió.
- ▶ **Radioteràpia adaptativa online:** permet adaptar el pla de tractament en temps real segons els canvis en el tumor i els teixits circumdants.
- ▶ **Suport a la decisió de tractaments:** mitjançant IA multimodal, es poden identificar els casos que necessiten tractaments sistèmics associats a la radioteràpia.
- ▶ **Integració de la radiòmica:** l'anàlisi quantitativa de dades d'imatge pot correlacionar-se amb la resposta als tractaments d'IMRT (radioteràpia d'intensitat modulada) i SBRT (radioteràpia estereotàxica corporal), ajudant en la predicció del pronòstic.

Un dels passos que consumeix més temps és la delimitació (o segmentació) del volum tumoral i dels òrgans sans que l'envolten. Tradicionalment, els oncòlegs radioteràpics són responsables de delimitar tant el volum del tumor com els òrgans en risc. Aquest procés implica decidir i delimitar amb precisió el volum tumoral macroscòpic (GTV: *Gross tumor volume*), un volum que inclou el GTV i una àrea en continuïtat amb potencial afectació microscòpica (CTV: *clinical target volume*), així com aquelles àrees ganglionars on les cèl·lules migren amb més freqüència. A cada volum se li assigna una dosi de prescripció i als òrgans de risc unes dosis de restricció tenint en compte les dosis de tolerància de cada teixit.

Per millorar l'eficiència i la precisió en la definició de volums, és fonamental implementar eines i tècniques que ajudin els oncòlegs a fer aquest procés més ràpidament i alhora reduir la variabilitat interobservadora. Això pot incloure l'ús de tecnologies avançades com la intel·ligència artificial, que poden

automatitzar la delimitació dels òrgans i reduir el temps necessari per preparar el tractament. Actualment, ja es troben disponibles al mercat diferents solucions d'IA que es poden aplicar a diferents etapes del procés radioteràpic ^{(9) (10)}.

Oportunitats d'introduir la IA en la radioteràpia

1. Optimització del temps en la planificació del tractament

La IA pot processar grans volums de dades de manera ràpida i eficient, el que es tradueix en una reducció del temps global de preparació del tractament radioteràpic, contribuint a fer que l'atenció sigui més efectiva.

2. Major precisió, exactitud i seguretat

La IA pot optimitzar la planificació del tractament aplicant algorismes que incorporen models predictius radiobiològics de control tumoral i de toxicitat dels teixits sans, generant una millor distribució de la dosi. Això facilita als tècnics de dosimetria i als radiofísics generar un pla de tractament adaptat a la prescripció realitzada per l'oncòleg radioteràpic, d'acord amb l'evidència científica i segons el tipus de tumor i les característiques específiques de cada pacient.

3. Priorització de la visita (temps de qualitat)

La IA pot ajudar a prioritzar les visites dels pacients en funció de la gravetat del seu estat i establir pautes de seguiment adaptades a l'estadi de la malaltia i el risc d'aparició d'efectes secundaris en el temps. Això pot contribuir a millorar l'eficiència i l'eficàcia del sistema sanitari.

4. Optimització en l'elaboració d'informes

La IA pot generar informes de manera automàtica i ràpida a partir de les dades generades pel sistema de gestió de

tractament i les introduïdes pels professionals sanitaris a les diferents etapes del procés radioteràpic. D'aquesta manera, es pot alliberar temps dels professionals sanitaris perquè puguin centrar-se en altres tasques més complexes. Això permet una millor gestió del temps i un augment en la capacitat d'atenció als pacients, formació continuada, implementació de noves tècniques d'irradiació i avaluació dels resultats.

Reptes d'introduir la IA en radioteràpia

1. Resistència al canvi

La introducció de noves tecnologies sovint genera resistència entre els professionals, que poden sentir-se amenaçats per la IA o simplement incòmodes amb els nous procediments. La resistència al canvi pot dificultar la implementació efectiva de solucions d'IA.

2. Elevat volum d'imatges i temps de segmentació per crear l'algoritme

La creació d'algoritmes efectius requereix grans quantitats de dades i un procés intensiu de segmentació i anotació d'imatges. Aquest procés pot ser llarg i costós, amb necessitat de personal amb formació en IA, com programadors i informàtics, entre d'altres. Tot plegat, representa un desafiament significatiu en la implementació d'IA en radioteràpia.

3. Reubicació de llocs de treball

L'automatització de certes tasques pot portar a una reducció de la necessitat de professionals en algunes àrees, generant preocupació sobre la reubicació de personal. S'estima que amb el ràpid desenvolupament tecnològic, la incorporació de noves tècniques d'irradiació d'alta precisió i la progressiva incorporació de la radioteràpia adaptativa, augmentaran les tasques pel control de qualitat dels tractaments. En el cas de la radioteràpia adaptativa caldrà disposar d'un oncòleg radioteràpic, un radiofísic i tres tècnics de radioteràpia fixos a la unitat de tractament.

4. Responsabilitat

Malgrat l'ajuda de la IA, la responsabilitat final del tractament recau en els professionals sanitaris. Això pot generar estrès addicional, ja que els metges han de confiar en les eines d'IA però també verificar i validar els seus resultats.

5. Capacitat tecnològica

La implementació d'IA requereix una infraestructura tecnològica avançada que no sempre està disponible a totes les institucions sanitàries. Això pot ser un obstacle per a la integració de solucions d'IA en determinats entorns.

6. Assegurar la validació

És fonamental assegurar que els algoritmes d'IA estiguin validats i siguin fiables abans de la seva implementació clínica. La validació rigorosa pot ser complexa i requereix temps, recursos i col·laboració entre desenvolupadors i professionals sanitaris.

7. Formació a professionals

Per tal de treure el màxim profit de la IA, els professionals han de rebre formació adequada. Això implica invertir temps i recursos en programes de capacitat, la qual cosa pot ser un desafiament addicional en termes de costos i logística.

Predicció de la supervivència i de la resposta al tractament

La predicció de la supervivència en pacients amb càncer és un procés complex que es basa en una combinació de dades clíniques, històriques i estadístiques. Actualment, s'utilitzen diversos mètodes i eines per avaluar la supervivència dels pacients amb càncer. Per exemple, models predictius basats en estadístiques, com les taules de supervivència que proporcionen una estimació basada en dades històriques de pacients amb característiques similars. Aquestes taules es poden utilitzar per calcular la probabilitat de supervivència en funció de factors com l'estadi del càncer, el tipus de tumor i altres variables clíniques.

La incorporació de la IA pot facilitar la identificació de patrons complexos en les dades que poden no ser evidents amb mètodes tradicionals combinant dades de diverses fonts, incloent-hi imatges mèdiques, informació genòmica i dades clíniques. Aquests models poden millorar les prediccions proporcionades per mètodes estadístics tradicionals.

Actualment, ja es poden trobar alguns estudis de recerca on s'estan entrenant i validant calculadores de supervivència en oncologia basades en algoritmes d'IA ⁽¹¹⁾ ⁽¹²⁾.

Oportunitats d'introduir la IA en la predicció de la supervivència

1. Predicció més acurada, objectiva i automatitzada

La IA pot analitzar una gran varietat de dades de manera objectiva, integrant molts més paràmetres que els que normalment es tenen en compte. Això enriqueix i millora les prediccions, eliminant parcialment la subjectivitat inherent a les decisions humanes i automatitza els càlculs probabilístics de predicció respecte als models actuals.

2. Possibilitat de reduir tractaments poc eficients a final de vida i una major seguretat

Les prediccions més acurades de la IA poden ajudar a identificar quins tractaments són realment beneficiosos en les etapes finals de la vida del pacient, reduint l'aplicació de tractaments que no millorarien la qualitat de vida del pacient i que podrien tenir efectes tòxics o secundaris greus sense proporcionar beneficis significatius per al pacient.

3. Racionalització de recursos

L'ús eficient de la IA permet una millor distribució i utilització dels recursos sanitaris, centrant-se en aquells pacients que més es poden beneficiar dels tractaments, reduint costos i optimitzant l'atenció mèdica.

4. Exactitud i fiabilitat

Amb un entrenament adequat i una validació acurada, els algoritmes d'IA poden oferir prediccions de supervivència amb fiabilitat i exactitud, ajudant a millorar la planificació i la gestió dels tractaments per adaptar-los a les necessitats individuals de cada pacient ^{(21) (22)}.

5. Possibilitat de tractar dades no estructurades

La IA pot processar i analitzar dades no estructurades (com notes clíniques o registres mèdics textuais, entre d'altres), proporcionant una visió més completa i detallada del pacient.

Reptes d'introduir la IA en la predicció de la supervivència

1. Biaixos en les dades per desenvolupar i entrenar els algoritmes

Els biaixos inherents a la manera en què es recullen les dades poden afectar la precisió i la generalització de les prediccions fetes per la IA. La selecció de les dades pot introduir biaixos si no es té en compte la diversitat de la població o si les dades són representatives només d'un subgrup específic. Per tant, és un repte assegurar que els algoritmes d'IA siguin aplicables i efectius en una varietat d'escenaris clínics i poblacions diverses. A més, els algoritmes poden no tenir en compte dades importants que no estan disponibles en les fonts de salut tradicionals, com factors dietètics, socials o hàbits de vida, que poden influir en les prediccions de supervivència.

2. Biaix de context canviant versus les dades d'entrenament

Les dades d'entrenament poden no reflectir canvis recents o futurs en els protocols de tractament, epidemiologia, o altres factors, la qual cosa pot afectar la validesa de les prediccions en contextos canvians. Per aquest motiu és important la retroalimentació i l'entrenament constant dels algoritmes.

3. "Explicabilitat" (*Black box*: caixa negra)

Els models d'IA sovint funcionen com una "caixa negra" on els criteris de decisió no són transparents, dificultant la validació dels resultats i l'acceptació social de les decisions preses per la IA. Aquest fet comporta un canvi en el paradigma social actual on el metge pot justificar segons el seu criteri clínic (experiència, assajos clínics o protocols, entre d'altres) la seva decisió enfront dels diferents perfils de pacients.

4. Risc d'errors (fiabilitat de la IA)

Hi ha el risc que la IA, segons les seves prediccions, recomani no donar tractament a pacients que realment podrien beneficiar-se'n, basant-se en dades inexactes o incompletes. La fiabilitat dels algoritmes d'IA és crucial perquè els errors poden tenir conseqüències greus per als pacients i és necessari assegurar una validació rigorosa i contínua.

5. Anonimització de dades

Per garantir la privacitat dels pacients, és necessari anonimitzar les dades, la qual cosa pot alentir el procés de recollida i anàlisi d'aquestes, afectant la rapidesa de les prediccions.

Assistent en la prescripció

Actualment, la presa de decisions en oncologia és un procés complex que integra múltiples factors per determinar el tractament més adequat per a cada pacient. El procés comença amb la confirmació del diagnòstic a través de proves d'imatge, estudis histològics i altres exàmens.

La selecció del tractament depèn de l'estadi del càncer, l'estat general de salut del pacient i les seves preferències personals. Els metges consideren opcions com cirurgia, radioteràpia, quimioteràpia, teràpies hormonals i teràpies dirigides, basant-se en guies clíniques establertes i protocols que ofereixen recomanacions basades en evidències científiques obtingudes a partir dels resultats d'estudis prospectius aleatoritzats multicèntrics.

Un cop triat el tractament, els metges planifiquen detalls específics i personalitzen l'estratègia segons les característiques individuals del pacient. El seguiment continu de la resposta al tractament i l'ajustament per efectes secundaris són claus per adaptar el pla segons sigui necessari.

A més, la presa de decisions sovint es realitza en comitès multidisciplinaris, on diversos especialistes discuteixen el cas per desenvolupar un pla integral. Les noves tecnologies i eines basades en intel·ligència artificial també estan començant a jugar un

paper important. La IA pot revolucionar la manera com es gestiona l'evidència científica i les guies clíniques en l'àmbit mèdic. Gràcies als algorismes avançats, la IA pot analitzar grans quantitats de literatura científica, extracció d'informació clau i sintetitzar dades de diversos estudis per oferir una visió consolidada de les conclusions i tendències actuals. A més, pot revisar i actualitzar contínuament les guies clíniques, protocols i assajos clínics actius, assegurant que els professionals de la salut disposin de les recomanacions més actualitzades basades en l'evidència més recent ^{(13) (14) (15)}.

Oportunitats d'introduir la IA com a assistent en la prescripció

1. Ajuda objectiva en la decisió

Els assistents de prescripció basats en IA proporcionen una ajuda objectiva, cosa que permet als professionals basar les seves decisions en dades concretes i evidència científica. Així, la IA pot organitzar i sistematitzar la informació mèdica de manera coherent i estructurada, facilitant la seva utilització en la presa de decisions, unificant informació de diverses fonts i sistemes, oferint una visió completa i integrada per a la presa de decisions clíniques.

2. Major eficiència

La IA pot analitzar ràpidament múltiples variables i dades, oferint recomanacions de

tractament de manera més ràpida que els processos manuals optimitzant la cerca i la síntesi d'evidència científica.

3. Disminució d'errors

Amb la capacitat de processar grans volums de dades sense oblidar informació, els assistents d'IA poden reduir significativament els errors humans en la prescripció de tractaments.

4. Equitat en les decisions

Els sistemes d'IA poden ajudar a assegurar que les decisions de tractament siguin equitatives, basades en dades objectives i no influenciades per prejudicis personals.

5. Reproductibilitat

Les decisions preses amb l'ajuda d'IA són fàcilment reproduïbles, ja que es basen en els mateixos criteris i dades, millorant la consistència en el tractament dels pacients.

6. Optimització de temps

Els assistents d'IA poden alliberar temps dels professionals sanitaris, cosa que els permet dedicar-se a tasques més complexes i d'interacció directa amb el pacient.

7. Transparència

Els sistemes basats en IA poden oferir una major transparència en la presa de decisions, mostrant clarament les dades i els criteris utilitzats per a cada recomanació, en cas que no provinguin d'IA generativa on comprendre els resultats que genera la solució és més complexa (black box).

8. Pot contribuir a la presa de decisions compartides i a l'educació sanitària

Els assistents de prescripció poden facilitar la presa de decisions compartides entre pacients i professionals sanitaris, millorant la comunicació i la participació del pacient en el seu propi tractament.

Reptes d'introduir la IA com a assistent en la prescripció

1. Adequació a l'entorn/mercat d'aplicació – fiabilitat

La fiabilitat de les recomanacions d'IA pot dependre de la qualitat i rellevància de les dades utilitzades per entrenar els models, el que pot variar segons l'entorn clínic.

És crucial que els assistents de prescripció s'ajustin als entorns/mercats d'aplicació autoritzats, incloent-hi aspectes com el finançament i les recomanacions d'ús específiques de cada sistema sanitari. Per tant, aquestes solucions haurien d'actualitzar-se constantment amb les noves recomanacions, aprovacions i finançaments dels diferents tractaments en l'entorn català.

2. Funcionalitat

Els assistents haurien de poder oferir diverses opcions de tractament, cosa que permet als professionals sanitaris escollir la millor opció segons les necessitats específiques del pacient. La sortida de la solució hauria d'oferir un ventall

de recomanacions estratificades per probabilitats d'èxit. Més enllà de la síntesi de l'evidència clínica, els assistents d'IA haurien de ser capaços de generar prediccions de resposta i seguretat basades en les dades específiques de cada pacient, millorant així la personalització del tractament (IA generativa).

3. Dificil implementació

La integració de sistemes d'IA en els fluxos de treball clínics pot ser complexa i costosa, requerint canvis en els processos i la formació del personal. També es considera un repte la interoperabilitat de les solucions amb els sistemes actuals del Sistema Sanitari de Catalunya. Tots aquests obstacles poden comportar una resistència al canvi que dificulta l'entrada d'aplicacions d'IA en el sistema.

4. Protecció de dades

És fonamental assegurar la protecció de les dades personals i mèdiques dels pacients, complint amb les normatives de privacitat i seguretat de la informació.

5. Informació subjectiva dels pacients

Els assistents d'IA poden no tenir en compte els desitjos i preferències subjectives dels pacients, que són crucials per a una atenció mèdica centrada en el pacient.

6. Transparència

Els criteris utilitzats per la IA per fer recomanacions han de ser transparents i comprensibles per als professionals

sanitaris per garantir la confiança en les seves decisions.

7. Involucrament dels professionals sanitaris

És crucial que els sistemes d'IA siguin personalitzats amb la participació activa dels professionals sanitaris, per assegurar que les recomanacions s'ajusten a les necessitats i contextos reals dels pacients.

8. Incorporació de paràmetres clau

És necessari que els assistents d'IA puguin integrar tots els paràmetres rellevants de les bases de dades de salut disponibles per evitar càrregues de treball addicionals als professionals sanitaris.

9. Consens dels paràmetres rellevants

Cal establir un consens sobre quins paràmetres són més rellevants per a la prioritització i estratificació dels pacients, assegurant que els assistents d'IA siguin útils i eficients en la presa de decisions.

10. Homogeneïtzació de guies clíniques i protocols

Els assistents d'IA han de basar-se en guies clíniques i protocols homogeneïtzats per assegurar que les recomanacions siguin consistents i alineades amb les millors pràctiques mèdiques, basades en l'evidència científica.

Personalització del tractament

La personalització del tractament oncològic actual es basa a adaptar les opcions terapèutiques a les característiques úniques de cada pacient i del seu tumor. Aquest enfocament utilitza diversos mètodes per assegurar l'eficàcia i minimitzar els efectes secundaris.

En primer lloc, es realitza una caracterització molecular del tumor mitjançant perfils genètics i anàlisis de biomarcadors, que permeten identificar mutacions específiques i seleccionar teràpies dirigides. A més, l'estadi del càncer, que determina l'extensió de la malaltia, i la tipologia del tumor influencien les decisions del tractament.

Es té en compte l'historial mèdic del pacient, incloent-hi tractaments anteriors, les condicions de salut i medicació habitual coexistents i les opcions terapèutiques disponibles segons les agències reguladores del medicament, per evitar opcions ineficaces o efectes adversos importants. Les preferències del pacient també juguen un paper clau, ja que les opcions de tractament es discuteixen tenint en compte les seves expectatives i valors personals.

L'ús de la IA ajuda a integrar dades clíniques i genètiques per generar recomanacions personalitzades. Gràcies a la capacitat

d'anàlisi de la IA es poden identificar patrons desconeguts actualment que optimitzen i ajuden a la presa de decisions a l'hora de recomanar el millor tractament per a cada pacient. Actualment, està en marxa un elevat volum d'estudis on s'entrenen i es validen algoritmes d'IA per a la personalització del tractament oncològic ⁽¹⁶⁾ ⁽¹⁷⁾.

Oportunitats d'introduir la IA en la personalització dels tractaments

1. Reducció de toxicitat (seguretat)

La personalització del tractament pot contribuir a un millor monitoratge del pacient, a optimitzar la dosi terapèutica i a disminuir els costos associats a les complicacions derivades dels tractaments estàndards. L'ús de dades personalitzades pot ajudar a reduir errors en la dosificació i l'administració del tractament, augmentant la seguretat del pacient.

2. Optimització de tractaments

En general, les dosis es determinen a partir d'estudis de Fase I, que defineixen la dosi màxima tolerable i, a partir d'aquesta, la dosi terapèutica. Tot i que alguns estudis han avaluat l'impacte de la reducció de dosi sobre l'evolució de la malaltia, no sempre s'han realitzat comparacions sistemàtiques entre diferents dosis. A més, hi ha estudis que utilitzen dosis fixes independentment de les característiques físiques del pacient. La IA podria ajudar a realitzar investigacions

per optimitzar les dosis individualitzades en funció de l'eficàcia i seguretat. Així, es podria identificar la dosi mínima que sigui efectiva per al pacient segons les seves característiques individuals, reduint així la probabilitat de toxicitat i els costos associats.

3. Millor experiència del pacient

Adaptar els tractaments a les necessitats individuals dels pacients pot millorar la seva experiència global, reduint les incomoditats i millorant la satisfacció.

4. Suport en la decisió

La personalització del tractament proporciona informació útil per als professionals sanitaris a l'hora de prendre decisions, millorant l'atenció al pacient.

Reptes d'introduir la IA en la personalització dels tractaments

1. Valorar el cost benefici/eficàcia

És necessari avaluar si els costos de personalització del tractament es justifiquen pels beneficis obtinguts en termes d'eficàcia, seguretat i qualitat de vida.

2. Validació

La validació dels algoritmes de personalització pot ser complicada i incerta, i cal assegurar-se que funcionin correctament en tots els casos. Cal adaptar

els entorns clínics per incorporar les noves tecnologies de personalització del tractament. És important assegurar-se que la informació utilitzada per personalitzar el tractament és vàlida i que les recomanacions resultants aconseguen la màxima eficàcia terapèutica. Cal assegurar-se que els algoritmes utilitzats per personalitzar els tractaments siguin fiables i precisos.

3. Individualització

Ajustar les dosis per a cada pacient sense comprometre l'eficàcia del tractament és un desafiament.

4. Factors a incloure

La personalització del tractament ha de considerar tots els factors que poden influir en la dosificació i aportar beneficis addicionals a la pràctica clínica convencional. Cal implicar els clínics en el desenvolupament i entrenament dels algoritmes per consensuar quins paràmetres són indispensables en la personalització del tractament.

5. "Explicabilitat" (*black box*)

Els models d'IA poden ser complicats d'interpretar, sobretot si es basen en IA generativa. Així, com s'ha comentat anteriorment, es produiria un canvi en el paradigma social on la presa de decisions no aniria acompanyada d'una comprensió general per part dels professionals sanitaris. La confiança amb les solucions d'IA comportarà un canvi en la manera de treballar dels clínics.

6. Expectatives dels pacients

Gestionar les expectatives dels pacients sobre els beneficis de la personalització del tractament pot ser complicat. És important informar-los que els tractaments personalitzats poden oferir avantatges potencials, però que també comporten limitacions i incerteses. Els professionals de la salut han de ser transparents sobre els possibles resultats, els riscos associats i la necessitat d'ajustar els tractaments segons l'evolució de la malaltia.

Monitoratge de la resposta i estratificació de pacients en funció dels resultats en salut

Pel monitoratge de la resposta al tractament s'utilitzen proves d'imatge com la tomografia, la ressonància magnètica o la PET per avaluar la mida dels tumors. Els biomarcadors en sang i la biòpsia líquida ofereixen informació sobre la resposta del tumor a la teràpia i les avaluacions clíniques continuades ajuden a ajustar els tractaments segons els símptomes del pacient.

Gràcies als avenços tecnològics cada vegada es disposa de més aplicacions que permeten als pacients reportar els seus símptomes i la seva qualitat de vida.

Aquest monitoratge genera una gran quantitat de dades sobre resultats en salut, però sovint els recursos disponibles per analitzar aquestes dades són limitats. Això crea un repte significatiu, ja que la gran quantitat d'informació pot superar la capacitat dels professionals i de les institucions per interpretar i utilitzar adequadament els resultats obtinguts.

La complexitat de les dades recollides, que sovint provenen de diverses fonts i en formats diferents, requereix eines avançades per integrar-les i interpretar-les adequadament. Sense aquestes eines, és difícil treure'n el màxim profit i aplicar els coneixements adquirits per millorar els tractaments. L'automatització i l'ús de plataformes digitals poden ajudar a gestionar i integrar les dades amb més eficàcia.

També és crucial fomentar la col·laboració entre centres oncològics i establir xarxes de dades compartides, per facilitar l'accés a recursos i coneixements addicionals ⁽¹⁸⁾ ⁽¹⁹⁾ ⁽²⁰⁾.

Oportunitats d'introduir la IA en el monitoratge de la resposta i en l'estratificació dels pacients

1. Report d'efectes adversos (EAs) i de qualitat de vida en temps real

El monitoratge en temps real dels efectes adversos permet una resposta ràpida i consells individualitzats, millorant la seguretat del pacient. La detecció precoç d'efectes adversos permet

ajustar els tractaments a temps per evitar toxicitats greus. A través de plataformes estandarditzades es podrien recopilar els efectes secundaris i avaluar la seva gravetat i la seva relació amb la medicació administrada.

2. Inclusió de paràmetres del monitoratge de la resposta per la valoració integral

Una de les principals oportunitats d'introduir el monitoratge de pacients en temps real és la possibilitat d'avaluar l'eficàcia del tractament de manera àgil i contínua. Això permet als professionals de la salut identificar ràpidament si un tractament està funcionant segons les expectatives o si cal fer ajustaments. Aquesta capacitat de resposta pot millorar els resultats clínics, personalitzar els tractaments i reduir els riscos associats a teràpies ineficaces.

3. Suport a la decisió

Ajuda els professionals sanitaris a prendre decisions més informades i basades en dades, millorant la qualitat de l'atenció.

4. Suport a pacients llargs supervivents

Pot facilitar el seguiment i el suport continuat als pacients que han sobreviscut a llarg termini, podent oferir recursos i assistència adaptats a les seves necessitats específiques, gràcies al manteniment de circuits on es reportarien els diferents estats de salut.

5. Apoderament del pacient

Els pacients tenen accés a la seva informació de salut i participen activament

en el seguiment del seu estat, augmentant el seu sentit de control i participació en el procés de cura. Facilita la comunicació i la interacció constant entre pacients i professionals sanitaris, millorant la qualitat de l'atenció i la resposta a les necessitats dels pacients.

6. Racionalització de recursos

L'ús eficient de les dades permet una millor distribució dels recursos sanitaris, enfocant-se en les necessitats més urgents, de manera que pot millorar potencialment l'eficàcia del sistema de salut.

7. Millor control de la part "extrahospitalària"

El monitoratge remot permet un seguiment efectiu dels pacients fora de l'hospital, millorant la continuïtat de l'atenció i el control dels tractaments.

8. Adherència al tractament

El monitoratge continu i el suport individualitzat poden millorar l'adherència dels pacients als seus tractaments, augmentant l'eficàcia terapèutica.

Reptes d'introduir la IA en el monitoratge de la resposta i en l'estratificació dels pacients

1. Suport pel pacient – nous circuits

Cal establir un sistema eficient de suport per respondre a les consultes electròniques dels pacients, la qual cosa requereix recursos humans i tecnològics, així com

l'establiment de nous circuits que poden comportar un augment en la càrrega laboral dels professionals sanitaris. Cal establir nous processos per gestionar i analitzar les dades recollides, assegurant que s'utilitzin eficaçment per millorar els resultats de salut.

2. Confidencialitat

Garantir la privacitat i la seguretat de les dades personals i mèdiques dels pacients és fonamental per evitar possibles vulneracions.

3. Adopció de l'eina a diferents malalties i pacients

Desenvolupar i adaptar la tecnologia per a diferents tipus de malalties i pacients pot ser complex i requereix personalització.

4. Implicació psicològica dels pacients

La necessitat de reportar constantment, pot afectar negativament l'estat emocional del pacient, recordant-li contínuament la seva malaltia. A més, aquesta reiteració pot comportar la "fatiga del pacient", és a dir, el cansament o esgotament que un pacient experimenta quan se li demana que repeteixi contínuament determinades tasques, proves o qüestionaris durant el seguiment clínic o tractaments. Aquesta fatiga pot reduir la precisió o qualitat de les respostes del pacient, afectant els resultats dels estudis o tractaments.

5. Biaix en les dades

No tots els pacients poden ser constants en la seva participació en el monitoratge

remot, la qual cosa pot afectar la qualitat de les dades recollides. Els biaixos en la participació poden afectar la representativitat de les dades i la precisió de les estratificacions de pacients.

També cal considerar les desigualtats en l'accés i ús d'aquestes tecnologies, sovint causades per factors com la manca de competències digitals o recursos (bretxa digital). Això pot limitar que certs pacients es beneficiïn de les innovacions en salut basades en IA.

6. Benefici real de reportar aquestes dades

És important assegurar que la recollida de dades té un impacte positiu real en els resultats de salut i que els pacients perceben aquest benefici.

És crucial que les eines de monitoratge i estratificació siguin desenvolupades tenint en compte les necessitats i preferències dels pacients per garantir la seva eficàcia i acceptació. Cal demostrar que l'ús d'aquestes tecnologies realment millora la qualitat de vida i els pronòstics dels pacients, evitant esforços i costos innecessaris.

Resum dels reptes i oportunitats

Oportunitats generals

- ▶ **Millora en la precisió i l'objectivitat:** la IA pot analitzar una gran varietat de dades clíniques, genètiques i imatges mèdiques, integrant molts més paràmetres que els que normalment es tenen en compte. Això permet una predicció més acurada i objectiva, eliminant parcialment la subjectivitat inherent de les decisions humanes i millorant la planificació i la gestió del tractament del pacient.
- ▶ **Eficiència i racionalització de recursos:** els algoritmes d'IA poden funcionar de manera autònoma, la qual cosa permet un seguiment continuat de l'estat del pacient i una actualització constant de les prediccions. Això ajuda a identificar tractaments beneficiosos, reduint l'ús de tractaments menys eficaços i optimitzant l'ús de recursos sanitaris.
- ▶ **Reducció d'errors i augment de la seguretat:** la capacitat de processar grans volums de dades sense oblidar informació essencial ajuda a reduir significativament els errors humans en la prescripció de tractaments i en la detecció precoç de complicacions. A més, la detecció precoç d'efectes adversos permet ajustar els tractaments a temps per evitar toxicitats greus, millorant la seguretat del pacient.

- ▶ **Apoderament del pacient i millora de l'adherència al tractament:** els pacients tenen accés a la seva informació de salut i poden participar activament en el seguiment del seu estat, augmentant el seu sentit de control i participació en el procés de cura. Això facilita la comunicació constant entre pacients i professionals sanitaris, millorant la qualitat de l'atenció i l'adherència al tractament.
- ▶ **Optimització del temps i transparència:** la IA pot organitzar i sistematitzar la informació mèdica de manera coherent i estructurada, facilitant la seva utilització en la presa de decisions, unificant informació de diverses fonts i oferint una visió completa i integrada per a la presa de decisions clíniques. A més, els sistemes basats en IA poden oferir una major transparència en la presa de decisions, mostrant clarament les dades i els criteris utilitzats per a cada recomanació.

Reptes generals

- ▶ **Biaixos en les dades i desenvolupament dels algoritmes:** els biaixos inherents a la manera en què es recullen les dades poden afectar la precisió i la generalització de les prediccions fetes per la IA. És un repte assegurar que els algoritmes siguin aplicables i efectius en una varietat

d'escenaris clínics i poblacions diverses. A més, els prejudicis dels programadors i les limitacions de l'entorn de desenvolupament poden influir negativament en els resultats.

- ▶ **“Explicabilitat” i acceptació social:** els models d'IA sovint funcionen com una “caixa negra”, on els criteris de decisió no són transparents. Això dificulta la validació dels resultats i l'acceptació social de les decisions preses per la IA, ja que els professionals sanitaris necessiten entendre els criteris utilitzats per confiar en les seves recomanacions.
- ▶ **Fiabilitat i risc d'errors:** la fiabilitat dels algoritmes d'IA és crucial, els errors poden tenir conseqüències greus per als pacients. Hi ha el risc que la IA recomani no donar tractament a pacients que podrien beneficiar-se'n, basant-se en dades inexactes o incompletes. Per això, és necessari assegurar una validació rigorosa i contínua dels algoritmes i una supervisió per part dels professionals sanitaris.
- ▶ **Protecció de dades i privacitat:** és fonamental assegurar la protecció de les dades personals i mèdiques dels pacients, complint amb les normatives de privacitat i seguretat de la informació. La necessitat d'anonimitzar les dades pot alentir el seu procés de recollida i anàlisi, afectant la rapidesa de les prediccions. Seria interessant disposar d'una plataforma del sistema de salut on les solucions d'IA s'integressin per assegurar que les dades no surten del sistema.
- ▶ **Adaptabilitat i personalització:** cal desenvolupar models específics per a diferents tipus de pacients, patologies i entorns clínics, ja que un únic model no pot abordar la diversitat de situacions mèdiques. La integració de sistemes d'IA en els fluxos de treball clínics pot ser complexa i costosa, requerint canvis en els processos i la formació del personal.
- ▶ **Implicació dels professionals sanitaris:** és crucial que els sistemes d'IA siguin personalitzats amb la participació activa dels clínics per assegurar que les recomanacions s'ajustin a les necessitats i contextos reals dels pacients. Els clínics han de consensuar quins paràmetres són indispensables en la personalització del tractament per evitar càrregues de treball addicionals i assegurar l'eficàcia i l'acceptació de les solucions d'IA.

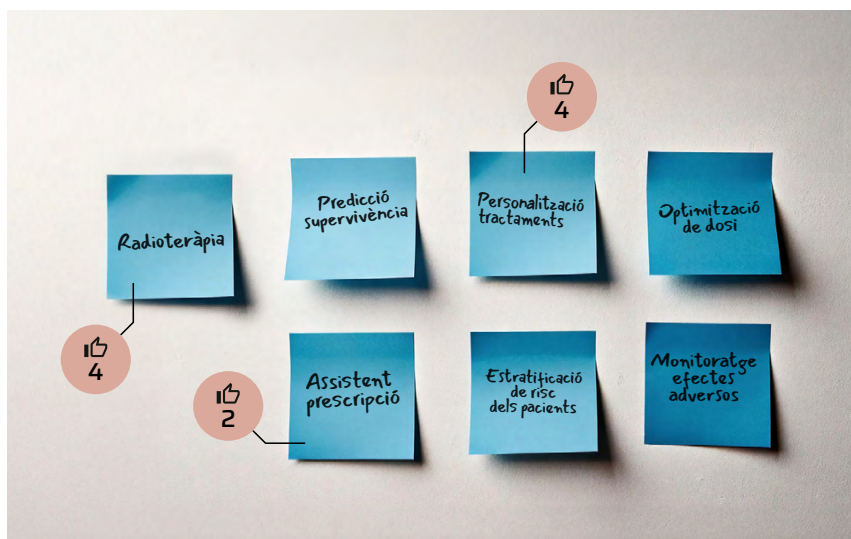
En resum, la IA en la salut ofereix nombroses oportunitats per millorar la precisió, l'eficiència i la seguretat dels tractaments, apoderant als pacients i facilitant la presa de decisions clíniques. No obstant això, aquests beneficis van acompanyats de reptes significatius relacionats amb els biaixos de les dades, la transparència, la fiabilitat, la protecció de dades, l'adaptabilitat i la implicació dels professionals sanitaris. Superar aquests reptes és crucial per integrar eficaçment la IA en el sistema de salut i maximitzar els seus beneficis potencials.

Priorització de les aplicacions

Un cop finalitzat el procés d'identificació de reptes i oportunitats es va realitzar un exercici de priorització amb els professionals sanitaris a través de tres exercicis:

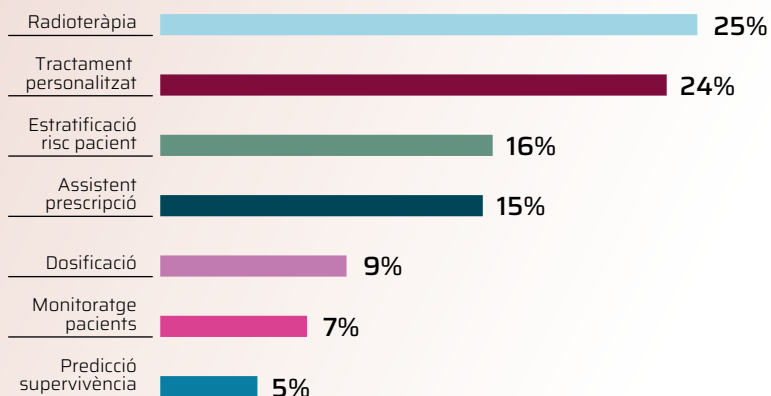
1. Si poguessis disposar d'una de les següents aplicacions, quina prioritzaries?

Quatre professionals van optar per la radioteràpia, quatre per la personalització dels tractaments i dos per l'assistent de prescripció.



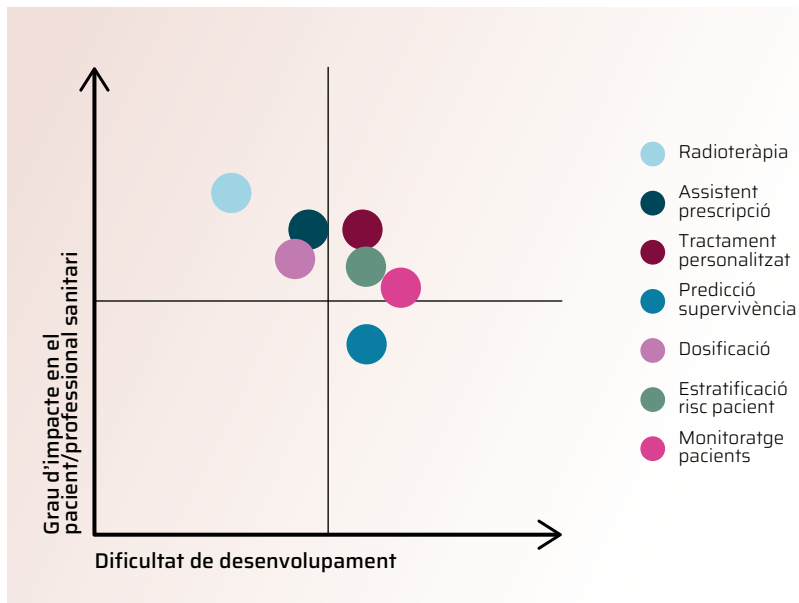
2. Si us oferissin 100M € a repartir entre les diferents solucions analitzades, com els prioritzariu?

Es pot observar com gairebé el 50% del pressupost es prioritzaria a radioteràpia i al tractament personalitzat.



3. Valoreu la relació de l'impacte en el pacient i el professional sanitari respecte a la dificultat de desenvolupament i implementació de les solucions analitzades.

En línia amb els altres dos exercicis de prioritització, es pot observar com les aplicacions en radioteràpia es consideren les de major impacte en els pacients i professionals i amb una menor dificultat de desenvolupament i implementació.



Altres aplicacions d'IA en la pràctica clínica

Finalment, es va realitzar un exercici per identificar altres aplicacions que serien d'interès en la pràctica assistencial. A continuació es descriuen breument les principals solucions descrites pels professionals sanitaris.

Suport a la decisió

- ▶ **Assistent per la validació de tractaments:** verifica la conformitat dels tractaments amb les guies clíniques.
- ▶ **Assistent de detecció i revisió d'interaccions, toxicitat:** identifica interaccions i toxicitats potencials entre medicaments.
- ▶ **Conciliació medicació:** assegurar la consistència i adequació dels medicaments prescrits.

- ▶ **Diagnòstic molecular mitjançant patologia digital:** analitza imatges digitals per proporcionar diagnòstics moleculars.
- ▶ **Eina que suggereixi proves i seguiment per tumors i tractaments:** suggeriments d'exàmens i seguiments específics segons el tipus de tumor i tractament.
- ▶ **Síntesi d'informació i evidència estructurada:** resumeix informació clínica per suportar decisions.
- ▶ **Diagnòstic molecular:** proporciona diagnòstics moleculars mitjançant dades de laboratori.
- ▶ Eina per disposar d'una dosimetria real del tractament de radioteràpia administrat que incorpori paràmetres radiobiològics.

Gestió d'informació

- ▶ **Elaboració d'informes clínics:** genera informes clínics automàticament.
- ▶ **Fulls d'informació de medicaments:** proporciona fulls informatius per a pacients i professionals.
- ▶ **Generació d'informes radiològics:** crea informes detallats a partir d'imatges radiològiques.
- ▶ **Treball tècnic de laboratori:** automatitza tasques tècniques de laboratori.
- ▶ **Accessibilitat dels pacients als seus metges/referents:** millora en l'accés dels pacients als seus metges de referència.
- ▶ **Gestió perquè la informació passi a guàrdia i accions a realitzar:** Facilita el seguiment d'informació i tasques per als responsables de guàrdia.
- ▶ **Comptatge esdeveniments/visites sanitaris/ies:** realitza el recompte d'esdeveniments per anàlisis sanitàries.
- ▶ **Valoració de la càrrega assistencial:** avalua i optimitza la càrrega de treball dels professionals. Preveu i planifica les necessitats futures dels departaments. És important proveir d'eines de fàcil accés i utilització per optimitzar el temps dels professionals sanitaris.

Optimització de processos i desburocratització

- ▶ **Eina per transcripció i estructuració dels cursos clínics:** transcriu i estructura notes clíniques automàticament per optimitzar la visita mèdica.
- ▶ **Eina de gestió de visites, analítiques, hospital de dia:** organitza, prioritza i gestiona visites, proves i horaris hospitalaris segons urgència i necessitats.
- ▶ **Gestió de consultes mèdiques telefòniques:** administra i coordina consultes mèdiques telefòniques.
- ▶ **Gestió de consultes administratives:** organitza i gestiona consultes administratives.

Conclusions

La IA té el potencial de revolucionar el camp de la medicina i també el de l'oncologia, millorant significativament la detecció precoç, el diagnòstic, el tractament i el monitoratge dels pacients amb càncer, entre altres aplicacions clíniques que permetran millorar la qualitat assistencial. Les seves capacitats per analitzar grans volums de dades, identificar patrons i personalitzar les decisions terapèutiques poden traduir-se en millors resultats en salut i una atenció més personalitzada.

Tot i els beneficis potencials, la implementació generalitzada de la IA en oncologia encara presenta desafiaments importants. Aquests inclouen la manca de formació adequada per als professionals de la salut, la resistència al canvi, la necessitat d'estandardització de dades i sistemes i la manca d'interoperabilitat entre diferents plataformes tecnològiques dins del Sistema Sanitari Català.

Un dels obstacles més crítics per al desenvolupament d'algoritmes d'IA eficaços és la qualitat i la representativitat de les dades de salut. La variabilitat en les dades recollides a Catalunya, juntament amb la necessitat de garantir que aquestes dades siguin representatives de tota la població, és fonamental per evitar biaixos que puguin perpetuar desigualtats en l'atenció sanitària.

Un altre dels obstacles a superar en la introducció de la intel·ligència artificial en el camp de l'oncologia és la càrrega i les implicacions ètiques associades a l'ús d'aquestes tecnologies, especialment en solucions que donen suport a la presa de decisions clíniques. La integració d'eines d'IA que puguin influir en decisions mèdiques suposa un canvi de paradigma significatiu, ja que s'han de considerar els riscos potencials, com ara els errors en la interpretació de dades o els biaixos en els algoritmes.

Els professionals de la salut actualment tendeixen a prioritzar solucions d'IA que redueixin la càrrega burocràtica i agilitzin processos administratius, per tal de poder dedicar més temps a l'atenció directa

al pacient. També hi ha un interès creixent en l'ús de la IA per a l'anàlisi d'imatges mèdiques i el reconeixement de patrons, ja que pot detectar anomalies amb gran precisió. Tot i això, per a una adopció segura i eficaç de la IA, és crucial abordar les qüestions ètiques i garantir que aquestes eines siguin transparents, fiables i justes.

L'entrada en vigor del Reglament Europeu d'Intel·ligència Artificial l'agost del 2024 estableix un marc regulador crucial per garantir l'ús segur i ètic de les tecnologies d'IA, especialment en sectors de risc, com en salut. Aquest reglament destaca la importància d'una supervisió rigorosa, una alta qualitat de les dades i la transparència en les aplicacions d'IA, assegurant una supervisió humana adequada.

Per aconseguir una integració exitosa de la IA en la pràctica clínica oncològica, és imprescindible la formació continuada dels professionals de la salut sobre les noves tecnologies i les seves aplicacions. A més, promoure una cultura de col·laboració i innovació serà essencial per superar els obstacles presents i maximitzar els beneficis potencials de la IA. La complexitat de la implementació de solucions d'IA requereix un enfocament col·laboratiu i multidisciplinari, que involucri tant professionals de la salut com experts en tecnologies de la informació, científics de dades i reguladors per assegurar una adopció eficaç i equitativa, així com la col·laboració publicoprivada.

Les oportunitats i els reptes identificats en aquest treball subratllen la necessitat d'una planificació acurada i una governança sòlida per assolir el potencial de la IA en l'oncologia dins del Sistema Sanitari Català. És importat desenvolupar eines d'IA que siguin accessibles de forma igualitària en tot el territori català.

Recomanacions

1. **Desenvolupament d'algoritmes inclusius i robusts**
 - ▶ **Biaixos en les dades:** promoure la creació d'algoritmes que tinguin en compte la diversitat de la població i que es basin en dades representatives de tots els grups demogràfics i clínics per minimitzar els biaixos.
 - ▶ **Validació contínua:** establir protocols de validació rigorosa i contínua dels algoritmes per assegurar que siguin fiables i aplicables en diversos contextos clínics.
2. **Garantia de fiabilitat i seguretat**
 - ▶ **Seguiment d'errors:** implementar un sistema de supervisió i monitoratge constant per detectar i corregir possibles errors dels algoritmes d'IA en temps real.

- ▶ **Protocol d'actualització:** establir protocols per l'actualització contínua dels algorismes basats en noves dades i evidències clíniques.

3. Gestió de dades en salut

- ▶ **Harmonitzar la recollida i el tractament de les dades en salut:** és important promoure la recollida de dades seguint uns criteris establerts que garanteixin la qualitat, coherència i interoperabilitat. Això facilitarà el desenvolupament d'eines per a la presa de decisions clíniques, la recerca i la gestió, assegurant que les dades siguin precises i completes, afavorint-ne l'anàlisi i la interpretació.

4. "Explicabilitat" i transparència

- ▶ **"Caixa negra":** sempre que sigui possible, s'haurien de desenvolupar models d'IA que no només ofereixin prediccions, sinó també una explicació comprensible sobre com s'ha arribat a aquestes conclusions. Això ajuda els metges a entendre i confiar en les recomanacions de la IA. En aquells models complexos on "l'explicabilitat" no sigui possible, caldria proporcionar una formació específica als clínics sobre el canvi de paradigma que suposaria la inclusió d'aquestes solucions, tenint en compte l'impacte social que poden comportar. Ara bé, cal destacar que les solucions d'IA haurien de ser sempre un suport per al professional sanitari i no una eina independent, amb l'objectiu de ser una ajuda en la presa de decisions i no una substitució del professional.

5. Valorar el cost/benefici de les solucions d'IA

- ▶ **Avaluació de l'eficiència:** realitzar una avaluació exhaustiva del cost-benefici de les solucions d'IA en relació amb la pràctica clínica actual, considerant tant els costos econòmics com els beneficis en termes d'eficiència, qualitat assistencial i millora dels resultats en salut dels pacients. Això assegurarà que les noves tecnologies aportin un valor real al sistema de salut.

6. Protecció de dades i privacitat

- ▶ **Plataforma centralitzada:** crear una plataforma centralitzada dins del sistema de salut que integri les solucions d'IA per assegurar que les dades dels pacients no surtin del sistema sanitari. És a dir, promoure algorismes federats, que es basa en una tècnica d'aprenentatge automàtic que permet entrenar models d'IA de manera descentralitzada, sense necessitat de compartir les dades entre diferents institucions o dispositius. En aquest cas és l'algoritme el que viatja a la plataforma de les dades i no al revés.

- ▶ **Anonimització de dades:** desenvolupar eines d'anonimització eficients que permetin una anàlisi de dades ràpida i segura sense comprometre la privacitat dels pacients.

7. Implicació activa dels professionals sanitaris

- ▶ **Cocreació:** fomentar la cocreació de solucions d'IA amb la participació activa

dels professionals sanitaris per assegurar que els algoritmes s'ajustin a les necessitats reals dels pacients i els professionals.

- ▶ **Formació continuada:** implementar programes de formació continuada per a professionals sanitaris, que cobreixin l'ús d'IA en oncologia i altres àmbits mèdics, assegurant així una adopció àmplia i efectiva.
- ▶ **Integració fluida:** facilitar la integració dels sistemes d'IA en els fluxos de treball clínics existents per minimitzar costos i complicacions, i assegurar que el personal clínic pugui adoptar-los fàcilment. Promoure la incorporació de la IA en els protocols clínics i guies de pràctica clínica per a la seva aplicació en la pràctica assistencial. Integrar les noves eines d'IA, especialment aquelles dissenyades per donar suport a la presa de decisions contribuirà a generar confiança entre els professionals sanitaris i en fomentarà l'adopció en l'entorn clínic.

8. Apoderament del pacient

- ▶ **Accés a informació validada:** assegurar que els pacients tinguin accés a la seva informació de salut de manera clara i comprensible, facilitant la seva participació activa.

9. Avaluació de resultats i publicació de dades

- ▶ **Establir mecanismes per a l'explotació i l'anàlisi de les dades recollides a través dels algoritmes d'IA:** publicar i difondre les

trobades científiques i clíniques obtingudes, contribuint a l'evidència científica global sobre l'eficàcia dels tractaments en oncologia. Aquest enfocament no només millorarà la base de coneixement sobre l'impacte de les solucions d'IA, sinó que també permetrà als professionals de la salut adaptar les seves pràctiques basades en l'evidència més actualitzada provinent de dades de la vida real. A més, promoure la col·laboració entre centres d'investigació i pràctica clínica per a l'anàlisi de dades de manera agregada pot oferir una visió més completa dels beneficis i les limitacions dels algoritmes d'IA en oncologia, així com estimular la reavaluació dels tractaments.

- ▶ **Definir indicadors i metodologia:** definir la manera de quantificar l'impacte de la incorporació de la IA en els diferents processos assistencials.

Aquestes recomanacions busquen contribuir a una implementació exitosa de la IA en la pràctica clínica oncològica a Catalunya, maximitzant els seus beneficis i minimitzant els riscos associats.

Bibliografia

1. *Fleurence R, Bian J, Wang X, Xu H, Dawoud D, Fakhouri T, et al.* Generative AI for Health Technology Assessment: Opportunities, Challenges, and Policy Considerations. arXiv:2407.11054. 2024.
2. *European Commission.* digital-strategy. ec.europa.eu. [Online].; 2024 [cited 2024 August 26]. Available from: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai>.
3. *Chen Z, Lin L, Wu C, Li C, Xu R, Sun Y.* Artificial intelligence for assisting cancer diagnosis and treatment in the era of precision medicine. *Cancer Commun (Lond)*. 2021; 41(11):1100–1115.
4. *Shafi S, Parwani AV.* Artificial intelligence in diagnostic pathology. *Diagn Pathol*. 2023; 18, 109.
5. *Shafi S, Parwani AV.* Chapter 4 - Artificial intelligence in anatomical pathology. *Artificial Intelligence in Clinical Practice*. Academic Press. 2024; 35–46.
6. *Chakrabarty N, Mahajan A.* Imaging Analytics using Artificial Intelligence in Oncology: A Comprehensive Review. *Clin Oncol (R Coll Radiol)*. 2024; 36(8):498–513.
7. *Bera K, Braman N, Gupta A, Velcheti V, Madabhushi A.* Predicting cancer outcomes with radiomics and artificial intelligence in radiology.. *Nat Rev Clin Oncol*.. 2022; 19(2):132–146.
8. *Wei W, Li Y, Huang T.* Using Machine Learning Methods to Study Colorectal Cancer Tumor Micro-Environment and Its Biomarkers. *Int J Mol Sci*. ; 24(13):11133.
9. *Stogiannos N, Malik R, Kumar A, Barnes A, Pogose M, Harvey H, et al.* Black box no more: a scoping review of AI governance frameworks to guide procurement and adoption of AI in medical imaging and radiotherapy in the UK. *Br J Radiol*. 2023; 96(1152):20221157.

10. Landry G, Kurz C, Traverso A. The role of artificial intelligence in radiotherapy clinical practice. *BJR Open*. 2023; 18;5(1):20230030.
 11. Kalafi E, Nor N, Taib N, Ganggayah M, Town C, Dhillon S. Machine Learning and Deep Learning Approaches in Breast Cancer Survival Prediction Using Clinical Data. *Folia Biol (Praha)*. 2019; 2019;65(5–6).
 12. Acs B, Rantalainen M, Hartman J. Artificial intelligence as the next step towards precision pathology. *J Intern Med*. 2020; 288(1).
 13. Zemplényi A, Tachkov K, Balkanyi L, Németh B, Petykó Z, Petrova G, et al. Recommendations to overcome barriers to the use of artificial intelligence-driven evidence in health technology assessment. *Frontiers in Public Health*. 2023; 11: 1088121.
 14. Wang L, Chen X, Zhang L, Li L, Huang Y, Sun Y, et al. Artificial intelligence in clinical decision support systems for oncology. *Int J Med Sci*. 2023; 1;20(1).
 15. Zou F, Tang Y, Liu C, Ma J, Hu C. Concordance Study Between IBM Watson for Oncology and Real Clinical Practice for Cervical Cancer Patients in China: A Retrospective Analysis. *Front Genet*. 2020; 24;11:200.
 16. Lynch S, Heeran A, Burke C, Lynam-Lennon N, Eustace A, Dean K, et al. Precision Oncology, Artificial Intelligence, and Novel Therapeutic Advancements in the Diagnosis, Prevention, and Treatment of Cancer: Highlights from the 59th Irish Association for Cancer Research (IACR) Annual Conference. *Cancers (Basel)*. 2024; 16(11):1989.
 17. Huss R, Raffler J, Märkl B. Artificial intelligence and digital biomarker in precision pathology guiding immune therapy selection and precision oncology. *Cancer Rep (Hoboken)*. 2023; 6(7):e1796.
 18. Tzelvels L, Manolitsis I, Varkarakis I, Ivanovic M, Kokkonidis M, Useros C, et al. Artificial intelligence supporting cancer patients across Europe-The ASCAPE project. *PLoS One*. 2022; 17(4):e0265127.
 19. The EU-funded CLARIFY project. Clarify2020.eu. [Online].; 2024 [cited 2024 August 26]. Available from: <https://clarify2020.eu/>.
 20. PC V, MC, GH dB, CL, AMS, SD, et al. Monitoring multidimensional aspects of quality of life after cancer immunotherapy: protocol for the international multicentre, observational QUALITOP cohort study. *BMJ Open*. 2023; 27;13(4):e069090.
-

AstraZeneca 

 Daiichi-Sankyo

 **ConSORCI de Salut i
Social de Catalunya**

www.consorci.org