

# Aplicacions de la intel·ligència artificial en el control de la Diabetis Mellitus tipus 1 i 2: Una revisió bibliogràfica

Autoria: Judith Vilà Sánchez

Curs/Torn: 4t Nutrició Humana i Dietètica

Assignatura: Treball de final de grau

Professor/a: José Antonio Cordero



Facultat de Ciències de la Salut Blanquerna

Universitat Ramon Llull

## RESUM

**INTRODUCCIÓ:** Espanya és el segon país amb més prevalença de diabetis d'Europa i a on un 30% de les persones amb diabetes no estan diagnosticades. La diabetis és una malaltia metabòlica crònica que es caracteritza per una alteració de l'organisme en regular els nivells de sucre en sang, podent comportar problemes crònics a nivell ocular, renal i vasos sanguinis. Gràcies a la intel·ligència artificial (IA), és possible millorar el maneig de la diabetis, com pot ser, la predicció d'esdeveniments glucèmics, diagnòstic de complicacions associades o inclús en realitzar diagnòstics més precisos.

**OBJECTIUS:** L'objectiu principal de l'estudi va ser conèixer l'evidència científica actual sobre l'aplicació de la intel·ligència artificial en el maneig i millora de la qualitat de vida de pacients amb prediabetis i diabetis mellitus tipus 1 i 2. Com objectius secundaris, identificar estudis que demostrin aplicacions reals de la IA en el control glicèmic i/o predicció de la resposta glicèmica en pacients amb prediabetis i diabetis tipus 1 i 2; conèixer aplicacions de la IA per millorar el seguiment i reduir les complicacions associades a aquesta patologia (retinopatia, edema macular, nefropatia, insuficiència cardíaca); i estimar quin serà el futur proper de les aplicacions de la IA en la millora de la qualitat de vida dels pacients diabètics.

**MÉTODES:** Es va realitzar una cerca bibliogràfica en la base de dades *MEDLINE* que fa servir el motor de cerca *Pubmed*, aplicant el criteri d'inclusió de que fossin assajos clínics i disponibilitat de l'article complet i es van obtenir inicialment 32 resultats, per acabar amb una selecció de 26 articles identificant en cada un d'ells el tipus de IA aplicada.

**RESULTATS:** L'aplicació de la IA ha resultat ser una eina eficaç tant en el maneig, diagnòstic i tractament de la diabetis. Els estudis mostren: la seva aplicació en controlar els nivells de glucosa i evitar hipoglucèmies; millorar la dosificació de insulina i la seva adherència terapèutica; realitzar proves de diagnòstic més precises; millorar el maneig de les complicacions associades a la diabetis; fer prediccions de les diferents patologies associades a la diabetis i de la seva progressió; i fins i tot, realitzar un control a temps real de la diabetis a partir d'aplicacions mòbils o de monitorització remota permetent un maneig més complet de la patologia.

**CONCLUSIÓ:** La intel·ligència artificial ha revolucionat el camp de la diabetis aportant millores de manera personalitzada en el diagnòstic, tractament i gestió de la malaltia.

## RESUMEN

**INTRODUCCIÓN:** España es el segundo país con más prevalencia de diabetes en Europa y donde un 30% de las personas con diabetes no están diagnosticadas. La diabetes es una enfermedad metabólica crónica que se caracteriza por una alteración del organismo en regular los niveles de azúcar en sangre, pudiendo comportar problemas crónicos a nivel ocular, renal y vasos sanguíneos. Gracias a la inteligencia artificial (IA), es posible mejorar el manejo de la diabetes, como puede ser, la predicción de eventos glucémicos, diagnóstico de complicaciones asociadas o incluso en realizar diagnósticos más precisos.

**OBJETIVOS:** El objetivo principal del estudio fue conocer la evidencia científica actual sobre la aplicación de la inteligencia artificial en el manejo y mejora de la calidad de vida de pacientes con prediabetes y diabetes mellitus tipo 1 y 2. Como objetivos secundarios, identificar estudios que demuestren aplicaciones reales de la IA en el control glucémico y/o predicción de la respuesta glucémica en pacientes con prediabetes y diabetes tipo 1 y 2; conocer las aplicaciones de la IA para mejorar el seguimiento y reducir las complicaciones asociadas a esta patología (retinopatía, edema macular, nefropatía, insuficiencia cardíaca); y estimar cuál será el futuro próximo de las aplicaciones de la IA en la mejora de la calidad de vida de los pacientes diabéticos.

**MÉTODOS:** Se realizó una búsqueda bibliográfica en la base de datos *MEDLINE* que se utiliza como motor de búsqueda *Pubmed*, aplicando el criterio de inclusión que fueran ensayos clínicos y disponibilidad del artículo completo i se obtuvieron inicialmente 32 resultados, para finalizar con una selección de 26 artículos identificando en cada uno de ellos el tipo de IA aplicada.

**RESULTADOS:** La aplicación de la IA ha resultado ser una herramienta eficaz tanto en el manejo, diagnóstico y tratamiento de la diabetes. Los estudios muestran: su aplicación en controlar los niveles de glucosa y evitar hipoglucémias; mejorar la dosificación de insulina y su adherencia terapéutica; realizar pruebas de diagnóstico más precisas; mejorar el manejo de las complicaciones asociadas a la diabetes; hacer predicciones de las diferentes patologías asociadas a la diabetes y su progresión; y también, realizar un control a tiempo real de la diabetes a partir de aplicaciones móviles o de monitorización remota permitiendo un manejo más completo de la patología.

**CONCLUSIÓN:** La inteligencia artificial ha revolucionado el campo de la diabetes aportando mejora de manera personalizada en el diagnóstico, tratamiento y gestión de la enfermedad.

## ABSTRACT

**INTRODUCTION:** Spain is the second country with the highest prevalence of diabetes in Europe and where 30% of people with diabetes are not diagnosed. Diabetes is a chronic metabolic disease that is characterized by an alteration of the body in regulating blood sugar levels, which can lead to chronic problems at the eye, kidney and blood vessels. Thanks to artificial intelligence (AI), it is possible to improve diabetes management, such as predicting glycemic events, diagnosing associated complications or even making more precise diagnoses.

**OBJECTIVES:** The main objective of the study was to know the current scientific evidence on the application of artificial intelligence in the management and improvement of the quality of life of patients with prediabetes and type 1 and 2 diabetes mellitus. As secondary objectives, to identify studies that demonstrate real applications of AI in glycemic control and/or prediction of glycemic response in patients with prediabetes and type 1 and 2 diabetes; know the applications of AI to improve monitoring and reduce complications associated with this pathology (retinopathy, macular edema, nephropathy, heart failure); and estimate what will be the near future of AI applications in improving the quality of life of diabetic patients.

**METHODS:** A bibliographic search was carried out in the MEDLINE database that is used as the Pubmed search engine, applying the inclusion criteria of clinical trials and availability of the full article, and initially 32 results were obtained, ending with a selection of 26. articles identifying in each of them the type of AI applied.

**RESULTS:** The application of AI has proven to be an effective tool in the management, diagnosis and treatment of diabetes. Studies show: its application in controlling glucose levels and avoiding hypoglycemia; improve insulin dosage and therapeutic adherence; perform more accurate diagnostic tests; improve the management of complications associated with diabetes; make predictions of the different pathologies associated with diabetes and their progression; and also, carry out real-time control of diabetes from mobile applications or remote monitoring, allowing for more complete management of the pathology.

**CONCLUSION:** Artificial intelligence has revolutionized the field of diabetes, providing personalized improvement in the diagnosis, treatment and management of the disease.

# ÍNDEX

<b>RESUM</b> .....	<b>2</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>3</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>4</b>
<b>1. INTRODUCCIÓ</b> .....	<b>6</b>
<b>2. OBJECTIUS</b> .....	<b>19</b>
<b>3. MATERIAL I MÈTODES</b> .....	<b>20</b>
3.1 Estratègia de cerca .....	20
3.2 Criteris d'inclusió .....	20
3.3 Criteris d'exclusió.....	20
3.4 Detecció i extracció de dades.....	21
<b>4. RESULTATS</b> .....	<b>21</b>
4.1 Descripció general dels estudis .....	22
4.2 Aplicació i descripció de la IA utilitzada .....	29
4.3 Anàlisi descriptiu dels estudis .....	32
<b>5. DISCUSSIÓ</b> .....	<b>40</b>
5.1 Anàlisi descriptiu segons l'aplicació de la IA.....	40
5.2 Anàlisi descriptiu del tipus de IA .....	45
<b>6. CONCLUSIÓ</b> .....	<b>48</b>
<b>7. APLICABILITAT I UTILITAT DELS RESULTATS</b> .....	<b>49</b>
<b>8. PLA DE DIFUSIÓ</b> .....	<b>50</b>
<b>9. BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>51</b>

## 1. INTRODUCCIÓ

### ¿Què és la diabetis?

La diabetis mellitus és una malaltia metabòlica crònica, que es caracteritza per una concentració de glucosa elevada en sang. El nostre organisme deixa de ser capaç de regular els nivells de sucre per problemes en la síntesis de insulina per part del pàncrees. Els nivells elevats de glucosa, pot comportar problemes crònics a tres nivells: ocular, renal i en els vasos sanguinis, coneguts com complicacions microvasculars i macrovasculars.<sup>1</sup>

### Prevalença

Cal destacar que la diabetis és una malaltia associada amb un augment d'entre 3 i 4 vegades la morbimortalitat cardiovascular. De fet, la cardiopatia isquèmica constitueix la principal causa de mort en els pacients diabètics. El risc de la diabetis augmenta amb l'edat, però cal prestar atenció sobretot en persones amb una vida sedentària i amb excés de pes.<sup>2</sup>

Actualment, es calcula que entre el 5 i el 10% de la població general té diabetis, i es preveu que augmenti en els pròxims anys. Segons la WHO (*World Health Organization*) esmenta que la diabetis va augmentar de 108 milions en el 1980 a 422 milions l'any 2014<sup>3</sup>, i per d'altra banda, la Federació Internacional de Diabetis (FID) defensa que actualment al voltant de 537 milions d'adults de tot el món viuen amb diabetis, resultant en un increment del +16% (74 milions) des de les estimacions anteriors realitzades en l'any 2019. Si baixem a nivell nacional, s'ha registrat un augment del 42% des del 2019, registrant una prevalença del 14,8%. En unes altres paraules, la diabetis afecta a 1 de cada 7 adults i es posiciona com la segona taxa més alta d'Europa. A més, és una patologia que implica una elevada despesa sanitària, assolint els 15.500 milions de euros, situant-nos entre els 10 primers països en quan a despesa sanitària relacionada amb la diabetis.<sup>4</sup>

Una dada impactant, és que s'estima que quasi un terç de les persones que viuen a Espanya encara no estan diagnosticades, i quan no es detecta o tracta adequadament, les complicacions associades poden ser greus i potencialment mortals.<sup>4</sup>

## Classificació

Els tipus principals de la diabetis són:

La **diabetis tipus 1**, és una malaltia autoimmunitària, el sistema immunitari ataca i destrueix les cèl·lules pancreàtiques responsables de la producció de insulina, per la qual cosa, el nostre organisme deixa de produir parcialment o totalment la hormona. El diagnòstic és comú en la infància i joventut, però no es descarta que es pugui diagnosticar a qualsevol edat. El quadre clínic de la malaltia es caracteritza per desenvolupar-se ràpidament, i la causa exacte per al moment es desconeix, tot i que, el més probable és la presència de factors genètics. Els pacients amb diabetis tipus 1, requereixen de múltiples injeccions diàries d'insulina que els permet controlar els nivells de glucosa en sang.<sup>4</sup>

En el cas de la **diabetis tipus 2**, és la més comuna a nivell mundial, és molt més freqüent que l'anterior, per cada cas de diabetis tipus 1 existeixen nou casos de tipus 2. En aquest cas, existeix una reducció de l'eficàcia de la insulina per processar la insulina, en altres paraules, la insulina produïda pel nostre pàncrees no és activa, també conegut com resistència a la insulina, la qual cosa produirà l'augment dels nivells de glucosa de manera progressiva. Sol aparèixer en persones majors de 40 anys, que inicialment presenten pocs símptomes inicials que poden passar desapercebuts, i per tant, podem trigar en diagnosticar. Normalment està relacionat normalment amb el sobrepès i l'obesitat, però també amb malalties cròniques com la hipertensió, colesterolèmia o hipertrigliceridèmia. Es pot prevenir amb una dieta adequada i exercici físic; s'ha demostrat en diferents estudis que la dieta mediterrània reduir el risc d'aparició de la diabetis en un 40%. Cal introduir el concepte de **prediabetis**: és quan es presenten nivells elevats de glucosa en sang (100-125 mg/dL), però no lo suficientment alts per diagnosticar-lo de diabetis tipus 2 (>126mg/dL). La prediabetis pot acabar resultant en diabetis tipus 2, però la primera és reversible, d'aquí la importància del seu diagnòstic i el seu abordatge enfocat en una alimentació equilibrada i un canvi en el estil de vida.<sup>4,5</sup>

A partir del segon trimestre d'embaràs, també pot aparèixer diabetis, coneguda com **diabetis gestacional**. Les causes són els canvis hormonals que poden acabar alterant la funció de la insulina, incrementant així els nivells de glucosa. Una vegada ha succeït el part, aquesta alteració pot desaparèixer, tot i que, en algunes dones persisteix i acaben desenvolupant diabetis tipus 2.<sup>4</sup>

## Diagnòstic

Determinar el diagnòstic de la diabetis, no és una tasca senzilla a través de la simptomatologia, tot i que hi ha signes i/o símptomes que ens poden fer sospitar. És per això, que sempre un metge haurà de determinar la seva existència. Els símptomes que caracteritzen la diabetis són els següents: constant necessitat d'orinar, fatiga extrema, set excessiva, pèrdua de pes, irritabilitat i canvis d'ànim, gana excessiva, malestar digestiu, problemes de coagulació i visió.<sup>4</sup>

Per confirmar el seu diagnòstic, és necessari realitzar un anàlisi de sang, del qual podem distingir de tres diferents. L'examen de **glucèmia**, és l'anàlisi més comú, i consisteix en extreure una mostra de sang per tal de mesurar els nivells de glucosa. La prova la podem realitzar en dejú de 8 hores, o bé, en qualsevol moment del dia. Si és en dejú i el pacient presenta símptomes, es considera diabetis quan el resultat de glucosa en sang sigui superior a 200mg/dL; i si és el cas que no presentés simptomatologia, quan el valor en sang és superior a 126mg/dL. En segon lloc, tenim la prova de **tolerància a la glucosa oral**, que consisteix en realitzar dues extraccions de sang: la primera s'ha de realitzar en dejú de 8 hores, i la segona després de que la persona hagi ingerit un líquid amb sucre. Aquesta prova ens permet veure l'increment de glucèmia normal a causa de la ingesta controlada de sucre. I en tercer lloc, el **test d'hemoglobina glicosilada (HbA1c)**, biomarcador que és directament proporcional a la mitjana del nivell de glucosa en sang en els darrers 2-3 mesos. De fet, aquesta HbA1c es forma quan l'excés de glucosa en sang s'uneix a les molècules que transporten oxigen en els glòbuls vermells i la vida mitjana d'un glòbul vermell és de 2-3 mesos. En aquest cas, la persona pot menjar i beure abans de la mostra. És considerat el pacient amb diabetis quan la HbA1c és superior a 6,5%.<sup>4</sup>

La realització de tests de diagnòstic, s'ha de realitzar en persones a qualsevol edat que presentin sobrepès i/o obesitat, i que tinguin un factor de risc addicional, per exemple, familiars amb diabetis. En persones que no tinguin cap risc addicional, és aconsellable realitzar el test de diagnòstic, a partir dels 45 anys d'edat. Si els resultats són normals, repetir cada 3 anys.<sup>4</sup>

## Tractament

La diabetis és una malaltia que no té cura actualment, però si que es pot controlar amb medicació, dieta i exercici físic. Serà important tenir un bon control dels nivells de glucosa en sang, reduint així les possibles complicacions a llarg termini relacionades amb la malaltia. Per tant, el tractament és basat en tres punts importants:<sup>6</sup>



La **dieta** és un pilar fonamental en l'abordatge de la diabetis, i serà important seguir un pla personalitzat, variat i equilibrat, tenint en compte les característiques del pacient: tipus de diabetis, edat i pes. La dieta ha de incloure els següents criteris:

- Restringir els sucres d'addició, com són els dolços, pastissos, brioixeria industrial, refrescos ensucrats o fruita en almívar. Una bona pràctica és llegir el contingut de sucre en l'etiquetatge dels aliments.
- És recomanable consumir aliments rics en carbohidrats complexos, ja que la seva absorció és lenta, són exemples: pasta, arròs, cereals, pa i llegums. Prioritzar el consum integral i acompanyar-los amb verdures i hortalisses per augmentar el contingut en fibra. Serà important calcular i distribuir de forma adequada els aliments rics en hidrats de carboni al llarg del dia.
- Prioritzar aliments rics en fibres com les verdures, hortalisses i llegums. La fruita, millor fresca i crua que en compota o preparada. Evitem les fruites dessecades com les panses o els dàtils, ja que tenen un elevat contingut en sucre. Una bona alternativa a mig matí o mitja tarda són els fruits secs com les nous, sense sal ni sucres afegits.
- Restringir el consum d'aliments rics en greixos saturats com embotits, mantegues i nates, carns grasses. En contres, és preferible consumir carn blanca com el pollastre, gall d'indi i el conill, o també peix, sigui blanc o blau.
- L'oli més adequat és l'oli d'oliva verge, tant en cru com per cuinar. En quan els greixos és important controlar la seva ingesta per evitar un augment de pes.
- Respectar el nombre d'àpats (entre 4 i 6) i els horaris.
- També és important tenir en compte els mètodes de cocció dels diferents aliments, recomanant aliments bullits, a la planxa, al vapor o al forn.<sup>6</sup>

Per d'altre banda, l'**adherència terapèutica** d'aquest pacient és molt important, ja que permetrà aquest control de glucèmia en sang al llarg del dia, i redueix les possibles complicacions relacionades amb la malaltia. Quan ens referim a la diabetis tipus 1, existeix un dèficit molt sever de la secreció de insulina, i el únic tractament a dia d'avui és l'administració d'insulina via injectada, l'administració oral està descartada perquè la insulina no seria activa. Serà important ensenyar al pacient els diferents tipus de insulina i com ha de calcular la quantitat a injectar en funció dels hidrats de carboni ingerits. Un bon ajust en la dosi de insulina permetrà un bon control glucèmic, reduint el risc de hipoglucèmies greus i un bon control de la malaltia. Quan estem davant d'un pacient amb diabetis tipus 2, la malaltia és molt més complexa ja que en estadis inicials predomina la resistència a la insulina i en avançats persisteix la resistència però també

hi ha dèficit de la secreció de insulina. En aquest cas, l'abordatge terapèutic dependrà de l'estadi de la malaltia i de les característiques del pacient. La pauta de tractament en aquest tipus de diabetis normalment s'inicia amb fàrmacs orals com és la metformina, però si els fàrmacs orals, la dieta i l'exercici no és suficient, la pauta passa a ser insulina injectada.

En tercer lloc, es recomana practicar **exercici físic** regularment, tenint en compte la condició física del pacient, tipus de medicació i edat. A més a més, el tabac és incompatible amb la diabetis ja que contribueix a l'aparició de complicacions cròniques de la malaltia.<sup>6</sup>

### Tractament hipoglucemiants no insulínics

Els tractaments hipoglucemiants no insulínics són un grup de medicaments prescrit àmpliament amb l'objectiu de disminuir la glucèmia, però només són utilitzats en el tractament de la diabetis mellitus tipus 2 quan la dieta i l'exercici físic no són suficients per complir amb els nivells de glucosa adequats. Dintre d'aquest grup de fàrmacs, s'inclouen medicaments amb mecanismes d'acció diferents i amb vies d'administració diferents, tot i que la majoria es tracten de fàrmacs d'administració oral.<sup>7</sup>

1. **Biguanides:** l'exemple més comú és la metformina, que és el fàrmac més utilitzat en el tractament de la diabetis. El seu mecanisme d'acció es basa en reduir la glucèmia al reduir la producció hepàtica de glucosa (gluconeogènesis i glucogenòlisis).
2. **Sulfonilurees:** tals com glipizida o gimepirida. Tenen una acció hipoglucemiant pel seu estímul de la secreció de insulina per part de les cèl·lules beta del pàncrees, coneguts com a receptors de sulfonilurea.
3. **Inhibidors de la dipeptil peptidasa (DPP-4):** com la sitagliptina i saxagliptina. Són fàrmacs que al inhibir l'enzim DPP-4 (enzim responsable de la degradació ràpida de GLP-1), permeten una reducció de glucosa en sang per la prolongació de l'acció de **incretines**, unes hormones que augmenten la secreció de insulina en resposta a la ingesta de menjar.
4. **Antagonistes del receptor GLP-1:** liraglutida, dulaglutida (Trulicity®) i **semiglutida** (Ozempic®). La GLP-1 és una **incretina** que és capaç de controlar els nivells de glucosa, augmentant la secreció de insulina i inhibint la secreció del glucagó de manera glucosa-depenent. Per tant els antagonistes d'aquests receptors, són medicaments que mimetitzen l'acció del GLP-1 endogen amb les següents accions: augmentar secreció insulina, inhibir secreció glucagó, retardar buidament gàstric i

reduir ingesta d'aliments. Aquest grup de medicaments prescrits en el tractament de la diabetis estan disponibles s'administren via subcutània de manera setmanal per millorar la comoditat del pacient i l'adherència al tractament. Això és possible a que la alliberació de insulina s'activa principalment quan els nivells de glucosa són elevats, disminuint així el risc que es provoqui una disminució excessiva dels nivells de glucosa en sang. La seva administració és setmanal gràcies a la seva vida mitja llarga, permetent una acció perllongada que permet una administració menys freqüent.

5. Inhibidors cotransportador sodi-glucosa 2 (SGLT2): dapagliflozina i empagliflozida. El SGLT2 té la funció de reabsorbir la major part de glucosa filtrada pels ronyons de tornada al torrent sanguini, per tant, si inhibim aquest cotransportador el que fem és reduir la reabsorció de glucosa a través del ronyó i promou la seva excreció a través de la orina, disminuint així els nivells de glucosa en sang.

### **La insulina, més de 100 anys des del seu descobriment**

La insulina el passat any 2021, va complir 100 anys des del seu descobriment. “Fins el 1921 totes les persones amb diabetis tipus 1, i moltes amb diabetis tipus 2, morien a causa d'aquesta malaltia i la insulina els hi va donar l'oportunitat de viure”, va explicar la Dra. Noemí González, secretaria de la SED i treballa en la Unitat de Diabetis de l'Hospital Universitari de la Paz (Madrid), i ningú dubte que “el desenvolupament posterior de les insulines, cada vegada millors, està permetent adequar i optimitzar el tractament, així com ajudar a millorar el control glucèmic de les persones amb diabetis”.<sup>8</sup>

Frederick Banting i Charles Best, dos investigadors de Toronto, l'any 1921 van extreure per primera vegada amb èxit insulina del pàncrees d'un gos i van analitzar el seu efecte en un nen de 14 anys, Leonard Thompson que pesava poc més de 29 kg. Va ser la primera persona amb diabetis que va rebre el tractament amb insulina, i les injeccions de l'extracte dels dos científics van fer possible la reducció de glucèmia del pacient. A partir d'aquest descobriment de la insulina, van anar sorgint importants millores d'aquest tractament. En el 1936, a Dinamarca, Hagedorn, Jensen i Kraup van aconseguir que la seva acció fos més prolongada, i en el 1965, Zahn i Meienhofer van sintetitzar per primera vegada insulina d'origen humà. Un any després, es va realitzar el primer transplantament simultani de pàncrees i ronyó, gràcies al treball de Kelly i Lilehei; i el 1970 es va utilitzar per primera vegada la infusió continua subcutània per John Pickup a Londres. Les tires reactives per mesurar la glucosa en sang, van aparèixer al 1976, i el primer dispositiu per observar els resultats i monitoritzar-los al 1978. Des dels anys

80 en endavant, les investigacions s'han focalitzat en grans innovacions relacionades amb el camp farmacològic i el de les tecnologies sanitàries.<sup>8</sup>

Actualment, disposem de insulines amb efectes més perllongats, implicant menys injeccions al dia per part del pacient (insulines basals) i insulines més ràpides i més fisiològiques (insulines prandials), així com aplicació de tecnologia innovadora per facilitar la seva administració (bombes de insulina).<sup>6</sup>

Les insulines, segons la seva farmacocinètica, les podem classificar en: insulines ràpides (postprandials), insulines intermèdies o insulines prolongades (basals). També existeixen insulines pre-mesclades, que contenen tant insulina d'acció ràpida com d'acció intermèdies en diferents proporcions.<sup>9</sup>

Dintre de les insulines ràpides, es troben la **insulina regular o soluble**, i els **anàlegs d'aspart, glulisina i lispro**. Els anàlegs tenen un inici d'acció molt ràpid de 10-15 minuts

(insulines ultra ràpides) versus els 30 minuts de les insulines ràpides. Aquests anàlegs ràpids, degut a la possibilitat d'administrar-los

immediatament abans o inclús després de l'àpat, poden suposar avantatges enfront al tractament amb insulina regular humana en pacients que precisen flexibilitzar els

seus horaris de menjar. Segons el National Institute for Health and Care Excellence (NICE), recomana utilitzar els anàlegs injectats abans dels àpats versus a la utilització de la insulina regular.<sup>9</sup>

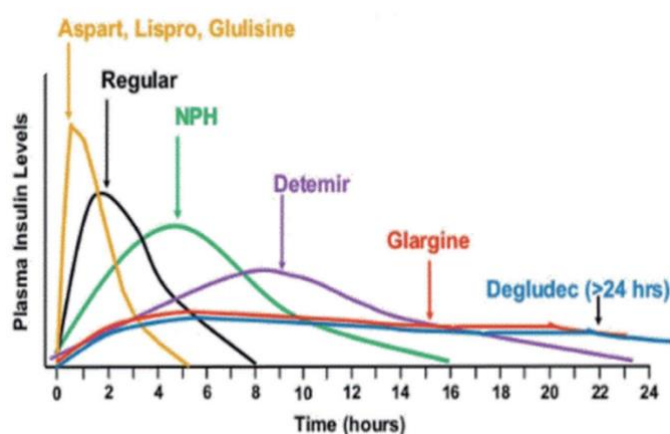


Figura 1: Classificació de insulines

En les insulines basals podem diferenciar la insulina **NPH, detemir, glargina i degludec**. L'ús de la insulina NPH, amb acció intermèdia, s'ha vist disminuït en els últims anys per l'augment de prescripcions de la insulina glargina, però segueix sent una opció terapèutica segura en pacients amb baix risc d'hipoglucèmia i a un menor cost. Seguidament, ens trobem amb la insulina detemir, amb una acció lenta, en que la seva duració d'acció és menor de 24 hores. La insulina que la seva duració d'acció arriba a 24 hores és la glargina, la qual no té cap pic apreciable. A més, la seva eficàcia en reducció de la hemoglobina A1c, administrada una vegada al dia, és similar a la insulina

NPH administrada 1-2 vegades al dia, però amb una menor incidència d'hipoglucèmies simptomàtiques i nocturnes. Com a insulina amb una acció més lenta, trobem la degludec, que les modificacions realitzades en la seva molècula li permeten una duració d'acció superior a 40 hores i redueix la variabilitat plasmàtica intraindividual amb una única dosis diària.<sup>9</sup>

Finalment, trobem les **mescles d'insulina** que inclouen insulines ràpides o ultraràpides amb NPH i s'administren normalment abans de l'esmorzar i el sopar. Les pautes d'aquest tipus d'insulines són menys flexibles per l'ajust, però requereixen un menor número d'injeccions i menor complexitat, lo que representa una bona opció en alguns pacients, aquells pacients amb horaris fixes d'àpats, els que els hi dificulta aconseguir una bona adherència a un tractament. La dosis de la insulina de mescla de l'esmorzar, s'ajustarà en funció de la glucèmia preprandial i la del sopar amb la glucèmia d'abans de sopar.<sup>9</sup>

### **Control glicèmic: hiperglucèmia i hipoglucèmia**

Tot i que cada vegada hi ha disponibles més i millors fàrmacs per aconseguir un millor control glicèmic, encara moltes persones amb diabetis no aconseguen els seus objectius terapèutics. Per aconseguir un adequat control metabòlic en pacients amb diabetis, serà necessari reduir tant la **hiperglucèmia basal com la postprandial**. Estudis recents asseguren que és important conèixer ambdues mesures ja que, pacients amb índex normals en dejú, però amb nivells alts de glucèmia postprandial tenen risc de desenvolupar malalties cardiovasculars. Entenem com hiperglucèmia basal, els nivells de glucosa en dejú i postprandial després de les 3-4 de l'àpat.<sup>10</sup>

La regulació dels nivells de glucosa en el nostre organisme es dona principalment per l'acció de dues hormones produïdes pel pàncrees: la insulina i el glucagó. Després de menjar, la glucosa s'eleva moderadament durant les dues primeres hores, la producció de insulina augmenta i la de glucagó disminueix. Amb la reducció de la concentració circulant de glucosa, la insulina secretada es degrada, finalitzant així la resposta unes dos o tres hores després de la ingesta de l'aliment.<sup>8</sup> En el cas d'una hiperglucèmia, hi ha un augment de glucosa en sang ja que la insulina no és potencialment activa, o bé, hi ha alteracions en la seva síntesis. Al estar alterada la seva funció, aquesta hormona no és capaç d'emmagatzemar la glucosa en les nostres cèl·lules, produint una acumulació de sucre en sang. En pacients diabètics, sobre tot els que han de seguir un tractament amb insulina, poden patir **hipoglucèmies**, ja que s'ha administrat insulina en excés baixant la glucèmia més del desitjat. No és una malaltia en si mateix, és un efecte

secundari al tractament de la diabetis. A part de la insulina, hi ha altres fàrmacs utilitzats en la diabetis que també poden provocar hipoglucèmia com són les sulfonilurees i les glinides.<sup>11</sup>

### **Hiperoglucèmia postprandial**

Per un adequat control de la diabetis, és important incloure el control de l'elevació de la glucèmia postprandial, ja que és necessari en els pacients per aconseguir els objectius de control, i així evitar complicacions cròniques a llarg termini relacionades amb la malaltia.<sup>12</sup>

Quan parlem d'hiperoglucèmia postprandial, ens referim a l'elevació de la glucosa en sang després de la ingesta, sent variable la duració del període considerat postprandial (3-4 hores). És important destacar, que diversos estudis epidemiològics han associat la hiperoglucèmia postprandial amb un major risc cardiovascular amb pacients amb prediabetis i diabetis. L'Associació Americana de Diabetis (ADA) i Societat Europea per l'estudi de la diabetis (EASD) utilitzen 180 mg/dL a les 2 hores com punt de tall per definir l'hiperoglucèmia postprandial (HGPP), mentre la Federació Internacional de la Diabetis (IDF) fa servir el nivell de 140 mg/dL.<sup>12</sup>

En aquest sentit, encara ens trobem amb molts pacients que no controlen adequadament els nivells de sucre després dels menjars. De fet, la hiperoglucèmia postprandial, és freqüent i encara és difícil conèixer la seva prevalença real, treballs publicats posen en manifest que al voltant d'un 80% de les persones amb diabetis, tant tipus 1 com 2, la presenten “adverteix Francisco Javier Ampudia-Blasco, cap de Secció de la Unitat de Referència de Diabetis del Servei d'Endocrinologia i Nutrició de l'Hospital Clínic Universitari de València.<sup>12</sup>

L'hemoglobina glicosilada (HbA1c) reflexa la glucèmia plasmàtica mitjana durant les últimes 8-12 setmanes, no informa sobre la variabilitat glucèmica (variació de la glucèmia al llarg del dia i a la mateixa hora en dies diferents) i representaria tant els valors de glucèmia basal com postprandials. Així doncs, un pacient amb una glucèmia basal dins dels objectius pot tenir una HbA1c elevada per la presència de la hiperoglucèmia postprandial. Per d'altre banda, qualsevol valor de HbA1c pot estar associat a una gran variabilitat glucèmica amb hiperoglucèmies i hipoglucèmies inadvertides.<sup>12</sup>

Dades més recents, suggereixen que la glucèmia postprandial exerceix un paper fonamental en el control glicèmic i en la variabilitat glicèmica, proporcionant una informació addicional que no es pot obtenir mesurant la hemoglobina glicosilada. Aquest control, és important especialment en aquells pacients que tenen la glucosa en dejú controlada però els valors de hemoglobina glicosilada persisteixen elevats. Els nivells elevats després dels àpats depenen d'una inadequada secreció d'insulina després de la ingesta. En pacients amb una deficiència en la secreció de insulina, minimitzar els pics postprandials depenen de la rapidesa en l'absorció de la insulina prandial. L'ús d'anàlegs d'insulina d'acció ràpida, administrats just abans dels menjar, ha millorat el control de la glucèmia postprandial versus a la insulina regular humana (administració recomanada 30 minuts abans de la ingesta).<sup>12</sup>

### **Complicacions associades a la diabetis**

La diabetis pot causar crisis d'aparició aguda, com la descompensació dels nivells de glucosa a la sang. A llarg termini pot malmetre la funció de diversos òrgans i teixits del cos. Un bon control de la malaltia és fonamental per prevenir aquests riscos.

#### Retinopatia diabètica

La retinopatia diabètica és una complicació de la diabetis que afecta als vasos sanguinis de la retina. Quan els nivells de sucre són elevats en sang, produeixen un dany als vasos sanguinis de la retina, podent provocar hemorràgies, inflor i un creixement anormal dels vasos, provocant una pèrdua de la visió si el tractament no és l'adequat. Degut a això, es important tenir un bon control del nivell de sucre en sang, la pressió arterial i el colesterol, per prevenir o retardar la retinopatia diabètica. Una de les recomanacions en un pacient diabètic, és realitzar exàmens oftalmològics de manera regular, per poder detectar i tractar qualsevol problema a temps.

#### Nefropatia diabètica

També anomenada malaltia renal diabètica, afecta al funcionament normal del ronyons per eliminar l'excés de líquid i substàncies no útils pel nostre cos. Les persones amb diabetis s'han de sotmetre a proves periòdiques per detectar-la, que consisteixen bàsicament en exàmens d'orina i anàlisis de sang per veure la funcionalitat dels ronyons. Si el dany dels ronyons continua, pot acabar provocant una insuficiència renal, en el que el pacient requerirà diàlisis o un trasplant renal.

### Edema macular diabètic

Succeeix quan hi ha fluid en la màcula de l'ull, causant una inflamació. Això pot distorsionar la visió fent que els objectes es vegin borrosos o descolorits. Si no es dona el tractament adequat, el pacient pot acabar perdent la visió de forma permanent. Una de les causes principals del edema macular és la diabetis, ja que una concentració elevada de sucre en sang produeix un dany en els vasos sanguinis, podent-se extravasar a la màcula.

### Cardiovasculars

Dintre dels factors de risc cardiovascular, a part de la hiperglucèmia hi ha altres factors de risc que hi contribueixen com és la hipertensió arterial, el colesterol i altres greixos elevats, tabaquisme, vida sedentària i l'obesitat. És important tenir un bon control de tots aquests factors, però tenen el doble d'importància en pacients diabètics.

### **Digital Health, Digital Medicine i Digital Therapeutics**

La **salut digital o *digital health*** és un concepte que inclou la utilització de tecnologies de la informació i comunicació per tota l'atenció mèdica, infermeria o assistència sanitària. Es refereix a tecnologies que poden facilitar el diagnòstic d'una malaltia en particular i adaptar les decisions de salut al pacient. Té en compte tecnologies digitals com *big data* mèdics de informació de salut genòmica i electrònica, intel·ligència artificial (IA) o realitat augmentada.<sup>13</sup>

La **medicina digital o *digital medicine*** es refereix a la salut digital relacionada amb l'atenció mèdica i al suport general a la pràctica de la medicina. Quan es juxtaposa a la salut digital, la medicina digital difereix en el sentit que cal designar l'eficàcia clínica. Els exemples de medicina digital inclouen aplicacions utilitzades per monitoritzar a un pacient de forma remota, com mesuradors de glucosa que transmeten informació a una aplicació i eines de diagnòstic digitals. En medicina digital, l'ús de la tecnologia digital pel tractament de malalties es coneix com **teràpia digital o *digital therapeutics*** (DTx). La DTx està sorgint com una nova forma de intervencions terapèutiques, ja que brinden intervencions directament als pacients utilitzant un software avaluant clínicament i basa en evidència per tractar, controlar o prevenir malalties. En comparació amb la salut digital o medicina digital la DTx requereix eficàcia clínicament validada i amb aprovació regulatoria. Aquest tipus d'intervencions pot incloure: aplicacions basades en web, aplicacions mòbils en dispositius intel·ligents, realitat virtual i videojocs, i poden



funcionar com tractaments independents o en combinació amb teràpies convencionals per millorar l'adherència i/o l'eficàcia. <sup>13,14</sup>

Les tecnologies digitals típiques inclouen:

- Telemedicina i telesalut: inclou telemedicina però també assessorament mèdic en línia, comunicació remota d'atenció mèdica i consultes en línia en temps real entre metges. Telemedicina es defineix com examen, diagnòstic, explicació dels resultats de laboratori i tractament en temps real entre el metge i el pacient, utilitzant eines de comunicació remota instal·lades en mòbils o ordinadors.
- Intel·ligència artificial (IA): té l'objectiu de maximitzar el rendiment del resultat com predicció, classificació o generació de malalties o dades que actualment es requereixen en la medicina.
- Metavers: es refereix a un espai virtual on qualsevol pot comunicar-se de manera similar al món real i participar en activitats econòmiques que inclouen diners com criptomònades.
- Realitat virtual: és una tecnologia que crea un entorn virtual a través d'un ordinador estimulants els sentits dels humans i fa que l'entorn es percebi com la realitat. D'alguna manera, és capaç de controlar els sentits visuals i auditius, provocant que l'entorn real quedi totalment tancat i ens quedem immersos en una pantalla que queda muntada en el cap.
- EHR/PHR: EHR (registres mèdics electrònics) és una col·lecció de registres mèdics electrònics emmagatzemats en un quadre electrònic originalment destinat a utilitzar-se només en cada hospital o clínica, però que es pot compartir i accedir en una regió específica o en tot el país. Conté informació personal confidencial, i és gestionat per institucions mèdiques. Pel contrari, el PHR (registres mèdics personals) es refereix a informació mèdica, de salut, d'atenció i de benestar en línia utilitzable de forma segura, recopilada i administrada per la persona que es descriu en el registre.
- mHealth: els dispositius mòbils ara poden mesurar i estimar diferents paràmetres com els passos, la freqüència del pols, electrocardiogrames, temperatura de la pell, les nivells d'oxigen en sang, nivells d'estrès, pressió arterial, nivells de glucosa en sang. A més, els dispositius portàtils també es poden vincular amb telèfons intel·ligents per permetre veure, verificar i processar dades biomètriques en detall i compartir-ho amb proveïdors d'atenció mèdica segons sigui necessari. *mHealth* està aportat l'atenció com una opció innovadora pel tractament de malalties, és un dels tres pilars importants del tractament: teràpies mèdiques, quirúrgiques i digitals.

## Intel·ligència Artificial (IA)

En els últims anys, la IA ja té la seva rellevància en diferents sectors com el de salut. Podríem definir IA, com la capacitat que tenen sistemes artificials, com pot ser un ordinador, de resoldre problemes que es consideren exclusius d'éssers intel·ligents. Avui en dia, és utilitzada per diferents propòsits: per suggerir el producte més adequat en un potencial comprador, per mantenir converses amb el *Chat GPT*, compondre peces musicals, reconèixer objectes específics, etc. D'alguna manera, algorismes de IA poden tenir un paper fonamental, ja que ofereixen la capacitat de processar dades recopilades en temps real i proporcionar informació automatitzada sobre la detecció d'esdeveniments específics.

Cada vegada està agafant més importància la IA en el camp de la salut com és la diabetis, sent utilitzada per millorar la predicció i el seu maneig. Això inclou l'ús d'algorismes per optimitzar la dosificació d'insulina i predir les fluctuacions en els nivells de glucosa que tindrem en funció del que haguem ingerit, lo que permet fer intervencions més personalitzades i efectives, millorant potencialment els resultats de control glicèmic de les persones amb diabetis. Actualment, es dissenyen sistemes d'alertes per detectar episodis d'hiperglucèmia, hipoglucèmia o futures fluctuacions en els nivells de glucosa. Això permet a pacients i professionals de la salut, prendre decisions informades sobre l'administració de insulina, ingesta aliments i l'activitat física, per mantenir els nivells de glucosa dins del rang desitjat. <sup>14</sup>

En la pràctica clínica real, molts pacients amb diabetis no aconseguen els objectius clínics només amb la dieta, lo que suggereix que es necessiten estratègies dietètiques alternatives i personalitzades per aconseguir el control glicèmic. En un estudi, es va monitoritzar els nivells de glucosa durant una setmana en una cohort de 800 persones, mesurant les respostes a 46.898 àpats i es van trobar una alta variabilitat en la resposta a menjars idèntics, el que suggereix que les recomanacions dietètiques universals poden tenir una utilitat limitada. Per tant, un mateix aliment ingerit per diferents persones pot resultar en una resposta glicèmica diferent, ja que hi ha diferents factors que poden afectar a la glucèmia postprandial: la genètica, l'estil de vida, la sensibilitat a la insulina, els nivells d'activitat dels transportadors pancreàtics de glucosa o la microbiota intestinal. La IA és capaç d'analitzar dades de les respostes de glucosa en sang de diferents individus a milions d'aliments per identificar les característiques personals (edat, sexe, pes, perfil del microbioma i mesures metabòliques), que expliquen perquè la glucosa d'una persona es dispara amb determinats aliments i en una altre persona no. Per tant,

amb aquesta informació, aquests algorismes són capaços de predir com ens pot afectar un aliments a la glucèmia, i assignar una puntuació a cada àpat. <sup>14</sup>

Espanya és el segon país amb més prevalença de diabetis d'Europa i a on un 30% de les persones amb diabetis no estan diagnosticades.<sup>14</sup> Amb l'arribada de noves tecnologies com la IA, tenim eines per millorar el diagnòstic precoç, el tractament personalitzat, fer un seguiment correcte dels pacients i una gestió més efectiva de la malaltia. Es proposa aquest treball per fer-ne un recull i sensibilitzar a la població d'aquesta patologia cada cop més prevalent, i donar a conèixer el paper que pot tenir la IA en el maneig de la diabetis i les avantatges de la seva aplicació de cara als professionals sanitaris i als pacients.

## **2. OBJECTIUS**

### **Principal**

Buscar i conèixer l'evidència científica actual sobre l'aplicació de la IA en el maneig i millora de la qualitat de vida de pacients amb prediabetis i diabetis (tipus 1 i 2).

### **Específics**

- Identificar estudis que demostrin aplicacions reals de la IA en el control glicèmic i/o predicció de la resposta glicèmica en pacients amb prediabetis i diabetis 1 i 2.
- Conèixer aplicacions de la IA per millorar el seguiment i reduir les complicacions associades a aquesta patologia: Retinopatia Diabètica, Edema Macular, Nefropatia, Insuficiència Cardíaca.
- Estimar quin serà el futur proper de les aplicacions de la IA en la millora de la qualitat de vida dels pacients diabètics.

### 3. MATERIAL I MÈTODES

#### 3.1 Estratègia de cerca

Es va dur a terme una cerca bibliogràfica exhaustiva mitjançant el motor de cerca *PubMed* i la consulta a la base de dades *MEDLINE*, per tal d'obtenir estudis que descrivissin com la IA pot ajudar en el control glicèmic de pacients amb prediabetis i diabetis tipus 1 i 2. També s'han inclòs articles que estudien l'efecte dels paràmetres individuals en la resposta glucèmica d'un aliment. Alineant-nos amb els objectius de la revisió, es van identificar els assaigs clínics utilitzant els termes rellevants MeSH en la nostra equació de cerca:

*("Artificial Intelligence"[Mesh]) AND "Diabetes Mellitus"[Mesh]*

#### 3.2 Criteris d'inclusió

Per assegurar-nos estudis d'alta eficàcia i consistència en els seus resultats, es van seleccionar només els estudis que complien amb aquests requisits:

- Assaigs clínics i d'accés gratuït al text complert.
- Pacients que tenien prediabetis o diabetis tipus 1 o 2. També es van incloure estudis, en que la població d'estudi eren diabètics, però també s'estudiaven altres malalties com és la retinopatia diabètica, essent una complicació comuna de la mateixa.
- Es van considerar tots els estudis que tinguessin en compte qualsevol tipus de IA, ja siguin models predictius, models d'aprenentatge, sistemes per veu,... Si tenim en compte l'àrea d'aplicació d'aquesta IA de la diabetis, es van incloure estudis que tractament tant del control de glucosa, diagnòstic i tractament de la patologia.

No es va posar cap limitació en quan a la franja d'edat, per això és van incloure pacients adults i joves.

#### 3.3 Criteris d'exclusió

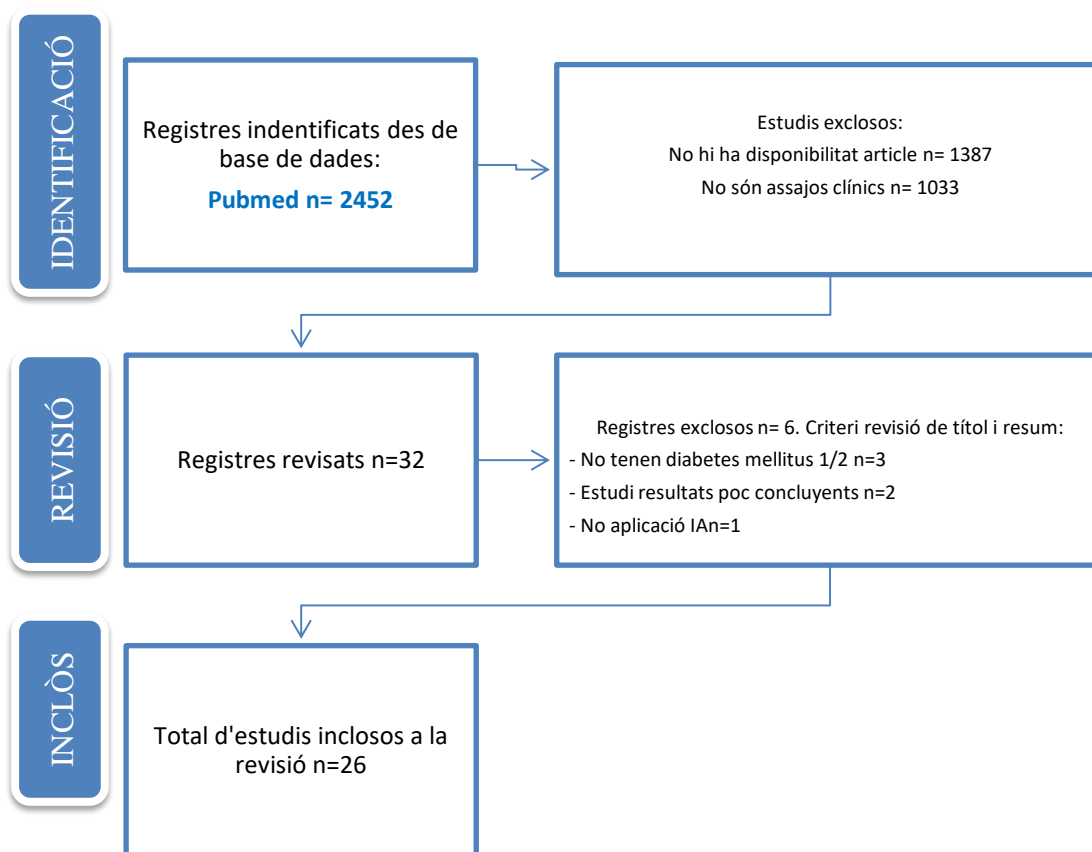
Es van excloure els estudis que no era el principal focus la diabetis, encara que avaluessin l'ús de la IA en algun camp de salut. També es rebutjaven tots els estudis que, tot i estar encaminats a estudiar l'objectiu preestablert, no tinguessin resultats concloents o que faltessin més dades per treure conclusions. A més a més, es va excloure un estudi que no era el seu objectiu explícit descriure la IA que utilitzaven.

### 3.4 Detecció i extracció de dades

Per tenir una idea global de les diferents tecnologies de IA aplicables en diabetes i les característiques dels assajos clínics que les avaluaven, s'han generat tres tipus de taules. En primer lloc, (*taula 1*) on s'inclouen dades de cada un dels estudis: primer autor de l'estudi, any publicació, patologia concreta d'estudi, objectiu i descripció general. Seguidament, s'han classificat els estudis en la *taula 2*, en funció dels objectius preestablerts: aplicacions de la IA en la millora del control glicèmic, per monitoritzar els pacients i reduir les complicacions i aplicacions futures en pacients diabètics. Les variables preses en consideració han estat: el número de pacients, l'any de publicació i una breu descripció de la IA utilitzada en cada estudi. Finalment, s'han analitzat tots els estudis potencials en profunditat (*taula 3*), detallant el tipus d'estudi, objectiu, característiques generals, població d'estudi i conclusió.

## 4. RESULTATS

Els resultats obtinguts fent servir l'equació de cerca ja descrita i el motor de cerca de *Pubmed*, es presenta en el següent diagrama de flux PRISMA. Inicialment es van identificar 2452 resultats, i una vegada aplicats els criteris d'exclusió i realitzat el anàlisi



dels continguts ens quedem en 26 estudis potencials que mostren com l'aplicació de la IA pot millorar el maneig de la diabetis.

#### 4.1 Descripció general dels estudis

Es van analitzar un total de 26 assajos clínics, amb l'objectiu d'avaluar l'aplicació de la IA en les diferents àrees de la diabetis tipus 1 i 2. Per tal d'entendre les particularitats dels estudis i de les aplicacions IA que descriuen, els 26 estudis s'han agrupat segons tres criteris. En primer lloc (**Taula 1**) es descriuen les característiques principals dels **assajos clínics** seleccionats i la patologia concreta d'estudi. Seguidament (**Taula 2**) es descriuen en detall les funcions de cada IA observant que corresponent a tres grans tipologies d'aplicacions: a) aplicacions pel control glicèmic, b) per la monitorització dels pacients i suport al diagnòstic c) les aplicacions futures de la IA. Finalment (**Taula 3**) es comenten el disseny i conclusions de cada un dels 26 estudis agrupats en les tres tipologies d'aplicacions IA abans referides.

**Taula 1.** Títols, patologies i descripció dels objectius de cadascun dels 26 estudis seleccionats.

Títol estudi	Autonomous artificial intelligence increases screening and follow-up for diabetic retinopathy in youth: the ACCESS randomized control trial	Risk Stratification for Diabetic Retinopathy Screening Order Using Deep Learning: A Multicenter Prospective Study	Use of Voice-Based Conversational Artificial Intelligence for Basal Insulin Prescription Management Among Patients With Type 2 Diabetes: A Randomized Clinical Trial	Digital Twin-Enabled Personalized Nutrition Improves Metabolic Dysfunction-Associated Fatty Liver Disease in Type 2 Diabetes: Results of a 1-Year Randomized Controlled Study	Integrating metabolic expenditure information from wearable fitness sensors into an AI-augmented automated insulin delivery system: a randomised clinical trial
Primer autor i any publicació (Ref)	<b>Risa M Wolf, 2024</b> (24)	<b>Ashish Bora, 2023</b> (25)	<b>Ashwyn Nayak, 2023</b> (40)	<b>Shashank Yoshi, 2023</b> (41)	<b>Peter G Jacobs, 2023</b> (17)
Patologia concreta d'estudi	Retinopatia diabètica en joves	Retinopatia diabètica en adults	Diabetes mellitus tipus 2 en adults	Malaltia hepàtica grassa en pacients amb diabetes mellitus tipus 2 (MAFLD)	Diabetes tipus 1 en adults
Objectiu	Avaluar l'eficàcia de la IA en el <b>diagnòstic de la retinopatia diabètica</b> per realitzar diagnòstics més precisos i ràpids	Avaluar la IA en la prioritització de les visites dels pacients segons el risc de desenvolupament de <b>retinopatia diabètica</b> , per un bon maneig en la clínica oftalmològica i millorar l'assignació de recursos	Avaluar l'eficàcia i acceptabilitat d'un sistema de intel·ligència artificial basada en control per veu, per <b>millorar l'administració de la insulina basal i millorar el control glicèmic</b>	Examinar l'eficàcia de la <b>nutrició personalitzada mitjançant IA</b> en la millora de la malaltia hepàtica grassa associada a la disfunció metabòlica en pacients amb diabetes tipus 2	Avaluar l'eficàcia de dos sistemes automatitzats d'administració de insulina durant l'exercici físic amb l'objectiu de <b>poder realitzar exercici físic de forma segura i evitar hipoglucèmies</b> .
Descripció	Comparar l'eficàcia de diagnòstic entre dos grups de tractament aleatoritzats, el grup de intervenció que utilitza IA autònom en el cribatge i el grup control que utilitza mètodes de cribatge tradicionals.	Al introduir imatges del fons de l'ull en el model d'aprenentatge autòmat, es va poder classificar els pacients i prioritzar les seves visites mèdiques segons el risc de desenvolupament de retinopatia diabètica	Els participants van ser aleatoritzats per rebre el control de insulina mitjançant IA conversacional per veu o l'estàndard d'atenció, i avaluar si la IA pot representar un millor control glicèmic	Degut a que la hiperglucèmia postprandial pot conduir a la malaltia hepàtica grassa associada a la disfunció metabòlica, aquest estudi pretén <b>predir les respostes glucèmiques posprandial</b> mitjançant <i>Digital Twin-Enabled</i> , examinant els efectes de la nutrició, son i activitat sobre la glucèmia.	Es realitza un assaig clínic aleatoritzat per investigar els efectes de la integració de dades de despesa metabòlica a parir de dispositius fitness portàtils en un sistema d'administració automatitzat, per avaluar si representa un millor control glicèmic.

Títol estudi	Development and validation of a prediction model based on machine learning algorithms for predicting the risk of heart failure in middle-aged and older US people with prediabetes or diabetes	Individualising intensive systolic blood pressure reduction in hypertension using computational trial phenomaps and machine learning: a post-hoc analysis of randomised clinical trials	Bridging the resources gap: deep learning for fluorescein angiography and optical coherence tomography macular thickness map image translation	A machine learning approach identifies modulators of heart failure hospitalization prevention among patients with type 2 diabetes: A revisit to the ACCORD trial	Evaluation of Functional Magnetic Resonance Imaging under Artificial Intelligence Algorithm on Plan-Do-Check-Action Home Nursing for Patients with Diabetic Nephropathy
Primer autor i any publicació (Ref)	<b>Yicheng Wang, 2023</b> (27)	<b>Evangelos K, 2022</b> (28)	<b>Hazem Abdelmotal, 2022</b> (29)	<b>Hamed Kianmehr, 2022</b> (30)	<b>Ashwyn Nayak, 2023</b> (31)
Patologia concreta d'estudi	Insuficiència cardíaca en pacients amb prediabetis i diabetis	Hipertensió arterial i diabetis tipus 2	Degeneració macular relacionada amb el Edema macular diabètic (EMD)	Insuficiència cardíaca en pacients amb diabetis mellitus tipus 2	Nefropatia diabètica
Objectiu	Desenvolupar un model predictiu basat en aprenentatge automàtic per predir el <b>risc de desenvolupar insuficiència cardíaca</b> en pacients amb prediabetis o diabetis	Identificar subgrups de pacients amb hipertensió arterial i proporcionar una base per la <b>individualització del tractament en la hipertensió</b> , optimitzant els beneficis i minimitzant els riscos per cada pacient	Millorar l'accessibilitat a la informació clínica en entorns amb recursos limitats on la tècnica de diagnòstic OCT (tomografia de coherència òptica) no està disponible, facilitant el <b>diagnòstic i el maneig del EMD</b>	Identificar les característiques dels pacients que modulen l'efecte del control intensiu de la glucosa i la PAD sobre el risc <b>d'insuficiència cardíaca</b> en el tractament de la diabetis tipus 2.	Avaluar l' <b>ús de imatges de ressonància magnètica funcional junt amb IA en l'atenció domiciliaria</b> de pacient amb nefropatia diabètica.
Descripció	Desenvolupament i validació d'un model de predicció, identificant prèviament els variables més importants de desenvolupament de IC en pacients amb diabetis o prediabetis	Anàlisis post-hoc de dades d'assajos clínics aleatoritzats previs, per definir el benefici cardiovascular personalitzat del control intensiu de la pressió sistòlica.	Validació un model de imatges sobre l'espessor del edema macular i millorar tant el diagnòstic del EMD en entorns clínics que no disposin de la tècnica de imatge OCT.	Aplicar un algoritme d'aprenentatge automàtic per quantificar l'efecte negatiu d'una PAD baixa amb afectació del control glicèmic.	L'algoritme va millorar la detecció de regions d'activació en les imatges de ressonància magnètica funcional de manera més efectiva i millorant el diagnòstic i disminuint errors



Títol estudi	Deep Learning Algorithm-Based MRI Image in the Diagnosis of Diabetic Macular Edema	Intelligent Algorithm-Based Ultrasound Image for Evaluating the Effect of Comprehensive Nursing Scheme on Patients with Diabetic Kidney Disease	Using Momentary Assessment and Machine Learning to Identify Barriers to Self-management in Type 1 Diabetes: Observational Study	Pivotal Evaluation of an Artificial Intelligence System for Autonomous Detection of Referrable and Vision-Threatening Diabetic Retinopathy
Primer autor i any publicació (Ref)	<b>Xiuping Han, 2022 (34)</b>	<b>Chunyan Zhao, 2022 (35)</b>	<b>Peng Zhang , 2022 (18)</b>	<b>Eli Ipp, 2021 (26)</b>
Patologia concreta d'estudi	Edema macular diabètic (EMD)	Nefropatia diabètica (ND)	Diabetis tipus 1	Retinopatia diabètica (RD)
Objectiu	Investigar el valor de la ressonància magnètica basat en un algoritme d'aprenentatge profund pel <b>diagnòstic de pacients amb EMD.</b>	Explorar l'efecte de l'avaluació d'imatges ecogràfiques de l'esquema integral d'infermeria basat en algoritmes d'IA a pacients amb malaltia renal diabètica	Desenvolupament d'un algoritme d'aprenentatge automàtic per predir el risc de falta d'autogestió en pacients amb diabetis tipus 1	Avaluar la seguretat i precisió d'un algoritme de IA en el <b>diagnòstic de la retinopatia diabètica</b>
Descripció	Anàlisis exhaustiu de imatges de ressonància magnètica utilitzant un algoritme d'aprenentatge profund per avaluar si pot representar una eina precisa i eficient en el diagnòstic del EMD.	Anàlisis comparatiu en l'avaluació de l'esquema integrat d'infermeria entre els resultats obtinguts mitjançant l'algoritme intel·ligent i els mètodes d'avaluació convencionals	Recopilació de variables EMA (evaluació ecològica momentània) i a través d'una aplicació mòbil MyDay amb dades de glucosa en sang per Bluetooth, per poder predir mitjançant IA el risc d'incompliment.	Estudi transversal multicèntric prospectiu, en pacients diagnosticats de diabetes, que es realitzen imatges del fons de l'ull, i per IA permet determinar el diagnòstic sense atenció mèdica.

Títol estudi	CBmeter study: protocol for assessing the predictive value of peripheral chemoreceptor overactivation for metabolic diseases	Predictive utilities of lipid traits, lipoprotein subfractions and other risk factors for incident diabetes: a machine learning approach in the Diabetes Prevention Program	Quantification of Fluid Resolution and Visual Acuity Gain in Patients With Diabetic Macular Edema Using Deep Learning: A Post Hoc Analysis of a Randomized Clinical Trial	Validation of the effectiveness of a digital integrated healthcare platform utilizing an AI-based dietary management solution and a real-time continuous glucose monitoring system for diabetes management: a randomized controlled trial
Primer autor i any publicació (Ref)	<b>Marlene Lages, 2021</b> (37)	<b>Tibor V Varga, 2021</b> (38)	<b>Philipp K Roberts, 2020</b> (39)	<b>Parque Sung Woon, 2020</b> (42)
Patologia concreta d'estudi	Diabetis tipus 2 i altres malalties metabòliques	Diabetis tipus 2	Edema macular diabètic	Diabetis tipus 2
Objectiu	Establir un nou model de diagnòstic de malalties metabòliques basats en respostes respiratòries i metabòliques	Identificar quines característiques dels lípids en sang (ex: colesterol) i altres factors de risc (ex: pes corporal, pressió arterial) poden <b>predir de manera més precisa qui desenvoluparà diabetis tipus 2</b>	<b>Quantificació de paràmetres involucrats en EMD</b> i com varien en funció del tractament rebut utilitzant aprenentatge profund.	Validar l'efectivitat d'una plataforma digital mèdica que utilitza una solució de gestió dietètica basada en IA i un sistema de <b>monitoreig glucosa continu en temps real per millorar el seguiment i maneig de pacients</b> amb diabetis tipus 2
Descripció	Investigació exhaustiva de com la sobreactivació dels quimiorceptors perifèrics són sensibles a canvis de concentració d'oxigen i diòxid de carboni, podent estar relacionat amb el desenvolupament o progressió de malalties metabòliques com l'obesitat, resistència a la insulina, diabetis tipus 2 i malalties cardiovasculars	Aplicació d'algoritmes d'aprenentatge automàtic, per identificar patrons i construir models predictius per determinar el risc de desenvolupar diabetis tipus 2	Anàlisis retrospectiu d'un assaig clínic aleatoritzat per avaluar com l'algoritme d'aprenentatge automàtic, pot mesurar amb precisió la resolució de líquid i canvis en l'agudesa visual en pacients amb EMD, i analitzar l'associació que pot tenir a veure amb el tractament rebut	Avaluar l'efectivitat de tractaments convencionals en comparació a una plataforma mèdica digital que integra dades dietètiques i monitoreig de glucosa per proporcionar recomanacions personalitzades i en temps real per determinar el seu impacte en la qualitat de vida i el control de la malaltia en pacients amb diabetis.

Títol estudi	Predicting optical coherence tomography-derived diabetic macular edema grades from fundus photographs using deep learning	Gut Microbiome Fermentation Determines the Efficacy of Exercise for Diabetes Prevention	Development of a Deep Learning Model for Dynamic Forecasting of Blood Glucose Level for Type 2 Diabetes Mellitus: Secondary Analysis of a Randomized Controlled Trial	Prediction of Hypoglycemia During Aerobic Exercise in Adults With Type 1 Diabetes
Primer autor i any publicació (Ref)	<b>Avinash Varadarajan, 2020 (36)</b>	<b>Yan Liu , 2020 (19)</b>	<b>Shyed HasibAkhter Faruqui, 2019 (21)</b>	<b>Ravi Reddi, 2019 (20)</b>
Patologia concreta d'estudi	Edema macular diabètic (EMD)	Prediabetis-DM2	Diabetis mellitus tipus 2	Diabetis mellitus tipus 1 en adults
Objectiu	IA en la <b>predicció de graus d'edema macular en pacients diabètics a partir d'imatges del fons de l'ull utilitzant dades de OCT</b> (tomografia de coherència òptica)	Determinar com el <b>perfil del microbiota intestinal afecta a l'eficàcia del exercici físic</b> per la prevenció de la diabetis i <b>desenvolupar un algoritme d'aprenentatge capaç de predir la resposta glucèmica a l'exercici</b>	Predicció <b>nivells de glucosa</b> en sang per un millor tractament futur de pacients amb diabetis tipus 2	Mètode <b>predicció hipoglucèmia a l'inici de l'exerci físic</b> en pacients amb diabetis tipus 1
Descripció	S'entrena un algoritme d'aprenentatge automàtic per identificar i classificar els diferents graus de EMD, per facilitar el diagnòstic i la monitorització de la malaltia en entorns clínics	Es recopilen dades sobre la resposta glucèmica a l'exercici físic i altres marcadors metabòlics per avaluar com el perfil del microbiota intestinal afecta en l'efectivitat de l'exercici per prevenir la diabetis, i paral·lelament es desenvolupa un model d'aprenentatge que integra soques de microbioma, capaç de predir resposta glucèmia a l'exercici.	En pacients amb diabetis tipus 2, s'aplica una aplicació mòbil pel seguiment de la dieta, activitat física, pes i glucosa, i amb aquesta informació es desenvolupa un algoritme d'aprenentatge per la predicció dels nivells de glucosa.	Desenvolupament d'un algoritme que és capaç de predir la hipoglucèmia, valorant una sèrie de paràmetres a l'inici de l'exerci físic, com és la freqüència cardíaca.

Títol estudi	Decision Support in Diabetes Care: The Challenge of Supporting Patients in Their Daily Living Using a Mobile Glucose Predictor	Characteristics Associated With Decreased or Increased Mortality Risk From Glycemic Therapy Among Patients With Type 2 Diabetes and High Cardiovascular Risk: Machine Learning Analysis of the ACCORD Trial	Computational image analysis for prognosis determination in DME	Stress Testing of an Artificial Pancreas System With Pizza and Exercise Leads to Improvements in the System's Fuzzy Logic Controller
Primer autor i any publicació (Ref)	<b>Carmen Pérez-Gandía, 2018</b> (22)	<b>Sanjay Basu, 2018</b> (32)	<b>Bianca S Gerendas, 2017</b> (33)	<b>Richard Mauseth, 2015</b> (23)
Patologia concreta d'estudi	Diabetes tipus 1	Diabetis tipus 2- Risc CV	Edema macular diabètic	Diabetis tipus 1
Objectiu	Avaluar l' <b>impacte de conèixer la predicció de la glucosa i com afecta a la presa de decisions</b> dels pacients, així com el seu impacte en el control glicèmic.	Identificar els pacients amb diabetis tipus 2 que tenen major <b>risc cardiovascular</b>	Determinar <b>pronòstic dels pacients amb edema macular diabètic</b>	Desenvolupament d'un <b>mètode d'aprenentatge per ajustar la dosificació d'insulina</b> i que augmenti el seu rendiment en pròxims estudis.
Descripció	Estudi presenta un sistema de suport en la decisió basat en la predicció de la glucosa per ajudar als pacients en un entorn mòbil. Els pacients que utilitzen aquest suport, són capaços de veure la predicció de la resposta glucèmica i prendre les decisions segons els valors.	Identificar les característiques dels pacients amb alt risc cardiovascular amb un risc de mortalitat reduït o augmentat degut a la teràpia glucèmica per la diabetis tipus 2 utilitzant mètodes d'aprenentatge automàtic.	Definir les característiques morfològiques de l'OCT (tomografia de coherència òptica) al principi i després de 12 o 24 setmanes de teràpia amb factor de creixement endotelial anti-vascular (VEGF) que es correlacionin bé amb l'agudesa visual al principi o després d'un any de teràpia.	El sistema de Pàncrees artificial <i>dose safety</i> és capaç de calcular i administrar insulina adequada. En aquest estudi s'avalua si estressar el sistema amb alimentació rica en CH i grassa o realitzen exercici físic, conduiria en millorar la dosificació.

## 4.2 Aplicació i descripció de la IA utilitzada

**Taula 2.** Descripció de les funcions de cada IA en aplicacions per a) control glicèmic, b) monitorització dels pacients i suport al diagnòstic i c) aplicacions futures de la IA.

Aplicacions de la IA	Descripció de la funció de la IA	N total	Any	Ref.
<b>2.a. Aplicacions de la IA en la millora del control glicèmic</b> - Seguiment dels pacients per millorar l'adherència al tractament - Recol·lecció de dades de salut i/o constants vitals - Predicció de la resposta glicèmica del pacient	Processar i analitzar la informació de despesa metabòlica i altres dades clíniques rellevants proporcionada per dispositius intel·ligents (mòbil, rellotge, monitor continu de glucosa i repositori d'adquisició de dades), amb la finalitat d'optimitzar l'administració de insulina de manera personalitzada i precisa per cada pacient.	25	2023	12
	Identificar i categoritzar les barreres per un bon autocontrol de la diabetis, com és la falta d'adherència al tractament, l'estrés, la falta de coneixement sobre la malaltia o les dificultats per accedir a medicaments o subministres necessaris, tot això, gràcies a l'ús d'una aplicació mòbil, MyDay (eina de retroalimentació) i un medidor de glucosa per bluetooth.	45	2022	13
	Identificar patrons i correlacionar entre la composició de la microbioma intestinal, fermentació microbiana i l'eficàcia de l'exercici en la prevenció de la diabetis. Això va proporcionar informació sobre els factors predictius que estan associats amb la prevenció de la diabetis a través de l'exercici físic.	39	2020	14
	Predicció de la hipoglucèmia durant l'exercici aeròbic en pacients amb diabetis tipus 1, en funció de diferents factors com duració i intensitat de l'exercici, nivells de glucosa en sang abans de l'exercici, sensibilitat a la insulina, etc.	55	2019	15
	Predicció de nivells de glucosa en pacients amb diabetis tipus 2, mitjançant l'ús d'una App mòbil ( <i>DiabetesConnect</i> ) i un glucòmetre per Bluetooth que recopilen de la dieta, activitat física, pes i glucosa. Els nivells de glucosa es recol·lecten a partir d'un glucòmetre en Bluetooth i una aplicació anomenada <i>DiabetesConnect</i> .	26	2019	16
	Un sistema de suport en la decisió basat en la predicció de la glucosa per ajudar als pacients amb diabetis tipus 1 amb un entorn mòbil. Els pacients són capaços de veure la predicció de la resposta glucèmica i prendre les decisions segons els valors.	12	2018	17
	El sistema de <i>Dose Safety artificial pàncreas system</i> és capaç de calcular i administrar la insulina adequada. En aquest estudi s'avalua si estressar el sistema amb alimentació rica en hidrats de carboni i grassa o si es realitza exercici físic, aquest sistema és capaç de conduir a una millor dosificació de insulina en pacients amb diabetis tipus 1.	10	2015	18

<p><b>2.b. Aplicacions de la IA per monitoritzar els pacients, suport al diagnòstic i reduir les complicacions</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitorització per fer seguiment dels pacients</li> <li>- Suport al diagnòstic i predicció de risc de patologies i/o complicacions associades</li> <li>- Entrenadors virtuals per implementar programes de recuperació o d'exercici</li> </ul>	Classificar imatges de retina en diferents categories de risc de retinopatia diabètica segons la presència i gravetat d'anomalies detectades a partir de imatges del fons de l'ull en el moment de l'atenció del pacient. Va permetre prioritzar el seguiment i l'atenció mèdica en els pacients amb major risc de desenvolupar complicacions visuals.	164	2024	19
	Utilitzada per prioritzar la visita de pacients segons el nivell de risc de progressió a retinopatia diabètica, facilitant una detecció més precoç i eficient d'aquesta complicació ocular.	1757	2023	20
	Examinar la seguretat i precisió d'un sistema de IA per diagnosticar tant la retinopatia lleu (mtmDR), com la que amenaça la visió del pacient (vtDR). I d'alguna manera l'aplicació d'aquest algoritme permet programar cites prioritàries als pacients que s'ajustin a les pautes de temps de derivació per un tractament urgent.	893	2021	21
	Seleccionar les característiques més rellevants i predictives en base a dades clíniques i biomètriques disponibles per predir el risc de insuficiència cardíaca en persones amb diabetis o prediabetis.	3527	2023	22
	Identificar subgrups de pacients i desenvolupar models predictius que optimitzen el tractament de cada pacient, millorant els resultats clínics i l'eficàcia en el maneig de la hipertensió.	9361	2022	23
	Aprendre la relació entre dos mètodes de diagnòstic en l'edema macular diabètic, traduint de manera automatitzada imatges de FA (angiografia fluorescència) a OCT (tomografia de coherència òptica) i al revés, millorant el camp de diagnòstic i optimitzant els recursos.	708	2022	24
	Estimar el risc individual d'hospitalització per insuficiència cardíaca en funció dels factors i característiques específiques identificades prèviament, tenint en compte variables com el control glucèmic i la pressió arterial.	10251	2022	25
	Identificar i quantificar canvis en l'activitat cerebral en pacients amb nefropatia diabètica, processant imatges de ressonància magnètica funcional (fMRI), amb l'objectiu d'avaluar i millorar el pla d'atenció domiciliària.	64	2023	25
	Model predictiu que estima el risc individual de mortalitat en funció de les característiques clíniques identificades i altres factors en pacients amb diabetis tipus 2 i alt risc cardiovascular.	10251	2018	26
Anàlisi d'imatges computacional totalment automatitzat utilitzat per processar imatges OCT (tomografia de coherència òptica) predeterminar el pronòstic de pacients amb edema macular diabètic i predir la progressió de la malaltia.	629	2017	27	

	Ús de imatges de ressonància magnètica de l'algoritme de xarxa neuronal convolucional 3D (3D-CNN) basat en aprenentatge profund per monitoritzar DME i avaluar integralment el valor d'aplicació d'aquest algoritme en detectar la qualitat de la imatge de ressonància magnètica i la precisió diagnòstica de pacients amb DME.	96	2022	28
	Avaluar imatges d'ultrasò a partir d'un algoritme de IA amb la finalitat d'avaluar l'efecte de l'esquema de infermeria integral amb pacients amb malaltia renal diabètica.	44	2022	30
	Ús del aprenentatge profund per fer prediccions d'edema macular diabètic a través de imatges en 2D del fons de l'ull i sense equips sofisticats.	4732	2020	31
	Identificar biomarcadors específics o patrons en les dades que estiguin associats amb un major risc de desenvolupar malalties metabòliques, i a la vegada, un model predictiu que estimi el risc de desenvolupar-les.	40	2021	32
	Model predictiu que estima el risc individual de desenvolupar diabetis, en funció de les variables prèviament estudiades.	2590	2021	33
	Algoritme segmenta i quantifica de manera automatitzada la resolució de fluids i la millora de la agudesia visual en pacients amb edema macular diabètic.	570	2020	34
<b>2.c. Aplicacions futures de la IA en diabètics</b>	L'ús d'una aplicació de IA conversacional basada en veu per ajudar a pacients amb diabetis tipus 2 a controlar la insulina basal a casa per aconseguir un control glicèmic ràpid.	32	2023	35
- Recomanacions personalitzades pels pacients (exercici, dieta)	Aplicar la IA en suggerir plans d'alimentació personalitzats, així com activitat física i son, amb l'objectiu de reduir la resposta glucèmica postprandial.	319	2023	36
- Reconeixedors de veu i homes robots	Ús d'una plataforma mèdica digital integrada utilitzant una gestió dietètica basada en IA i un sistema monitoritzat de glucosa en temps real en pacients amb diabetis tipus 2.	294	2020	37

### 4.3 Anàlisi descriptiu dels estudis

**Taula 3.** Descripció del disseny i conclusions de cada un dels 26 estudis agrupats pel tipus d'aplicació de IA: a) pel control glicèmic, b) monitorització dels pacients i suport al diagnòstic i c) aplicacions futures de la IA.

**Taula 3.a.** Estudis relacionats amb **Aplicacions de la IA en la millora del control glicèmic:**

Ref. estudi	<i>Jacobs at al. 2023 (17)</i>	Zhang P, et al., 2022 (18)	Liu Y, et al., 2020 (19)	Reddy R, et al., 2019 (20)
Tipus estudi	Assaig creuat, aleatoritzat	Assaig observacional	Assaig clínic aleatoritzat	Observacional prospectiu
Objectiu	Avaluar l'eficàcia de dos sistemes automatitzats d'administració de insulina durant l'exercici físic amb l'objectiu de <b>poder realitzar exercici físic de forma segura i evitar hipoglucèmies.</b>	Predir el risc de falta d'autogestió en pacients amb diabetis tipus 1 mitjançant d'una aplicació mòbil <i>MyDay</i> amb dades de glucosa en sang per Bluetooth.	Determinar com el <b>perfil del microbiota intestinal afecta a l'eficàcia del exercici físic</b> per la prevenció de la diabetis i <b>desenvolupar un algoritme d'aprenentatge capaç de predir resposta glucèmica a l'exercici</b>	Mètode <b>predicció hipoglucèmia a l'inici de l'exerci</b> físic en pacients amb diabetis tipus 1
Mètodes	Compara 2 sistemes automatitzats d'administració insulina amb la integració de informació a partir de dispositius <i>fitness</i> portàtils: un detecta l'exercici, avisa l'usuari i talla la insulina durant l'exercici utilitzant un algoritme de derivació proporcional adaptatiu, i el segon, automatitza els ajusts de insulina utilitzant dades de condició física en temps real a través d'un algoritme de control predictiu.	Anàlisi de dades d'un estudi controlat aleatoritzat on es recopilen dades de glucosa per Bluetooth, i s'aleatoritzaven els pacients en dos grups: el grup control N= 14, i el grup intervenció N=31 que a part del mediador de glucosa utilitzen una aplicació mòbil, <i>MyDay</i> , amb l'objectiu de predir el risc d'incompliment terapèutic	Aleatoritzats en dos grups: grup sedentari (n=19) o grup exercici físic supervisat (n=20), ambos van rebre un pla dietètic personalitzat. Degut a la variabilitat en el grup exercici es divideixen en respondedors (n=14) i no respondedors (n=6), mostren una millora sensibilitat insulina en els respondedors. Finalment, es desenvolupa un algoritme per predir la capacitat de resposta individualitzada a l'exercici.	Recopilació dades adults DM1 que realitzen exercici regularment que provenen de participants de 3 estudis: 43 pacients per entrenar el model i 12 per validar-lo. Es registren paràmetres com: duració i intensitat exercici, nivells glucosa en sang, dosis insulina administrada, etc.
Pacients	N=27; 66% dones; 34,4 anys; 100% DM1	N=45; 53% dones; 13,3 anys; 100% DM1	N=39; prediabetis 100%; edat 43 anys;	N=55; 33% dones; 33 anys; 100% DM1



Conclusió	El sistema d'administració de insulina automatitzat potenciat per IA té el potencial de millorar el control glicèmic i el maneig de la diabetis.	Representa una eina prometedora en coneixements d'autocura individual, prediccions de riscos conductuals, millora en la presa de decisions clíniques i el suport adient en els pacients diabètics	La demostració del valor predictiu de les soques microbianes inicials per la capacitat de resposta individualitzada a l'exercici, pot facilitar la implementació clínica d'una intervenció personalitzada en l'estil de vida pel control de la diabetis	Aquest model pot representar una eina pràctica per ajudar als pacients amb DM1 i als especialistes a gestionar de manera més efectiva el risc d'hipoglucèmia durant l'exercici físic.
-----------	--	---	---	---

Ref. estudi	Faruqui SHA, et al., 2019 (21)	Pérez-Gandía C, et al., 2018 (22)	Mauseth R, et al., 2015 (23)
Tipus estudi	Anàlisis secundari d'un assaig pilot aleatoritzat	Estudi observacional prospectiu	Assaig de cohort
Objectiu	Predicció <b>nivells de glucosa</b> en sang per un millor tractament futur de pacients amb diabetis tipus 2	Avaluar l'impacte de conèixer la predicció de la glucosa i com afecta a la presa de decisions dels pacients, així com el seu impacte en el control glicèmic.	Desenvolupament d'un <b>mètode d'aprenentatge per ajustar la dosificació d'insulina</b> i que augmenti el seu rendiment en pròxims estudis.
Mètodes	Recopilació dades d'un assaig clínic sobre nivells de glucosa, estil de vida, medicació, etc., i els pacients van ser dividits en 3 grups: N=11 mòbil intel·ligent, N= 9 diari en paper i N=6 grup control. En aquest estudi, 10 pacients del grup mòbils intel·ligents es van utilitzar per desenvolupar un model basat per pronosticar els nivells de glucosa individuals.	Seguiment de 12 pacients que havien de registrar les decisions preses abans i després de conèixer la predicció de glucosa. Recopilació dades sobre l'ús del predictor mòbil de glucosa, canvis en el maneig de diabetis, adherència al tractament i resultats de salut dels pacients.	Seguiment 10 pacients que van participar en 30 estudis diferents: 17 en menjars i 13 en exercici utilitzant dues versions de FLC (lògica difusa). Es monitoritza la glucosa en sang per avaluar el control glicèmic en diferents condicions experimentals: consum pizza, realització exercici o ambdós.
Pacients	N= 26; edat 21-75 anys; 100% DM2	N=12; 50% dones; edat 41,9 anys; 100% DM1	N=10; 40% dones; edat 27,3 anys; 100% DM1; duració diabetis 2-14 anys
Conclusió	L'ús de models d'aprenentatge pot aprofitar dades de dispositius mòbils per desenvolupar plans de predicció individuals i eficaços pel tractament de DM2.	Un sistema de suport en la presa de decisions en el control glicèmic, permet millorar la cura de la diabetis i la qualitat de vida dels pacients.	Les proves d'estrès en el sistema de <i>Artificial Pancreas dose safety</i> , cada vegada s'observaven millores glucèmiques.

**Taula 3.b.** Estudis relacionats amb **Aplicacions de la IA per monitoritzar els pacients, suport al diagnòstic i reduir les complicacions:**

Ref. estudi	Wolf RM, et al., 2024 (24)	Bora A, et al., 2023 (25)	Ipp E, et al., 2021 (26)	Wang Y, et al., 2023 (27)
Tipus estudi	Assaig clínic aleatoritzat	Estudi intervencionista prospectiu	Assaig transversal multicèntric prospectiu	Cross-sectional study
Objectiu	Avaluar l'eficàcia de la IA en el <b>diagnòstic de la retinopatia diabètica</b> per realitzar diagnòstics més precisos i ràpids	Avaluar la IA en la prioritització de les visites dels pacients segons el risc de desenvolupament de <b>retinopatia diabètica</b> , per un bon maneig en la clínica oftalmològica i millorar l'assignació de recursos	Avaluar la seguretat i precisió d'un algoritme de IA en el <b>diagnòstic de la retinopatia diabètica</b>	Desenvolupar un model predictiu basat en aprenentatge automàtic per predir el <b>risc de desenvolupar insuficiència cardíaca</b> en pacients amb prediabetis o diabetis
Mètodes	2 braços comparadors: <b>N=81 grup intervenció:</b> examen ocular per diabètics amb IA en el lloc de l'atenció <b>N= 82 grup control:</b> referència i educació d'un proveïdor d'atenció oftalmològica	Introduir imatges del fons de l'ull de pacients que van assistir a proves de diagnòstic de retinopatia diabètica, de 4 centres de Tailàndia des de setembre 2019- gener 2020, en total s'estudien 1757 pacients amb diabetis.	S'inclouen pacients de 15 centres EEUU atenció primària i oftalmològica del 17 abril 2017 al 30 maig 2018 i es recopilen dades clíniques i de imatges de retines de pacients diabètics per entrenar un model de IA pel diagnòstic de RD	Pel desenvolupament del model s'extreuen dades (n=3527) de l'enquesta nacional de salut i nutrició (NHANES) que daten del 2007 a 2018, per identificar poblacions de risc.
Pacients	N=163; 58% dones; edat 15,3 anys; 73% DM1	N=1757; 63,5 dones; 99,5% DM2; edat mitjana 58,7 anys	N=893; 50,3% homes; Edat mitjana 53,9 anys; 23,1% DM1	N=3527; 43% dones; edat 59,6 anys; pacients amb prediabetis o diabetis
Conclusió	La IA autònoma demostra ser més efectiva en el cribratge i seguiment de la retinopatia diabètica en pacients joves	La IA demostra la capacitat del model en ajudar a programar visites segons el risc de progressió, permetent un tractament i identificació precoç.	El model basat en IA representa efectiu en la detecció precoç de complicacions ocular en pacients diabètics	El model desenvolupat permet determinar amb precisió el risc de desenvolupar IC

Ref. estudi	Oikonomou EK, et al., 2022 (28)	Abdelmotaal H, et al., 2022 (29)	Kianmehr H, et al., 2022 (30)	Du Q, et al., 2022 (31)
Tipus estudi	Assaig retrospectiu	Assaig retrospectiu	Assaig retrospectiu	Assaig clínic aleatoritzat
Objectiu	Identificar subgrups de pacients amb hipertensió arterial i proporcionar una base per la <b>individualització del tractament en la hipertensió</b> , optimitzant els beneficis i minimitzant els riscos per cada pacient	Millorar l'accessibilitat a la informació clínica en entorns amb recursos limitats on la tècnica de imatge OCT (tomografia de coherència òptica) no està disponible, facilitant el <b>diagnòstic i el maneig del EMD</b>	Identificar les característiques dels pacients que modulen l'efecte del control intensiu de la glucosa i la PAD sobre el risc <b>d'insuficiència cardíaca</b> en el tractament de la diabetis tipus 2.	Avaluar l' <b>ús de imatges de ressonància magnètica funcional junt amb IA en l'atenció domiciliaria</b> de pacient amb nefropatia diabètica.
Mètodes	Es van aplicar tècniques computacionals per identificar grups de pacients amb característiques similars a partir de dades d'assajos clínics previs, i es va aplicar la IA per identificar patrons i prediccions de resposta al tractament.	S'aplica un mètode d'aprenentatge capaç de traduir de manera automatitzada imatges de ulls de 708 pacients diabètics amb o sense EMD, convertint imatges de FA a OCT i al revés, per optimitzar recursos.	Assaig ACCORD n= 10251, realitzat en 77 centres clínics EEUU i Canadà de gener 2001 a juny 2009, s'aplica aprenentatge automàtic per analitzar dades retrospectives	Es van incloure pacients gener 2018 a desembre 2020, amb nefropatia diabètica que van rebre atenció domiciliaria (2 grups: de rutina o mètode PDCA) i s'avalua un algoritme millorat en el processament de les imatges de RMN
Pacients	N= 9361; Edat 67,9 anys; 35,6% dones;	N=708; edat 60,3 anys; dones 44%; duració mitja diabetis 17,3 anys	N= 10251; Edat 62,8 anys; duració mitja diabetis 10,8 anys	N= 64; Edat 46,3 anys; 40.6% dones; curs mitjana nefropatia diabètica 7,9 anys
Conclusió	Suggereix que hi ha subgrups de pacients amb característiques clíniques i demogràfiques específiques que es poden beneficiar d'una reducció intensiva de la pressió arterial sistòlica.	Suggereix que aquest model és capaç de traduir amb precisió les imatges de FA a OCT, essent aquesta tecnologia útil en entorns clínics que no disposin de l'última tècnica.	Primer estudi en observar i quantificar el possible efecte perjudicial de la PAD baixa amb una intervenció intensiva de glucosa en sang en el risc de IC.	L'efecte de la RMN sota l'algoritme utilitzat, va permetre un millor processament de les imatges de RMN.

Ref. estudi	Basu S, et al., 2018 (32)	Gerendas BS, et al., 2017 (33)	Han X, et al., 2022 (34)	Zhao C, et al., 2022 (35)
Tipus estudi	Anàlisi de dades d'un assaig clínic controlat aleatoritzat	Assaig pilot prospectiu aleatoritzat	Assaig clínic aleatoritzat	Assaig clínic aleatoritzat
Objectiu	Identificar els pacients amb diabetis tipus 2 que tenen major <b>risc cardiovascular</b>	Determinar <b>pronòstic dels pacients amb edema macular diabètic</b>	Investigar el valor de la ressonància magnètica basat en un algoritme d'aprenentatge profund pel diagnòstic de pacients amb EMD.	Explorar l'efecte de l'avaluació d'imatges ecogràfiques de l'esquema integral d'infermeria basat en algorismes de IA a pacients amb RD
Mètodes	S'utilitzen dades d'un assaig clínic, ACCORD, en que s'aleatoritzen en 2 braços: Grup tractament glucèmic intensiu (estatina + fibrat, N=5123) vs estàndard (estatina + placebo, N= 5128). S'apliquen tècniques d'aprenentatge per identificar característiques específiques associades amb el risc de mortalitat en resposta a la teràpia glucèmica.	Recopilació dades estudi Schmidt-Erfurth et al., 2016 que els pacients, que van ser aleatoritzats 1:1:1 per rebre teràpia intravítrea amb aflibercept (2,0 mg), ranibizumab (0,3 mg) o bevacizumab (1,25 mg).Es recopilen imatges de retina dels pacients i s'apliquen tècniques d'anàlisi d'imatges computacionals per processar les imatges, i es correlacionen les imatges amb el pronòstic clínic dels pacients.	Inclusió pacients d'un hospital del març 2018 a març 2021 i realitzar un anàlisi comparatiu: grup control N= 48 monitoritzat rutinàriament mitjançant imatges de RMN i grup investigació N=48 monitoritzat basat en un algoritme de xarxa neuronal	Pacients 44 ingressats en el hospital entre juny 2019 i abril 2020, es realitza un anàlisi aleatoritzat, on el grup 1 no hi ha intervenció de infermeria i grup 2 amb infermeria integral També es fa grup control amb 32 voluntaris sans.
Pacients	N=10251; edat 62,7 anys; 38% dones; 100%DM2; duració diabetis 10 anys	N=629	N=96; 100% EMD; 43,7% dones; edat 59,1 anys	N=44; edat 55 anys; 37% dones; 24 pacients curs malaltia 1-5 anys i 20 pacients de 6-20 anys.
Conclusió	Les dades de IMC, edat i IGH, permeten classificar els pacients en subgrups en funció de la mortalitat atribuïble a la teràpia glucèmica intensiva.	L'ús d'anàlisi computacional podrà resultar en una guia important en les decisions de tractament sobre intervals, fàrmacs i necessitats de seguiment.	L'algoritme basat en imatges de RMN té un rendiment prometedora en el diagnòstic del EMD	L'ús d'un algoritme intel·ligent basat en imatges d'ultrasò ha demostrat ser una eina prometedora per avaluar l'esquema de infermeria integral en ND

Ref. estudi	Varadarajan AV, et al., 2020 (36)	Lages M, et al., 2021 (37)	Varga TV, et al.; 2021 (38)	Roberts PK, et al. 2020 (39)
Tipus estudi	Cas retrospectiu	Estudi clínic controlat, multicèntric no aleatoritzat	Assaig controlat aleatoritzat, multicèntric controlat a placebo	Anàlisis post-hoc d'assaig clínic aleatoritzat
Objectiu	IA en la <b>predicció de graus d'edema macular en pacients diabètics a partir d'imatges del fons de l'ull utilitzant dades de OCT</b> (tomografia de coherència òptica)	Establir un nou model de diagnòstic de malalties metabòliques basats en respostes respiratòries i metabòliques mitjançant l'administració transitòria d'oxigen i la ingesta de menjar estandarditzat	Identificar quines característiques dels lípids en sang (ex: colesterol) i altres factors de risc (ex: pes corporal, pressió arterial) poden <b>predir de manera més precisa qui desenvoluparà diabetis tipus 2</b>	<b>Quantificació paràmetres involucrats EMD</b> i com varien en funció del tractament rebut utilitzant aprenentatge profund.
Característica De l'estudi	Recopilació dades hospital de Tailàndia, on N= 4035 van ser pel desenvolupament del model (total 6039 imatges) i n= 697 per la validació (total 1033 imatges). Es recopilen dades de OCT i imatges del fons de l'ull de pacients amb EMD.	Es realitza un anàlisi comparatiu entre: grup amb DM2 o prediabetis n =20 on es mesuren paràmetres com freqüència cardíaca, respiratòria, saturació oxigeni valors glucosa i grup control N= 20 sense prediabetis ni DM2 i es mesuren els mateixos paràmetres. Aquestes dades s'analitzen per identificar possibles correlacions entre la sobreactivació dels receptors i l'aparició o progressió de malalties metabòliques. Finalment entrenar un model per predir la presència o absència de malalties metabòliques.	Es comparen diferents models d'aprenentatge en quan habilitats predictives a desenvolupar DM2, tenint en compte n= 2590 pacients diabètics en EEUU dividits en 3 braços comparadors: grup placebo N= 867, grup metformina N= 865 i grup estil de vida N= 858 rebent assessorament. Es va comparar regressió logística, model de riscos proporcionals i 6 models d'aprenentatge automàtic.	Recopilació pacients d'agost 2012 a octubre 2018, avaluació 570 ulls de 570 pacients d'un assaig clínic aleatoritzat. Els pacients van rebre: aflibercept, ranibizumab o bevacizumab. S'avalua l'eficàcia al tractament per EMD, per millorar la pressa de decisions terapèutiques
Pacients	N total=4732 pacients; edat 55 anys, 39% dones	N=40; edat 25-75 anys	N= 2590; 100% prediabetis; edat 50,8 anys; 65,3% dones	N= 570 pacients amb edema macular diabètic; 47% dones; edat 43,4 anys
Conclusió	El desenvolupament d'un model capaç de classificar el grau de EMD basat en IA pot representar una eina útil per millorar el diagnòstic i la monitorització de la malaltia.	Destaca la importància dels quimioreceptors perifèrics com indicadors potencials en l'avaluació de riscos metabòlics.	No s'observa una millora significativa en comparació a la regressió logística, lo que determina que falten interaccions influents entre els analits avaluats en l'estudi	L'aprenentatge profund permet una avaluació de la resolució del líquid i millora de l'agudes visual en EMD, tenint implicacions en la gestió clínica i desenvolupament de noves estratègies terapèutiques

**Taula 3.c.** Estudis relacionats amb **Aplicacions futures de la IA en diabètics:**

Ref. estudi	Nayak A, et al., 2020 (39)	Joshi S, et al., 2023 (40)	Park SW, et al., 2020 (41)
Tipus estudi	Assaig clínic aleatoritzat multicèntric	Assaig clínic aleatoritzat obert multicèntric	Assaig clínic aleatoritzat controlat obert multicèntric
Objectiu	Avaluar l'eficàcia i acceptabilitat d'un sistema de IA basada en control per veu, per <b>millorar l'administració de la insulina basal i millorar el control glicèmic</b>	Examinar <b>l'eficàcia de la nutrició personalitzada mitjançant IA</b> en la millora de la malaltia hepàtica grassa associada a la disfunció metabòlica (MAFLD) en pacients amb diabetis tipus 2	Validar l'efectivitat d'una plataforma digital mèdica que utilitza una solució de gestió dietètica basada en IA i un sistema de <b>monitoreig glucosa continu en temps real per millorar el seguiment i maneig de pacients</b> amb diabetis tipus 2
Característica de l'estudi	Adults amb diabetis tipus 2 que requerien inici o ajust de tractament basal una vegada al dia. Inclosos de 4 clíniques d'atenció primària en un centre acadèmic de març 2021 a desembre 2022. Assignats aleatòriament: IA conversacional en front un grup control rebent el tractament habitual sense IA i es va fer un seguiment de 4 setmanes.	Adults amb diabetis tipus 2 es van reclutar de 4 centres de la Índia i es van aleatoritzar en 2 braços de tractament: un grup intervenció que va seguir plans d'alimentació personalitzats suggerits per IA, i un grup control que va rebre una atenció estàndard (visita mèdica rutinària, recomanacions nutricionals, etc), i es va fer un seguiment d'un any. La tecnologia aplicada, <i>Digital Twin Technology</i> (DT), s'utilitza per crear nutrició, activitat i son personalitzats.	Es compara l'ús de la plataforma digital en front a tractament convencionals dividit en 3 braços comparadors: grup A atenció diabètica de rutina, grup B plataforma digital sanitària i grup C plataforma digital sanitària amb monitorització continua de la glucosa i comentaris personal mèdic
Pacients	N= 32; 100% DM2; edat 55,1 anys; 59,4% dones	N=319; 100% DM2	N= 294; DM2 100%;
Conclusió	La IA basa en veu representa un maneig autònom de la insulina basal millorant l'administració de dosis òptima, adherència a la insulina, control glicèmic, temps, etc.	Aquest estudi demostra que les intervencions nutricionals personalitzades habilitades per DT poden ser més efectives en tractar MAFLD que les dietes recomanades actualment.	La plataforma mèdica digital integrada amb una solució dietètica impulsada per IA pot produir un impacte positiu en l'autocontrol de la diabetis

## 5. DISCUSSIÓ

### 5.1 Anàlisi descriptiu segons l'aplicació de la IA

A continuació s'analitzen els estudis en funció de la seva aplicació en la IA:

#### 1.- Aplicacions de la IA en la millora del control glicèmic

El control glicèmic segueix sent un repte en el tractament de pacients amb diabetis tipus 1 i 2, ja que encara moltes persones no aconsegueixen els seus objectius terapèutics. Degut a això, cada vegada hi ha més estudis amb l'objectiu de millorar el maneig de la glucosa en sang, i en conseqüència la qualitat de vida dels pacients amb diabetes. Actualment, la IA està agafant molt de protagonisme en aquest camp, gràcies a l'ús de mòbils intel·ligents, rellotges intel·ligents i desenvolupament de diferents models d'aprenentatge capaços de predir possibles riscos d'hipoglucèmies.

Tant l'estudi de **Jacobs PG, et al. 2023** (17) i **Reddy R, et al. 2019** (20), tenen l'objectiu de fer front al repte d'un millor control dels nivells de glucosa en la realització de l'exercici físic en pacients amb diabetis tipus 1. Pel que fa l'estudi de **Jacobs PG, et al. 2023** (17), compara l'ús de dos sistemes automatitzats d'administració d'insulina, gràcies a l'ús d'una App mòbil que s'executa en un mòbil intel·ligent, un monitor continu de glucosa, un rellotge intel·ligent i un repositori d'adquisició de dades. El telèfon rep tota aquesta informació de forma inalàmbrica (dades de glucosa, freqüència cardíaca, etc), permetent determinar la quantitat d'insulina que necessita el pacient, i sobretot durant la realització de l'exercici físic ja que existeix un risc elevat en patir hipoglucèmia. Pel que fa **Reddy R, et al. 2019** (20), es comparen dos models matemàtics predictius, però en aquest cas les dades es recullen de tres assajos clínics aleatoritzats on s'extreuen dades de freqüència cardíaca i nivells de glucosa a l'inici de l'exercici físic.

En l'estudi **Liu Y, et al. 2020** (19), també aporta evidències en el camp de l'exercici físic i el control glicèmic, però en aquest cas es tracten de pacients amb prediabetis. A més, l'algoritme d'aprenentatge automàtic desenvolupat, té com objectiu integrar diferents soques microbianes de referència per demostrar si la resposta a l'exercici físic és capaç de provocar canvis en la sensibilitat de la insulina i el metabolisme de la glucosa, i si a la vegada està relacionat amb alteracions de **la microbiota intestinal**.

L'autocontrol de la diabetis, inclòs el manteniment d'un estil de vida saludable, és essencial pel control de la glucèmia, assegurar un compliment terapèutic i prevenir les complicacions associades a la diabetis. En els estudis **Zhang P et al. 2022** (18), **Faruqui SHA et al. 2019** (21), **Pérez-Gandía G et al. 2018** (22), i **Mauseth R et al. 2015** (23), fan ús de dispositius mòbils per la previsió dels nivells de glucosa en sang pel maneig de l'estil de vida i el control de la diabetis.

En l'estudi **Faruqui SHA et al. 2019** (21), es recopilen una sèrie de dades (dieta, activitat física, pes, glucosa) pel desenvolupament d'un algoritme capaç de predir els nivells de glucosa del dia següent



a partir d'un glucòmetre per Bluetooth i una aplicació anomenada *Diabetes Connect* amb l'objectiu de millorar el tractament futur de pacients amb diabetis tipus 2. **Pérez-Gandía G et al. 2018** (22), a part de fer la predicció de glucosa de forma individual, els pacients són capaços de veure aquesta predicció i prendre decisions segons els valors esperats, avaluant l'impacte que té en la presa de decisions dels pacients i en el control glicèmic.

**Mauseth R et al. 2015** (23), es tracta en desenvolupar un sistema que sigui capaç de conduir a una millor dosificació d'insulina en pacients amb diabetis tipus 1. Es tracta d'estressar al sistema amb una alimentació rica en hidrats de carboni i grassa i exercici físic, i avaluar si el sistema anomenat *Dose Safety Artificial Pancreas* serien capaços d'aportar la dosificació adient al pacient.

L'estudi **Zhang P, et al. 2022** (18), està centrat en el desenvolupament d'un algoritme d'aprenentatge que és capaç de predir un **incompliment terapèutic o falta d'autogestió** en la diabetis tipus 1 i identificar els contextos, les experiències subjectives i els processos psicosocials que rodegen la presa de decisions en l'autogestió diària de la diabetis.

## 2.- Aplicacions de la IA per monitoritzar els pacients i reduir les complicacions

### 2.1 Support al diagnòstic de complicacions associades a la diabetis

La gran majoria dels estudis tenen l'objectiu de millorar les proves de diagnòstic i maneig de les complicacions associades a la diabetis, inclouen: la retinopatia, nefropatia, malaltia cardíaca i el edema macular diabètic. Encara que la diabetis és manejable, les seves complicacions poden acabar afectant greument la vida diària dels pacients, i algunes poden ser mortals si no es tracten immediatament. Com a resultat, és important fer-se proves de diagnòstic rutinàries per evitar que les complicacions acabin perjudicant la qualitat de vida del pacient.

#### Retinopatia diabètica

En l'estudi **Risa M Wolf et al. 2024** (24), l'objectiu principal és avaluar la taxa de finalització d'examen ocular en pacients diabètics en 6 mesos, ja que a l'aplicar la IA en el diagnòstic de la **retinopatia diabètica**, permet realitzar el propi diagnòstic en el lloc d'atenció i en temps real, ja sigui en atenció primària, endocrina o algun altre entorn ambulatori.

Tant **Ashiish Bora et al. 2023** (25), com **Eli Ipp et al. 2021** (26), són estudis que estan centrats en utilitzar la IA per la classificació de la retinopatia diabètica segons el risc de progressió, i aplicar-la en la prioritització de visita de pacients segons el risc de desenvolupar-la, mitjançant imatges del fons de l'ull en el model.

### Edema macular diabètic (EMD)

En la cerca realitzada, 3 resultats estan focalitzats en millorar el diagnòstic i pronòstic de l'edema macular diabètic, essent una de les complicacions més greus de la diabetis. Els estudis són: **Han X et al., 2022** (34), **Varadarajan AV et al. 2020** (36) i **Abdelmotaal H et al., 2022** (29).

En l'estudi **Abdelmotaal H et al., 2022** (29), desenvolupa una xarxa neuronal capaç de generar imatges clínicament útils recopilant la informació (estudi retrospectiu, n= 708) mitjançant les dues tècniques principals de diagnòstic de l'edema macular diabètic (OCT: tomografia coherència òptica i FA: angiografia amb fluorescència), que permeten a l'especialista de retina en la presa de decisions davant un pacient amb edema macular diabètic davant la falta de maquinària o situacions clíniques que impedeixen utilitzar qualsevol de les tècniques de imatge habituals. **Han X et al., 2022** (34), també aplica un algoritme de xarxa neuronal basat en aprenentatge profund però per avaluar el valor de la ressonància magnètica com a mètode de diagnòstic. L'estudi es basa a comparar la precisió diagnòstica (assaig clínic aleatoritzat) de les imatges de RMN processades per aquest algoritme en front a un grup de pacients monitoritzat rutinàriament mitjançant imatges de RMN, augmentant així la precisió i sensibilitat de l'edema macular diabètic. En tercer lloc, tenim l'estudi **Varadarajan AV et al. 2020** (36) (estudi retrospectiu, n= 4732), que té com objectiu generar un model d'aprenentatge capaç de predir casos d'edema macular a partir de imatges en 2D mitjançant la fotografia del fons de l'ull. La tècnica estàndard és realitzar imatges en 3D, ja que en 2D moltes vegades poden generar un gran nombre de falsos positius i negatius, aquí rau el gran repte d'aquest estudi.

### Nefropatia diabètica

Dos estudis tenen com objectiu avaluar l'efecte de les intervencions de infermeria en pacients amb malaltia renal o nefropatia diabètica, però utilitzant diferents tecnologies i metodologies. **Zhao C et al., 2022** (35). es centra en avaluar imatges d'ultrasò basades en algoritmes intel·ligents per avaluar l'efecte de l'esquema integral de infermeria en pacients amb malaltia renal diabètica, ja que la infermeria té un paper molt important en controlar el procés de la malaltia, realitzant infermeria psicològica, educació sanitària, intervenció sobre el comportament del pacient i infermeria dietètica, entre d'altres. S'utilitza tecnologia de imatges d'ultrasò que han sigut millorades amb algoritmes intel·ligents, per poder analitzar les possibles canvis en els ronyons abans i després de la implementació, permetent analitzar de manera ràpida i precisa les imatges. Pel que fa, **Du Q et al., 2022** (31), avaluar l'efecte d'una intervenció de infermeria domiciliarà basada en el cicle *Planificar-Hacer- Verificar-Actuar (PDCA)* utilitzant imatges de ressonància magnètica funcional juntament amb un algoritme de IA, i així, proporcionant intervencions més efectives i personalitzades pels pacients.

## 2.2 Predicció patologies i la seva progressió

Altres estudis estan focalitzats en la **predicció de les diferents patologies associades a la diabetis i de la seva progressió**, com és **Lages M et al. 2021 (37)**, **Wang Y et al., 2023 (27)**, **Varga TV et al., 2021 (38)** i **Basu S. et al, 2018 (32)**.

### Diabetis mellitus

En l'estudi **Lages M et al. 2021 (37)**, l'objectiu és investigar si la sobre activació dels quimiorceptor perifèrics, que són sensibles a canvis en la composició química de la sang, poden predir el desenvolupament per de malalties metabòliques com és l'obesitat i la diabetis. Aquests receptors estan involucrats d'alguna manera en la gènesis i la progressió de la diabetis tipus 2, és per això, que es realitzen mesures fisiològiques (saturació oxigen, freqüència cardíaca, nivells glucosa en sang...) a partir d'un dispositiu i avaluar com aquests paràmetres estan relacionats amb la funció dels quimiorceptors i el desenvolupament de la diabetis, i si aquests resultats poden ser predictius de les malalties. Tot i que representa evidència en la predicció de malalties metabòliques, també és útil en el diagnòstic i tractament. Per d'altra banda, l'estudi **Varga TV et al., 2021 (38)**, també té com objectiu analitzar i predir la diabetis tipus 2, però en aquest cas es recullen mesures lipídiques (colesterol i triglicèrids), glucosa en sang, index de massa corporal, edat i sexe, i amb l'ús de IA és capaç de identificar patrons i relacions amb el desenvolupament de la diabetis tipus 2.

### Cardiovascular i insuficiència cardíaca

Ens trobem dos estudis que estan enfocats en l'aprenentatge automàtic per analitzar dades relacionats amb el risc de malalties cardiovasculars en pacients amb prediabetis o diabetis tipus 2. En el primer estudi, **Wang Y et al., 2023 (27)**, s'enfoca en un model de predicció per la insuficiència cardíaca que utilitza varius factors de risc i característiques clíniques, el segon **Basu S. et al, 2018 (32)**, analitza les característiques associades amb el risc de mortalitat entre els pacients amb diabetis tipus 2 i alt risc cardiovascular que reben tractament glucèmic. Hi ha un tercer estudi, **Kianmehr H et al., 2022 (30)**, l'objectiu és identificar factors i característiques, com són les característiques clíniques i de tractament, mitjançant l'aplicació de IA que puguin modular la prevenció de l'hospitalització per insuficiència cardíaca en pacients amb DM2.

### Edema macular diabètic

En l'estudi **Gerendas BS et al., 2017 (33)**, es centra en l'anàlisi computacional de imatges de retina per determinar el pronòstic, és a dir, la progressió de la malaltia i la resposta al tractament. Els investigadors, busquen identificar biomarcadors específics en les imatges que puguin predir la progressió de la malaltia i ajudar en la presa de decisions clíniques. L'objectiu de l'estudi és millorar

la precisió en l'avaluació del pronòstic del EMD, lo que podria tenir una atenció més personalitzada i efectiva per aquest tipus de pacients.

### 2.3 Condicions mèdiques i de tractament

Dos estudis utilitzen anàlisis posteriors d'assajos clínics aleatoritzats per investigar aspectes específics de les condicions mèdiques i de tractament però en diferents àrees de la medicina.

**Roberts PK et al., 2020** (39), avalua l'eficàcia del tractament pel EMD en termes de resolució del líquid i millora de l'agudesia visual mitjançant tècniques d'aprenentatge profund en imatges mèdiques, aportant dades sobre resposta al tractament en pacients amb EMD. **Oikonomou EK et al., 2022** (28), utilitza anàlisis computacionals i tècniques d'aprenentatge automàtic per investigar la personalització del tractament de la hipertensió, el que podria tenir importants implicacions per la pràctica clínica al permetre una atenció més individualitzada i precisa per pacients amb hipertensió.

### 3.- Aplicacions futures de la IA en diabètics

Tot i les nombroses aplicacions d'atenció mèdica per telèfons intel·ligents en el control de la diabetis, els pacients sovint no utilitzen les aplicacions de manera constant per diverses limitacions com la d'ingressar informació diatètica o nivells de glucosa en els dispositius mòbils. És per això que dintre de les aplicacions futures de la IA, s'han englobat diferents eines de salut digital que es basen en un control a temps real de la diabetis a partir d'aplicacions mòbils o de monitorització remota, però amb el suport dels professionals de salut per assegurar un compliment terapèutic i nutricional.

En l'estudi **Nayak et al. 2023** (40), es desenvolupa un software de IA de veu personalitzat amb l'ús d'Alexa, en que totes les comunicacions amb el pacient s'establien a partir de conversacions de veu a través de l'altaveu amb l'objectiu de l'administració de insulina basal a casa. El pacient informava de les seves dades clíniques com l'ús recent de la insulina i els valors de glucosa en sang; i l'altaveu era capaç de transmetre les instruccions actualitzades sobre la dosificació d'insulina en funció de les dades. Totes les dades recopilades estaven disponibles en temps real en el portal específic de metges i per l'equip d'investigació.

**Joshi et al. 2023** (41), es basa en aplicar la IA en suggerir plans d'alimentació personalitzats, així com d'activitat física i son, juntament amb el suport de nutricionistes que treballaven com assessors de salut per telèfon a temps real per ajudar a la implementació de recomanacions personalitzades, amb l'objectiu de millorar el control glicèmic.

**Park SW et al. 2020**, (42) utilitza una plataforma mèdica digital integrada (AutoChek Care) utilitzant una gestió dietètica, monitorització continua de la glucosa i interaccionant amb el personal mèdic i nutricionistes per fomentar el seguiment del programa i aportar recomanacions. La plataforma

diferents dispositius via Bluetooth per recopilar dades de: nivells de glucosa, pes i massa corporal, pressió arterial, número passos, Kcal cremades, etc. Totes les dades passen automàticament a la plataforma i els metges poden accedir a la informació per analitzar les dades.

## 5.2 Anàlisis descriptiu del tipus de IA

La IA s'està aplicant en l'àrea de la diabetis, tant per millorar el maneig com el seu tractament i l'ajust de nivells de glucosa en sang. A continuació, es presenten alguns tipus de IA i les seves aplicacions específiques:

### 1) Aprenentatge automàtic (*Machine Learning*):

**Classificació i detecció:** Models d'aprenentatge automàtic s'utilitzen per identificar patrons en dades de salut, correlacionar-ho amb el risc de desenvolupar insuficiència cardíaca i fer prediccions de resultats. En el context de l'estudi **Basu S, et al., 2018** (32), s'observa i es quantifica el possible efecte perjudicial de la pressió arterial diastòlica baixa juntament amb una intervenció intensiva de glucosa en sang i el risc de insuficiència cardíaca en el tractament de la diabetis tipus 2.

**Predicció de complicacions:** La capacitat de predicció de risc de desenvolupar complicacions associades a la diabetis, és essencial per prevenir la seva progressió i/o facilitar la detecció de manera més precoç. S'aplica *Machine Learning* per identificar grups de pacients que tinguin un major risc de desenvolupar complicacions associades a la diabetis com és la retinopatia, nefropatia diabètica, EMD o insuficiència cardíaca en l'estudi **Wang Y, et al. 2023** (27).

### 2) Xarxes neuronals profundes (*Deep Learning*):

**Anàlisis de imatges mèdiques:** Xarxes neuronals convolucionals (CNN), són utilitzades en diversos estudis com **Han X, et al 2022** (34), **Gerendas BS et al. 2017** (33) i **Abdelmotaal H et al., 2022** (29), ja que tenen la capacitat d'analitzar imatges de retina, classificar les imatges en diferents categories de risc de retinopatia segons la presència i gravetat d'anomalies detectades, donant lloc a un diagnòstic d'alta precisió. Inclou l'ús de tomografia de coherència òptica (OCT) i imatges del fons de l'ull. I alguns estudis, com **Wolf RM et al. 2024** (24) i **Ipp E, et al. 2021** (26), a més són capaços de recollir aquesta informació i programar cites prioritàries en aquells pacients que necessitin un tractament més urgent, permetent un bon maneig en la clínica oftalmològica i millorar l'assignació de recursos.

**Sistemes de Pàncrees Artificial:** En l'estudi **Mauseth R et al.** (23), s'apliquen xarxes neuronals recurrents (RNN) que es basa en un sistema capaç de calcular i administrar la insulina adequada amb la finalitat de conduir a una millor dosificació de insulina en pacients amb diabetis tipus 1.

### 3) Algoritmes de classificació i regressió:

**Predicció de nivells de glucosa:** Algoritmes de regressió com la regressió lineal i logística, s'apliquen per predir nivells futurs de glucosa en sang utilitzant dades de salut i clíniques, com la ingesta d'aliments i l'activitat física. S'han desenvolupat diferents sistemes, identificats en estudis com **Reddy R, et al., 2019** (20) i **Faruqui SHA, et al., 2019** (21), que a partir de dispositius intel·ligents (mòbil, rellotge i monitors de glucosa connectats via Bluetooth) es fa un registre de la dieta, activitat física, pes i glucosa, permetent una predicció precisa dels nivells de glucosa en sang.

**Classificació de pacients:** Aquest algoritme permet classificar als pacients en diferents grups segons el risc de complicacions o resposta a diferents tractaments. Un dels estudis, **Basu, et al., 2018** (32), és capaç de classificar els pacients amb característiques clíniques i demogràfiques específiques per identificar els pacients amb diabetis tipus 2 que tenen un major risc cardiovascular.

### 4) Procesament del llenguaje natural (NLP):

**Anàlisis de registres mèdics:** aquest tipus de tècniques s'utilitzen en nombrosos estudis per extreure la informació rellevant en registres mèdics electrònics i notes clíniques, per poder identificar patrons dins de la diabetis.

**Assistents virtuals:** Eines que permeten millorar l'adherència al tractament, poden aportar recordatoris i/o millorar el seguiment de la malaltia. No deixa de ser, un suport personalitzat pels pacients, que els hi permet respondre preguntes i aportant recomanacions personalitzades. Un dels exemples, és la IA basada en veu, aplicada en l'estudi **Nayak, et al. 2023** (40), permetent als pacients un maneig autònom de la insulina basal millorant l'administració de dosis òptima, adherència a la insulina i un millor control glicèmic. També l'ús d'una plataforma mèdica digital integrada en el cas de **Park SW. et al, 2020** (42), que utilitza una solució de gestió dietètica basa en IA i un sistema capaç de monitoritzar la glucosa en continu, permet un millor seguiment i autocontrol de la diabetis.

### 5) Digital Twin-Enabled:

**Gestió personalitzada de la diabetis:** la tecnologia Digital Twin-Enabled, és un sistema de recomanació amb la capacitat de suggerir plans d'alimentació personalitzats, així com activitat física

i son, amb l'objectiu de millorar el maneig de la diabetis com pot ser reduir la resposta glucèmica postprandial. En l'estudi **Joshi S, et al. 2023** (41), es demostra que l'ús de IA és capaç d'aportar intervencions nutricionals personalitzades més efectives en comparació a les dietes recomanades actualment.

## **6) Models Predictius:**

**Prevenió de hipoglucèmies i hiperglucèmies:** En l'estudi **Pérez-Gandía C, et al., 2018** (22), es desenvolupa un sistema de suport en la decisió basat en la predicció de la glucosa per ajudar als pacients amb diabetis amb un entorn mòbil. Els pacients són capaços de veure la predicció de la resposta glucèmia i prendre decisions segons els valors. Per tant, aquest tipus de models predictius, alerten tant a metges com a pacients de fluctuacions dels nivells de glucosa, permetent una actuació a temps.

**Optimització de dosis de insulina:** Desenvolupament d'algoritmes, com en l'estudi **Jacobs PG, et al., 2023** (17), amb la finalitat d'optimitzar l'administració de insulina de manera personalitzada i precisa per cada pacients, basant-se en múltiples variables com és la glucosa, consum hidrats de carboni i activitat física. S'han desenvolupat sistemes de dosificació automatitzada de insulina, que utilitzant dades clíniques a temps reals proporcionades per dispositius intel·ligents, són capaços d'ajustar la dosis adequada del pacient.

## 6. CONCLUSIÓ

- La **intel·ligència artificial (IA)** ha revolucionat el camp de la diabetis aportant **millores de manera personalitzada en el diagnòstic, tractament i gestió de la malaltia**. En la cerca realitzada en la base de dades MEDLINE s'han trobat un total de 32 articles referenciant assajos clínics d'aplicacions de la IA en diabètics, dels quals s'han seleccionat 26 que mostren aplicacions pel control glicèmic i monitorització dels pacients, millorant en definitiva la qualitat e vida dels pacients diabètics.
- Estudis prometedors demostren que l'aplicació de la IA en el **control glicèmic** és capaç de fer prediccions dels nivells de glucosa en sang en dispositius mòbils durant l'exercici, tenint en compte factors del que fa esport com ara dieta, activitat física, pes o inclús la microbiota o factors psicosocials. Alguns dels dispositius avaluats per predir la resposta glucèmica son *Diabetes Connect* (DM2) o *Dose Safety Artificial Pancrees* (DM1), permetent als pacients prendre decisions informades i proactives sobre el seu tractament i estil de vida, reduint el risc de patir hipo o hiperglucèmies i/o desenvolupament de complicacions associades a la mateixa.
- La IA ha demostrat la seva capacitat de **millorar el diagnòstic o predicció de complicacions associades a la diabetes**. Concretament de retinopatia diabètica, del edema macular diabètic, la nefropatia diabètica, malalties cardiovasculars o la hipertensió. En alguns casos, agafant dades de saturació d'oxigen, freqüència cardíaca, glucemia o be de colesterol i triglicèrids, IMC, edat o sexe, la IA és capaç d'identificar el grups de pacients en major risc de desenvolupar la malaltia. Això permet programar visites anticipades per aquests pacients i un tractament i diagnòstic precoç de complicacions associades a la diabetis. En el cas de la hipertensió, per un sistema d'aprenentatge automàtic, es pot personalitzar el tractament.
- Les aplicacions futures de la IA prometen revolucionar la gestió de les malalties com la diabetis, mitjançant sistemes conversacionals pel maneig de glucosa, la implementació de la nutrició personalitzada amb *digital twins*, sistemes de pàncrees artificial i el desenvolupament de plataformes mèdiques integrals per millorar el diagnòstic i tractament. En definitiva, s'espera que tot el ventall de sistemes de IA que s'estan desenvolupant, potenciïn l'atenció mèdica i millorin la qualitat de vida dels pacients.



## 7. APLICABILITAT I UTILITAT DELS RESULTATS

La IA en la diabetis té un alt potencial en el maneig de la diabetis, diagnòstic i tractament, i a mesura que la tecnologia avança, s'espera que aquestes aplicacions estiguin més integrades en la pràctica clínica diària, oferint beneficis als pacients i professionals sanitaris, però també optimitzant els recursos i reduint el costos.

En primer lloc, la IA permet realitzar **diagnòstics de manera precoç i de manera més precisa** de la diabetis, gràcies a la capacitat de models d'aprenentatge en analitzar una elevada quantitat de dades mèdiques i identificar patrons, augmentant la precisió i reduint la possibilitat d'errors humans.

També cal considerar que la IA té un paper molt important en la **predicció i prevenció de les complicacions associades a la diabetis**. Això pot resultar de gran utilitat als professionals de salut, ja que poden prendre mesures preventives i proactives abans d'arribar a desenvolupar complicacions, i millorar els resultats clínics dels pacients, així com el seu pronòstic.

Un altre benefici significatiu de la IA és el **maneig del control glicèmic**, que es basen en integrar sistemes de monitorització de glucosa oferint recomanacions personalitzades en funció de les dades de salut registrades, millorant el maneig de la diabetis com pot ser la resposta glucèmica postprandial.

En l'àmbit d'aplicacions futures, trobem **sistemes conversacionals o per veu**, essent d'elevada utilitat en el seguiment de la diabetis, oferint consells, millorant l'adherència terapèutica del pacient gràcies a recordatoris de medicació i consultant-li preguntes sobre la gestió diària de la diabetis. També altres eines de salut digital que permeten un control a temps real dels pacients diabètics amb aplicacions mòbils o monitorització remota, i amb el suport de professionals sanitaris amb un seguiment individualitzat del pacient.

En resum, l'aplicació de la IA en la nostre vida diària i en la pràctica clínica, resulta de gran utilitat en el maneig de la diabetis i resta de patologies, optimitzant els recursos sanitaris, reduint costos de gestió, identificant els pacients que necessiten una atenció urgent, reduint hospitalitzacions i complicacions, per tant, millorant l'eficiència del sistema de salut a llarg termini. I a més, totes aquestes aplicacions no només milloren els resultats clínics, sinó que també la qualitat de vida dels pacients.

## 8. PLA DE DIFUSIÓ

El pla de difusió sobre els resultats dels estudis analitzats, és crucial per poder donar a conèixer l'elevada aplicabilitat que té la IA en l'àrea de la diabetis.

Un dels punts clau, seria **publicar els resultats de la revisió bibliogràfica en revistes científiques** que tinguin un alt impacte relacionades amb la diabetis i la IA com poden ser *Diabetes Care* i *Artificial Intelligence in Medicine*, respectivament. També a nivell acadèmic, seria interessant poder col·laborar en diferents conferències i congressos rellevants en l'àmbit, amb l'objectiu de presentar els resultats extrets.

A nivell digital i de comunicació, es podrien fer **comunicats de premsa** en mitjans de comunicació especialitzats en salut i tecnologia, com pot ser *Medscape*, per difondre els resultats al *target* que ens interessa. Les xarxes socials també és un bon mitjà per traslladar tota la informació rellevant de la nostra revisió bibliogràfica, com pot ser LinkedIn, Twitter, ja sigui l'article en format resumit o fins i tot un vídeo curt sobre els resultats de la revisió, on els professionals de la salut puguin llegir i comentar els resultats. La realització de *webinars*, és una altre estratègia que ens permetrà una interacció directa amb professionals i resolució de dubtes en temps real.

Realitzar **accions d'educació i formació** és un pilar fonamental, i pot incloure l'organització de tallers i cursos a professionals sanitaris i estudiants per explicar les aplicacions que té la IA en el maneig de la diabetis i com es podria integrar en la pràctica clínica diària per optimitzar els nostres recursos. Complementar aquestes formacions amb la repartició de **materials educatius** com fulletons, díptics i presentacions, per traslladar de manera concisa l'ús de la IA en l'àrea en qüestió.

**Col·laborar amb associacions de la diabetis** com ADE (Associació de Diabetis Espanyola), permetrà difondre els resultats en els seus membres i a través dels seus mitjans i plataformes per arribar al major nombre de professionals. També els **hospitals i clíniques** tenen una elevada importància, ja que poden ser claus per poder incorporar l'ús de la IA en els protocols de cada hospital i fer realitat el seu ús en la pràctica clínica diària.

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. Diabetis Endocrinologia [Internet]. [citat 29 gener 2024]. Disponible a: [https://www.corachan.com/ca/diabetis\\_24179](https://www.corachan.com/ca/diabetis_24179)
2. Simó R, Hernández C. Tratamiento de la diabetes mellitus: objetivos generales y manejo en la práctica clínica. Revista Española de Cardiología, Vol 55. Núm 8 (2022), pp. 845-860 [citat 29 gener 2024]. Disponible a: <https://www.revespcardiol.org/es-tratamiento-diabetes-mellitus-objetivos-generales-articulo-13035236>
3. World Health Organization. Diabetes [Internet]. WHO; 2023 [citat 31 maig 2024]. Disponible a: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>
4. España es el segundo país con mayor prevalencia de diabetes de Europa, Sociedad Española de Diabetes SED [Internet]. [citat 29 gener 2024]. Disponible a: <https://www.sediabetes.org/comunicacion/sala-de-prensa/espana-es-el-segundo-pais-con-mayor-prevalencia-de-diabetes-de-europa/>
5. Diabetes- Sociedad Española de Medicina Interna, SEMI [Internet]. [citat 29 gener 2024]. Disponible a: <https://www.fesemi.org/sites/default/files/documentos/publicaciones/informacion-diabetes.pdf>
6. Cladera A, Sancho S, Vidal C. Guia d'educació diabetològica, Atenció Primària Mallorca [Internet]. [citat 29 gener 2024]. Disponible a: <https://www.ibsalut.es/apmallorca/attachments/article/1010/guia-educacio-diabetologica-ca.pdf>
7. Departament de Salut, Generalitat de Catalunya. Tractaments per a la diabetis mellitus tipus 2 [Internet]. Generalitat de Catalunya; 2023 [citada 2024 Jun 1]. Disponible a: <https://medicaments.gencat.cat/ca/ciutadania/tractaments/diabetis-mellitus-tipus-2/>
8. 2021, centenari del descobriment de la insulina. Hospital Sant Joan de Déu [Internet]. [citat 29 gener 2024]. Disponible a: <https://diabetes.sjdhospitalbarcelona.org/ca/diabetes-tipo-1/actualidad/2021-centenari-descobrimient-insulina>

9. Actualización de insulinas, Osakidetza [Internet]. [citat 29 gener 2024]. [https://www.osakidetza.euskadi.eus/contenidos/informacion/cevime\\_infac\\_2017/es\\_def/adjuntos/INFAC-Vol-25-n%205\\_actualizacion\\_de-insulinas.pdf](https://www.osakidetza.euskadi.eus/contenidos/informacion/cevime_infac_2017/es_def/adjuntos/INFAC-Vol-25-n%205_actualizacion_de-insulinas.pdf)
10. Aquilino Samanes Prat. ¿Qué es la glucémica postprandial? [Internet]. [citat 29 gener 2024]. <https://www.preving.com/glucemia-postprandial/>
11. Hipoglucemia e hiperglucemia. Abbott [Internet]. [citat 29 gener 2024]. [https://www.freestyle.abbott/es-es/midiabetes/hipoglucemia\\_hiperglucemia.html](https://www.freestyle.abbott/es-es/midiabetes/hipoglucemia_hiperglucemia.html)
12. Edurne Lecumberri. La importancia de la hiperglucemia postprandial. Encuesta de evaluación de la situación de España. [Internet]. [citat 29 gener 2024]. <https://www.fundaciondiabetes.org/general/articulo/217/la-importancia-de-la-hiperglucemia-postprandial--encuesta-de-evaluacion-de-la-situacion-en-espana>
13. Takahashi H, Nomura Y, Nishida Y, et al. Recent advances in artificial intelligence-based diagnosis and management of diabetes. Hypertens Res [Internet]. 2023 [citat 31 maig 2024];46(3):499-507. Disponible a: <https://www.nature.com/articles/s41440-023-01317-8>
14. Suwito WW, Abdillah B, Puspita L, et al. Artificial intelligence for diabetes prediction: A systematic review. Bioeng Transl Med [Internet]. 2023 [citat 31 maig 2024];8(2). Disponible a: <https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/btm2.10536>
15. Sociedad Española de Diabetes. España es el segundo país con mayor prevalencia de diabetes de Europa [Internet]. SED; 2023 [citat 31 maig 2024]. Disponible a: <https://www.sediabetes.org/comunicacion/sala-de-prensa/espana-es-el-segundo-pais-con-mayor-prevalencia-de-diabetes-de-europa/>
16. David Zeevi et al. Personalized Nutrition by prediction of Glycemic Responses. Cell. 2015; 163: 1079-1094. [citat 29 gener 2024]. Disponible a: [https://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674\(15\)01481-6?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0092867415014816%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674(15)01481-6?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0092867415014816%3Fshowall%3Dtrue)

17. Jacobs PG, et al., Integrating metabolic expenditure information from wearable fitness sensors into an AI-augmented automated insulin delivery system: a randomised clinical trial. *Lancet Digit Health*. 2023 Sep;5(9):e607-e617.
18. Zhang P, et al., Using Momentary Assessment and Machine Learning to Identify Barriers to Self-management in Type 1 Diabetes: Observational Study. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2022 Mar 3;10(3):e21959.
19. Liu Y, et al., Gut Microbiome Fermentation Determines the Efficacy of Exercise for Diabetes Prevention. *Cell Metab*. 2020 Jan 7;31(1):77-91.e5.
20. Reddy R, et al., Prediction of Hypoglycemia During Aerobic Exercise in Adults With Type 1 Diabetes. *J Diabetes Sci Technol*. 2019 Sep;13(5):919-927.
21. Faruqi SHA, et al., Development of a Deep Learning Model for Dynamic Forecasting of Blood Glucose Level for Type 2 Diabetes Mellitus: Secondary Analysis of a Randomized Controlled Trial. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2019 Nov 1;7(11):e14452.
22. Pérez-Gandía C, et al., Decision Support in Diabetes Care: The Challenge of Supporting Patients in Their Daily Living Using a Mobile Glucose Predictor. *J Diabetes Sci Technol*. 2018 Mar;12(2):243-250.
23. Mauseth R, et al., Stress Testing of an Artificial Pancreas System With Pizza and Exercise Leads to Improvements in the System's Fuzzy Logic Controller. *J Diabetes Sci Technol*. 2015 Sep 14;9(6):1253-9.
24. Wolf RM, et al., Autonomous artificial intelligence increases screening and follow-up for diabetic retinopathy in youth: the ACCESS randomized control trial. *Nat Commun*. 2024 Jan 11;15(1):421.
25. Bora A, et al., Risk Stratification for Diabetic Retinopathy Screening Order Using Deep Learning: A Multicenter Prospective Study. *Transl Vis Sci Technol*. 2023 Dec 1;12(12):11.
26. Ipp E, et al., EyeArt Study Group. Pivotal Evaluation of an Artificial Intelligence System for Autonomous Detection of Referrable and Vision-Threatening Diabetic Retinopathy. *JAMA Netw Open*. 2021 Nov 1;4(11):e2134254.

27. Wang Y, et al., Development and validation of a prediction model based on machine learning algorithms for predicting the risk of heart failure in middle-aged and older US people with prediabetes or diabetes. *Clin Cardiol.* 2023 Oct;46(10):1234-1243.
28. Oikonomou EK, et al., Individualising intensive systolic blood pressure reduction in hypertension using computational trial phenomaps and machine learning: a post-hoc analysis of randomised clinical trials. *Lancet Digit Health.* 2022 Nov;4(11):e796-e805.
29. Abdelmotaal H, et al., Bridging the resources gap: deep learning for fluorescein angiography and optical coherence tomography macular thickness map image translation. *BMC Ophthalmol.* 2022 Sep 1;22(1):355.
30. Kianmehr H, et al., A machine learning approach identifies modulators of heart failure hospitalization prevention among patients with type 2 diabetes: A revisit to the ACCORD trial. *J Diabetes Complications.* 2022 Sep;36(9):108287.
31. Du Q, et al., Evaluation of Functional Magnetic Resonance Imaging under Artificial Intelligence Algorithm on Plan-Do-Check-Action Home Nursing for Patients with Diabetic Nephropathy. *Contrast Media Mol Imaging.* 2022 Mar 25;2022:9882532.
32. Basu S, et al., Characteristics Associated With Decreased or Increased Mortality Risk From Glycemic Therapy Among Patients With Type 2 Diabetes and High Cardiovascular Risk: Machine Learning Analysis of the ACCORD Trial. *Diabetes Care.* 2018 Mar;41(3):604-612. doi: 10.2337/dc17-2252. Epub 2017 Dec 26.
33. Gerendas BS, et al., Computational image analysis for prognosis determination in DME. *Vision Res.* 2017 Oct;139:204-210.
34. Han X, et al., Deep Learning Algorithm-Based MRI Image in the Diagnosis of Diabetic Macular Edema. *Contrast Media Mol Imaging.* 2022 Mar 4;2022:1035619.
35. Zhao C, et al., Intelligent Algorithm-Based Ultrasound Image for Evaluating the Effect of Comprehensive Nursing Scheme on Patients with Diabetic Kidney Disease. *Comput Math Methods Med.* 2022 Mar 10;2022:6440138.

36. Varadarajan AV, et al., Predicting optical coherence tomography-derived diabetic macular edema grades from fundus photographs using deep learning. *Nat Commun.* 2020 Jan 8;11(1):130.
37. Lages M, et al., CBmeter study: protocol for assessing the predictive value of peripheral chemoreceptor overactivation for metabolic diseases. *BMJ Open.* 2021 Aug 26;11(8):e042825.
38. Varga TV, et al.; Diabetes Prevention Program Research Group. Predictive utilities of lipid traits, lipoprotein subfractions and other risk factors for incident diabetes: a machine learning approach in the Diabetes Prevention Program. *BMJ Open Diabetes Res Care.* 2021 Mar;9(1):e001953.
39. Roberts PK, et al. Quantification of Fluid Resolution and Visual Acuity Gain in Patients With Diabetic Macular Edema Using Deep Learning: A Post Hoc Analysis of a Randomized Clinical Trial. *JAMA Ophthalmol.* 2020 Sep 1;138(9):945-953.
40. Nayak A, et al., Use of Voice-Based Conversational Artificial Intelligence for Basal Insulin Prescription Management Among Patients With Type 2 Diabetes: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Netw Open.* 2023 Dec 1;6(12):e2340232.
41. Joshi S, et al., Digital Twin-Enabled Personalized Nutrition Improves Metabolic Dysfunction-Associated Fatty Liver Disease in Type 2 Diabetes: Results of a 1-Year Randomized Controlled Study. *Endocr Pract.* 2023 Dec;29(12):960-970.
42. Park SW, et al., Validation of the effectiveness of a digital integrated healthcare platform utilizing an AI-based dietary management solution and a real-time continuous glucose monitoring system for diabetes management: a randomized controlled trial. *BMC Med Inform Decis Mak.* 2020 Jul 10;20(1):156.