

---

# Inteligencia Artificial para la prescripción de Rehabilitación Musculoesquelética

Modalidad **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

*Trabajo Final de Máster*  
*Máster Universitario en Salud Digital*

Autor/a: Liubov Adrover Kirienko  
Tutor/a del TFM: Hilda María Rodrigues Moleda Constant

---

Primer semestre 2022



Esta obra está bajo una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.es>)

# Índice

Resumen	4
Abstract	4
1. Introducción	6
2. Objetivos	9
3. Metodología	10
4. Resultados	15
5. Discusión	21
6. Aplicabilidad y nuevas líneas de investigación	25
7. Conclusiones	28
Bibliografía	29

## Resumen

**Introducción:** Los trastornos musculoesqueléticos son muy frecuentes y generan un impacto en la persona y el sistema sanitario. El tratamiento no quirúrgico consiste en la educación sanitaria y el ejercicio. Los Servicios de Rehabilitación sufren saturación y largas listas de espera, por lo que es necesario capacitar Atención Primaria para ayudar a mejorar la salud musculoesquelética de la población. El objetivo de esta revisión es explorar la aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) en rehabilitación musculoesquelética y determinar su impacto en el paciente y los recursos sanitarios.

**Metodología:** Revisión Sistemática de artículos de investigación publicados entre 2012 y 2022. Búsqueda bibliográfica en las bases de datos Pubmed, Scopus, Cochrane, Science Direct y Pedro.

**Resultados:** Revisión de 8 artículos. La IA ha mejorado el dolor en 4 de 5 estudios. La funcionalidad y la calidad de vida mejoraron significativamente en 1 de 4 estudios. La autogestión ha mejorado en 1 estudio. La educación motiva a realizar ejercicio según 1 estudio. La IA puede ser útil para instruir ejercicios según 1 estudio. La adherencia al programa de ejercicio promovió el ejercicio en 5 de 7 estudios. La IA reduce el consumo de terapias pero no reduce las visitas médicas según 2 estudios. Se desconoce el impacto a largo plazo.

**Conclusión:** La IA puede mejorar la sintomatología y fomentar el ejercicio físico. No hay suficiente evidencia para recomendarla para mejorar la funcionalidad, la calidad de vida o el autocuidado. El impacto sobre el consumo de recursos ha sido poco estudiado y se necesita mayor investigación.

### **Palabras clave**

Inteligencia artificial, Rehabilitación, Fisioterapia, Musculoesquelético/a, Artrosis

## Abstract

**Introduction:** Musculoskeletal disorders are very common and have an impact on the person and the health system. Non-surgical treatment consists of health education and exercise. Rehabilitation Services suffer from saturation and long waiting lists, so it is necessary to train Primary Care to help improve the musculoskeletal health of the population. The objective of this review is to explore the application of Artificial Intelligence (AI) in musculoskeletal rehabilitation and determine its impact on the patient and healthcare resources.

**Methodology:** Systematic review of research articles published between 2012 and 2022. Bibliographic search in Pubmed, Scopus, Cochrane, Science Direct and Pedro databases.

**Results:** Review of 8 articles. AI has improved pain in 4 of 5 studies. Functionality and quality of life were significantly improved in 1 of 4 studies. Self-management has improved in 1 study. Education motivates exercise according to 1 study. AI can be useful

for instructing exercises according to 1 study. Adherence to the exercise program promoted exercise in 5 of 7 studies. AI reduces the consumption of therapies but does not reduce medical visits according to 2 studies. The long-term impact is unknown.

**Conclusion:** AI can improve symptoms and encourage physical exercise. There is not enough evidence to recommend it to improve functionality, quality of life, or self-care. The impact on resource consumption has been little studied and more research is needed.

***Key words***

Artificial Intelligence, Rehabilitation, Physical Therapy, Musculoskeletal, Osteoarthritis

## 1. Introducción

El envejecimiento de la población origina trastornos como la artrosis (degeneración articular) o la tendinosis (degeneración de tendones musculares) debido al desgaste del sistema musculoesquelético. Estas condiciones generan dolor, limitación funcional y discapacidad en las personas que las sufren. Dato de ello es que el 40% de los pacientes que acuden a Atención Primaria padece dolor crónico<sup>1</sup>, el cual, tiene una prevalencia en la población española adulta del 15-25% incrementándose hasta un 50% en los mayores de 65 años. Además, más de 10 millones de españoles consultan anualmente al médico por algún problema musculoesquelético<sup>2</sup>, siendo la prevalencia de la artrosis del 29,35% en la población general.<sup>3</sup>

El impacto económico de la patología musculoesquelética degenerativa es importante. Los gastos derivados de la artrosis de cadera y de rodilla rondan los 1400-1603 €/persona, con un coste total de 4738 millones de euros (equivalente al 0,5% del PIB nacional según datos del 2007). Los costes directos de la artrosis (86%) derivan de gastos médicos (47%) como el tiempo del especialista (22%), los ingresos hospitalarios (13%), las pruebas de imagen y de laboratorio (7%) y los fármacos (5%); y de gastos no médicos (39%) como las ayudas externas en domicilio (29%), las ayudas técnicas (9%) y el transporte (1%). Por otro lado, los costes indirectos (14%) derivan de las pérdidas por incapacidad laboral y discapacidad.<sup>4</sup> La tasa de discapacidad relacionada con la artrosis o artritis por 1000 habitantes es del 41,07% en España y del 30,14% en Cataluña<sup>5</sup>. Por último, la tasa de inactividad laboral en población con patología musculoesquelética en extremidades y en columna es del 26,7 - 31,5% en personas sin discapacidad y del 66,2 - 74,4% en personas con discapacidad.<sup>6</sup> Abaratar estos costes sería posible con el diagnóstico y tratamiento precoz de los problemas musculoesqueléticos degenerativos y con una buena estrategia de prevención basada en la educación en hábitos saludables, buenas prácticas posturales y ejercicio regular.

En lo que respecta al tratamiento conservador de la patología musculoesquelética degenerativa como la artrosis, se ha demostrado con evidencia sólida y tamaño de efecto relevante, que el ejercicio es eficaz para mejorar tanto el dolor como la función. La mejoría sintomática puede obtenerse con una gran variedad de programas de rehabilitación, sin haberse podido demostrar la superioridad clara de ninguna de las distintas modalidades de ejercicio (potenciación, estiramientos o funcionales), y obteniendo beneficios similares tanto en programas de alta intensidad como de baja intensidad, con protocolos breves (p. ej. 1 mes) o prolongados (hasta 2 años), con rehabilitación ambulatoria o con rehabilitación domiciliaria, y con tratamientos realizados de forma individual así como en grupo.<sup>7</sup> A destacar, que hay evidencia sobre la eficacia del ejercicio terapéutico realizado de forma autónoma por el paciente en su domicilio sin la supervisión del fisioterapeuta (eso sí, habiendo instruido previamente al paciente en la pauta de ejercicios).<sup>8,9</sup>

El objetivo principal de rehabilitación de los trastornos musculoesqueléticos degenerativos crónicos es educar al paciente en el manejo de su patología y enseñarle ejercicios para mantener su salud física de forma autónoma. En ausencia de un dolor intenso o limitación funcional grave, donde el tratamiento de rehabilitación se basa principalmente en la realización de ejercicios de forma activa sin la necesidad de ser

asistido físicamente por un fisioterapeuta, la mejoría clínica dependerá fundamentalmente de la voluntad del paciente y de su adherencia al ejercicio físico. Por ello, hay que recalcar la importancia del empoderamiento del paciente en el automanejo de su enfermedad, y la necesidad de desarrollar herramientas que faciliten la educación y fomenten el autocuidado.

En este contexto, el problema ante el que nos encontramos en España es que existe una sobrecarga asistencial de los Servicios de Rehabilitación en la sanidad pública y una incapacidad para dar una respuesta adecuada a la necesidad de tratamiento fisioterápico de la población, especialmente en el caso de los trastornos musculoesqueléticos que son los más prevalentes.<sup>10-12</sup> Tanto los Servicios de Rehabilitación ambulatoria de Centros de Atención Primaria (CAP) como los hospitalarios sufren largas listas de espera, saturación de los gimnasios terapéuticos y un elevado ratio de pacientes/fisioterapeuta donde un mismo terapeuta precisa tratar varios pacientes simultáneamente, comprometiendo la calidad asistencial y la satisfacción tanto de pacientes como de profesionales. Esto último, es especialmente relevante para los pacientes con patologías de alta complejidad (como por ejemplo las secuelas neurológicas de un ictus o de un politraumatismo) que requieren una mayor dedicación y supervisión por el fisioterapeuta, y no pueden recibir una atención adecuada debido a la saturación por patologías menos complejas pero mucho más frecuentes como son los trastornos musculoesqueléticos leves que pueden manifestarse con poco dolor y poca limitación funcional pudiendo mejorar tan sólo con ejercicio.

Ante esta situación, se nos plantea la necesidad de encontrar una solución que consiga:

- 1) Empoderar al paciente en el automanejo de su patología musculoesquelética degenerativa mediante la educación, promoción e instrucción de ejercicio, para que pueda resolver o mejorar su sintomatología y limitación funcional por sí mismo tras aportarle las herramientas adecuadas.
- 2) Capacitar a Atención Primaria para resolver patología musculoesquelética leve, dada la cantidad de consultas que reciben por este motivo, y secundariamente, evitar la saturación de los Servicios especializados de Rehabilitación.
- 3) Mejorar la salud musculoesquelética de la población, mediante el tratamiento precoz de estos trastornos facilitando el acceso de los pacientes a programas de Rehabilitación basado en ejercicio directamente en los CAP, y secundariamente, reducir el gasto sanitario tanto directo como indirecto.

Una posible forma de abordar este reto podría ser el disponer en Atención Primaria de una herramienta tecnológica como la Inteligencia Artificial (IA) con capacidad para la evaluación y educación del paciente y la prescripción de ejercicio terapéutico personalizado sin la necesidad de intervención de un especialista de Rehabilitación. Esta IA con interfaz web integrada en los Sistemas de Información Sanitarios (como el *ECAP*, que es la Estación Clínica de Atención Primaria en Cataluña, y *La Meva Salut*, el Portal Electrónico del Paciente) podría, a partir de ciertos datos como las características del paciente y el diagnóstico musculoesquelético realizado por el médico de familia, prescribir de forma autónoma un programa de rehabilitación personalizado

(con contenido instructivo y visual de ejercicios) y módulos educativos sobre la patología, así como, aplicar instrumentos de seguimiento clínico con cuestionarios de salud o un chatbot interactivo. Por último, para el control de la adherencia, la IA podría reconocer las imágenes captadas por la cámara del dispositivo del paciente y de esta forma comprobar que realiza los ejercicios prescritos. Por lo tanto, estaríamos hablando de una IA que integraría funcionalidades como procesamiento del lenguaje natural, reconocimiento de imagen, razonamiento, toma de decisiones y aprendizaje.

Las actuales intervenciones de salud impulsadas por la IA cubren cuatro categorías de investigación principales: (1) diagnóstico, (2) evaluación del riesgo de morbilidad o mortalidad del paciente, (3) predicción y vigilancia de brotes de enfermedades, y (4) política y planificación de la salud.<sup>13</sup> Éste último, englobaría los programas preventivos para la optimización de la terapia, adherencia y manejo de los factores de riesgo, así como, la modificación de hábitos de vida y promoción del ejercicio. A continuación se comentan una serie de iniciativas de aplicación de la IA en España:

En la Categoría de Diagnóstico, *Mediktor Hospital*® de la startup *Mediktor*, fue diseñada para la evaluación de síntomas de los pacientes atendidos en Urgencias para la asistencia en el triaje y asignación del paciente a un nivel de atención adecuado. Tiene la capacidad de interpretar los síntomas del paciente utilizando el lenguaje natural y su motor de búsqueda semántica. Ha demostrado una concordancia con el diagnóstico médico (patrón oro) del 91,3% para los 10 diagnósticos propuestos por *Mediktor*, demostrando ser una herramienta fiable. Su propuesta de valor consiste en su capacidad de triaje y prediagnóstico que permite reducir los tiempos de espera y facilitar el acceso a los servicios sanitarios, mejorando la experiencia del usuario.<sup>14,15</sup>

En la categoría de Planificación de Salud, y específicamente en Rehabilitación, la plataforma *ReHub*, de la empresa *DyCare*, utilizada por la aseguradora DKV® y por hospitales como Sant Pau, Vall d'Hebron y el Consorcio Sanitario Integral de Barcelona, permite la prescripción de programas de ejercicios personalizados por parte del especialista de Rehabilitación. El paciente puede acceder a dicha plataforma a través de un enlace web o bien mediante la App móvil. El programa de ejercicios se visualiza mediante videos, y en todo momento el paciente se encuentra acompañado por un asistente virtual que tiene la función de motivar y monitorizar su estado a través de preguntas dirigidas y cuestionarios. Además, permite sincronizar una serie de sensores que detectan la movilidad corporal y facilitan un seguimiento más estricto de la evolución funcional y de la adherencia al ejercicio. Todos los datos recogidos (dolor, funcionalidad, calidad de vida y adherencia) son analizados por la IA para generar gráficos e informes que el especialista en Rehabilitación puede utilizar para la toma de decisiones clínicas. Por último, la plataforma permite la comunicación entre pacientes y profesionales sanitarios vía chat, facilitando el seguimiento y la adherencia al tratamiento.<sup>16-19</sup>

Otra plataforma que consiste en un servicio online de Telerehabilitación es *Fisify* (de la Startup vasca *Fisify*) que dispone de una IA llamada *Aurya* enfocada a la orientación diagnóstica de trastornos musculoesqueléticos. Para hacer el diagnóstico la IA analiza una serie de factores como la edad, el sexo, la parte corporal afectada, las características del dolor y la presencia de otros síntomas, el mecanismo de lesión, el tipo de evolución y las consecuencias funcionales. Una vez realizado el diagnóstico, la



prescripción del ejercicio la realiza un fisioterapeuta y la comunicación con el paciente tiene lugar mediante una videollamada.<sup>20</sup>

En resumen, en España existen iniciativas de IA que se centran en el diagnóstico, o bien, que asisten la prescripción terapéutica de ejercicio pero donde resulta imprescindible la participación del especialista de Rehabilitación para diseñar el entrenamiento. Por el contrario, parece ser que a nivel nacional no se han desarrollado intervenciones con IA para la prescripción de programas de Rehabilitación personalizados de forma autónoma sin la intervención de un ser humano. Además, la aplicación de IA en Rehabilitación es desconocida para la mayoría de los profesionales sanitarios y su uso no se ha integrado en la práctica clínica habitual.

Para que en un futuro se pueda desarrollar una plataforma de IA de calidad que permita el acceso de la población a tratamientos de Rehabilitación directamente en Atención Primaria sin necesidad de recurrir a los Servicios de Rehabilitación especializados que presentan tanta demanda y saturación en la actualidad, primero debemos profundizar sobre el tema y conocer las iniciativas existentes. Por este motivo, se propone el presente Trabajo de Final de Máster que consistirá en una Revisión Sistemática.

## 2. Objetivos

**Objetivo general:** conocer la aplicabilidad e impacto de la IA como herramienta con capacidad autónoma para brindar tratamientos de rehabilitación musculoesquelética, en los últimos 10 años y a nivel internacional.

### **Objetivos específicos:**

- 1) Evaluar la IA como herramienta de tratamiento en rehabilitación musculoesquelética y sus efectos clínicos sobre los síntomas (dolor o alteración de la movilidad o fuerza), la funcionalidad para actividades diarias, y la calidad de vida.
- 2) Verificar si la IA es útil como herramienta educativa y de capacitación del paciente en la autogestión de su enfermedad.
- 3) Comprobar si la IA facilita el aprendizaje de ejercicios y la adherencia al programa de ejercicio.
- 4) Conocer el impacto de la IA aplicada en rehabilitación musculoesquelética sobre el consumo de recursos sanitarios.
- 5) Describir las limitaciones de la aplicación de IA en rehabilitación musculoesquelética.

### **Preguntas investigables:**

- 1) ¿Qué aplicaciones tiene la IA en rehabilitación musculoesquelética y en sus distintas subáreas (educación, promoción de hábitos saludables como el ejercicio, instrucción de ejercicios terapéuticos y empoderamiento en el autocuidado)?
- 2) ¿Qué efecto tiene la IA en rehabilitación musculoesquelética sobre el estado de salud del paciente?

- 3) ¿Tiene impacto la IA en rehabilitación musculoesquelética sobre el consumo de los recursos sanitarios (costos, consumo de visitas médicas, consumo de tratamientos de rehabilitación, etc.)?
- 4) ¿Qué limitaciones presenta la IA en rehabilitación musculoesquelética?

Una vez identificado el tema de investigación, la expresión de las preguntas en formato pregunta PICO permite elaborar los objetivos, identificar las palabras clave de la búsqueda y los criterios de inclusión de los estudios.

**P (paciente):** personas con trastornos musculoesqueléticos

**I (intervención):** aplicación de IA para la rehabilitación musculoesquelética

**C (comparación):** no comparación o comparación con el tratamiento con rehabilitación convencional

**O (resultados/outcomes):** mejoría sintomática, funcional y de calidad de vida del paciente con trastornos musculoesqueléticos, aumento de la actividad física y adherencia al ejercicio, aumento del nivel de conocimientos del paciente sobre su patología musculoesquelética y mayor capacidad de autocuidado, reducción del consumo de recursos sanitarios y específicamente de los Servicios de Rehabilitación, mejoría de la sobrecarga asistencial en los Servicios de Rehabilitación.

### 3. Metodología

Se trata de una Revisión Bibliográfica de artículos relacionados con la aplicación de IA en el campo de la rehabilitación musculoesquelética, publicados en revistas científicas de bases de datos de alcance internacional para ciencias de la salud como son Pubmed, Scopus, Biblioteca Cochrane (Registro Cochrane Central de Ensayos Controlados), Web of Science y PEDro (base de datos específica de fisioterapia).

#### Estrategia de búsqueda

La búsqueda se ha realizado en español e inglés, con la combinación de términos clave pertenecientes a los temas de investigación principales: IA, rehabilitación y patología musculoesquelética.

La sintaxis de búsqueda ha sido específica de cada base de datos según la normativa, utilizando vocabulario no controlado, operadores booleanos, truncamientos, lenguaje controlado mediante MeSH y filtros.

	Inglés	Español
<b>Términos y variantes</b>	POBLACIÓN <ul style="list-style-type: none"> <li>• Musculoskeletal</li> <li>• Osteoarthritis, osteoarthrosis</li> </ul> INTERVENCIÓN:	POBLACIÓN <ul style="list-style-type: none"> <li>• Musculoesquelético: Osteomuscular</li> <li>• Artrosis: osteoartritis</li> </ul> INTERVENCIÓN

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rehabilitation: physiotherapy, physical therapy, exercise, sports medicine</li> <li>Artificial intelligence: virtual assistant, chatbot, machine learning</li> <li>Education: teaching, instruction, training, learning</li> <li>Exercise promotion</li> </ul> <p>RESULTADOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pain</li> <li>Mobility: range of motion</li> <li>Strength</li> <li>Function</li> <li>Activity level: daily activities, physical activity, exercise</li> <li>Disability</li> <li>Quality of life</li> <li>Empowerment: self care</li> <li>Patient's Knowledge</li> <li>Costs: cost analysis, cost-effectiveness, cost-benefit, profitability, economic impact, economy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rehabilitación: fisioterapia, ejercicio, medicina deportiva</li> <li>Inteligencia Artificial: asistente virtual, chatbot, aprendizaje automático</li> <li>Educación: enseñanza, instrucción, entrenamiento, aprendizaje</li> <li>Promoción del ejercicio</li> </ul> <p>RESULTADOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dolor</li> <li>Movilidad: rango de movilidad</li> <li>Fuerza</li> <li>Función</li> <li>Nivel de actividad: actividades cotidianas, actividad física, ejercicio</li> <li>Dependencia</li> <li>Calidad de vida</li> <li>Empoderamiento: autocuidado</li> <li>Conocimientos del paciente</li> <li>Costos: análisis de costos, costo-efectividad, costo-beneficio, rentabilidad, impacto económico, economía</li> </ul>
<b>Mesh-DECS</b>	<p>POBLACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Musculoskeletal System/</li> <li>Musculoskeletal Abnormalities</li> <li>Osteoarthritis</li> </ul> <p>INTERVENCIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rehabilitation</li> <li>Physical Therapy Modalities</li> <li>Exercise</li> <li>Sports Medicine</li> <li>Artificial Intelligence</li> <li>Machine learning</li> <li>Decision Making, Computer-Assisted</li> <li>Health Promotion</li> <li>Education</li> <li>Computer-Assisted Instruction</li> </ul> <p>RESULTADOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pain</li> <li>Range of Motion, Articular</li> <li>Muscle strength</li> <li>Recovery of function</li> <li>Motor activity</li> <li>Exercise</li> <li>Activities of daily living</li> <li>Health of the Disabled</li> <li>Quality of life</li> <li>Empowerment for Health</li> <li>Learning</li> <li>Self Care</li> <li>Costs and Cost Analysis</li> <li>Cost-Benefit Analysis</li> <li>Cost Efficiency Analysis</li> </ul>	<p>POBLACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema Musculoesquelético (id D009141)</li> <li>Anomalías Musculoesqueléticas (id D009139)</li> <li>Osteoartritis (id D010003)</li> </ul> <p>INTERVENCIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rehabilitación (id D012046)</li> <li>Modalidades de fisioterapia (id D026741)</li> <li>Terapia por Ejercicio (id D005081)</li> <li>Ejercicio Físico (id D015444)</li> <li>Medicina Deportiva (id D013178)</li> <li>Inteligencia artificial (identificador D001185)</li> <li>Aprendizaje Automático (id D000069550)</li> <li>Toma de Decisiones Asistida por Computador (id D003658)</li> <li>Promoción de la Salud (id D006293)</li> <li>Educación (id D004493)</li> <li>Instrucción por Computador (id D003194)</li> </ul> <p>RESULTADOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dolor (id D010146)</li> <li>Rango de movilidad articular (id D016059)</li> <li>Fuerza muscular (D053580)</li> <li>Recuperación de la función (D020127)</li> <li>Actividad motora (id D009043)</li> <li>Ejercicio (id D015444)</li> <li>Actividades cotidianas (id D000203)</li> <li>Salud de la persona con discapacidad (id DDCS050241)</li> <li>Calidad de vida (id D011788)</li> <li>Empoderamiento para la Salud (id DDCS057923)</li> <li>Aprendizaje (id D007858)</li> <li>Autocuidado (id D012648)</li> <li>Costos y Análisis de Costo (id D003365)</li> <li>Análisis Costo-Beneficio (id D003362)</li> <li>Análisis Costo-Eficiencia (id DDCS016645)</li> </ul>

Finalmente, para obtener más resultados y no presentar posibles pérdidas innecesarias se ha recurrido a las siguientes estrategias:

- 1) No incluir en la sintaxis palabras clave relacionadas con las medidas de resultado o de impacto como “promoción de ejercicio”, “educación”, “mejoría del dolor”, “función” o “calidad de vida”, “empoderamiento”, “impacto económico”.

- 2) Reducir los filtros de búsqueda únicamente a: idioma inglés/español y artículos de los últimos 10 años (2012-2022).

Sintaxis de búsqueda para cada una de las bases de datos y resultados obtenidos:

Fuente	Pubmed
<b>Sintaxis de búsqueda</b>	Búsqueda avanzada con operadores booleanos, truncamientos y términos MeSH  <u>Sintaxis:</u> ("Musculoskeletal System"[mh] OR "Musculoskeletal Abnormalities"[mh] OR Osteoarthritis[mh] OR "Musculoskeletal System"[tw] OR "Musculoskeletal Abnormalit*[tw] OR musculoskelet*[tw] OR osteoarthr*[tw]) AND ("Artificial Intelligence"[mh] OR "Machine learning"[mh] OR "Decision Making, Computer-Assisted"[mh] OR "Artificial Intelligence"[tw] OR "Machine learning"[tw] OR "Decision Making, Computer-Assisted"[tw] OR "virtual assistant"[tw] OR chatbot[tw]) AND (Rehabilitation[mh] OR "Physical Therapy Modalities"[mh] OR "Exercise Therapy"[mh] OR Exercise[mh] OR rehabilitat*[tw] OR physiotherap*[tw] OR "physical therap*[tw] OR exercis*[tw] OR sport*[tw])
<b>Filtros</b>	- publication date: 10 years - language: spanish, english
<b>Resultados</b>	<b>962</b>

Fuente	Scopus
<b>Sintaxis de búsqueda</b>	Search within: all fields  <u>Sintaxis:</u> INDEXTERMS ( rehabilitation OR "physical therapy" OR physiotherapy OR exercise OR "sports medicine" ) OR TITLE-ABS-KEY ( rehabilit* OR "physical therapy" OR physiotherapy OR exercis* OR sport* ) AND INDEXTERMS ( musculoskeletal OR osteoarthritis ) OR TITLE-ABS-KEY ( musculoskelet* OR osteoarth* ) AND INDEXTERMS ( "artificial intelligence" OR "virtual assistant" OR chatbot OR "machine learning" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "artificial intelligence" OR "virtual assistant" OR chatbot OR "machine learning" )
<b>Filtros</b>	- year: 2012-2022 - language: english, spanish
<b>Resultados</b>	<b>182</b>

Fuente	Cochrane
<b>Sintaxis de búsqueda</b>	Búsqueda "All Text"  <u>Sintaxis:</u> (rehabilit* OR physiotherap* OR "physical therapy" OR exercis* OR sport*) AND (musculoskelet* OR osteoarthr*) AND ("artificial intelligence" OR "virtual assistant" OR chatbot OR "machine learning")  Resultados: 17  <u>Sintaxis con Mesh:</u> (Rehabilitation OR Physical Therapy Modalities OR Exercise Therapy OR Exercise) AND (Musculoskeletal System OR Musculoskeletal Abnormalities OR Osteoarthritis) AND (Artificial Intelligence OR Machine learning OR Decision Making, Computer-Assisted)  Resultados: 16
<b>Filtros</b>	Límites: -CENTRAL trials only original publication year: between 2012 and 2022
<b>Resultados</b>	<b>33</b>

Fuente	Web of Science
<b>Sintaxis de búsqueda</b>	All data bases. Collections: All. Search. All fields.  <u>Sintaxis:</u> (rehabilit* OR physiotherap* OR "physical therapy" OR exercis* OR sport*) AND (musculoskelet* OR osteoarthr*) AND ("artificial intelligence" OR "virtual assistant" OR chatbot OR "machine learning")  Resultados: 236

<b>Filtros</b>	- publication years: 2012-2022 - languages: english, spanish
<b>Resultados</b>	<b>236</b>

<b>Fuente</b>	<b>PEDro</b>
<b>Sintaxis de búsqueda</b>	Búsqueda en Advanced search:  Al ser una base específica de fisioterapia y con resultados limitados, únicamente se ha realizado la búsqueda con las siguientes palabras clave: "artificial intelligence", "chatbot", "machine learning", "virtual assistant"  A) Abstract & Title: "artificial intelligence". Resultados:4 B) Abstract & Title: chatbot. Resultados: 3 C) Abstract & Title: "machine learning). Resultados: 4 D) Abstract & Title: "virtual assistant". Resultados: 0
<b>Filtros</b>	Published since: 2012
<b>Resultados</b>	<b>11</b>

### Proceso de selección de artículos:

- 1) Total de artículos obtenidos con la búsqueda: 1424 de bases de datos.
- 2) Detección de duplicados mediante el gestor bibliográfico Zotero, se obtienen 176 duplicados.
- 3) Total de artículos cribados tras eliminar duplicados: 1248.
- 4) Clasificación de los documentos obtenidos con la búsqueda en "pertinente" o "no pertinente" a partir de la información aportada por el título y resumen del artículos. Se obtienen 20 artículos pertinentes.
- 5) Lectura de texto completo de los artículos pertinentes y aplicación de los criterios de inclusión y exclusión para la selección final de los artículos que se incluirán en la revisión.
- 6) Artículos finales para incluir en la revisión y tabla de resultados: 8.

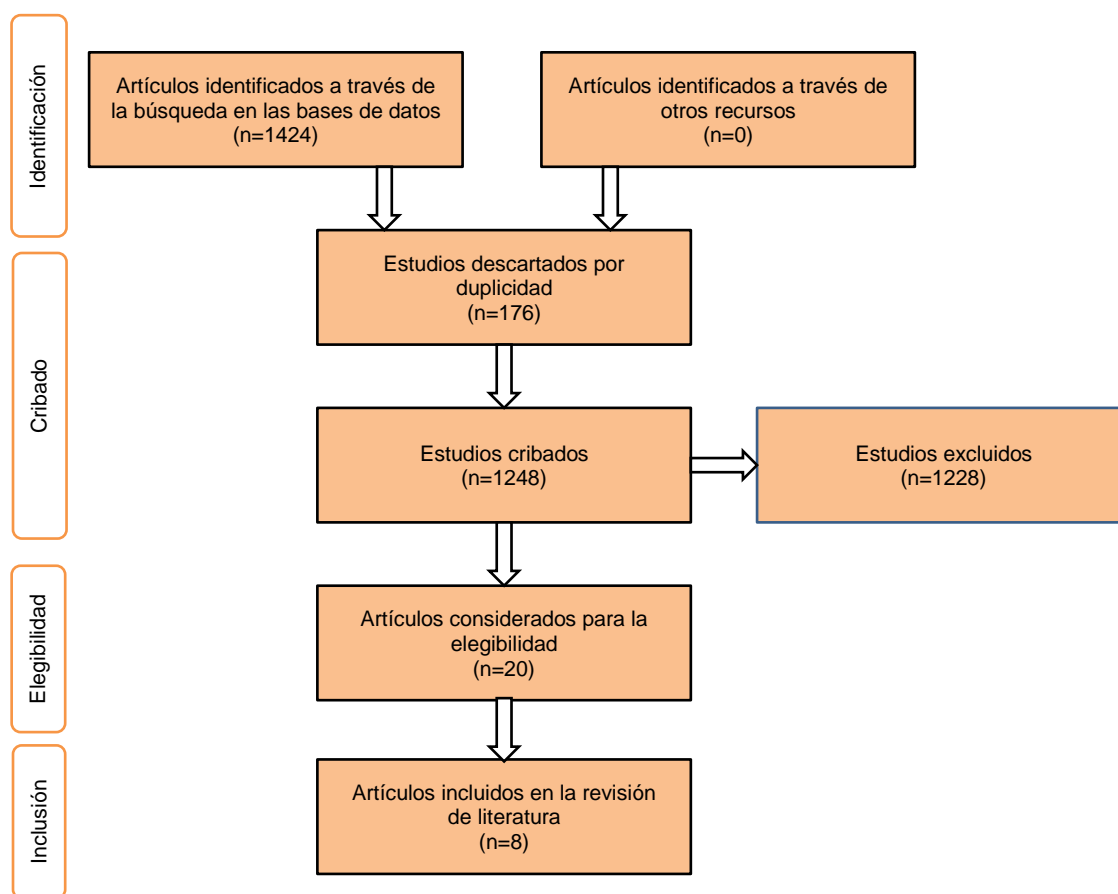
### **Criterios de inclusión:**

- Artículos de estudios originales observacionales o experimentales publicados en formato electrónico en revistas indexadas.
- Publicaciones en inglés o español
- Los artículos tratan de la aplicación e impacto de plataformas de IA para la educación, promoción y prescripción autónoma de ejercicio en ámbito de la Rehabilitación Musculoesquelética.
- Publicados entre enero 2012 y abril 2022

### **Criterios de exclusión:**

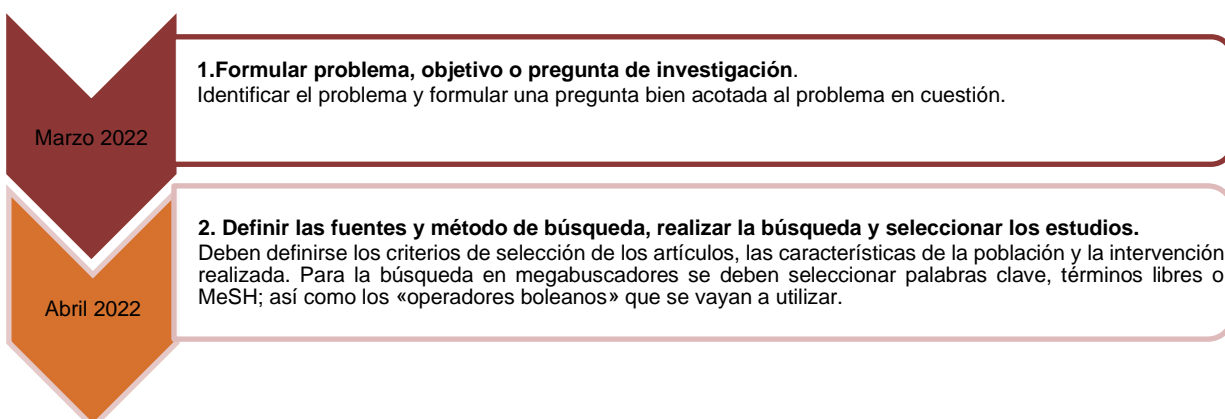
- Publicaciones no originales: revisiones, tesis, memorias de congreso, notas de prensa, etc.
- Documentos en formato papel
- Publicaciones en otros idiomas que no sean inglés o español
- Intervenciones de IA con robots
- Intervenciones tecnológicas que no incluyen la IA
- Publicados antes de enero 2012

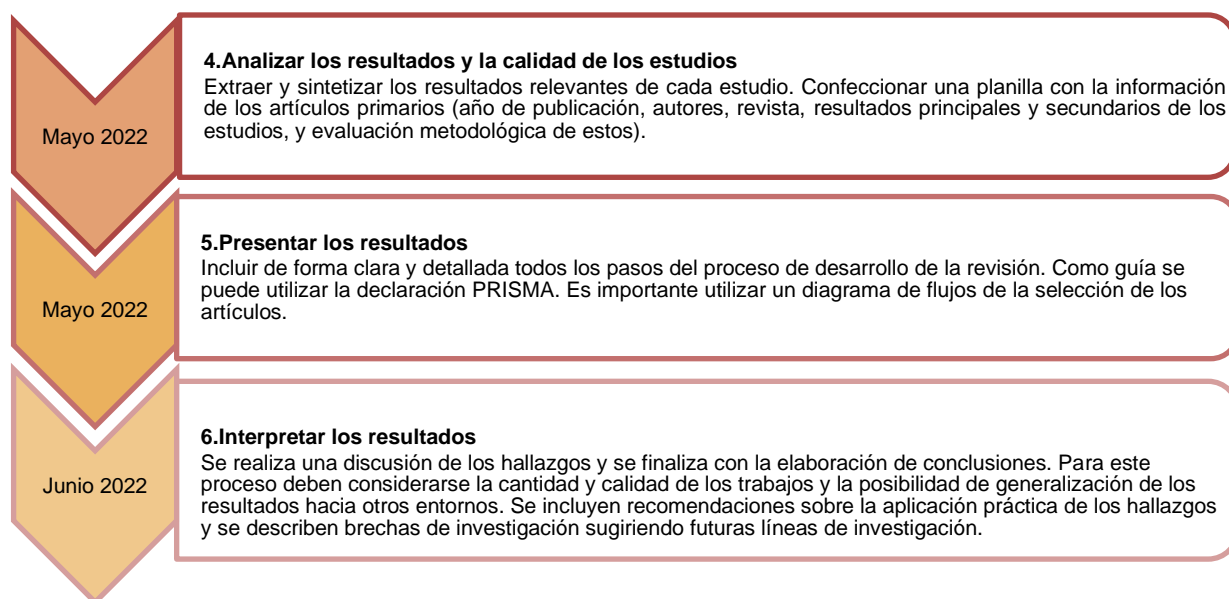
## Diagrama de flujo (PRISMA)



Durante la lectura completa de los artículos seleccionados se ha realizado la extracción de los siguientes datos para su exposición en Resultados: autores, año de publicación, país donde se ha llevado a cabo el estudio, objetivo, tamaño y características de la muestra, problema de salud, diseño del estudio, características de la intervención con IA, duración de la intervención y resultados de la intervención.

## Plan de trabajo





## 4. Resultados

Se han incluido en la Revisión Sistemática un total de 8 artículos. El tamaño de muestra en los estudios varió entre 10<sup>26</sup> y 461<sup>23,27</sup>. Los diseños de los estudios consistieron en Ensayo Controlado Aleatorizado en 5 artículos<sup>21,23,24,27,28</sup>, en estudio Piloto intrasujeto en 1 artículo<sup>26</sup>, y en estudio Descriptivo en 2 artículos<sup>22,25</sup>. Todas las intervenciones de IA se realizaron a través de una aplicación de teléfono móvil inteligente (APP) y en 1 estudio hubo intervención de un Chatbot interactivo que se comunicaba con los usuarios mediante la APP de mensajería móvil *LINE*<sup>21</sup>.

La duración de la intervención con IA varió entre 4 semanas<sup>28</sup> y 9 meses<sup>23,27</sup>. La patologías tratadas fueron: dolor/rigidez cervical-hombros y lumbar en 1 estudio<sup>21</sup>, dolor crónico cervical y lumbar en 1 estudio<sup>22</sup>, dolor lumbar inespecífico en 2 estudios<sup>23,27</sup>, artrosis de rodilla y/o cadera en 2 estudios<sup>24,25</sup>, dolor crónico de espalda en 1 estudio<sup>26</sup>, y artrosis de rodilla en 1 estudio<sup>28</sup>.

**TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS**

Autor y referencia	Título	Año	País	Objetivo del estudio	Diseño de estudio	N	Problema de salud	Duración de intervención
Anan T et. al. <sup>21</sup>	Effects of an Artificial Intelligence-Assisted Health Program on Workers With Neck/Shoulder Pain/Stiffness and Low Back Pain: Randomized Controlled Trial.	2021	Japón	Evaluar la adherencia al ejercicio y la mejoría sintomática con un programa de salud interactivo asistido Chatbot mediante la APP de mensajería móvil <i>Secaide Ver. 0.9</i> .	Ensayo controlado aleatorizado. GI= intervención IA (n=48) GC= rutina habitual de ejercicio en el trabajo (N=46)	94	Dolor y rigidez cervical y hombros, y lumbar.	12 semanas
Lo WLA et. al. <sup>22</sup>	The Perceived Benefits of an Artificial Intelligence-Embedded Mobile App Implementing Evidence-Based Guidelines for the Self-Management of	2018	China/UK	Evaluar la factibilidad de la APP <i>Well Health</i> para ayudar a personas con dolor crónico a autocontrolar su condición, y los beneficios	Estudio Observacional.	158	Dolor crónico cervical y lumbar.	=

	Chronic Neck and Back Pain: Observational Study.			autopercebidos en la mejora de los síntomas de los usuarios.				
Øverås et. al. <sup>23</sup>	CK Multimorbidity and co-occurring musculoskeletal pain do not modify the effect of the SELFBACK app on low back pain-related disability.	2022	Dinamarca /Noruega	Explorar si la condición de multimorbilidad (≥2 condiciones crónicas) o el dolor musculoesquelético concurrente (además del dolor lumbar crónico) modifican el efecto de la APP <i>selfBACK</i> e influyen sobre los resultados.	Ensayo controlado aleatorizado. GI= cuidado habitual + intervención IA + pulsera podómetro (N=232). GC= cuidado habitual (N=229).	461	Dolor lumbar inespecífico.	9 meses
Pelle al. <sup>24</sup>	T et. Effect of the dr. Bart application on healthcare use and clinical outcomes in people with osteoarthritis of the knee and/or hip in the Netherlands; a randomized controlled trial.	2020	Países Bajos	Evaluar los efectos a corto plazo (a los 3 y 6 meses) del uso de la APP <i>Dr. Bart</i> (en comparación con la atención habitual) sobre el número de consultas médicas en Atención Secundaria y los resultados clínicos.	Ensayo Controlado Aleatorizado. GI= intervención IA (N=214) GC= cuidado habitual (N= 213).	427	Artrosis de rodilla y/o cadera	6 meses
Pelle al. <sup>25</sup>	T et. Use and usability of the dr. Bart app and its relation with health care utilisation and clinical outcomes in people with knee and/or hip osteoarthritis.	2021	Países Bajos	Documentar el uso y la usabilidad de la APP <i>Dr. Bart</i> para examinar la intensidad de uso y su relación con las consulta a profesionales sanitarios y con resultados clínicos.	Estudio Observacional. Se utilizaron datos de un estudio previo <sup>29</sup> .	214	Artrosis de rodilla y/o cadera	-
Rabbi M. et. al. <sup>26</sup>	Feasibility and Acceptability of Mobile Phone-Based Auto-Personalized Physical Activity Recommendations for Chronic Pain Self-Management: Pilot Study on Adults.	2018	USA	Investigar la viabilidad y aceptabilidad de la APP <i>MyBehaviorCBP</i> para recomendar ejercicio. Determinar si las recomendaciones personalizadas de la APP se percibieron como fáciles y factibles en comparación con recomendaciones genéricas. Examinar si las recomendaciones generaron cambios en el comportamiento.	Estudio piloto con diseño intrasujeto. GC= sometido a recomendaciones genéricas y aleatorias de actividad física. GI= sometido a sugerencias personalizadas de la APP basadas en el comportamiento previo del usuario.	10	Dolor crónico de espalda.	5 semanas
Sandal. LF et. al. <sup>27</sup>	Effectiveness of App-Delivered, Tailored Self-management Support for Adults With Lower Back Pain-Related Disability A SELFBACK Randomized Clinical Trial	2021	Dinamarca /Noruega	Valorar la eficacia de una APP <i>selfBACK</i> . de apoyo a la autogestión como complemento de la atención habitual.	Ensayo controlado aleatorizado. GI= cuidado habitual + intervención IA + pulsera podómetro (N=232). GC= cuidado habitual (N=229).	461	Dolor lumbar inespecífico.	9 meses
Thiengwittayaporn S. et. al. <sup>28</sup>	Development of a mobile application to improve exercise accuracy and quality of life in knee osteoarthritis patients: a randomized controlled trial	2021	Tailandia/ USA	Evaluar la efectividad de la APP <i>Love-Your-Knee</i> . para educar e instruir ejercicios, y mejorar los resultados clínicos y la satisfacción. Comparar la precisión de los ejercicios y los resultados clínicos al usar la APP en comparación con un folleto convencional.	Ensayo clínico aleatorizado. GI= ejercicio autodirigido por la APP (N=44) GC= ejercicio autodirigido por folleto educativo (N=45).	89	Artrosis de rodilla.	4 semanas
GI= grupo de intervención GC= grupo control APP= aplicación								

A continuación se describen los resultados según los objetivos específicos de la revisión:



# 1. Evaluar la IA como herramienta de tratamiento en rehabilitación musculoesquelética y sus efectos clínicos sobre los síntomas (dolor o alteración de la movilidad o fuerza), la funcionalidad para actividades diarias, y la calidad de vida.

El efecto de la IA sobre el dolor se ha evaluado en 5 estudios <sup>21,22,24,26,27</sup>, encontrándose una reducción del dolor estadísticamente significativa en 4 de ellos <sup>21,22,24,27</sup>, y una tendencia positiva en otro <sup>26</sup>.

La funcionalidad se ha evaluado en 4 estudios <sup>23,24,27,28</sup>, encontrándose un efecto estadísticamente significativo y relevante sólo en 1 estudio <sup>24</sup>. Otro estudio encontró que la condición de multimorbilidad o de dolor crónico en varias localizaciones no influyó en el efecto de la IA sobre los resultados funcionales <sup>23</sup>.

La calidad de vida se ha evaluado en 4 estudios <sup>23,24,27,28</sup>, sólo en 1 estudio el efecto de la intervención con IA fue estadísticamente significativo <sup>28</sup>.

**TABLA 2. EFECTOS CLÍNICOS DE LA IA**

Autor y referencia	Síntomas	Funcionalidad	Calidad de Vida
Anan T et. al. <sup>21</sup>	Mejoría significativa del dolor/rigidez a las 12 semanas en el GI en comparación con el GC (OR 6,36, IC95 %: 2,57-15,73; P<.001). Refirieron mejor subjetiva el 75% (36/48) del GI y el 7% (3/46) del GC (OR 43,00, IC95 %: 11,25 a 164,28; P<.001).	=	=
Lo WLA et. al. <sup>22</sup>	Reducción significativa de 2 puntos en la valoración numérica del dolor con rehabilitación dispensada por la IA. (IC95%: 1,18 a 1,81, P=.04). Mayor reducción del dolor (de hasta 3 puntos) en usuarios que utilizaron la APP 6 meses. La mejoría sintomática autopercebida media fue del 65%. Uso de Los usuarios que usaron la APP más de 3 y 6 meses presentaron mejorías subjetivas del 56,8% (DE 30,4%) y del 71,7% (DE 25,8%) respectivamente; mientras que la mejoría percibida en los usuarios que usaron la APP entre 1 día y 1 mes varió entre 60.2% (DE 27.9%) y 47.2% (DE 26.4%) respectivamente.	=	=
Øverås CK et. al. <sup>23</sup>	=	El efecto de la intervención sobre la discapacidad relacionada con el dolor lumbar fue similar independientemente de la multimorbilidad o el estado de dolor musculoesquelético concurrente. RMDQ mejoró gradualmente con el tiempo para todos los grupos sin diferencias entre GI y GC.	La mejoría mínima de la calidad de vida (EQ-5D) a los 3 y 9 meses y similar entre los grupos.
Pelle T et. al. <sup>24</sup>	Beneficio pequeño y significativo a favor del GI a los 6 meses sobre el dolor (diferencia de medias 3,5; IC95% 0,9 a 6,0) y los síntomas de artrosis (diferencia de medias de 2.6 IC95%: 0.4 a 4.9) evaluados con KOOS/HOOS.	Beneficio pequeño y significativo a favor del GI a los 6 meses sobre la capacidad de realizar actividades de la vida diaria evaluados con KOOS/HOOS (diferencia de medias de 2,9 IC95%: 0,2 a 5,6).	No hubo diferencias significativas entre grupos.
Rabbi M et. al. <sup>26</sup>	Pequeña reducción del dolor no significativa con la intervención (βint – 0,19 P=.24).	=	=
Sandal LF et. al. <sup>27</sup>	Efecto pequeño significativo a favor del GI a los 3 meses con una diferencia de medias en la reducción del dolor entre grupos: Dolor (media): -0.62 (-0.99 a -0.26). El efecto se mantuvo a los 9 meses: -0.69 (-1.07 a -0.30) Dolor (máximo) en la semana anterior: -0.73 (-1.15 a -0.31). El efecto se mantuvo a los 9 meses: -1.00 (-1.45 a -0.56).	Efecto significativo no clínicamente relevante a favor del GI a los 3 meses con una diferencia de medias en la puntuación RMDQ entre grupos de -0,79 (IC95 %: -0,06 a -1,51; P= .03); que se mantuvo a los 9 meses -0.88 (-1.64 to -0.11). El 52% de los participantes del GI presentó a los 3 meses una mejora de la puntuación en RMDQ de al menos 4 puntos (clínicamente	No hubo diferencias entre grupos a los 3 meses en la calidad de vida relacionada con la salud medida con EQ-5D. Los resultados se mantuvieron a los 9 meses.

		significativa) frente al 39 % del GC (OR 1,76; IC95 %: 1,15 a 2,70; P= .01).	
Thiengwittayaporn S et. al. <sup>28</sup>	No hubo mejoría significativa en el rango de movilidad articular en ninguno de los grupos.	Los sujetos de ambos grupos mejoraron los resultados funcionales de KOOS y KSS pero éstos no fueron estadísticamente significativos, aunque, los resultados del GI fueron significativamente mejores que los del GC en la categoría de Actividades de la vida diaria y Deportes y actividades recreativas (p= 0.002).	Calidad de vida (KOOS) significativamente mejor en el GI (p=0.009).
RMDQ= Roland-Morris Disability Questionnaire EQ-5D= EuroQol 5 dimensions KOOS= Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score KSS= Knee Society score			

## 2. Verificar si la IA es útil como herramienta educacional y de capacitación del paciente en la autogestión de su enfermedad.

La IA como herramienta educacional se ha investigado en un artículo <sup>22</sup> objetivando su utilidad para concienciar sobre la práctica de ejercicio terapéutico. En cuanto a su capacidad para mejorar la autogestión de la enfermedad musculoesquelética se evaluó en 3 estudios encontrando una diferencia significativa a favor de la IA para mejorar la habilidad de afrontamiento del dolor en un estudio <sup>27</sup>, una mejoría mínima y sin diferencias en un estudio que además mostró una peor respuesta a la intervención en personas con multimorbilidad y dolor crónico en más de una localización <sup>23</sup>, y en otro estudio no encontró diferencias significativas <sup>24</sup>

**TABLA 3. EFECTOS EN LA EDUCACIÓN Y CAPACIDAD DE AUTOGESTIÓN**

Autor y referencia	Educación	Autogestión
Lo WLA et. al. <sup>22</sup>	El 89,9% (n=142) de los usuarios leyó el material educativo de la APP. De estos, el 77,8% (n= 123) indicaron que el material educativo les había animado a realizar el programa de ejercicio terapéutico. El tiempo medio dedicado a la lectura de los materiales didácticos fue de 15 minutos/día (DE 14).	=
Øverås CK et. al. <sup>23</sup>	=	A los 3 y 9 meses todos los grupos informaron de una mejoría mínima en la autoeficacia para el afrontamiento del dolor (PSEQ). Aquellos con dolor lumbar + ≥2 condiciones crónicas y ≥4 localizaciones de dolor adicionales presentaron menos mejoría.
Pelle T et. al. <sup>24</sup>	=	No hubo diferencias significativas entre GI y GC en los conocimientos, habilidades y confianza en el autocuidado.
Sandal LF et. al. <sup>27</sup>	=	A los 3 meses la capacidad de afrontamiento dolor evaluada con el PSEQ fue significativamente superior en el GI con una diferencia de medias de 2.52 (1.04 a 3.99). Los resultados se mantuvieron a los 9 meses: 3.25 (1.71 a 4.79)
PSEQ= Pain Self-Efficacy Questionnaire		

## 3. Comprobar si la IA facilita el aprendizaje de ejercicios y la adherencia al programa de ejercicio.

Sólo un artículo evaluó el aprendizaje de ejercicios de rehabilitación con IA comparando la precisión de los ejercicios realizados entre el grupo de intervención que los aprendió con la APP y el grupo control que los aprendió con un folleto informativo. La precisión en la realización de los ejercicios en el grupo de intervención fue superior de forma estadísticamente significativa <sup>28</sup>.

En cuanto a la adherencia al programa de ejercicio a través de la IA, se ha investigado en 7 estudios <sup>21-27</sup>. La adherencia a la plataforma se ha evaluado en 4 estudios <sup>21,22,24,25</sup>. El cumplimiento de los objetivos de ejercicio propuestos por la APP por parte del usuario se ha evaluado en 3 estudios <sup>24-26</sup>. Y el incremento en la actividad física se ha evaluado en 3 estudios <sup>22,26,27</sup>.

En un estudio que utilizó un Chatbot <sup>21</sup> se reportó una adherencia al programa durante el estudio del 92%. En otros dos estudios, la tasa adherencia fue del 80% para el inicio de sesión <sup>24</sup> y del 53% para el logro de objetivos <sup>24, 25</sup>. Sólo un 26% continuó utilizando la APP más allá de las 26 semanas de seguimiento <sup>24</sup>. Por último, otro estudio reportó adherencias del 14,6% y del 13,3% a los 3 y 6 meses respectivamente, habiendo una mayoría de usuarios que sólo utilizaron la APP el primer mes <sup>22</sup>.

Por otra parte, en uno de los estudios que evaluó el seguimiento de las indicaciones de ejercicio de la APP, se encontró que el número de recomendaciones de ejercicio propuestas por la APP que el usuario puso en práctica, fue superior de forma estadísticamente significativa cuando las recomendaciones fueron dadas de forma personalizada por la IA en comparación con las recomendaciones genéricas no personalizadas <sup>26</sup>.

De los estudios que evaluaron el impacto en la actividad física, en un estudio la IA demostró aumentar la actividad física del paciente en cuanto a minutos diarios caminados y minutos dedicados a la práctica de ejercicio <sup>26</sup>, con una media de tiempo dedicado a los ejercicios de rehabilitación de 25 minutos <sup>22</sup>, y encontrando mayores niveles de actividad en sujetos sin multimorbilidad ni dolor crónico en más de una localización <sup>23</sup>. En contrapartida, un estudio no encontró un mayor nivel de actividad con la intervención <sup>27</sup>.

**TABLA 4. EFECTO SOBRE EL APRENDIZAJE DE EJERCICIOS Y LA ADHERENCIA AL PROGRAMA**

Autor y referencia	Aprendizaje de ejercicios	Adherencia al programa
Anan T et. al. <sup>21</sup>	:	La tasa de adherencia al programa con IA fue del 92% (44/48) durante la intervención.
Lo WLA et. al. <sup>22</sup>	:	La mayoría informaron que usaron la APP sólo un mes. El 14,6% (23/158) y el 13,3% (21/158) de los usuarios indicaron haberla usado 3 y 6 meses respectivamente. Con la intervención se consiguió aumentar el tiempo dedicado al ejercicio comparado con la situación basal observando un aumento en el número de respuestas en el categorías de 10-30 min./día y de 30-60 min./día. El tiempo medio dedicado por el usuario a los ejercicios de rehabilitación fue de 25 minutos (DE 4), en concordancia con la recomendación de 20-30 minutos sugerida por la APP.
Øverås CK et. al. <sup>23</sup>	:-	La comorbilidad y el dolor concurrente no modificaron el efecto de la APP. Aquellos sujetos sin comorbilidades y menos dolor concurrente al inicio del estudio fueron más activos físicamente según la evaluación Saltin-Grimby y esa tendencia se mantuvo a los 3 y 9 meses.
Pelle T et. al. <sup>24</sup>	:	171 (80%) abrieron la APP al menos una vez, 151 (71%) eligieron al menos un objetivo y 113 (53%) lograron al menos una meta. En total se lograron más de 9000 objetivos en 6 meses. Para personas activas con metas completas (n= 113) la mediana de tiempo de uso fue de 144 días (IQR 63-173), con una mediana de 33 accesos por usuario (IQR 16-89). Un total de 56 participantes (26%) usaron la APP más allá de las 26 semanas.
Pelle T et. al. <sup>25</sup>	:	171 (79,9%) fueron activos con inicios de sesión, 151 (70,6%) fueron activos con la elección de objetivos y 113 (52,8%) fueron activos con el cumplimiento de objetivos. En total, los participantes iniciaron sesión 7006 veces, eligieron 1062 objetivos, y completaron 9229 objetivos durante las 26 semanas. De los participantes que eligieron al menos un objetivo, el 38 % estaba activo con inicios de sesión a las 26 semanas, el 8 % estaba activo con la elección de objetivos y el 25 % estaba activo con el cumplimiento de objetivos. Los objetivos relacionados con la actividad física fueron elegidos y completados con mayor frecuencia.

Rabbi M et. al. <sup>26</sup>	:	El número de recomendaciones puestas en práctica por el sujeto fue significativamente superior ( $\beta$ int 0,46 P<.005) en la fase experimental al recibir recomendaciones personalizadas, adoptando una nueva recomendación cada 2 días. Los minutos caminados/día fueron significativamente superiores en la fase experimental, donde se caminaron 4,9 minutos más por día en comparación con la fase de control ( $\beta$ int 4,9 P=.02). Los minutos/día dedicados a otro ejercicio fue 9,5 minutos/día superior en la fase experimental aunque el resultado no fue estadísticamente significativo ( $\beta$ int 9,5 P=.31).
Sandal LF et. al. <sup>27</sup>	:	La actividad física según la evaluación de Saltin-Grimby no difirió entre los grupos a los 3 meses, lo cual se mantuvo a los 9 meses de seguimiento.
Thiengwittayaporn S et. al. <sup>28</sup>	Los pacientes del GI instruidos por la APP realizaron los ejercicios con mayor precisión que los del GC (P=0,022).	:

#### 4. Conocer el impacto de la IA aplicada en rehabilitación musculoesquelética sobre el consumo de recursos sanitarios.

El impacto sobre el consumo de recursos sanitarios se evaluó en 2 estudios. La IA no consiguió disminuir las consultas a profesionales sanitarios<sup>24</sup> pero sí redujo el consumo de otras terapias del 93% a un 75,9% durante la intervención<sup>22</sup>.

**TABLA 5. EFECTO EN EL CONSUMO DE RECURSOS SANITARIOS**

TABLA 5. EFECTO EN EL CONSUMO DE RECURSOS SANITARIOS	
Autor y referencia	
Lo WLA et. al. <sup>22</sup>	El 7,0% (n= 11) indicaron que no habían recibido otras terapias antes de utilizar la APP, y un 24,1% (n=38) negaron recibir ninguna otra intervención terapéutica durante el uso de la APP con IA integrada. El consumo de terapias al comparar antes y durante el uso de la APP disminuyó globalmente en todas las intervenciones (acupuntura, terapia de tejidos blandos, crema tópica, medicación, y electroterapia).
Pelle T et. al. <sup>24</sup>	No se encontraron diferencias entre grupos en el consumo de recursos sanitarios en los 6 meses de intervención ni asociación entre el uso de la APP y el número de consultas a profesionales sanitarios. El efecto de tratamiento medio del GI a los 6 meses fue: RTI 1.20 (IC95% 0,67-2,16) para las consultas en atención secundaria y RTI 1,05 (IC95% 0,58-1,90) para las consultas a fisioterapia. No hubo diferencias entre GI y GC en el número de consultas a atención secundaria (asistente médico, traumatólogo o reumatólogo) con una media de consultas durante el seguimiento de 0,73 (DE 1,60) en GI y 0,82 (DE 1,82) en GC. El profesional sanitario más visitado en ambos grupos fue el Fisioterapeuta, con una media de consultas durante el seguimiento de 5,00 (DE 7,56) en GI y 6,70 (DE 10,71) en GC.
DE= desviación estándar RTI= razón de tasas de incidencia	

#### 5. Describir las limitaciones en rehabilitación musculoesquelética.

Por último, las limitaciones de la IA en rehabilitación musculoesquelética se deben principalmente al desconocimiento de los efectos a largo plazo dada la duración de los estudios<sup>21,24-28</sup>. Un estudio subrayó el desconocimiento de la aplicabilidad de la IA en pacientes frágiles y con comorbilidades<sup>23</sup> o en la fase precoz de la enfermedad<sup>25</sup>. Otro artículo comenta la falta de análisis del contexto para una mejor adecuación de las recomendaciones por parte de la IA<sup>26</sup>. Por último se insiste en la importancia de incorporar datos objetivos tanto clínicos como de uso del sistema para una mayor confianza en los resultados<sup>22</sup>.

**TABLA 6. LIMITACIONES DE LA IA EN REHABILITACIÓN MUSCULOESQUELÉTICA**

TABLA 6. LIMITACIONES DE LA IA EN REHABILITACIÓN MUSCULOESQUELÉTICA	
Autor y referencia	
Anan T et. al. <sup>21</sup>	Se desconoce el efecto a largo plazo sobre los síntomas musculoesqueléticos y la adherencia dada la duración de la intervención de 12 semanas.

Lo WLA et. al. <sup>22</sup>	Para mejorar la confianza en los resultados de la IA se precisan más estudios que incorporen datos objetivos con la verificación médica de los datos clínicos (que no se basen únicamente en información autoreferida) y la verificación del tiempo de visualización del contenido de la APP.
Øverås CK et. al. <sup>23</sup>	Se desconoce su aplicabilidad en pacientes exclusivamente mayores, frágiles o comorbilidades graves dado que no hay estudios. Las enfermedades fueron autoinformadas y no diagnósticos clínicos confirmados, desconociéndose la gravedad de las patologías.
Pelle T et. al. <sup>24</sup>	Los efectos clínicos son pequeños. Se desconoce el impacto en los recursos sanitarios más allá de los 6 meses de duración del estudio. Se necesita más investigación para detectar los subgrupos de pacientes que podrían beneficiarse más de la intervención.
Pelle T et. al. <sup>25</sup>	Se desconoce el efecto de la aplicación precoz de la APP en artrosis y su efecto a largo plazo más allá de los 6 meses. Se sospecha de un efecto meseta por no encontrar una relación-dosis respuesta que debería esclarecerse en futuros estudios.
Rabbi M et. al. <sup>26</sup>	No dispone de notificaciones para recomendar ejercicio en el contexto más adecuado. Proporcionar notificaciones justo en el momento oportuno tiene barreras técnicas ya que requiere un monitoreo constante para detectar si el contexto es adecuado y ello puede agotar la batería del teléfono. Además, las notificaciones pueden interrumpir el flujo de trabajo diario de los participantes y no está claro cuándo sería el momento adecuado. Se necesita más investigación para poder incorporar avisos a tiempo real con un rendimiento más eficiente de la batería. Se desconoce su utilidad a largo plazo y la posibilidad de que tenga consecuencias adversas sobre el dolor crónico dado que se trata de un estudio piloto de 5 semanas de intervención.
Sandal LF et. al. <sup>27</sup>	Se requieren más estudios para determinar la rentabilidad y beneficio a largo plazo más allá de los 9 meses.
Thiengwittayaporn S et. al. <sup>28</sup>	Se desconocen sus beneficios a largo plazo ya que la intervención duró 4 semanas, se necesita más investigación.

## 5. Discusión

En la presente revisión bibliográfica sólo se han incluido 8 artículos, los cuales fueron publicados recientemente entre 2018 y 2022, reflejando lo novedoso de la intervención y el enorme gap de conocimiento que precisa ser investigado en futuros trabajos. En cuanto al nivel de evidencia de los estudios, el 62,5% de los artículos son ECA.

Los impactos más estudiados de la IA han sido el efecto sobre los síntomas y la adherencia, y los menos estudiados han sido el efecto en la educación del paciente y en el aprendizaje de los ejercicios de rehabilitación, seguido del impacto sobre el consumo de recursos sanitarios. Esto es llamativo, ya que para que un proceso de rehabilitación sea efectivo es necesario que el paciente comprenda qué le pasa y se haga responsable de su salud mediante la modificación de sus hábitos y la adherencia al ejercicio, por lo que la educación y la realización correcta de los ejercicios de rehabilitación son fundamentales para la recuperación. Es posible que este resultado sea reflejo de la tendencia sanitaria de centrarse más en modificar los síntomas que en informar y empoderar al paciente en su autocuidado.

La IA ha demostrado ser útil para reducir de forma significativa los síntomas en la mitad de los estudios, por lo que podría recomendarse como una herramienta útil para mejorar el dolor y los síntomas de artrosis en rehabilitación musculoesquelética. No se ha encontrado asociación entre el tiempo de uso de APP con la percepción de mejora sintomática, aunque se ha demostrado mayor reducción del dolor en aquellos que utilizaron la APP 6 meses <sup>22</sup>. Es decir, la relación entre la adherencia a la APP, la adherencia al ejercicio y los resultados no quedan claros y requieren de más investigación. Por otro lado, el impacto de la IA sobre la funcionalidad ha resultado poco

importante. Ha demostrado mejorar de forma significativa la funcionalidad en la artrosis de rodilla y cadera sólo en un estudio, y la discapacidad en dolor lumbar en otro estudio (aunque no fue clínicamente relevante). Los resultados parecen ser peores en caso de presencia de multimorbilidad y dolor concurrente <sup>23</sup>. De momento no es posible recomendar esta intervención para mejorar la funcionalidad en patología musculoesquelética y se necesitaría realizar más estudios para comprobar su posible impacto. En cuanto a la calidad de vida, los resultados no apoyan el uso de IA para mejorar la calidad de vida relacionada con patología musculoesquelética ya que solo 1 estudio de 4 ha encontrado mejoría significativa y esta fue en artrosis de rodilla.

Por otro lado, la IA ha demostrado mejorar de forma significativa la autoeficacia para el afrontamiento del dolor en 2 estudios, y en otro estudio no. Aunque la tendencia es positiva, sería recomendable realizar más investigación para poder concluir que la IA mejora la autoeficacia en el manejo de los síntomas y del autocuidado dada la escasez de los estudios y los resultados dispares.

El impacto de la IA sobre la adherencia, o bien al ejercicio o bien a la APP, se ha evaluado en la mayoría de los estudios (7 de 8 estudios), pero ésta ha sido muy variable (13,3% - 92%). El estudio que obtuvo la adherencia más alta al programa (del 92%) utilizó la mensajería móvil y un Chatbot interactivo para enviar recordatorios de ejercicio <sup>21</sup>. Esto concuerda una revisión publicada recientemente que objetivó que las intervenciones móviles son una de las estrategias más eficaces para conseguir la adherencia al ejercicio a largo plazo correlacionándose con resultados positivos en dolor, rigidez y función en la artrosis <sup>31</sup>. Por otro lado, una revisión reciente <sup>34</sup> ha hallado una adherencia media a las APP de salud de un 56%. Este resultado es muy similar al obtenido en los estudios de Pelle T et. al. <sup>24,25</sup> donde hubo una adherencia al cumplimiento de objetivos relacionados con el ejercicio de un 53% y se obtuvieron resultados pequeños significativos sobre los síntomas y la funcionalidad en artrosis de extremidad inferior. A destacar que uno de estos estudios<sup>25</sup>, se detectó que las metas relacionadas con la actividad física y la nutrición fueron las más populares, lo cual refleja las necesidades de información de los usuarios y deben tenerse en cuenta en futuras investigaciones.

Un aspecto inesperado es que el impacto de la IA sobre la educación y el aprendizaje de ejercicios sólo se ha evaluado en un estudio. La valoración fue subjetiva y mostró que la IA parece tener potencial para motivar al usuario en la realización del programa de ejercicio <sup>22</sup>, pero se necesita más investigación para confirmar el impacto real que la educación puede tener sobre el nivel de conocimientos del paciente, su compromiso con el autocuidado y la motivación con el proceso de la rehabilitación. El impacto sobre el aprendizaje de los ejercicios también solo se evaluó en un estudio <sup>28</sup>, siendo mejor la precisión del ejercicio instruido por la IA en comparación con la instrucción mediante folleto informativo. Pero con este único estudio no se puede demostrar la eficacia de la IA para enseñar ejercicios ya que es necesario compararla con la instrucción por un fisioterapeuta, que es la intervención habitual en Rehabilitación.

Aunque parece que la IA tiene capacidad para inducir la práctica de ejercicio por los usuarios, la tendencia encontrada es que a medida que pasa el tiempo la adherencia a la APP es menor (especialmente a los 6 meses de uso), pero se desconoce si ello tiene impacto en la práctica de ejercicio y en los resultados clínicos. Por ejemplo, uno de los estudios refirió que la mayoría de los pacientes usó la APP 1 mes, pero la mejoría clínica subjetiva no fue mucho menor a la percibida por los que usaron la APP 3 meses <sup>22</sup>. Esto se puede explicar porque la APP puede ser de utilidad para instruir los ejercicios de rehabilitación, pero el mantener los ejercicios a largo plazo únicamente depende del paciente, por eso es posible utilizar la APP poco tiempo pero tener buenos resultados clínicos. Por este motivo, sería recomendable que en futuros estudios con IA se valore

que interrelación e influencia existe entre el uso de la IA, la motivación, la autoeficacia en el autocuidado, la práctica de ejercicio real y la mejoría clínica.

En relación con los factores que pueden influir en la práctica de ejercicio, en uno de los estudios revisados <sup>26</sup> se observó que el número de recomendaciones de ejercicio puestas en práctica por el usuario y los minutos caminados fueron significativamente superiores cuando estas recomendaciones fueron personalizadas y dadas por la IA en comparación a las recomendaciones dadas de forma genérica. En este trabajo las recomendaciones personalizadas probablemente fueron más eficaces porque consistieron en propuestas basadas en el comportamiento del usuario, y tener en cuenta las preferencias del usuario es un factor clave para mejorar la adherencia al ejercicio <sup>35</sup>. Los usuarios valoraron positivamente el haber podido completar las recomendaciones personalizadas de la APP, lo cual podría estar relacionado con un mayor sentido de autoeficacia. Como se ha planteado en trabajos previos, un sentido de la autoeficacia bajo puede afectar directamente a la adherencia al ejercicio ya que la persona prefiere no correr el riesgo de probar nuevos ejercicios, tiene un menor compromiso con los objetivos y una tendencia al abandono ante las dificultades <sup>34,35</sup>.

Como otro factor que podría influenciar en la adherencia por el efecto concienciador que puede hacer el conocer el grado de la propia enfermedad, es el descrito en el estudio de Thiengwittayaporn S. et. al.<sup>28</sup>, que incluye en la APP un apartado donde evaluar el grado de progresión de la artrosis del usuario y una sección educativa con información básica sobre la enfermedad, lo cual proporciona conocimiento sobre la propia condición física y podría incrementar la implicación y motivación del usuario con su autocuidado <sup>35</sup>.

El impacto de la IA en el consumo de recursos sanitarios se evalúa en 2 estudios y sólo en uno se observa una reducción en el uso de otras terapias pero se desconoce si ello tiene un impacto en el tiempo de visita médica y por tanto de los costes indirectos derivados. En otro estudio, al contrario de lo esperado, no se encontró una reducción en las visitas médicas de atención primaria ni secundaria, pero dado que la intervención se basa en la incorporación progresiva de pequeños hábitos de ejercicio en la rutina diaria, es posible que se requiera de más tiempo de seguimiento que los 6 meses del estudio para detectar si la IA tiene o no un impacto económico. En conclusión, se necesita más investigación para poder esclarecer esta pregunta de investigación.

Las limitaciones de las intervenciones con IA se deben sobre todo a la corta duración de los estudios y el desconocimiento de su impacto a largo plazo. Otra limitación es que suelen utilizarse datos autoreferidos por el paciente en lugar de datos objetivos del backup de los teléfonos móviles o bien de sensores de actividad que puedan confirmar la adherencia al ejercicio, por lo que la validez de los resultados se ve comprometida. Además, las intervenciones IA que se han probado en poblaciones específicas no han podido demostrar su utilidad en otras patologías, o por ejemplo, en pacientes ancianos o en edad infantil, por lo que sus beneficios no pueden generalizarse a la población general. Debe tenerse en cuenta que como limitación global de estas intervenciones es que al ser aplicadas mediante herramientas digitales, el usuario debe tener un nivel mínimo de alfabetización digital para poder beneficiarse de la intervención.

En cuanto al tipo de intervención mediante IA, éstas fueron variadas. *Secaide Ver. 0.9* de Travoss Co, Ltd (Anan T et. al. <sup>21</sup>), un Chatbot interactivo asistido por IA programado para enviar mensajes diarios a los usuarios a través de la APP de mensajería *LINE* con consejos para mejorar sus síntomas e instrucciones de ejercicio. Otra intervención, la APP *Well Health* (WLA et. al. <sup>22</sup>), analizaba los síntomas que introduce el usuario generando un programa de ejercicios con una precisión del 80% gracias a una red neuronal artificial de perceptrón multicapa. Por otro lado, hay 2 estudios realizados con

la APP *selfBACK* (Øverås CK et. al. <sup>23</sup> y Sandal et. al. LF <sup>27</sup>) que funcionaba mediante el Razonamiento basado en casos al utilizar la experiencia para resolver problemas nuevos. Basándose en casos que fueron efectivos, analiza la situación del paciente y proporciona recomendaciones adecuadas a las necesidades actuales. El usuario informa sobre sus características, síntomas y progresión de los síntomas a través de la APP, que genera recomendaciones semanales de autocuidado basado en ejercicio adaptadas individualmente, además de aportar contenido educativo, y de disponer de estrategias motivacionales mediante notificaciones y un sistema de puntuación y premios. Además, otra APP que también se utilizó en 2 estudios llamada dr. Bart (Pelle T et. al. <sup>24,25</sup>), dispone de una IA integrada para involucrar activamente a las personas con artrosis en el autocontrol de su propia enfermedad. La APP invita a los usuarios a seleccionar objetivos diarios basados en ejercicio y ligarlos a situaciones habituales del día a día como desencadenantes. El aprendizaje automático permite usar los datos del perfil personal y del comportamiento de selección y descarte de objetivos para proponer nuevos objetivos que se adaptan al usuario y a sus preferencias personales, y además aplica técnicas de mejora de la motivación como recordatorios, recompensas y herramientas de autocontrol. Por otra parte, *MyBehaviorCBP* (Rabbi M. et. al. <sup>26</sup>) se trata de otra APP que utilizaba el aprendizaje automático para generar recomendaciones automáticas de ejercicio basadas en el comportamiento previo del individuo a partir del análisis de los datos de sensores del móvil y la actividad física autoinformada del usuario. El “Módulo de reconocimiento del comportamiento de rutina” registraba las actividades físicas del individuo a través de sensores de movimiento (geolocalización y acelerómetro) y la entrada manual de datos, mientras que el “Módulo de Generación de Sugerencias” disponía de un algoritmo para agrupar las acciones del individuo en comportamientos, y de un algoritmo de toma de decisiones secuencial Bandido multibrazo que permitía sugerir actividades en base al comportamiento previo. Por último, la APP *Love-Your-Knee* (Thiengwittayaporn S. et. al. <sup>28</sup>) utilizó la evaluación adaptativa basada en un árbol de decisiones para determinar la etapa evolutiva de la artrosis y recomendar la pauta de ejercicio más adecuada, así como contenido educativo.

Es interesante destacar el estudio de Gross DP et. al. <sup>30</sup> (que no ha sido incluido en la revisión) porque valoró la capacidad de la IA *Work Assessment Triage Tool* para prescribir programas de rehabilitación de forma autónoma. El estudio comparó el programa recomendado por la IA con el programa realizado en la realidad por los pacientes. Este programa utilizó técnicas de clasificación de aprendizaje automático para clasificar a los usuarios a partir de sus características y recomendar el programa de rehabilitación más adecuado para un retorno laboral exitoso tras estar de baja por un trastorno musculoesquelético. Lamentablemente, sólo el 15,6% de programas de rehabilitación realizados por los pacientes coincidió con el programa propuesto por la IA con una precisión del 0,60 y una sensibilidad para seleccionar programas adecuados muy baja (0,13). Esto refleja lo difícil que es desarrollar una IA con capacidad para prescribir programas de rehabilitación y la escasa madurez tecnológica de la IA en este campo.

Este último estudio refleja el largo camino que queda por recorrer para conseguir crear una IA con la capacidad de prescribir de forma autónoma programas de rehabilitación adecuados para las distintas patologías musculoesqueléticas.



## 6. Aplicabilidad y nuevas líneas de investigación

Dado que, según esta revisión la bibliografía que valora el impacto de la IA en la rehabilitación musculoesquelética es muy escasa, a pesar de haber nuevas preguntas de investigación relacionadas con las aplicaciones de IA estudiadas, como podrían ser: mejorar la adherencia, mejorar las habilidades del usuario en el manejo de su enfermedad, mejorar el impacto clínico o conocer los resultados a largo plazo, mejorar la precisión para la prescripción de programas de rehabilitación o estudiar en mayor profundidad su impacto económico directo o indirecto; ninguna de estas cuestiones pueden ser resueltas hasta que no se realicen más estudios con dichas tecnologías específicas.

Sin embargo, dispersar los esfuerzos y dedicar tiempo a mejorar las APP ya existentes podría llevar al desarrollo de excesivas líneas de investigación y propuestas de IA que aborden de forma incompleta los aspectos necesarios para conseguir una buena herramienta de rehabilitación musculoesquelética, y enlentecería la creación de la IA definitiva y óptima. Para evitar esto, la solución estaría en tener en consideración las limitaciones de cada una de las tecnologías de IA revisadas y crear una “de novo” que integre las mejores características y resuelva las limitaciones de las propuestas anteriores. De hecho, este es el motivo por el que se ha realizado esta revisión, para elaborar una base teórica gracias a la cual se pueda conocer la situación actual de la IA en rehabilitación musculoesquelética y determinar las necesidades de investigación futuras para que pueda orientar a los desarrolladores de IA.

A continuación se desarrolla una propuesta de investigación para evaluar el impacto de una IA con capacidad de ofrecer de forma autónoma programas de rehabilitación musculoesquelética a nivel de Atención Primaria (AP) en Cataluña, con objetivo de tratar la patología musculoesquelética de baja complejidad y de empoderar al paciente en su autocuidado, sin necesidad de supervisión ni de derivación del paciente a los Servicios de Rehabilitación especializados.

- **Tipo de estudio:** Ensayo piloto con aleatorización a grupo de intervención con IA y grupo de control con intervención habitual de rehabilitación en un servicio especializado.
- **Objetivo:** evaluación del impacto de la IA como herramienta de rehabilitación musculoesquelética en un Centro de Atención Primaria de Cataluña.
- **Metodología:**

### Selección de pacientes:

Se seleccionarán pacientes con un problema musculoesquelético reclutados desde la consulta médica de los médicos de familia del CAP participante en el estudio. Se asignará a los pacientes de forma aleatoria al grupo de intervención con la IA o al grupo control que harán tratamiento en un Servicio de Rehabilitación de la zona (cuidado habitual). La duración del estudio será de 10 meses.

### Fases del estudio:

1. Reclutamiento de pacientes: 3 meses
2. Intervención de rehabilitación: 4 semanas (el Servicio de Rehabilitación será conocedor del estudio por lo que la intervención también se basará únicamente en ejercicios y durará un mes al igual que con la IA, con la única diferencia de que el grupo control estará sujeto a las listas de espera del Servicio y el grupo control empezará inmediatamente)
3. Seguimiento: 6 meses desde el fin del tratamiento rehabilitador.

- **Población diana:** pacientes con patología musculoesquelética degenerativa no quirúrgica seleccionados en un Centro de Atención Primaria (CAP) de Cataluña elegido para el estudio piloto.
- **Intervención con IA:** IA integrada en los sistemas de información de Atención Primaria (plataforma de trabajo de los médicos de familia *ECAP* y portal electrónico del paciente *La Meva Salut*) para poder ofrecer un programa de rehabilitación online con módulos educativos sobre la patología del paciente y un programa de ejercicios personalizado (en formato texto, imagen y video), así como, cuestionarios de seguimiento del dolor y funcionalidad para poder evaluar la eficacia de la intervención y generar un informe evolutivo para su revisión por el médico de familia responsable. El paciente accede al programa desde *La Meva Salut* con cualquier dispositivo inteligente (PC, Smartphone o Tablet) y desde cualquier lugar con conexión a internet. El programa de rehabilitación es elegido a partir del diagnóstico clínico de su enfermedad, las características basales del paciente, y las preferencias del mismo en cuanto al ejercicio físico, que se evalúan a partir de los datos presentes en la historia clínica y una encuesta que deberá cumplimentar el paciente.
- **Sistema de recogida de datos:**
  1. Cuestionarios autocumplimentados por el paciente
  2. Datos de los sistemas de información del Sistema Sanitario.
- **VARIABLES DE ESTUDIO (DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES):**

#### **VARIABLES INDEPENDIENTES**

##### A evaluar al inicio del estudio (T0):

- Edad (años)
- Sexo: mujer, hombre
- Diagnóstico clínico: artralgia, artrosis, tendinopatía, tendinitis, dolor inespecífico, discopatía, meniscopatía, condropatía, esguince
- Localización: cervical, dorsal, lumbar, hombro, codo, muñeca, mano, pelvis posterior, pelvis lateral, pelvis anterior, rodilla, tobillo, pie
- Tiempo de evolución del problema: 1-3 meses, 3-6m, 6-12 m, >12m
- Tratamientos previos recibidos en el ámbito sanitario: analgesia, fisioterapia, infiltración, cirugía.
- Situación laboral: en activo, de incapacidad laboral temporal (ILT), pensionista, en paro.
- Tratamiento rehabilitador actual: IA o rehabilitación convencional.

#### **VARIABLES DE IMPACTO DE LA IA (DEPENDIENTES):**

##### A evaluar al finalizar el tratamiento (T1):

- Variables de los Servicios de Rehabilitación:
  1. Tiempo de espera desde la visita del médico de familia hasta la visita del médico rehabilitador (días)
  2. Tiempo de espera desde la visita del médico rehabilitador hasta el inicio del tratamiento de fisioterapia (días)
  3. Ratio nº pacientes/fisioterapeuta en el tratamiento
- Tiempo (días) desde la visita del médico de cabecera hasta el inicio de la terapia con IA por parte del paciente.

- Satisfacción del paciente con el tratamiento de rehabilitación (tanto con IA como en el Servicio de Rehabilitación)

#### Efectividad de la intervención

Estas variables serán comparadas entre grupos y se evaluarán en 3 momentos: T0 (antes de rehabilitación), T1 (al finalizar la rehabilitación), T2 (6 meses tras finalizar la rehabilitación):

- Dolor: escala verbal numérica (0-10) y necesidad de medicación analgésica (sí/no)
- Funcionalidad: Índice de Barthel
- Calidad de vida: SF-36
- Autoeficacia: cuestionario de autoeficacia para regular el ejercicio (SERES)
- Situación laboral: en activo, ILT, pensionista, en paro.

#### Impacto económico

Se evaluará al finalizar el periodo de seguimiento.

- Coste derivado del tratamiento en un Servicio de Rehabilitación (coste/proceso x nº de procesos)
- Ahorro de costes al realizar tratamiento con IA (coste/proceso x nº de procesos ahorrados)
- Nº de reconsultas en AP por el mismo motivo de salud durante el seguimiento de los 6 meses, y su respectivo coste.
- Nº de visitas médicas a especialistas de atención secundaria (traumatología, reumatología, rehabilitación) por el mismo motivo de salud durante el seguimiento de los 6 meses, y su respectivo coste.
- Análisis de coste-efectividad
- **Estrategia de análisis de datos:**
  1. Estadística descriptiva
  2. Análisis de resultados comparativo entre grupos en los resultados de variables dependientes (tamaño de efecto y precisión estadística)
  3. Análisis de asociación entre variables independientes y dependientes.

#### • **Consideraciones éticas** <sup>36-39</sup>.

Durante el estudio deberán respetarse los siguientes Principios éticos:

- 1.No maleficencia: la valoración inicial del paciente por un médico de familia previo al uso de la IA es obligatoria para confirmar que el paciente es apto para este programa y evitar posibles efectos adversos en su salud.
2. Autonomía del paciente: los usuarios deben ser informados sobre los beneficios y riesgos de su participación en el estudio y dar su libre Consentimiento para participar en el estudio y el uso de sus datos con fines de investigación.
3. Responsabilidad: en caso de efectos adversos, dado que la IA carece de autonomía y responsabilidad, en todo momento debe haber un médico de familia responsable que pueda brindar soporte durante el tratamiento y evalúe la respuesta a la intervención.
4. Explicabilidad: los pacientes tienen el derecho a saber quién usa sus datos, cómo lo hace y con qué objetivos, por ello, la interfaz del usuario de la plataforma de IA deberá disponer de un espacio con dicha información.
5. Intimidad y confidencialidad: deben protegerse los derechos digitales y cumplir la normativa de seguridad digital para la gestión segura de la información de pacientes (estándares HIPAA y RGPD)

6. Justicia: debe poder ofrecerse la intervención con IA a cualquier paciente por lo que se evaluarán las competencias digitales de los participantes y en caso de tener déficits se ofrecerá formación específica.

Y se cumplirá con los Principios de Investigación en humanos:

La investigación y la experimentación científica sobre el ser humano constituyen un derecho y un deber de la comunidad científica y biomédica [CEDM; CMH1985; DUGH1997; IR1999; DH1964; D2001/20/CE; GEME; CPDH1997]; Primacía del ser humano [DH1964; IR1999; CPDH1997; CEDM; DN1967; D2001/20/CE]. La experimentación con seres humanos que pueda suponer riesgos o molestias para los sujetos sólo debe realizarse cuando no existan procedimientos alternativos de eficacia comparable [DH1964; IR1999]; Proporcionalidad entre beneficios y riesgos de la investigación [DH, IR1999; D2001/20/CE; RD561/1993; CEDM]; Participación voluntaria, libre e informada de los sujetos [DH; CEDM; GEME; IR1999; D2001/20/CE; RD561/1993]; Garantía del derecho a la intimidad de los sujetos [CEDM; DN1967; CMH1985; GEME; POUM; D2001/20/CE; RD561/1993; LO5/1992]; Respeto a la dignidad, convicciones e intimidad del sujeto [CEDM; CMH1985; DUGH1997; IR1999; DH1964; D2001/20/CE; GEME; CPDH1997]; y Competencia del investigador [IR1999; CEDM; DH; D2001/20/CE].

## 7. Conclusiones

La IA ha demostrado resultados significativos en la reducción de síntomas en la mitad de los estudios por lo que es factible plantear su aplicación en rehabilitación musculoesquelética para mejorar el dolor y la sintomatología de la artrosis.

La mayoría de los estudios que han evaluado el impacto de la IA sobre la funcionalidad y calidad de vida relacionada con la salud no han encontrado resultados significativos, por lo que de momento no puede considerarse una opción terapéutica para mejorar estos aspectos en patología musculoesquelética y debe someterse a más investigación.

La educación parece tener potencial para motivar al usuario en la realización del programa de ejercicio, pero la literatura que lo ha valorado es muy escasa y se necesita más investigación para confirmar el impacto real.

Pocos estudios evalúan el impacto en la autoeficacia y los resultados son variables por lo que se necesita realizar más estudios para confirmar que la IA puede mejorar el autocuidado en los trastornos musculoesqueléticos.

La IA parece útil para inducir la práctica de ejercicio en algunos estudios, pero se necesita más investigación para conocer la relación entre el uso de la APP, la adherencia al ejercicio y la mejoría clínica para determinar con mayor claridad qué factores se asocian con mejores resultados.

El impacto de la IA en el consumo de recursos sanitarios ha sido poco estudiado y no es posible concluir si reduce o no los costes sanitarios.

La limitaciones de las intervenciones con IA se basan principalmente en que se desconoce su efecto a largo plazo y en que en la mayoría de los estudios se basa en información autoinformada por el paciente sin incorporar datos objetivos.

La presente revisión puede servir de precedente y utilizarse como base teórica para el diseño y desarrollo de una IA que de Rehabilitación musculoesquelética en AP, y de este modo, facilitar el acceso de los pacientes a tratamientos de rehabilitación, capacitar los CAP para la resolución de la patología musculoesquelética básica de su población, reducir el sobreuso de los Servicios de Rehabilitación, reducir los costes sanitarios, y empoderar al paciente en el manejo de este tipo de patologías y en su autocuidado.

## Bibliografía

1. Fernández Hernández M, Bouzas Pérez D, Martín Moretón M del C. Patología osteomuscular y dolor crónico: rotación multidisciplinar para médicos de atención primaria. Rev Soc Esp Dolor [Internet]. 2017; Disponible en: <http://dx.doi.org/10.20986/resed.2017.3562/2017>
2. Carmona L. The burden of musculoskeletal diseases in the general population of Spain: results from a national survey. Ann Rheum Dis [Internet]. 2001;60(11):1040-5. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1136/ard.60.11.1040>
3. Blanco FJ, Silva-Díaz M, Quevedo Vila V, Seoane-Mato D, Pérez Ruiz F, Juan-Mas A, et al. Prevalencia de artrosis sintomática en España: Estudio EPISER2016. Reumatol Clín (Engl Ed) [Internet]. 2020;17(8):461-70. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.reuma.2020.01.008>
4. Loza E, Lopez-Gomez JM, Abasolo L, Maese J, Carmona L, Batlle-Gualda E, et al. Economic burden of knee and hip osteoarthritis in Spain. Arthritis Rheum [Internet]. 2009;61(2):158-65. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1002/art.24214>
5. Encuesta de Discapacidad, Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia 2008 [Internet]. INE Instituto Nacional de Estadística. 2008 [citado 1 abril 2022]. Disponible en: <https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t15/p418/a2008/hogares/p02/modulo1/10/&file=04028.px&L=0>
6. Análisis de las estadísticas sobre discapacidad derivadas de la Encuesta de Población Activa (EPA) [Internet]. INE Instituto Nacional de Estadística. 2013 [citado 1 abril 2022]. Disponible en: [https://www.ine.es/metodologia/t22/analisis\\_epa\\_epd.pdf](https://www.ine.es/metodologia/t22/analisis_epa_epd.pdf)
7. Barberá JM. La evidencia de la terapia no farmacológica en la artrosis. Rev Esp Reumatol [Internet]. 2005 [citado 1 de abril de 2022];32(1):8-12. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-reumatologia-29-articulo-la-evidencia-terapia-no-farmacologica-13071157>
8. Christiansen DH, Hjort J. Group-based exercise, individually supervised exercise and home-based exercise have similar clinical effects and cost-effectiveness in people with subacromial pain: a randomised trial. J Physiother [Internet]. 2021;67(2):124-31. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jphys.2021.02.015>
9. Anar SÖ. The effectiveness of home-based exercise programs for low back pain patients. J Phys Ther Sci [Internet]. 2016;28(10):2727-30. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1589/jpts.28.2727>
10. Ventajas de incorporar la tele-rehabilitación a la asistencia sanitaria [Internet]. DyCare. 2018 [citado 3 abril 2022]. Disponible en:

- <https://www.dycare.com/es/divulgacion/ventajas-de-incorporar-la-tele-rehabilitacion-la-asistencia-sanitaria/>
11. Cieza A, Causey K, Kamenov K, Hanson SW, Chatterji S, Vos T. Global estimates of the need for rehabilitation based on the Global Burden of Disease study 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet* [Internet]. 2021;396(10267):2006-17. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32340-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32340-0)
  12. Trastornos musculoesqueléticos [Internet]. Organización Mundial de la Salud. 2021 [citado 1 abril 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions>
  13. Chen H-K, Chen F-H, Lin S-F. An AI-based exercise prescription recommendation system. *Appl Sci (Basel)* [Internet]. 2021;11(6):2661. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/app11062661>
  14. Mejoramos el acceso a la sanidad en todo el mundo [Internet]. Mediktor. 2022 [citado 1 abril 2022]. Disponible en: <https://www.mediktor.com/es>
  15. Barriga EM, Ferrer IP, Sánchez MS, Baranera MM, Utset JM. Experiencia de Mediktor®: un nuevo evaluador de síntomas basado en inteligencia artificial para pacientes atendidos en el servicio de urgencias. *Emergencias* [Internet]. 2017 [citado 1 de abril de 2022];29(6):391-6. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6159459>
  16. Telerehabilitación Personalizada segura y flexible [Internet]. ReHub. 2022 [citado 1 abril 2022]. Disponible en: <https://www.telerehub.com/es/home>
  17. Rehabilitation Hub: The World's first Digital Recovery Therapy solution [Internet]. CORDIS. 2022 [citado 1 abril 2022]. Disponible en: <https://cordis.europa.eu/project/id/811755/es>
  18. DKV Seguros elige ReHub como plataforma de telerehabilitación [Internet]. ReHub. 2021 [citado 1 abril 2022]. Disponible en: <https://www.telerehub.com/es/blog/dkv-seguros-elige-rehub-como-plataforma-de-telerehabilitaci%C3%B3n>
  19. Redacción DS. ReHub lanza nueva funcionalidad de computer vision en el MWC 22 [Internet]. *Diario Salud*. 2022 [citado 1 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.diariosalud.do/noticias/rehub-lanza-nueva-funcionalidad-de-computer-vision-en-el-mwc-22/>
  20. Nace Fisify, el servicio de fisioterapia online basado en la inteligencia artificial [Internet]. ECD CONFIDENCIAL DIGITAL. 2020 [citado 1 abril 2022]. Disponible en: <https://www.elconfidencialdigital.com/articulo/comunicados/nace-fisify-servicio-fisioterapia-online-basado-inteligencia-artificial/20200407175123142455.html>
  21. Anan T, Kajiki S, Oka H, Fujii T, Kawamata K, Mori K, et al. Effects of an artificial intelligence-assisted health program on workers with neck/shoulder pain/stiffness and low back pain: Randomized controlled trial. *JMIR MHealth UHealth* [Internet]. 2021;9(9):e27535. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2196/27535>
  22. Lo WLA, Lei D, Li L, Huang DF, Tong K-F. The perceived benefits of an artificial intelligence-embedded mobile app implementing evidence-based guidelines for the self-management of chronic neck and back pain: Observational study. *JMIR MHealth UHealth* [Internet]. 2018;6(11):e198. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2196/mhealth.8127>
  23. Øverås CK, Nilsen TIL, Nicholl BI, Rughani G, Wood K, Søgård K, et al. Multimorbidity and co-occurring musculoskeletal pain do not modify the effect of the SELFBACK app on low back pain-related disability. *BMC Med* [Internet]. 2022;20(1):53. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12916-022-02237-z>
  24. Pelle T, Bevers K, van der Palen J, van den Hoogen FHJ, van den Ende CHM. Effect of the dr. Bart application on healthcare use and clinical outcomes in people with osteoarthritis of the knee and/or hip in the Netherlands; a randomized controlled trial. *Osteoarthritis Cartilage* [Internet]. 2020;28(4):418–27. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joca.2020.02.831>

25. Pelle T, van der Palen J, de Graaf F, van den Hoogen FHJ, Bevers K, van den Ende CHM. Use and usability of the dr. Bart app and its relation with health care utilisation and clinical outcomes in people with knee and/or hip osteoarthritis. *BMC Health Serv Res* [Internet]. 2021;21(1):444. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12913-021-06440-1>
26. Rabbi M, Aung MSH, Gay G, Reid MC, Choudhury T. Feasibility and acceptability of mobile phone-based auto-personalized physical activity recommendations for chronic pain self-management: Pilot study on adults. *J Med Internet Res* [Internet]. 2018;20(10):e10147. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2196/10147>
27. Sandal LF, Bach K, Øverås CK, Svendsen MJ, Dalager T, Stejnicher Drongstrup Jensen J, et al. Effectiveness of app-delivered, tailored self-management support for adults with lower back pain-related disability: A selfBACK randomized clinical trial: A selfBACK randomized clinical trial. *JAMA Intern Med* [Internet]. 2021;181(10):1288–96. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1001/jamainternmed.2021.4097>
28. Thiengwittayaporn S, Wattanapreechanon P, Sakon P, Peethong A, Ratisoontorn N, Charoenphandhu N, et al. Development of a mobile application to improve exercise accuracy and quality of life in knee osteoarthritis patients: a randomized controlled trial. *Arch Orthop Trauma Surg* [Internet]. 2021; Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00402-021-04149-8>
29. Pelle T, Bevers K, van der Palen J, van den Hoogen F, van den Ende C. Effect of the Dr. Bart Application on Healthcare Use and Clinical Outcomes in People with Osteoarthritis of the Knee And/or Hip in the Netherlands; A Randomized Controlled Trial [abstract]. *Arthritis Rheumatol*. 2019; 71 (suppl 10). Disponible en: <https://acrabstracts.org/abstract/effect-of-the-dr-bart-application-on-healthcare-use-and-clinical-outcomes-in-people-with-osteoarthritis-of-the-knee-and-or-hip-in-the-netherlands-a-randomized-controlled-trial/>
30. Gross DP, Steenstra IA, Shaw W, Yousefi P, Bellinger C, Zaïane O. Validity of the Work Assessment Triage Tool for Selecting Rehabilitation Interventions for Workers' Compensation Claimants with Musculoskeletal Conditions. *Journal of Occupational Rehabilitation*. 2019 Jul 2;30(3):318–30. Lo WLA, Lei D, Li L, Huang DF, Tong K-F. The perceived benefits of an artificial intelligence-embedded mobile app implementing evidence-based guidelines for the self-management of chronic neck and back pain: Observational study. *JMIR MHealth UHealth* [Internet]. 2018;6(11):e198. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2196/mhealth.8127>
31. Cinthuja P, Krishnamoorthy N, Shivapatham G. Effective interventions to improve long-term physiotherapy exercise adherence among patients with lower limb osteoarthritis. A systematic review. *BMC Musculoskelet Disord* [Internet]. 2022;23(1):147. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12891-022-05050-0>
32. Bunting JW, Withers TM, Heneghan NR, Greaves CJ. Digital interventions for promoting exercise adherence in chronic musculoskeletal pain: a systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy* [Internet]. 2021;111:23–30. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physio.2020.08.001>
33. Jakob R, Harperink S, Rudolf AM, Fleisch E, Haug S, Mair JL, et al. Factors influencing adherence to mHealth apps for prevention or management of noncommunicable diseases: Systematic review. *J Med Internet Res* [Internet]. 2022;24(5):e35371. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2196/35371>
34. Picha KJ, Howell DM. A model to increase rehabilitation adherence to home exercise programmes in patients with varying levels of self-efficacy. *Musculoskeletal Care* [Internet]. 2018;16(1):233–7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1002/msc.1194>
35. Collado-Mateo D, Lavín-Pérez AM, Peñacoba C, Del Coso J, Leyton-Román M, Luque-Casado A, et al. Key factors associated with adherence to physical exercise in patients with chronic diseases and older adults: An umbrella review. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2021;18(4):2023. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph18042023>

36. PRINCIPIOS ÉTICOS QUE DEBEN REGIR LA EXPERIMENTACIÓN CON SUJETOS HUMANOS [Internet]. Uoc.edu. [citado el 19 de junio de 2022]. Disponible en:  
[https://research.uoc.edu/portal/resources/CA/documents/recerca/Principios\\_eticos\\_USevilla.pdf](https://research.uoc.edu/portal/resources/CA/documents/recerca/Principios_eticos_USevilla.pdf)
37. Rodríguez EJF. Estudio piloto abierto aleatorizado de la intervención no farmacológica en el control de la astenia referida por la enfermedad oncológica. Revista asturiana de Terapia Ocupacional [Internet]. 2013 [citado el 19 de junio de 2022];(10):3–10. Disponible en:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4209261>
38. Fundacionmercksalud.com. [citado el 19 de junio de 2022]. Disponible en:  
[https://www.fundacionmercksalud.com/wp-content/uploads/2021/02/DIGITAL\\_MONOGRAFIA-26\\_INTELIGENCIA-ARTIFICIAL\\_FINAL-1.pdf](https://www.fundacionmercksalud.com/wp-content/uploads/2021/02/DIGITAL_MONOGRAFIA-26_INTELIGENCIA-ARTIFICIAL_FINAL-1.pdf)
39. Gob.es. [citado el 19 de junio de 2022]. Disponible en:  
[https://www.ciencia.gob.es/dam/jcr:5af98ba2-166c-4e63-9380-4f3f68db198e/Estrategia\\_Inteligencia\\_Artificial\\_IDI.pdf](https://www.ciencia.gob.es/dam/jcr:5af98ba2-166c-4e63-9380-4f3f68db198e/Estrategia_Inteligencia_Artificial_IDI.pdf)