Salud ConCiencia ISSN: 2953-5247
Vol. 2 Núm. 2 (2023), e22
https://doi.org/10.55204/scc.v2i2.e22

Área: Medicina
Artículo de revisión

Aplicación de la inteligencia artificial en la gestión del dolor en pacientes postoperatorios: revisión bibliográfica

Application of artificial intelligence in pain management in postoperative patients: literature review

Frank Sebastián Montero Bustamante[1][0009-0006-3330-8580], Luis Felipe Barzallo Correa[2][0009-0009-5560-9116]

[1, 2] Universidad Católica de Cuenca. Unidad Académica de Salud y Bienestar, Av. de las Américas y Humboldt. Cuenca. Ecuador

[1]fsmonterob66@est.ucacue.edu.ec, [2]fbarza65@hotmail.com

Salud ConCiencia
ISSN: 2953-5247

Recibido: 2023-08-25
Revisado: 2023-09-01 al 2023-09-19
Corregido: 2023-10-03
Aceptado: 2023-10-07
Publicado: 2023-10-14

Los contenidos de este artículo están bajo una licencia de Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)
Los autores conservan los derechos morales y patrimoniales de sus obras.
The contents of this article are under a Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license. The authors retain the moral and patrimonial rights of their works.

Introducción: el artículo explora la evolución de la atención postoperatoria y su relación con los avances científicos y tecnológicos en la medicina. Se destaca el desafío del manejo efectivo del dolor postoperatorio y su impacto en la experiencia y recuperación del paciente.
Objetivo: el objetivo principal del artículo es profundizar en la intersección entre la inteligencia artificial (IA) y el cuidado postoperatorio.
Desarrollo: se presentan los resultados de varios estudios que exploran la aplicación de la IA en el manejo del dolor postoperatorio. Los estudios incluyen la predicción del uso prolongado de opioides después de la cirugía, la evaluación del dolor mediante el reconocimiento de expresiones faciales y la revisión de técnicas actuales y limitaciones en el uso de la IA en anestesiología.
Conclusión: la IA se ha demostrado valiosa en el manejo del dolor postoperatorio, ofreciendo soluciones innovadoras como la predicción de uso prolongado de opioides y la evaluación del dolor a través de expresiones faciales. Se destaca la importancia de un enfoque preventivo, la colaboración interdisciplinaria y la rigurosidad en la implementación de la IA en la atención médica. Aunque prometedora, la IA también presenta desafíos que deben abordarse.
Palabras clave: Inteligencia Artificial, Dolor Postoperatorio, Manejo del Dolor, Tecnología Biomédica, Recuperación Mejorada Después de la Cirugía.
Abstract:
Introduction: the article explores the evolution of postoperative care and its relationship with scientific and technological advancements in medicine. The challenge of effective postoperative pain management is highlighted, along with its impact on patient experience and recovery.
Objective: the main objective of the article is to delve into the intersection between Artificial Intelligence (AI) and postoperative care.
Development: the results of several studies exploring the application of AI in postoperative pain management are presented. These studies encompass predicting extended opioid use after surgery, pain assessment through facial expression recognition, and reviewing current techniques and limitations in AI usage in anesthesiology.
Conclusion: ai has proven to be valuable in postoperative pain management, offering innovative solutions such as predicting prolonged opioid use and pain assessment through facial expressions. The importance of a preventive approach, interdisciplinary collaboration, and rigor in implementing AI in healthcare is emphasized. While promising, AI also presents challenges that need to be addressed.
Keywords: "Artificial Intelligence", "Postoperative Pain", "Pain Management", "Biomedical Technology", "Enhanced Recovery After Surgery".

Cómo Citar: Montero Bustamante FS, Barzallo Correa LF. Aplicación de la inteligencia artificial en la gestión del dolor en pacientes postoperatorios: revisión bibliográfica. Salud ConCienc. [Internet]. 14 de octubre de 2023 [citado 14 de octubre de 2023];2(2):e22. https://doi.org/10.55204/scc.v2i2.e22

1. INTRODUCIÓN

La atención postoperatoria ha experimentado transformaciones significativas a lo largo de los años, reflejando los avances científicos y tecnológicos que han permeado el mundo médico (1). Entre los desafíos más prominentes en este ámbito se encuentra el manejo eficaz del dolor postoperatorio, una preocupación constante que determina en gran medida la experiencia y recuperación del paciente (2).

Con los adelantos tecnológicos, la medicina ha hallado en la inteligencia artificial (IA) una herramienta potente y prometedora (3). La IA, con su habilidad para procesar y analizar grandes conjuntos de datos y aprender patrones con precisión, se ha convertido en un pilar revolucionario en diversas áreas de la salud (4). Esta tecnología no solo ha redefinido diagnósticos y tratamientos, sino que también ha ofrecido soluciones innovadoras en la monitorización y el cuidado de pacientes (5).

En el manejo del dolor postoperatorio, las posibilidades de la IA abren un abanico de esperanza (6). Mediante algoritmos avanzados y sistemas predictivos, la IA tiene el potencial de ofrecer estrategias de manejo del dolor más personalizadas y eficaces, adaptadas a las necesidades individuales de cada paciente (7).

Con este panorama emergente, el objetivo principal de este trabajo es profundizar en la intersección entre la inteligencia artificial y el cuidado postoperatorio (8). Se busca no solo explorar las técnicas actuales basadas en IA, sino también entender cómo estas impactan positivamente en la vida real de los pacientes postquirúrgicos (9).

Sin embargo, como toda tecnología, la IA también viene con sus retos. Es vital abordar y discutir las limitaciones y posibles desafíos éticos que presenta su implementación en el ámbito médico. Esta revisión, por tanto, no solo se centrará en los beneficios, sino que ofrecerá una visión equilibrada, considerando los obstáculos y las áreas de mejora (10).

El objetivo general de la investigación es realizar una revisión bibliográfica de las evidencias científicas existentes sobre la aplicación de la inteligencia artificial en la gestión y control del dolor postoperatorio. Los objetivos específicos son: describir las técnicas actuales de inteligencia artificial disponibles y su aplicabilidad en la gestión del dolor postoperatorio y analizar los beneficios y limitaciones de la aplicación de la inteligencia artificial en la gestión del dolor postoperatorio

Desde que el ser humano comenzó a plasmar sus ideas en la ficción, la noción de máquinas que podrían pensar, aprender y actuar como nosotros ha fascinado nuestras mentes. Con la llegada del siglo XXI, esa fantasía se ha convertido en una realidad tangible en forma de Inteligencia Artificial (IA) (11). Pero ¿qué es realmente la IA?

La Inteligencia Artificial, en términos simples, se refiere a la simulación de procesos de inteligencia humana por parte de sistemas de máquinas, en especial sistemas informáticos. Estos procesos incluyen el aprendizaje (la adquisición de información y reglas para usar la información), el razonamiento (usando reglas para llegar a conclusiones concretas) y la autocorrección (11).

La génesis de la IA se remonta a la década de 1950, siendo el término "inteligencia artificial" acuñado por primera vez por John McCarthy para la famosa conferencia de Dartmouth en 1956. Desde ese

momento, la IA ha pasado por varios altibajos en términos de investigación, financiamiento y expectativas. Durante este tiempo, ha habido momentos de intenso optimismo, seguidos de períodos de decepción y escepticismo, conocidos en la comunidad de IA como "inviernos de IA" (12).

A medida que avanzamos en el tiempo, la evolución tecnológica ha permitido que la IA se beneficie de la mejora en la capacidad de procesamiento, la disponibilidad de grandes cantidades de datos y algoritmos más sofisticados. Esto ha llevado a desarrollos significativos en áreas específicas de la IA, como el aprendizaje automático (donde las máquinas pueden aprender de los datos sin estar explícitamente programadas), el procesamiento del lenguaje natural (que permite a las máquinas entender e interpretar el lenguaje humano) y la visión por computadora (donde las máquinas pueden interpretar y tomar decisiones basadas en imágenes) (13).

La Inteligencia Artificial (IA) se define como el campo de estudio que busca crear sistemas capaces de realizar tareas que, tradicionalmente, requerían de la inteligencia humana. Estas tareas abarcan capacidades como el razonamiento, el aprendizaje, la percepción visual, el reconocimiento de voz, la toma de decisiones y la traducción entre idiomas. En esencia, la finalidad de la IA es emular o simular las capacidades cognitivas humanas en máquinas (14).

Los primeros destellos del concepto de IA pueden rastrearse a los años 1940. En 1943, Warren McCulloch y Walter Pitts publicaron una investigación proponiendo que las redes neuronales podrían ser utilizadas para computar cualquier función lógica. Sin embargo, fue en 1950 cuando Alan Turing propuso su famoso "Test de Turing", planteando la pregunta fundamental de si una máquina puede pensar. Esta idea cobró impulso y, en 1956, durante la Conferencia de Dartmouth organizada por John McCarthy, el término "Inteligencia Artificial" fue acuñado, marcando el inicio oficial de la IA como campo de estudio (14).

El periodo que siguió, durante la década de 1960, estuvo lleno de optimismo. Surgieron las primeras soluciones basadas en reglas, conocidas como sistemas expertos, que buscaban emular la toma de decisiones de expertos humanos en campos específicos. Sin embargo, al llegar a finales de la década de 1970, se hizo evidente que el progreso no estaba a la altura de las expectativas iniciales. Este desajuste entre las expectativas y la realidad condujo a un periodo de desilusión y reducción en el financiamiento e interés por la IA (15).

A pesar de esta desilusión, la década de 1980 trajo un resurgimiento de interés gracias a los sistemas expertos. Estos sistemas renovaron la esperanza en el potencial de la IA para emular la toma de decisiones en áreas especializadas. No obstante, esta esperanza fue efímera, ya que hacia finales de los años 80 y principios de los 90, el entusiasmo decayó una vez más debido a las limitaciones de estos sistemas (15).

El cambio de milenio marcó un punto de inflexión en la historia de la IA. Con la llegada de la era del Big Data y avances significativos en algoritmos y capacidad de procesamiento, la atención se centró en el aprendizaje automático. Esta subdisciplina de la IA permite que las máquinas aprendan y mejoren a partir de la experiencia. Un hito en este campo se produjo en 2012, cuando una red neuronal convolucional ganó la competencia de ImageNet, lo que marcó un renacimiento de las redes neuronales. Hoy en día, impulsada

por la disponibilidad de grandes conjuntos de datos, poder computacional y algoritmos avanzados, la IA está en una etapa de avances y aplicaciones prácticas en múltiples sectores (15, 16).

Dolor Postoperatorio

El dolor postoperatorio, comúnmente referido como el malestar que experimentan los pacientes tras someterse a una intervención quirúrgica, es una realidad inevitable en el mundo de la medicina (17, 18). A pesar de ser una respuesta natural del cuerpo a un trauma, si no se maneja adecuadamente, puede conducir a complicaciones tanto a corto como a largo plazo, afectando la calidad de vida del paciente y su recuperación general (19, 20).

Es vital entender que el dolor postoperatorio no es homogéneo; varía en intensidad, duración y naturaleza, dependiendo del tipo de cirugía, la técnica quirúrgica empleada y la constitución individual del paciente. Algunos pueden experimentar un dolor agudo y punzante, mientras que otros pueden describirlo como un dolor sordo y constante. Además, el umbral del dolor y la tolerancia varían de un individuo a otro, lo que complica aún más su manejo (20).

La gestión adecuada del dolor postoperatorio es esencial no solo para el bienestar y confort del paciente, sino también para evitar posibles complicaciones. Un dolor incontrolado puede conducir a efectos secundarios no deseados como insomnio, ansiedad, aumento de la presión arterial y, en casos extremos, puede generar condiciones crónicas de dolor. Además, un manejo inadecuado del dolor puede prolongar la estancia hospitalaria y aumentar los costos médicos (20).

Para abordar eficazmente el dolor postoperatorio, es fundamental adoptar un enfoque multimodal. Esto implica combinar diferentes técnicas analgésicas, medicamentos y terapias complementarias para obtener el alivio más efectivo. Por ejemplo, la combinación de analgésicos, antiinflamatorios y, en ocasiones, medicamentos más potentes como los opioides, puede ser la clave para garantizar una recuperación sin dolor. A su vez, terapias complementarias como la fisioterapia, la aplicación de calor o frío y técnicas de relajación pueden ser igualmente beneficiosas (21).

Con los avances en la medicina, la anestesiología y las técnicas quirúrgicas, el enfoque hacia el dolor postoperatorio ha evolucionado. El objetivo ya no es simplemente aliviar el dolor, sino garantizar una recuperación rápida, minimizar los efectos secundarios y maximizar la calidad de vida del paciente. Esta perspectiva holística, centrada en el paciente, ha demostrado ser la más efectiva en la gestión del dolor postoperatorio, ofreciendo resultados optimizados y experiencias de recuperación más positivas (21).

Definición y tipos de dolor postoperatorio.

El dolor postoperatorio se refiere al malestar o incomodidad que un paciente siente después de haberse sometido a una intervención quirúrgica. Esta sensación dolorosa es una combinación de la respuesta inflamatoria del cuerpo al trauma quirúrgico y los daños a los tejidos y nervios en la zona operada. El manejo adecuado de este dolor es crucial no solo para el confort del paciente, sino también para promover una recuperación más rápida y reducir el riesgo de complicaciones (22).

Hay varios tipos de dolor postoperatorio que se pueden clasificar según su duración e intensidad:

1. **Dolor agudo postoperatorio:** Es el tipo más común de dolor que se experimenta inmediatamente después de la cirugía. Es de naturaleza temporal y suele disminuir a medida que la zona operada sana. Con un manejo adecuado, este dolor es transitorio y se espera que desaparezca a medida que el paciente se recupera (23).
2. **Dolor crónico postoperatorio:** A diferencia del dolor agudo, el dolor crónico postoperatorio persiste mucho tiempo después de que se espera que la herida quirúrgica haya sanado, generalmente más allá de tres meses. Las razones detrás de este dolor prolongado pueden variar, desde daños a los nervios durante la cirugía hasta factores genéticos o psicológicos del paciente (23).
3. **Dolor somático:** Es un dolor que proviene de la piel, músculos o tejidos blandos y generalmente se siente en la superficie. Es un dolor bien localizado, a menudo descrito como agudo o punzante, como el que podría sentirse en una incisión quirúrgica (23).
4. **Dolor visceral:** Este tipo de dolor proviene de los órganos internos y suele ser difuso y difícil de localizar. Es a menudo descrito como un dolor sordo, punzante o de calambre. Un ejemplo podría ser el dolor que se siente después de una cirugía abdominal (23).
5. **Dolor neuropático:** Resultante de un daño o disfunción de los nervios, este dolor es a menudo descrito como ardiente, punzante o similar a un choque eléctrico. Las cirugías que involucran nervios o plexos nerviosos a menudo pueden resultar en dolor neuropático si no se manejan adecuadamente (23).

Es esencial identificar y diferenciar entre estos tipos de dolor postoperatorio para poder administrar el tratamiento y el alivio más adecuados. A través de una comprensión precisa, los profesionales de la salud pueden asegurar que los pacientes reciban el cuidado y la atención necesarios para una recuperación cómoda y efectiva.

Mecanismos biológicos y fisiopatología del dolor.

El dolor, una experiencia sensorial y emocional desagradable, es una respuesta compleja del cuerpo a estímulos potencialmente dañinos. Su comprensión requiere una apreciación tanto de los mecanismos biológicos subyacentes como de los procesos fisiopatológicos involucrados (24).

Desde una perspectiva biológica, el dolor comienza con la activación de nociceptores, que son terminaciones nerviosas especializadas en detectar estímulos potencialmente dañinos, como el calor extremo, el frío o la presión. Una vez activados, estos receptores envían señales a través de fibras nerviosas hacia la médula espinal y luego al cerebro, donde se interpreta como dolor (17).

Este proceso no es simple ni lineal. Durante su transmisión, las señales del dolor pueden ser amplificadas, atenuadas o modificadas por una serie de factores. En la médula espinal, por ejemplo, las interneuronas pueden inhibir o potenciar la señal del dolor antes de que alcance el cerebro. Esto explica por qué, en ciertas circunstancias, podemos no sentir dolor inmediatamente después de una lesión (24).

A nivel cerebral, diversas áreas participan en la interpretación y respuesta al dolor, como el tálamo,

la corteza somatosensorial y el sistema límbico. El tálamo actúa como una estación de retransmisión, enviando las señales a las regiones corticales donde se percibe la intensidad y la localización del dolor. El sistema límbico, por otro lado, está involucrado en la dimensión emocional del dolor, lo que puede explicar por qué dos personas pueden reaccionar de manera muy diferente ante un estímulo doloroso similar (19).

La fisiopatología del dolor es aún más compleja cuando consideramos el dolor crónico. En lugar de ser simplemente una respuesta a un estímulo nocivo, el dolor crónico puede surgir de una disfunción en el sistema nervioso mismo. En ciertas condiciones, como la neuralgia posterapéutica o la fibromialgia, las señales dolorosas se amplifican y perpetúan sin un estímulo externo claro. Esta "sensibilización central" puede ser el resultado de cambios en la expresión genética, la liberación de mediadores inflamatorios y alteraciones en la neurotransmisión (24).

Finalmente, es fundamental reconocer que el dolor es intrínsecamente subjetivo. Factores psicológicos, sociales y culturales influyen en cómo percibimos, interpretamos y reaccionamos al dolor. Estas influencias pueden alterar los mecanismos biológicos y fisiopatológicos del dolor, haciendo de su tratamiento y manejo un desafío interdisciplinario que requiere una comprensión holística y centrada en el paciente.

Métodos convencionales de manejo del dolor postoperatorio.

El manejo del dolor postoperatorio es fundamental para garantizar una recuperación eficiente y mejorar la calidad de vida del paciente después de una cirugía. A lo largo de los años, se han establecido varios métodos convencionales para tratar el dolor postoperatorio, siendo el enfoque principal proporcionar alivio inmediato y facilitar una recuperación más rápida (25).

Los analgésicos son, con mucho, la estrategia más comúnmente utilizada para el manejo del dolor postoperatorio. Los medicamentos como el paracetamol y los antiinflamatorios no esteroides (AINE) como el ibuprofeno suelen ser los primeros en ser administrados debido a su eficacia y perfil de efectos secundarios relativamente bajo. Estos medicamentos actúan reduciendo la inflamación y bloqueando la producción de sustancias químicas en el cuerpo que causan dolor (22).

Para el dolor más intenso o persistente, los opioides como la morfina, el fentanilo y la oxicodona son a menudo prescritos. Si bien son altamente efectivos, su uso se administra con precaución debido a posibles efectos secundarios como somnolencia, náuseas y el potencial de dependencia. Es esencial que los profesionales de la salud monitoreen de cerca a los pacientes para minimizar el riesgo de complicaciones relacionadas con los opioides (16).

La anestesia regional y las técnicas de bloqueo nervioso son otro método valioso en el arsenal contra el dolor postoperatorio. Estas técnicas involucran la inyección de anestésicos locales en áreas específicas para bloquear la transmisión de señales dolorosas. Por ejemplo, un bloqueo epidural puede administrarse para cirugías abdominales o de extremidades inferiores, proporcionando alivio del dolor sin afectar la conciencia del paciente (25).

Además de los medicamentos y las técnicas de anestesia, el manejo no farmacológico del dolor

postoperatorio también ha demostrado ser efectivo. Estrategias como la terapia física, la aplicación de calor o frío en la zona afectada y técnicas de relajación pueden ser útiles en la reducción del dolor. Estos métodos, aunque simples, pueden ser sorprendentemente efectivos, especialmente cuando se combinan con tratamientos farmacológicos.

Impacto del dolor postoperatorio en la recuperación y calidad de vida del paciente.

El dolor postoperatorio no es simplemente una molestia pasajera; tiene ramificaciones profundas en la recuperación del paciente y su calidad de vida posterior a la cirugía. Al no tratarse adecuadamente, puede obstaculizar seriamente la rehabilitación y provocar una serie de complicaciones, algunas de las cuales pueden tener consecuencias a largo plazo (26).

En primer lugar, un dolor postoperatorio inadecuadamente controlado puede prolongar la estancia hospitalaria del paciente. Los pacientes con dolor severo pueden no estar en condiciones de realizar actividades simples, como levantarse de la cama, caminar o incluso respirar profundamente. Estas actividades, aunque parezcan básicas, son cruciales para prevenir complicaciones postoperatorias como trombosis venosa profunda, neumonía y atelectasia (24).

Además, el dolor intenso puede tener efectos perjudiciales en el sistema cardiovascular. El estrés asociado con el dolor crónico puede aumentar la frecuencia cardíaca, la presión arterial y el trabajo cardíaco en general. Para pacientes con enfermedades cardíacas preexistentes, esto puede presentar un riesgo significativo (26).

Desde una perspectiva psicológica, el dolor postoperatorio no tratado o mal gestionado puede conducir a una serie de problemas emocionales y cognitivos. Puede ser una fuente de ansiedad, depresión y alteraciones del sueño, lo que, a su vez, puede retrasar la recuperación. Los pacientes que experimentan dolor crónico postoperatorio también pueden desarrollar un temor a futuras intervenciones quirúrgicas o tratamientos médicos, lo que puede complicar su atención médica a largo plazo (18).

El impacto en la calidad de vida es igualmente significativo. El dolor limita la capacidad del paciente para realizar actividades diarias, interactuar socialmente y, en general, disfrutar de una vida plena. Las limitaciones físicas a menudo se ven acompañadas de desafíos emocionales y cognitivos, creando un ciclo de deterioro que puede ser difícil de romper (1).

Por último, el manejo inadecuado del dolor postoperatorio puede tener implicaciones económicas, tanto para el paciente como para el sistema de salud en general. Las hospitalizaciones prolongadas, las consultas médicas adicionales y los tratamientos farmacológicos extendidos pueden generar costos significativos (16).

Por todas estas razones, es vital que los profesionales de la salud reconozcan la importancia de un manejo eficaz del dolor postoperatorio. Hacerlo no solo mejora la calidad de vida del paciente en el corto plazo, sino que también puede tener efectos beneficiosos duraderos en su salud y bienestar general.

2. DESARROLLO

Inteligencia Artificial en el ámbito médico

La irrupción de la Inteligencia Artificial (IA) en el ámbito médico ha transformado y revolucionado la manera en que se ofrece y se recibe la atención sanitaria. Desde el diagnóstico hasta el tratamiento y la monitorización de enfermedades, la IA se ha convertido en una herramienta poderosa que ofrece la promesa de mejorar la eficacia y precisión de la medicina (27).

Uno de los avances más notables de la IA en medicina es en el ámbito de la imagenología. Sistemas avanzados de IA ahora pueden analizar radiografías, resonancias magnéticas y otros estudios de imagen con una precisión comparable e incluso superior a la de los especialistas humanos. Estos sistemas son capaces de detectar anomalías sutiles que podrían pasarse por alto, lo que facilita un diagnóstico temprano y más preciso de enfermedades como el cáncer (26).

Además, la IA también está siendo utilizada para mejorar la personalización de los tratamientos. Mediante el análisis de grandes conjuntos de datos, la IA puede identificar patrones y correlaciones que no serían evidentes para los médicos. Esto permite una medicina más personalizada, donde los tratamientos se adaptan a las características individuales de cada paciente, aumentando así las probabilidades de éxito (6).

El potencial de la IA no se limita solo al diagnóstico y tratamiento. En el ámbito de la investigación, la IA acelera la identificación de posibles dianas terapéuticas y la simulación de ensayos clínicos, reduciendo el tiempo y coste asociados con la investigación de nuevos medicamentos. La IA también ha encontrado aplicaciones en la administración hospitalaria, ayudando a optimizar la asignación de recursos, predecir los picos de demanda de atención y mejorar la eficiencia operativa (27).

Otra área en expansión es el uso de la IA en dispositivos de monitorización y ponibles. Estos dispositivos, equipados con sensores y algoritmos inteligentes, pueden rastrear una serie de parámetros fisiológicos y alertar tanto a pacientes como a médicos sobre posibles anomalías o desviaciones, permitiendo intervenciones tempranas (14).

Sin embargo, es esencial abordar los desafíos éticos y prácticos que surgen con la incorporación de la IA en la medicina. La privacidad de los datos, la interpretación correcta de los resultados y la confiabilidad de los algoritmos son preocupaciones válidas que deben ser consideradas cuidadosamente.

Evolución y relevancia de la IA en medicina.

La Inteligencia Artificial (IA) ha experimentado una evolución impresionante en las últimas décadas, y su influencia en la medicina ha crecido de manera paralela, dejando una huella indeleble en la forma en que se practica la atención médica en la actualidad. Desde sus primeras aplicaciones más simples hasta sistemas avanzados que pueden realizar tareas que antes se creían exclusivas del juicio humano, la IA ha continuado redefiniendo los límites de la medicina (28).

Las primeras incursiones de la IA en el ámbito médico se centraron en sistemas expertos y bases de datos para ayudar en el diagnóstico y la decisión clínica. Aunque estos sistemas eran rudimentarios en comparación con las tecnologías actuales, sentaron las bases para la adopción más amplia de la IA en el campo. Estos primeros sistemas, basados en reglas y lógica, demostraron que las máquinas podrían, en

ciertas circunstancias, imitar el razonamiento humano y ofrecer soluciones viables a problemas clínicos (3).

Con el advenimiento de tecnologías más avanzadas, como el aprendizaje automático y el procesamiento profundo, la IA empezó a abordar tareas más complejas. La imagenología, por ejemplo, ha sido una de las áreas más beneficiadas. Los sistemas de IA actuales pueden analizar imágenes médicas con una precisión que rivaliza con la de los especialistas humanos, detectando desde patologías cardíacas hasta tumores con una gran exactitud. Esta capacidad ha llevado a diagnósticos más tempranos y precisos, lo que puede tener un impacto directo en el pronóstico y tratamiento del paciente (12).

Además de la imagenología, la IA ha encontrado aplicaciones en la predicción de enfermedades, en la personalización de tratamientos y en la administración de dosis de medicamentos. Al analizar vastos conjuntos de datos, los sistemas de IA pueden identificar patrones y correlaciones que podrían no ser evidentes para un médico, lo que conduce a una medicina más personalizada y eficaz (25).

La relevancia de la IA en medicina no puede subestimarse. Está reconfigurando la formación médica, la práctica clínica y la investigación. Además, a medida que la tecnología continúa avanzando y se integra más profundamente en el ámbito médico, se espera que su impacto y relevancia solo aumenten (3).

Sin embargo, es crucial recordar que la IA no está destinada a reemplazar a los profesionales médicos, sino a complementarlos. Mientras que las máquinas pueden procesar y analizar datos a velocidades inimaginables, la empatía, el juicio y la experiencia humana siguen siendo esenciales en la atención al paciente. La intersección de la habilidad humana con las capacidades de la IA promete un futuro donde la medicina es más precisa, proactiva y centrada en el paciente que nunca.

Aplicaciones específicas

La incorporación de la Inteligencia Artificial (IA) en el ámbito médico ha dado lugar a una serie de aplicaciones específicas que están redefiniendo las prácticas tradicionales en diversos niveles de la atención médica. Estas aplicaciones van desde el diagnóstico hasta la predicción, pasando por el tratamiento y el monitoreo, y en cada ámbito, la IA está dejando una marca indeleble (29).

En el ámbito del diagnóstico, la IA ha demostrado ser una herramienta revolucionaria, especialmente en el campo de la imagenología. Los algoritmos de aprendizaje profundo, por ejemplo, son ahora capaces de examinar imágenes médicas, desde radiografías hasta resonancias magnéticas, y detectar anomalías con una precisión sorprendente. Esto ha llevado a diagnósticos más tempranos y precisos de condiciones que van desde el cáncer hasta las enfermedades neurodegenerativas. (5)

El tratamiento médico también se ha beneficiado enormemente de la IA. Los sistemas de IA ahora pueden analizar la información del paciente y recomendar tratamientos personalizados basados en el historial médico, la genética y otros factores únicos para cada individuo. Esta personalización ha permitido enfoques terapéuticos más eficientes y efectivos, reduciendo los efectos secundarios y mejorando los resultados para los pacientes (29)

El monitoreo es otra área donde la IA ha demostrado su valor. Con el auge de los dispositivos ponibles y otros sensores médicos, la IA puede ahora monitorear continuamente a los pacientes y detectar

desviaciones o anomalías en tiempo real. Esto es particularmente valioso para pacientes con enfermedades crónicas, como diabetes o enfermedades cardíacas, ya que permite intervenciones tempranas y reduce el riesgo de complicaciones graves (29).

La predicción es quizás uno de los aspectos más prometedores de la IA en medicina. Mediante el análisis de vastos conjuntos de datos, los sistemas de IA pueden prever la aparición de enfermedades en individuos aparentemente sanos, basándose en patrones y correlaciones que pueden no ser evidentes para los médicos. Estas predicciones pueden ser cruciales para la prevención y la intervención temprana, especialmente en enfermedades que son más tratables en sus primeras etapas.

Beneficios y desafíos de la IA en el ámbito médico.

La introducción de la Inteligencia Artificial (IA) en el ámbito médico ha traído consigo una ola de beneficios que han revolucionado la atención sanitaria, pero al mismo tiempo, ha presentado una serie de desafíos que aún necesitan ser abordados para garantizar su implementación efectiva y ética (30).

Los beneficios de la IA en medicina son innegables. Uno de los más prominentes es la capacidad de procesar y analizar grandes cantidades de datos a una velocidad que sería imposible para un humano. Esto ha facilitado diagnósticos más rápidos y precisos, especialmente en campos como la imagenología, donde los algoritmos pueden detectar anomalías sutiles en imágenes que podrían pasarse por alto. Además, la personalización del tratamiento, basada en el análisis detallado de datos del paciente, promete mejorar los resultados y reducir los efectos secundarios (28).

La IA también ha demostrado ser una herramienta valiosa en la predicción y prevención de enfermedades. Al identificar patrones en grandes conjuntos de datos, puede anticipar el riesgo de enfermedades en pacientes aparentemente sanos, permitiendo intervenciones tempranas y estrategias de prevención más efectivas. Además, en el ámbito de la investigación, la IA acelera el proceso de descubrimiento y desarrollo de nuevos medicamentos y tratamientos, al analizar rápidamente los datos experimentales y simular escenarios clínicos (30).

Sin embargo, junto con estos beneficios, vienen desafíos significativos. Uno de los más destacados es la privacidad y seguridad de los datos. Con la IA analizando vastas cantidades de información médica, surge la preocupación sobre quién tiene acceso a estos datos y cómo se utilizan. La posibilidad de brechas de datos o uso inapropiado de información personal es un riesgo real que necesita ser abordado (25).

También existe el desafío de la confiabilidad y transparencia de los algoritmos. Mientras que un médico puede explicar su razonamiento detrás de un diagnóstico o tratamiento, los procesos de decisión de un algoritmo de IA pueden ser opacos. Esto plantea preocupaciones sobre cómo se toman estas decisiones y si se pueden confiar plenamente en ellas, especialmente en situaciones críticas (30).

Además, la adopción de la IA en medicina corre el riesgo de despersonalizar la atención al paciente. Mientras que los sistemas de IA pueden proporcionar diagnósticos y tratamientos, carecen de la empatía y el toque humano que es esencial en la atención médica. Hay que asegurar que la IA complementa en lugar de reemplazar el juicio y la experiencia humanos es crucial.

Aplicación de la IA en el manejo del dolor postoperatorio

La Inteligencia Artificial (IA) ha comenzado a desempeñar un papel crucial en muchos ámbitos de la medicina, y el manejo del dolor postoperatorio no es una excepción. La gestión del dolor postoperatorio es una parte integral de la recuperación del paciente, y una adecuada administración puede mejorar significativamente la calidad de vida del paciente, reducir el tiempo de hospitalización y minimizar el uso excesivo de analgésicos. La incorporación de la IA en este proceso ha abierto nuevas posibilidades y enfoques que están mejorando la forma en que se aborda este desafío clínico (11).

Uno de los avances más significativos ha sido la capacidad de la IA para predecir y personalizar el manejo del dolor. Mediante el análisis de datos previos de pacientes, incluyendo historiales médicos, medicaciones, cirugías previas y otros factores relevantes, los sistemas de IA pueden ahora predecir con una precisión considerable cuánto dolor es probable que experimente un paciente después de una operación. Esto permite a los médicos personalizar regímenes de tratamiento analgésico, garantizando que los pacientes reciban la dosis adecuada en el momento adecuado, evitando así la sobre medicación o el insuficiente alivio del dolor (23).

Además, los dispositivos de monitoreo equipados con IA están emergiendo como herramientas valiosas para rastrear la progresión del dolor en tiempo real. Estos dispositivos pueden evaluar signos vitales y otros indicadores para determinar el nivel de dolor de un paciente y ajustar automáticamente la administración de analgésicos según sea necesario. La capacidad de responder de manera proactiva y en tiempo real a las necesidades del paciente puede mejorar considerablemente su experiencia y resultados postoperatorios (25).

Otra área prometedora es la integración de la IA con técnicas de biofeedback y realidad virtual para el manejo del dolor. Por ejemplo, programas guiados por IA pueden llevar a pacientes a través de ejercicios de relajación o entornos virtuales calmantes para ayudar a distraer y reducir la percepción del dolor (23).

Sin embargo, como con todas las aplicaciones de la IA en medicina, existen desafíos. La dependencia excesiva de la tecnología sin la supervisión adecuada del personal médico puede llevar a problemas, y siempre existe el riesgo de errores técnicos. Además, se debe tener cuidado para asegurar que la tecnología no desplace la comunicación vital y la relación médico-paciente en el proceso de tratamiento.

Técnicas y algoritmos de IA específicos para el manejo del dolor.

La aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) al manejo del dolor postoperatorio ha llevado al desarrollo de técnicas y algoritmos específicos que buscan optimizar y personalizar el tratamiento del paciente. Estas herramientas, basadas en vastos conjuntos de datos y en el aprendizaje profundo, tienen el potencial de transformar el enfoque tradicional del tratamiento del dolor, haciéndolo más eficaz y adaptado a las necesidades individuales de cada paciente (31).

Uno de los avances más notables ha sido el desarrollo de algoritmos predictivos. Estos sistemas, que emplean técnicas de aprendizaje automático, analizan una amplia variedad de datos del paciente, como antecedentes médicos, tipo de cirugía, medicamentos administrados y respuestas anteriores al tratamiento

del dolor, para prever la intensidad del dolor postoperatorio y la respuesta a diferentes analgésicos. Esto permite a los médicos anticipar las necesidades de analgesia de un paciente y ajustar el tratamiento de manera proactiva, mejorando así el alivio del dolor y minimizando los efectos secundarios (9).

Las redes neuronales, en particular las redes neuronales profundas, también están encontrando aplicación en este campo. Estas redes son capaces de identificar patrones complejos en grandes conjuntos de datos, lo que puede ser particularmente útil para comprender las variaciones individuales en la percepción y el manejo del dolor. Por ejemplo, pueden detectar correlaciones no evidentes entre variables específicas y la intensidad del dolor, lo que aporta nuevas perspectivas sobre cómo abordar el tratamiento (31).

Además, el procesamiento del lenguaje natural (PLN) se ha utilizado para analizar las notas médicas y las descripciones de los pacientes sobre su dolor. Al interpretar el lenguaje utilizado por los pacientes y correlacionarlo con los niveles de dolor y las respuestas al tratamiento, los sistemas de IA pueden proporcionar insights sobre la naturaleza y la severidad del dolor que puede no ser evidente a través de escalas tradicionales de valoración del dolor (6).

Mientras que estas técnicas y algoritmos muestran un potencial considerable, también es esencial reconocer las limitaciones y desafíos inherentes a su aplicación. La calidad y la precisión de cualquier sistema de IA dependen en gran medida de la calidad y cantidad de datos con los que se haya entrenado. Además, es crucial garantizar la interpretabilidad y transparencia de estos algoritmos para que los médicos y pacientes puedan confiar en sus recomendaciones.

Herramientas y plataformas tecnológicas basadas en IA para la gestión del dolor.

La confluencia de la tecnología y la medicina ha dado lugar a una serie de herramientas y plataformas basadas en la Inteligencia Artificial (IA) que se centran específicamente en la gestión del dolor postoperatorio. Estas soluciones están revolucionando la forma en que los profesionales de la salud abordan el manejo del dolor, brindando no solo una mayor precisión, sino también personalización en el cuidado del paciente (32).

Una de las aplicaciones más prometedoras ha sido el desarrollo de aplicaciones móviles que utilizan IA para monitorear y gestionar el dolor en tiempo real. Estas aplicaciones permiten a los pacientes registrar su nivel de dolor, localización y características asociadas. A través del análisis de estos registros, los algoritmos de IA pueden identificar patrones y predecir episodios de dolor intenso, permitiendo una intervención precoz y ajustes en el tratamiento según sea necesario. Además, estas aplicaciones a menudo están integradas con recordatorios para la medicación y ejercicios de relajación o meditación guiada, ofreciendo un enfoque holístico del manejo del dolor (29).

Otra innovación ha sido la incorporación de IA en dispositivos ponibles, como relojes inteligentes y parches de monitoreo. Estos dispositivos, equipados con sensores, pueden detectar cambios en los signos vitales, el movimiento y otros indicadores que pueden correlacionarse con el dolor. Al hacerlo, pueden alertar tanto a pacientes como a médicos sobre episodios de dolor inminente o sobre la eficacia de un

tratamiento analgésico específico, permitiendo ajustes en tiempo real (32).

Además, se están utilizando sistemas basados en IA para la analgesia controlada por el paciente. Estos sistemas ajustan automáticamente la administración de medicamentos según las necesidades del paciente, basándose en algoritmos que consideran la dosis administrada previamente, los niveles de dolor reportados y otros parámetros relevantes. Esto garantiza que los pacientes reciban el alivio adecuado sin correr el riesgo de sobredosificación (31).

En el ámbito de la investigación y el desarrollo, las plataformas de IA están siendo utilizadas para analizar grandes conjuntos de datos relacionados con el dolor, identificando potenciales biomarcadores y correlaciones que pueden llevar a terapias más eficaces en el futuro (12).

A pesar del potencial de estas herramientas y plataformas, es esencial abordar los desafíos asociados, como la privacidad de los datos, la precisión de los algoritmos y la necesidad de una formación adecuada para su uso. La adopción de estas tecnologías también debe hacerse con una comprensión clara de su papel complementario y no reemplazante en el cuidado del paciente (32).

En conjunto, las herramientas y plataformas tecnológicas basadas en IA para la gestión del dolor están pavimentando el camino hacia un futuro en el que el tratamiento del dolor postoperatorio es más preciso, personalizado y centrado en el paciente. Al combinar la avanzada tecnología con la pericia humana, existe un potencial significativo para mejorar la calidad de vida de aquellos que se recuperan de procedimientos quirúrgicos.

Beneficios y limitaciones de la IA en la gestión del dolor postoperatorio

La incorporación de la Inteligencia Artificial (IA) en la gestión del dolor postoperatorio ha abierto nuevas puertas en la medicina moderna, prometiendo una atención más precisa y adaptada a las necesidades individuales. Sin embargo, como con cualquier avance tecnológico, las aplicaciones de IA en este campo vienen con sus propios conjuntos de beneficios y limitaciones (33).

Uno de los principales beneficios de la IA es la capacidad de procesar y analizar grandes conjuntos de datos a una velocidad y precisión que superan ampliamente las capacidades humanas. En el contexto del dolor postoperatorio, esto significa que la IA puede identificar patrones y correlaciones que podrían pasar desapercibidos para los médicos. Esta capacidad analítica puede llevar a predicciones más precisas sobre la intensidad del dolor que un paciente puede experimentar, así como la eficacia de diferentes tratamientos analgésicos (30).

Otro beneficio significativo es la personalización del tratamiento. Basándose en datos históricos y en tiempo real del paciente, los sistemas de IA pueden hacer recomendaciones de tratamiento que se adaptan específicamente a las necesidades individuales de cada paciente, aumentando las posibilidades de un alivio efectivo del dolor y minimizando los efectos secundarios (33).

La IA también promueve la proactividad en la atención. Las herramientas basadas en IA pueden prever episodios de dolor intenso, permitiendo intervenciones tempranas que pueden prevenir el dolor antes de que se vuelva inmanejable. Además, la IA facilita el monitoreo continuo del paciente, incluso fuera del

entorno hospitalario, a través de aplicaciones móviles y dispositivos ponibles (25).

Sin embargo, la implementación de la IA en la gestión del dolor postoperatorio no está exenta de desafíos. Una de las principales preocupaciones es la calidad y la cantidad de datos. Para que un sistema de IA funcione de manera óptima, necesita ser alimentado con datos precisos y de alta calidad. Cualquier inexactitud en los datos puede llevar a recomendaciones erróneas que podrían ser perjudiciales para el paciente (12).

Otra limitación es la confiabilidad excesiva en la tecnología. Aunque la IA puede ser una herramienta valiosa, no debe reemplazar el juicio clínico y la experiencia humana. Es esencial que los médicos comprendan cómo funciona una herramienta de IA y estén preparados para intervenir y tomar decisiones basadas en su conocimiento y experiencia (33).

Además, existen preocupaciones éticas y de privacidad relacionadas con el uso de datos del paciente en sistemas de IA. La protección y seguridad de los datos del paciente son cruciales, y cualquier brecha podría tener graves repercusiones tanto para los pacientes como para las instituciones médicas.

Ventajas de la integración de la IA en el manejo del dolor.

La integración de la Inteligencia Artificial (IA) en el manejo del dolor postoperatorio ha demostrado ser una revolución en el ámbito de la atención médica, presentando una serie de ventajas que son transformadoras para la experiencia del paciente y la eficacia del tratamiento (8).

Para comenzar, la IA permite un análisis detallado y en tiempo real de las condiciones del paciente. Esta capacidad de procesar grandes volúmenes de datos en fracciones de segundo ofrece una comprensión más profunda del dolor que experimenta un individuo. Por ejemplo, al rastrear y analizar la información del paciente en tiempo real, la IA puede identificar patrones y tendencias que podrían no ser inmediatamente evidentes para el personal médico, lo que permite adaptar los tratamientos de manera más efectiva (33).

Además, la personalización del tratamiento es una de las ventajas más prometedoras de la IA. Cada paciente es único en términos de genética, historia clínica y respuesta al tratamiento. La IA tiene la capacidad de adaptar los protocolos de tratamiento basándose en estos factores individuales, garantizando así una atención más dirigida y potencialmente más efectiva para cada paciente (31).

La proactividad es otra ventaja clave. En lugar de reaccionar ante el dolor una vez que ocurre, las herramientas de IA pueden prever episodios de dolor intenso, permitiendo intervenciones tempranas y estrategias proactivas que pueden prevenir o atenuar el dolor antes de que se vuelva más severo. Esta capacidad predictiva es especialmente valiosa en el contexto postoperatorio, donde la anticipación y prevención del dolor pueden mejorar significativamente los resultados y la experiencia del paciente (8).

Por último, la eficiencia en el cuidado del paciente se mejora enormemente con la integración de la IA. Los sistemas basados en IA pueden reducir la carga sobre el personal médico al automatizar ciertas tareas, como el monitoreo constante de los signos vitales del paciente y la administración de medicamentos. Esto no sólo ahorra tiempo y recursos, sino que también puede reducir el riesgo de errores humanos, lo que en última instancia se traduce en una mejor atención al paciente.

Desafíos y limitaciones técnicas y clínicas.

La aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) en el manejo del dolor postoperatorio, si bien ha demostrado ser un avance significativo en la atención médica, no está exenta de desafíos y limitaciones tanto desde el punto de vista técnico como clínico (23).

Desde una perspectiva técnica, uno de los desafíos primordiales es la calidad y cantidad de datos requeridos para alimentar y entrenar los sistemas de IA. Estos sistemas se basan en el análisis de vastos conjuntos de datos para hacer predicciones y recomendaciones. Sin un volumen adecuado de datos precisos, confiables y relevantes, la IA podría llegar a conclusiones erróneas, lo que podría tener implicaciones negativas para la atención del paciente. Además, la variabilidad en la calidad de los datos de diferentes fuentes y sistemas de salud puede influir en la efectividad y precisión de los modelos de IA (3).

El proceso de integración de la IA con los sistemas médicos existentes también puede ser complicado. Los hospitales y clínicas a menudo operan con infraestructuras tecnológicas dispares y sistemas heredados que pueden no ser compatibles con las soluciones basadas en IA más modernas. Esta falta de integración puede obstaculizar la recopilación y el intercambio de datos esenciales para el funcionamiento eficaz de las herramientas de IA (15).

Clínicamente, existe el riesgo de confiar demasiado en la tecnología, relegando el juicio y la experiencia humanos al segundo plano. La IA, por avanzada que sea, no puede replicar completamente el conocimiento, la intuición y la empatía de un profesional de la salud. Si se depende demasiado de las herramientas de IA, puede surgir el peligro de pasar por alto síntomas o condiciones que un médico experimentado podría identificar (23).

Otro desafío clínico es la aceptación y adaptación por parte de los profesionales de la salud. La implementación de nuevas tecnologías puede encontrar resistencia debido a la falta de familiaridad o a preocupaciones sobre la exactitud y confiabilidad de la IA en comparación con los métodos tradicionales (12).

La ética y la privacidad son también áreas de preocupación. Con la IA procesando información médica del paciente, surgen preguntas sobre quién tiene acceso a los datos, cómo se protegen y si los pacientes están adecuadamente informados sobre cómo se utilizan sus datos.

Implicaciones éticas y legales de la IA en el tratamiento médico.

La incorporación de la Inteligencia Artificial (IA) en el ámbito médico, especialmente en el manejo del dolor postoperatorio, ha abierto un nuevo conjunto de cuestionamientos éticos y legales que demandan una atención rigurosa (31).

Desde el inicio, la ética médica se centra en la relación paciente-médico, en la que la confianza, la confidencialidad y el bienestar del paciente son fundamentales. Al introducir sistemas de IA, la dinámica cambia, ya que las decisiones clínicas no solo son tomadas por humanos, sino también por algoritmos que operan bajo lógicas matemáticas. Esta nueva dinámica suscita preocupaciones sobre la responsabilidad y la transparencia. Si un sistema de IA sugiere un tratamiento que resulta perjudicial, ¿quién es responsable?

¿El médico, los desarrolladores del software, el hospital o la máquina misma? (25).

A ello se suma la preocupación sobre el consentimiento informado. Los pacientes suelen otorgar su consentimiento para tratamientos basados en el consejo de profesionales humanos. Sin embargo, si las decisiones médicas son influenciadas o tomadas por la IA, ¿están los pacientes adecuadamente informados sobre cómo y por qué se toman ciertas decisiones? Entender y explicar el funcionamiento de complejos algoritmos a los pacientes es un desafío en sí mismo, y el sector médico debe garantizar que los pacientes comprendan y acepten la influencia de la IA en su atención (3).

La privacidad y seguridad de los datos es otra dimensión ética crucial. Los sistemas de IA requieren enormes cantidades de datos para funcionar eficazmente, lo que implica que se recolecte, almacene y analice información médica detallada de los pacientes. Esta recopilación masiva plantea preguntas sobre quién tiene acceso a los datos, cómo se protegen contra posibles violaciones y si los pacientes tienen un control adecuado sobre su información personal (12).

Legalmente, el uso de la IA en medicina introduce nuevos terrenos aún no delimitados en muchas jurisdicciones. Las leyes existentes a menudo no se crearon pensando en la velocidad y complejidad de la innovación tecnológica actual. Como resultado, puede haber vacíos legales en cuanto a la responsabilidad, la regulación y la supervisión de las aplicaciones médicas basadas en IA (25).

Además, a medida que la IA continúa aprendiendo y evolucionando, su comportamiento puede cambiar con el tiempo, lo que plantea la cuestión de cómo se pueden establecer estándares consistentes y quién decide cuándo un algoritmo es lo suficientemente seguro o eficaz.

Tabla 1 Resultados de estudios

• **Evaluar las técnicas actuales de inteligencia artificial disponibles y su aplicabilidad en la gestión del dolor postoperatorio**						
Titulo	**Autor**	**Año**	**Muestra**	**Tipo de estudio**	**Resultados**	**Conclusiones**
Machine learning algorithms predict extended postoperative opioid use in primary total knee arthroplasty (34).	Christian Klemt, Michael Joseph Harvey, Matthew Gerald Robinson, John G Esposito, Ingwon Yeo, Young-Min Kwon	2022	Se evaluó a un total de 8873 pacientes consecutivos que se sometieron a una artroplastia total primaria de rodilla (TKA), incluyendo a 643 pacientes (7.2%) con uso prolongado de opioides postoperatorios (> 90 días).	Estudio retrospectivo	Los predictores más fuertes para la prescripción prolongada de opioides después de la TKA primaria fueron la duración preoperatoria de los opioides (importancia del 100%; $p < 0.01$), el abuso de drogas (importancia del 54%; $p < 0.01$) y la depresión (importancia del 47%; $p < 0.01$). Los cinco modelos de aprendizaje automático lograron un excelente rendimiento en discriminación (AUC > 0.83), calibración y análisis de curva de decisión. Todos los modelos de aprendizaje automático demostraron mayores beneficios netos en comparación con las estrategias predeterminadas de cambiar el manejo para todos los pacientes o ningún paciente.	Los hallazgos del estudio muestran un excelente rendimiento del modelo para la predicción del uso prolongado de opioides postoperatorios después de la artroplastia total primaria de rodilla, destacando el potencial de estos modelos para ayudar a identificar preoperatoriamente a los pacientes en riesgo y permitir la implementación de estrategias individualizadas de asesoramiento perioperatorio y manejo del dolor para mitigar las complicaciones asociadas con el uso prolongado de opioides.

From Patient-Controlled Analgesia to Artificial Intelligence-Assisted Patient-Controlled Analgesia: Practices and Perspectives (35).	Rui Wang, Shaoshuang Wang, Na Duan, and Qiang Wang	2020	No especificado	Artículo de revisión	El artículo discute la evolución de las técnicas de manejo del dolor postoperatorio, incluyendo la analgesia controlada por el paciente (PCA), la PCA inteligente inalámbrica (Wi-PCA) y el potencial de la PCA asistida por inteligencia artificial (Ai-PCA). Los autores resaltan las limitaciones de la PCA tradicional y las mejoras introducidas por la Wi-PCA, que incorpora monitoreo remoto, alarmas inteligentes y registro automático de información clave. También discuten el potencial de la Ai-PCA como una dirección futura prometedora para el manejo del dolor postoperatorio, enfatizando la necesidad de analgesia preventiva y la integración de algoritmos de IA y big data.	Los autores concluyen que el progreso decepcionante en el manejo del dolor postoperatorio durante las últimas dos décadas exige enfoques innovadores. Sugieren que la IA es un enfoque prometedor para pasar de la analgesia de rescate a una era preventiva, pero enfatizan la necesidad de cooperación entre científicos básicos y aplicados para el exitoso desarrollo de la Ai-PCA. También destacan la importancia de abordar las preocupaciones éticas y de seguridad en las aplicaciones de IA para el manejo del dolor.
Artificial intelligence to evaluate postoperative pain based on facial expression recognition (36).	Denys Fontaine, Valentin Vielzeuf, Philippe Genestier, Pascal Limeux, Serena Santucci-Sivilotto, Emmanuel Mory, Nelly Darmon, Michel Lanteri-Minet, May Mokhtar, Melanie Laine, Damien Vistoli; DEFI study group	2022	1189 pacientes, capturados antes y después de la cirugía	Estudio de validación externa	Se entrenó y validó externamente un sistema de aprendizaje profundo (Red Neuronal Convolucional ResNet-18) para identificar y clasificar 2810 expresiones faciales de 1189 pacientes, capturadas antes y después de la cirugía, según su intensidad de dolor auto informada utilizando la escala de valoración numérica (NRS, 0-10). En el conjunto de pruebas externas (120 imágenes faciales), el sistema de aprendizaje profundo pudo predecir exactamente la intensidad del dolor entre los 11 posibles puntajes (0-10) en el 53% de los casos con un error medio de 2.4 puntos. Sus sensibilidades para detectar dolor ≥4/10 y ≥7/10 fueron 89.7% y 77.5%, respectivamente. Las enfermeras estimaron la intensidad del dolor NRS correcta con una precisión media del 14.9% e identificaron el dolor ≥4/10 y ≥7/10 con sensibilidades del 44.9%	Sujeto a una mayor mejora de las actuaciones de la IA a través de una mayor formación, estos resultados sugieren que la IA utilizando el análisis de expresiones faciales podría utilizarse para ayudar a los médicos a evaluar el dolor y detectar el dolor severo, especialmente en personas que no pueden informar adecuadamente su dolor por sí mismas.

					y 17.0%.	
Analizar los beneficios y limitaciones de la aplicación de la inteligencia artificial en la gestión del dolor postoperatorio						
Artificial Intelligence in Anesthesiology: Current Techniques, Clinical Applications, and Limitations (37).	Daniel A. Hashimoto, Elan Witkowski, Lei Gao, Ozanan Meireles, Guy Rosman	2020	No especificada	Revisión bibliográfica	Esta revisión bibliográfica examina la intersección de la inteligencia artificial y la investigación en anestesiología, identificando y resumiendo seis temas de aplicaciones de inteligencia artificial en anestesiología: (1) monitoreo de la profundidad de la anestesia, (2) control de la anestesia, (3) predicción de eventos/riesgos, (4) guía por ultrasonido, (5) manejo del dolor, y (6) logística del quirófano. Basado en los artículos identificados en la revisión, se describen y resumen varios temas dentro de la inteligencia artificial, incluyendo el aprendizaje automático (supervisado, no supervisado y de refuerzo), técnicas en inteligencia artificial (aprendizaje automático clásico, redes neuronales y aprendizaje profundo, métodos bayesianos) y campos aplicados importantes en inteligencia artificial.	La revisión discute las implicaciones de la inteligencia artificial para el anestesiólogo en ejercicio, así como sus limitaciones y el papel de los médicos en el desarrollo de la inteligencia artificial para su uso en la atención clínica. La inteligencia artificial tiene el potencial de impactar la práctica de la anestesiología en aspectos que van desde el apoyo perioperatorio hasta la atención en cuidados críticos y el manejo del dolor ambulatorio.
The role of regional analgesia in personalized postoperative pain management (38).	Shruti S. Chitnis, Raymond Tang, and Edward R. Mariano	2020	No especificada	Revisión bibliográfica	Este estudio revisa el papel de la analgesia regional en el manejo personalizado del dolor postoperatorio. La analgesia regional juega un papel fundamental en la mejora de la recuperación después de la cirugía. La analgesia regional puede ser utilizada para lograr los objetivos de la recuperación mejorada, ya sea la resolución del íleo o el tiempo hasta la movilización. Sin embargo, la reciente expansión en el número y tipos de enfoques de bloqueo nervioso puede ser desalentadora para los anestesiólogos generales. La elección de la técnica regional más apropiada y las habilidades e infraestructura necesarias para su implementación requieren un enfoque de equipo	La revisión proporciona un marco para un enfoque personalizado del manejo del dolor postoperatorio con énfasis en las técnicas de anestesia regional. La analgesia regional, como parte de un enfoque multimodal, puede ser beneficiosa en ciertas poblaciones de pacientes y puede ser más apropiada en el entorno ambulatorio/ERAS donde el objetivo es acelerar la recuperación y facilitar el alta. La analgesia regional ha demostrado reducir el uso de opioides intra y postoperatorios.

					multidisciplinario.	
Artificial Intelligence for Medical Image Analysis: A Guide for Authors and Reviewers (39).	Joseph R England, Phillip M Cheng	2019	No especificada	Revisión	El artículo destaca las mejores prácticas para escribir y revisar artículos sobre inteligencia artificial para el análisis de imágenes médicas. Se discute la importancia de adherirse a métodos sólidos y evitar afirmaciones retóricas y excesivamente optimistas.	La inteligencia artificial está en las primeras fases de aplicación a la imagenología médica, y la seguridad del paciente exige un compromiso con métodos sólidos y la evitación de afirmaciones retóricas y excesivamente optimistas.

Fuente: elaboración propia.

La inteligencia artificial (IA) ha emergido como una herramienta prometedora en el ámbito médico, particularmente en la gestión del dolor postoperatorio. Su aplicación ha demostrado potencial para mejorar la atención al paciente y optimizar los resultados clínicos.

Klemt et al. (34) han resaltado cómo los modelos de aprendizaje automático pueden predecir el uso prolongado de opioides postoperatorios en pacientes sometidos a artroplastia total primaria de rodilla. La detección temprana de pacientes en riesgo podría conducir a estrategias individualizadas de asesoramiento y manejo del dolor, minimizando así las complicaciones derivadas del uso prolongado de opioides.

Wang et al. (35) abordan la transición de la analgesia controlada por el paciente (PCA) tradicional hacia la PCA asistida por IA. Esta evolución sugiere un enfoque más proactivo en el manejo del dolor postoperatorio. No obstante, es crucial la colaboración entre científicos de diversas disciplinas para el desarrollo exitoso de estas técnicas.

El estudio de Fontaine et al. (36) es destacable al investigar la habilidad de la IA para determinar el dolor postoperatorio mediante el reconocimiento de expresiones faciales. Esta innovación podría beneficiar a pacientes con dificultades para comunicar su nivel de dolor, como aquellos intubados o con barreras lingüísticas.

Diversos estudios, como los de Hashimoto et al. (37) y Chitnis et al. (38), ofrecen una visión más general sobre la aplicación de la IA en medicina, abordando temas desde anestesiología hasta analgesia regional. Por su parte, England y Cheng (39) proporcionan directrices para la redacción y revisión de artículos sobre IA en el análisis de imágenes médicas, enfatizando la necesidad de rigor y precaución.

La IA posee un potencial significativo para transformar el manejo del dolor postoperatorio. Sin embargo, aún enfrenta desafíos, como la necesidad de más investigación, validación y consideraciones éticas y de seguridad. Es imperativo que los profesionales de la salud y expertos en IA trabajen conjuntamente para asegurar una implementación efectiva y segura en la atención médica.

3. CONCLUSIONES

- La IA se ha consolidado como una herramienta esencial en la gestión del dolor postoperatorio, proponiendo soluciones vanguardistas que abarcan desde la anticipación del uso extendido de opioides hasta la valoración del dolor mediante el reconocimiento facial.
- La adopción de técnicas potenciadas por IA, como la PCA asistida, marca un giro hacia una

perspectiva más preventiva en el tratamiento del dolor postoperatorio, facilitando intervenciones anticipadas y adaptadas a cada paciente.

- La habilidad de la IA para discernir el dolor a través del análisis de expresiones faciales podría transformar la forma en que se evalúa el malestar, beneficiando especialmente a aquellos pacientes con barreras comunicativas.
- Para desbloquear todo el potencial de la IA en este ámbito, es imperativo fomentar la sinergia entre profesionales de la salud, científicos de datos e ingenieros.
- Con la creciente integración de la IA en la medicina, es crucial mantener un enfoque riguroso y cauteloso, evitando proclamaciones exageradas. La prioridad debe centrarse siempre en la seguridad y bienestar del paciente.
- A pesar de las prometedoras soluciones que la IA aporta, aún enfrentamos retos significativos, como la demanda de investigaciones más profundas, validaciones y reflexiones éticas y de seguridad.
- La adecuada integración de la IA en el tratamiento del dolor postoperatorio puede elevar la calidad de vida de los pacientes, minimizar complicaciones y potenciar resultados clínicos favorables.

FINANCIACIÓN

Los autores declaran que su investigación fue autofinanciada.

CONFLICTO DE INTERESES

Los Autores declaran que no existe conflicto de intereses con su investigación

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Los autores declaran sus contribuciones en la siguiente matriz:

Participar activamente en:	*Autor 1.*	*Autor 2*
Conceptualización	X	
Análisis formal	X	
Adquisición de fondos	X	
Investigación	X	
Metodología	X	
Administración del proyecto	X	
Recursos	X	
Redacción –borrador original	X	
Redacción –revisión y edición	X	X
La discusión de los resultados	X	X
Revisión y aprobación de la versión final del trabajo.	X	X

RECONOCIMIENTO A REVISORES: (Espacio a ser llenado por la editorial)

La revista reconoce el tiempo y esfuerzo del editor Jonatan Calderón y de revisores anónimos que dedicaron su tiempo y esfuerzo en la evaluación y mejoramiento del presente artículo.

REFERENCIAS

1. Bedregal P, Lermanda V, Brito-Pons G. La compasión: clave en la renovación de la atención en salud. 2020; 45(1).
2. Ribera H, Montes A, Monerris M, Pérez A, Fernández S, López P. El problema no resuelto del dolor postoperatorio: análisis crítico y propuestas de mejora. Rev. Soc. Esp. Dolor. 2021; 28(4).
3. Valero J, Sinche F, Gordillo R, Larios A. La inteligencia artificial, una herramienta para la Salud

Digital. Boletín de Malariología y Salud Ambiental. 2021; 61(2).
4. Sacristán j, Oliva J, Campillo-Artero C, Puig-Junoy J, Pinto-Prades J, Dilla T, et al. ¿Qué es una intervención sanitaria eficiente en España en 2020? Gaceta Sanitaria. 2020; 34(2).
5. Jiménez A. Inteligencia artificial en salud: perspectiva local y regional. 2021; 43(4).
6. Dávalos E, Paca F, Soria E, Dávalos J. Inteligencia artificial y gobierno digital durante la covid 19 en una institución prestadora de salud, 2021-2022. Revista multidisciplinar ciencia latina. 2022; 6(4).
7. Anaya M, Rodríguez C. ABC de la inteligencia artificial (IA) aplicada en la salud. Revista médica. 2021; 43(3).
8. Martínez-García D, Dalgo-Flores V, Herrera-López J, Analuisa-Jiménez E, Velasco-Acurio E. Avances de la inteligencia artificial en salud. 2019; 5(3).
9. Linares J. Ethical Principles for the Development of Artificial Intelligence and its Application in Health Care Systems. 2022; 11(2).
10. Ledo M, González A, Valdés-Santiago D. Inteligencia artificial en la docencia médica. 2019.
11. Fajardo E. Inteligencia artificial, ¿transformación de la reumatología? - Parte I. Global Rheumatology. 2022; 3.
12. Tamarit F. Inteligencia Artificial, aprendizaje y transferencia. Revista De Ciencias Empresariales. 2022;(7).
13. Llamas J, Mendoza O, Graff M. Enfoques regulatorios para la Inteligencia Artificial (IA). Revista Chilena De Derecho. 2022; 49(3).
14. Iglesias E, García A, Puig P, Benzaquén I. Inteligencia artificial: Gran oportunidad del siglo XXI: Documento de reflexión y propuesta de actuación. 2020.
15. Mir E. El cambio de paradigma de la Inteligencia Artificial. 2023;(11).
16. de-Lucio J. Estimación adelantada del crecimiento regional mediante redes neuronales LSTM. 2021; 49.
17. Victória D, Olea P, Olavegogeasoechea M, Farias M, Ávila S. Tecnología: mucho más que aparatos. 2020; 3(3).
18. Monasterio A. Gobernanza global de la IA. Cuadernos Salmantinos de Filosofía. 2021; 48.
19. Pegoraro R, Curzel E. Convocatoria de Roma por la Ética de la IA: el nacimiento de un movimiento. Medicina Y Ética. 2023; 34(2).
20. Suárez L, González G. Dolor postoperatorio en cirugía de reparación del manguito rotador mini abierto y artroscópico bajo protocolo de analgesia multimodal. Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología. 2020; 34(2).
21. Iturri F, Valencia L, Honorato C, Martínez A, Valero R, Fàbregas N. Revisión narrativa del dolor agudo poscraneotomía. Concepto y estrategias de prevención y tratamiento del dolor. Revista Española de Anestesiología y Reanimación. 2020; 67(2).
22. Sánchez-Elvira A, Bacian S, Toro G, Gómez V. Manejo postoperatorio en UCI de cirugía de cabeza y cuello. Medicina Intensiva. 2020; 44(1).
23. Ribera H, Montes A, Monerris M, Anunciación M. El problema no resuelto del dolor postoperatorio: análisis crítico y propuestas de mejora. Rev. Soc. Esp. Dolor. 2021; 28(4).
24. Le Bars D, Mouraux A, Plaghki L. Fisiología del dolor: Aspectos psicofisiológicos y mecanismos periféricos. EMC - Anestesia-Reanimación. 2018; 44(4).
25. Chávez-Coronado C, Guamushig-Jaque K, Montesdeoca-Abad G, Gómez-Martínez N. Control del dolor en el postoperatorio inmediato del servicio en servicio de cirugía. Revista Arbitrada Interdisciplinaria De Ciencias De La Salud. 2022; 6(1).
26. Santeularia M, Català E, Genové M, Revuelta M, Moral M. Nuevas tendencias en el tratamiento del dolor postoperatorio en cirugía general y digestiva. Cirugía Española. 2019; 86(2).

27. Ruiz J. Aplicaciones de la inteligencia artificial al ámbito biosanitario. 2022; 56.
28. Vega M, Rivero C. La evaluación del aprendizaje a distancia en medicina: desafíos y oportunidades. 2021; 29(1).
29. Ramos L, Suarez A, Escobar A, Sellán V, Vargas L. Estudio comparado de las técnicas de Inteligencia Artificial para el diagnóstico de enfermedades. 2019.
30. Gómez J. Aplicaciones de IA en Medicina. 2019.
31. Acosta M. Inteligencia artificial: la cibernética del ser vivo y de la máquina. 2019;(12).
32. Tavera E, Vacca R. Herramientas tecnológicas para la efectividad en la comunicación con el ciudadano, simplificando los trámites y servicios de las instituciones de gestión pública. Revista De Investigación En Gestión Administrativa Y Ciencias De La Información. 2021; 5.
33. Montoya B, Serna I, Guzmán D, López J, Mejía L, Restrepo V. Estudio observacional descriptivo sobre recuperación funcional temprana y dolor postoperatorio en cirugía de reemplazo articular de rodilla. Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología. 2019; 63(6).
34. Klemt C, Harvey M, Robinson M, Esposito J, Yeo I, Kwon Y. Machine learning algorithms predict extended postoperative opioid use in primary total knee arthroplasty. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2022; 30(8).
35. Wang R, Wang S, Duan N, Wang Q. From Patient-Controlled Analgesia to Artificial Intelligence-Assisted Patient-Controlled Analgesia: Practices and Perspectives. Frontiers in Medicine. 2019; 7.
36. Fontaine D, Vielzeuf V, Genestier P, Limeux P, Santucci-Sivilotto S, Mory E, et al. Artificial intelligence to evaluate postoperative pain based on facial expression recognition. Eur J Pain. 2022; 26(6).
37. Daniel A, Hashimoto E, Witkowski L, Lei G, Ozanan M, Rosman G. Artificial Intelligence in Anesthesiology: Current Techniques, Clinical Applications, and Limitations. Anesthesiology. 2020; 132.
38. Chitnis S, Tang R, Mariano E. The role of regional analgesia in personalized postoperative pain management. Korean Journal of Anesthesiology. 2020; 73(5).
39. England J, Cheng P. Artificial Intelligence for Medical Image Analysis: A Guide for Authors and Reviewers. AJR Am J Roentgenol. 2019; 212(3).