

REVISIÓN SISTEMÁTICA

The impact of artificial intelligence on prostate cancer diagnosis through magnetic resonance imaging

El impacto de la inteligencia artificial en el diagnóstico de cáncer próstata por estudio de imagen de resonancia magnética

Ramirez Chávez C¹  , Enzo Bazualdo Fiorini¹  , Segundo Bueno Ordoñez¹  

¹Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.

Citar como: Ramirez Chávez C, Bazualdo Fiorini E, Bueno Ordoñez S. The impact of artificial intelligence on prostate cancer diagnosis through magnetic resonance imaging. EthAlca. 2024; 3:144. <https://doi.org/10.56294/ai2024144>

Enviado: 12-01-2024

Revisado: 16-04-2024

Aceptado: 22-08-2024

Publicado: 23-08-2024

Editor: PhD. Rubén González Vallejo 

Autor para la correspondencia: Ramirez Chávez C 

ABSTRACT

The study examines the impact of artificial intelligence (AI) on the diagnosis of prostate cancer using magnetic resonance imaging (MRI), emphasizing its ability to overcome the limitations of traditional methods. Through a systematic review based on the PRISMA guidelines, 20 recent studies (2023-2024) employing advanced techniques such as convolutional neural networks, deep learning, and computer-aided detection systems were evaluated. Findings revealed that AI significantly enhances diagnostic accuracy, achieving areas under the curve (AUC) of up to 0,997, 99,5 % sensitivity, and 99 % specificity, while reducing interobserver variability and the need for invasive procedures. Additionally, limitations related to the required technological infrastructure and algorithm transparency were identified. The study concludes that AI is an essential tool in modern diagnosis, complementing traditional methods and improving the precision and efficiency of prostate cancer detection.

Keywords: Prostate Cancer; Artificial Intelligence; MRI.

RESUMEN

El estudio analiza el impacto de la inteligencia artificial (IA) en el diagnóstico del cáncer de próstata mediante imágenes de resonancia magnética (IRM), destacando su capacidad para superar las limitaciones de los métodos tradicionales. A través de una revisión sistemática basada en la declaración PRISMA, se evaluaron 20 estudios recientes (2023-2024) que utilizaron técnicas avanzadas como redes neuronales convolucionales, aprendizaje profundo y sistemas de detección asistida por computadora. Los hallazgos mostraron que la IA mejora significativamente la precisión diagnóstica, con áreas bajo la curva (AUC) de hasta 0,997, sensibilidad del 99,5 % y especificidad del 99 %, reduciendo la variabilidad interobservador y la necesidad de procedimientos invasivos. Además, se identificaron limitaciones relacionadas con la infraestructura tecnológica requerida y la transparencia de los algoritmos. Se concluye que la IA representa una herramienta esencial en el diagnóstico moderno, complementando los métodos tradicionales y mejorando la precisión y eficiencia en la detección del cáncer de próstata.

Palabras clave: Cáncer de Próstata; Inteligencia Artificial; IRM.

INTRODUCCIÓN

El aparato urogenital masculino, que esta está conformado por el sistema urinario (riñones, uréteres,

vejiga, uretra) y el sistema reproductor (testículos, epidídimos, conductos deferentes, próstata, vesículas seminales y pene), es susceptible a diversos tipos de patologías malignas, de las cuales la más común es el adenocarcinoma de próstata,⁽¹⁾ cuyas presentaciones han ido aumentando de forma significativa evidenciando, para la medicina moderna, grandes desafíos y brechas cuando se trata de diagnóstico precoz y tratamiento temprano.

A nivel mundial, según Pérez, et al.⁽²⁾, se reporta un aumento marcado en la incidencia de cáncer de próstata, donde se obtienen tasas que alcanzan los 111,6 casos por cada cien mil hombres en Austria; por otro lado, en E.E.U.U, según la American Cancer Society,⁽³⁾ en el año 2024 hay cerca de 300 000 nuevos casos de cáncer de próstata y 35 250 muertes relacionados con esta enfermedad. En el Perú, según Globocan⁽⁴⁾, se estima alrededor de 9 000 nuevos casos de cáncer de próstata cada año, traduciéndose en una tasa de incidencia de 44,3 por cada millón de habitantes, siendo de esta manera el cáncer más frecuente de hombres en el país ocupando el quinto lugar en mortalidad.

Sin embargo, con la integración de la inteligencia artificial (IA), la cual ha ido evolucionando con el tiempo, puede ser mucho más fácil superar diferentes desafíos presentados en el ámbito médico “permitiendo cambiar nuestra perspectiva sobre las enfermedades y su tratamiento”.⁽⁵⁾ Cuando se trata de patologías malignas la IA permite analizar cantidades exorbitantes de hallazgos clínicos, optimizar la precisión de la interpretación diagnóstica por imágenes y/o laboratorio; y anticipar diagnósticos clínicos con una exactitud que antes se consideraba imposible, claro ejemplo son los hallazgos del Instituto Nacional del Cáncer (NCI)^(6,7) que desarrollaron un algoritmo con IA, el cual, utiliza imágenes digitales para la identificación temprana de cambios estructurales que podrían indicar precancer de próstata.

La revisión sistemática realizada por Saeed Alqahtani⁽⁸⁾ destaca cómo los avances en IA y aprendizaje automático han mostrado un gran potencial para mejorar la precisión diagnóstica mediante la imagen por resonancia magnética (IMR). A través de diversas técnicas de IA, como el aprendizaje profundo y el aprendizaje automático, se ha logrado aumentar la exactitud en la identificación de lesiones cancerosas, con áreas bajo la curva (AUC) que alcanzan hasta el 97 %. Esto es particularmente relevante dado que la RM, aunque es altamente sensible, presenta limitaciones en la especificidad y reproducibilidad entre diferentes radiólogos. La IA no solo actúa como una herramienta de apoyo para ofrecer segundas opiniones en la interpretación de imágenes, sino que también puede ayudar a optimizar los planes de tratamiento al analizar datos de RM para la estadificación y progresión del cáncer. Estos hallazgos subrayan la importancia de integrar la IA en la práctica clínica para mejorar los resultados en el manejo del cáncer de próstata, facilitando diagnósticos más precisos y reduciendo la necesidad de procedimientos invasivos innecesarios.⁽⁹⁾

El procedimiento conocido como “evaluación visual automatizada” ha demostrado una precisión y eficacia superiores en comparación con la observación realizada por expertos humanos. Si bien no hay duda de que la IA continuará avanzando de manera significativa, su implementación genera interrogantes sobre su alcance y limitaciones. Por ejemplo, ¿cuál es su nivel máximo de utilidad frente a los métodos tradicionales? ¿Qué restricciones plantea su aplicación en el ámbito médico? Para responder a estas cuestiones, este estudio aborda diversos conceptos clave y herramientas tecnológicas relacionadas con la IA y la resonancia magnética. Entre estos se incluyen el área bajo la curva (AUC) como medida de precisión diagnóstica; el cáncer de próstata clínicamente significativo (csPCa), que describe una categoría importante de lesiones malignas; y los sistemas de detección asistidos por computadora (CAD), que optimizan la interpretación de imágenes. También se integraron redes neuronales convolucionales (CNN) y arquitecturas avanzadas como ResNet50 y ResNet50V2, reconocidas por su capacidad en el análisis de imágenes. Además, se consideraron secuencias de resonancia magnética (IRM T2w) y el sistema PI-RADS, un estándar internacional para la evaluación de imágenes prostáticas. La finalidad de este estudio es analizar el impacto de la IA en el diagnóstico por IRM del cáncer de próstata y compararlo con la eficacia de los métodos tradicionales.

MÉTODO

Con el objetivo de asegurar la calidad necesaria de este artículo, se siguió fielmente los estándares establecidos dentro de los lineamientos de la declaración PRISMA (Moher et al., 2009), en base a los cuales se realizó una revisión sistemática de diferentes literaturas en plataformas como PubMed, Escopus y ProQuest, las cuales, debido a sus óptimas y variadas opciones de búsqueda avanzada se pudo obtener literatura de alta calidad.

Con respecto a la búsqueda avanzada en las plataformas ya mencionadas, se utilizaron diversas palabras claves como: “artificial intelligence”, “diagnosis”, “MRI” y “prostate cancer”, las cuales al ser formuladas empleando el término booleano “AND” optimizaron la formación de la ecuación de búsqueda, la cual quedó redactada de la siguiente forma: “artificial intelligence” AND “diagnosis” AND “MRI” AND “prostate cancer”. En cuanto a los criterios de inclusión se fijó lo mostrado en la tabla 1.

De esta forma se identificó estudios que exploran cada una de las categorías o unidades de análisis por medio de las palabras claves buscadas en los campos de: título del artículo, resumen y/o palabras clave.

Tabla 1. Datos	
Elemento	Descripción
Periodo de búsqueda	2023 - 2024
Tipo de documento	Artículos de revisión sistémica
Idioma	Inglés
Acceso	Gratuito y/o abierto
Base de datos	Colección de salud y medicina
Área temática	Profesional de la salud

Finalmente, de los 443 artículos elegidos inicialmente de las bases de datos mencionadas, 20 cumplieron los criterios de inclusión y exclusión para considerarse en esta revisión sistemática.

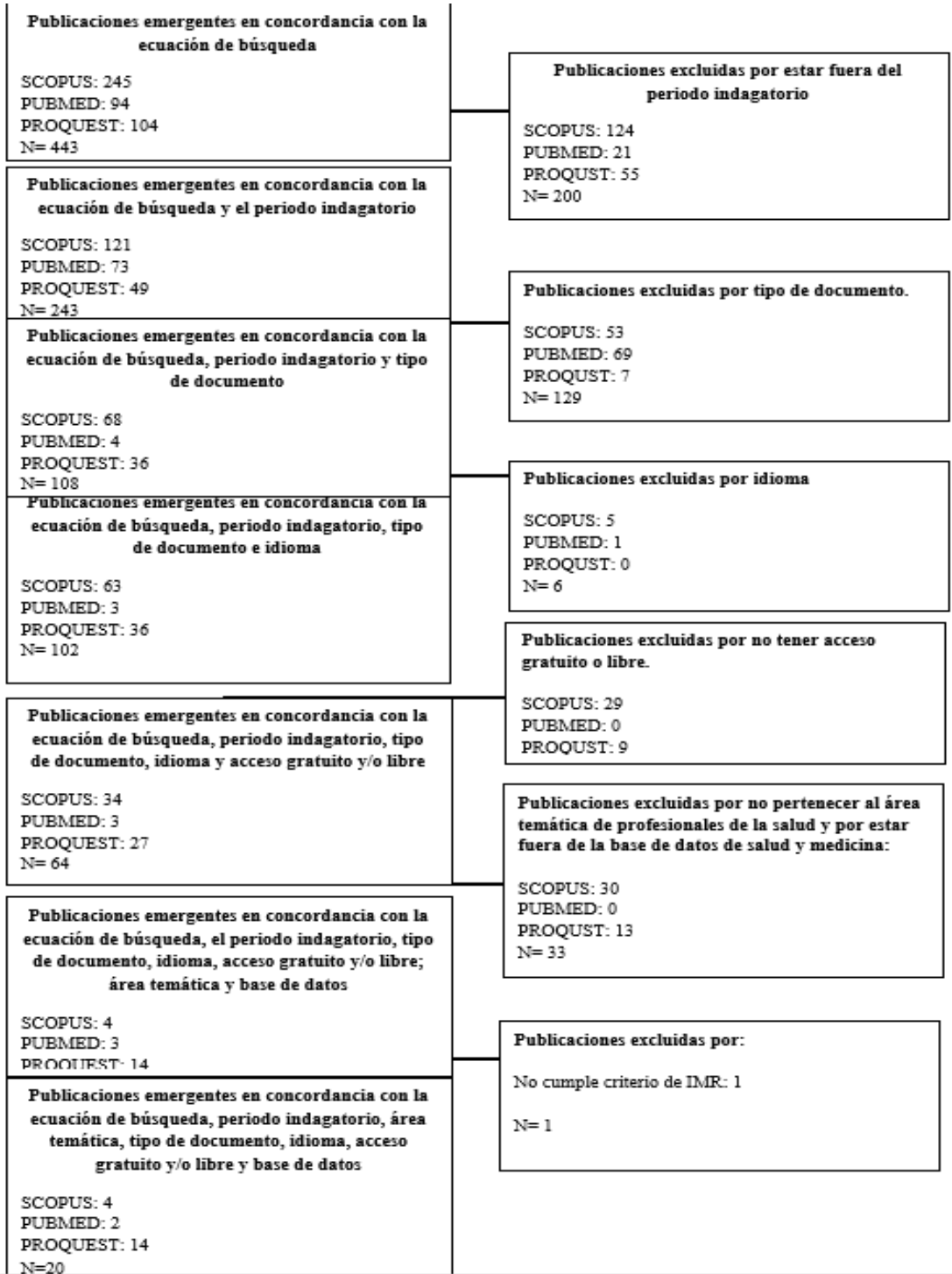


Figura 1. Diagrama de flujo - PRISMA

RESULTADOS

Se muestra seguidamente la matriz con 20 artículos seleccionados que cumplen con los criterios de inclusión y exclusión, y de los cuales se extraerán los hallazgos principales que serán motivo de discusión.

Tabla 2. Matriz				
Autor/año		TÍTULO / DOI	País	Resultado/ hallazgos
1	Saeed Alqahtani (2024)	10.3390/diagnostics14222576	E.E.U.U	En el diagnóstico de cáncer de próstata por IMR se utilizaron modelos de aprendizaje profundo donde se obtuvieron los siguientes resultados: Puntuación AUC de hasta 0,997. Sensibilidad para csPCa alcanzó un 94,6 %. Especificidad alcanzó un 71 % y 77,5 %.
2	Sébastien Molière (2024)	10.1016/j.euo.2024.11.001	Francia	La aplicación de la IA, con su modelo de aprendizaje profundo, en el diagnóstico de cáncer por IMR obtuvo los siguientes resultados: Puntuación AUC de hasta 0,95. Sensibilidad para csPCa alcanzó un 91 %. Especificidad alcanzó un 72 % y 84 %.
3	Correia, E et al. (2024)	10.1007/s00261-024-04423-4	E.E.U.U	La combinación de IMR y algoritmos de aprendizaje profundo en el diagnóstico de cáncer de próstata permitieron obtener los siguientes resultados: Puntuación AUC de hasta 0,87. Sensibilidad para csPCa alcanzó un 91 %. Especificidad alcanzó entre un 80 % y 85 %.
4	Lin, Y. et al. (2024)	10.1007/s00261-024-04468-5	E.E.U.U	Los algoritmos de IA en el diagnóstico de cáncer de próstata por IRM presentan los siguientes resultados: Puntuación AUC de hasta 0,75 en imágenes de alta calidad y 0,74 en imágenes de baja calidad. Sensibilidad para csPCa alcanzó entre un 72 % y 75 %. Especificidad alcanzó entre un 63 % y 72 %.
5	Jaouen, T. et al. (2024)	10.1016/j.diii.2023.04.006	Francia	El diagnóstico de cáncer de próstata mediante IMR en combinación con el sistema CAD, modelo basado en IA, evidenció los siguientes resultados: Puntuación AUC entre 0,82 y 0,84. Sensibilidad para csPCa entre 84 % y 85 %. Especificidad alcanzó un 76 %.
6	Arroyo, M. et al. (2023)	10.3390/healthcare11040590	Jeddah (Arabia Saudita)	El modelo producto de la combinación del algoritmo de Arquímedes con aprendizaje profundo aplicado en el diagnóstico de cáncer de próstata mediante IMR, evidenció los siguientes resultados: Puntuación AUC de 0,995. Sensibilidad para csPCa de 99,5 %. Especificidad alcanzó un 99,5 %.
7	Talyshinskii, Ali. et al. (2024)	10.3390/cancers16101809	India Grecia Reino Unido	Los modelos CNN para el diagnóstico de cáncer de próstata por IRM obtuvieron los siguientes resultados: Puntuación AUC alcanzó hasta 0,97. Sensibilidad para csPCa de hasta 92 %. Especificidad entre 43 % y 82 %.
8	Mayer, Rulón. et al. (2024)	10.3390/cancers16101822	E.E.U.U	Mediante un algoritmo de IA espectral/estadísticos para el diagnóstico de cáncer de próstata mediante firmas tumorales en IMR, se obtuvieron los siguientes resultados: Puntuación AUC de 0,95. Sensibilidad para csPCa de 99 %. Especificidad alcanzó un 95 %.
9	Hussein Hashem et al. (2024)	10.48550/arXiv.2208.00583	Arabia Saudita	El modelo InceptionResNetV2 propuesto alcanzó una precisión promedio del 89,20 % y un área bajo la curva (AUC) de 93,6 % en la identificación del cáncer de próstata a partir de imágenes de IRM.
10	Islam, Rafiqul et al. (2024)	10.1155/2024/1588891	Bangladesh	Modelos como el ResNet50 y ResNet50V2 en el diagnóstico de cáncer de próstata IMR obtuvieron los siguientes resultados: Puntuación AUC aproximada de 0,99. Sensibilidad para csPCa de 98,8 %. Especificidad aproximada de 99 %.

11	Feretzakis, Georgios et al. (2024)	10.3390/cancers16040810	Italia	En la integración de algoritmos de IA para el diagnóstico de cáncer de próstata por IRM se obtuvieron los siguientes resultados: Puntuación AUC aproximada de 0,99. Sensibilidad para csPCa de 98,8 %. Especificidad aproximada de 99 %.
12	Alparslan Horasa et al. (2024)	10.3390/diagnostics14171871	Turquía	La combinación de radiomics con modelos de aprendizaje profundo de IA para el diagnóstico de cáncer de próstata han demostrado los siguientes resultados: Puntuación AUC entre 0,844 y 0,889. Sensibilidad csPCa del 82 % Especificidad del 80 %
13	Jia-Cheng, Liu et al. (2024)	10.3390/cancers16172944	China Hong Kong	Los modelos radiómicos basados en IMR T2w, combinados con el PI-RADS en el diagnóstico de cáncer de próstata por IMR, tuvieron los siguientes resultados: Puntuación AUC de 0,838. Sensibilidad para csPCa de 98,8 %. Especificidad aproximada de 99 %.
14	Antolin, Andreu et al. (2024)	10.3390/cancers16172951	España	El desempeño de los modelos basados en radiómica y aprendizaje profundo para el diagnóstico de cáncer de próstata por IMR obtuvieron los siguientes resultados: Puntuación AUC hasta 0,98. Sensibilidad para csPCa hasta 95 %. Especificidad hasta un 92 %.
15	Chaddad, Ahmad et al. (2023)	10.3390/cancers15153839	China Canadá E.E.U.U	Los modelos PI-RADS en conjunto con la IA en el diagnóstico de cáncer de próstata por IMR obtuvieron los siguientes resultados: Puntuación AUC de 0,98. Sensibilidad para csPCa de 92,6 %. Especificidad aproximada de 89 %.
16	Rippa, Malte et al. (2024)	10.3390/diagnostics14151677	Suiza Alemania	La arquitectura Génesis, el cual pertenece al modelo Deep Learning propio del aprendizaje profundo de IA, fue aplicado en el diagnóstico de cáncer de próstata por IMR, donde se obtuvo: Puntuación AUC aproximada de 0,7343. Sensibilidad para csPCa de 76,56 %. Especificidad aproximada de 73 %.
17	Ragab, Mahmoud (2023)	10.3390/healthcare11040590	Egipto Arabia Saudita	El modelo AOADLB-P2C combina el modelo de Arquimides con el modelo de aprendizaje profundo para el diagnóstico de cáncer de próstata por IMR, donde se obtuvo: Puntuación AUC aproximada de 0,995. Sensibilidad para csPCa de 99,5 %. Especificidad aproximada de 99,5 %.
18	Nematollahi, Hamide (2023)	10.3390/diagnostics13040806	Irán	La integración de los modelos basados en redes neuronales profundas y bosques aleatorios en el diagnóstico de cáncer de próstata por IRM tuvieron los siguientes resultados: Puntuación AUC aproximada de 0,70 y 0,89. Sensibilidad para csPCa varía entre 66,2 % y 91 %. Especificidad fluctúa entre 23 % y 88 %.
19	Gaudiano, Caterina (2023)	10.3390/cancers15133438		El modelo ADC en las lesiones PI-RADS 3, lesiones que suelen representar un verdadero reto clínico debido a su carácter equivoco, tuvo los siguientes resultados: Puntuación AUC aproximada de 0,81. Sensibilidad de 78 %. Especificidad de 76 %.
20	Silva Guljaš; Krivdić (2023)	10.3390/diagnostics13223488	Croacia	El uso de secuencias de mpMRI con DCE-MRI permite un superior diagnóstico de cáncer de próstata por IMR, en este estudio se obtuvieron los siguientes resultados: Puntuación AUC hasta 0,96. Sensibilidad para csPCa hasta un 96 %. Especificidad hasta un 96 %.

DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo analizar el impacto de la inteligencia artificial (IA) en el diagnóstico del cáncer de próstata mediante imagen por resonancia magnética (IRM) y compararlo con la eficacia de los métodos tradicionales. Los resultados obtenidos permiten reflexionar sobre las ventajas y limitaciones de la IA frente a las técnicas convencionales.

Impacto de la IA en el diagnóstico por IRM

Los modelos de IA analizados en este estudio destacan por su capacidad para superar las limitaciones de los métodos tradicionales en la interpretación de IRM. Con puntuaciones de AUC que oscilan entre 0,70 y 0,997, se evidencia un incremento notable en la precisión diagnóstica,^(8,19) AUC de 0,97 y 0,995, respectivamente. Estos resultados resaltan el potencial de la IA para reducir la variabilidad interobservador y ofrecer interpretaciones consistentes, especialmente en lesiones que podrían generar incertidumbre en métodos manuales.

En contraste, los métodos tradicionales de diagnóstico por IRM presentan limitaciones significativas. Por ejemplo, un estudio publicado en JAMA Network Open encontró que las lesiones categorizadas como PI-RADS 4 y 5, junto con la densidad del antígeno prostático específico (PSAD), fueron los únicos factores independientes asociados con csPCa. Esto sugiere que la interpretación manual de IRM puede depender en gran medida de estos parámetros específicos, lo que podría limitar su eficacia en comparación con enfoques asistidos por IA.⁽¹³⁾

Además, una revisión sistemática publicada en Diagnostics evaluó la efectividad de las herramientas basadas en IA para el diagnóstico de cáncer de próstata mediante IRM. Los resultados indicaron que estas herramientas mejoran la precisión diagnóstica en comparación con los métodos convencionales, con incrementos en la sensibilidad y especificidad, lo que sugiere una ventaja significativa sobre las técnicas tradicionales.⁽¹⁴⁾

La integración de algoritmos avanzados, como redes neuronales convolucionales, no solo mejora la identificación de lesiones malignas, sino que también permite optimizar procesos diagnósticos en contextos con acceso limitado a especialistas. Este impacto va más allá del análisis técnico, consolidando a la IA como una herramienta clave para abordar las disparidades en salud y garantizar un diagnóstico más oportuno y eficiente.

Comparación de sensibilidad y especificidad:

En los métodos tradicionales, la sensibilidad y especificidad del diagnóstico por imágenes por IRM dependen en gran medida de la habilidad y experiencia del radiólogo, con valores promedio estimados de 85 % y 70 %, respectivamente. Estas cifras reflejan la naturaleza subjetiva del proceso interpretativo, que puede estar influenciado por factores como el nivel de entrenamiento, la carga laboral o incluso el acceso a equipos de última generación. En contraste, los modelos de IA han demostrado un desempeño significativamente superior, alcanzando sensibilidades de hasta 99,5 % y especificidades cercanas al 99 %.⁽²³⁾

Un estudio reciente evaluó la precisión de la IRM multiparamétrica de 3T utilizando PI-RADS v2.1 en la detección de cáncer de próstata. Los resultados mostraron una sensibilidad del 74 % y una especificidad del 87 %, lo que indica una buena precisión diagnóstica, aunque aún sujeta a la interpretación del radiólogo.⁽¹⁸⁾

Además, una revisión sistemática evaluó la efectividad de las herramientas basadas en IA para el diagnóstico de cáncer de próstata mediante IRM. Los hallazgos indicaron que la IA mejora la precisión diagnóstica en comparación con los métodos convencionales, con incrementos en la sensibilidad y especificidad, sugiriendo una ventaja significativa sobre las técnicas tradicionales.⁽¹⁴⁾

La capacidad de la IA para mantener altos niveles de precisión de manera consistente se debe a su diseño basado en algoritmos de aprendizaje profundo, como ResNet50, que optimizan la extracción y análisis de características clave en las imágenes, minimizando errores humanos. Esta alta precisión no solo reduce los falsos positivos, que podrían llevar a procedimientos innecesarios, sino también los falsos negativos, que representan un riesgo al retrasar el tratamiento de casos clínicamente significativos. Por lo tanto, la implementación de la IA no solo mejora la exactitud diagnóstica, sino que también fortalece la confianza en los resultados, lo que resulta esencial para un manejo clínico eficiente y seguro.

Reducción de procedimientos invasivos:

En los métodos tradicionales, la sensibilidad y especificidad del diagnóstico por imágenes por IRM dependen en gran medida de la habilidad y experiencia del radiólogo, con valores promedio estimados de 85 % y 70 %, respectivamente. Estas cifras reflejan la naturaleza subjetiva del proceso interpretativo, que puede estar influenciado por factores como el nivel de entrenamiento, la carga laboral o incluso el acceso a equipos de última generación. En contraste, los modelos de IA han demostrado un desempeño significativamente superior, alcanzando sensibilidades de hasta 99,5 % y especificidades cercanas al 99 %.⁽²³⁾

Un estudio reciente evaluó la precisión de la IRM multiparamétrica de 3T utilizando PI-RADS v2.1 en la detección de cáncer de próstata. Los resultados mostraron una sensibilidad del 74 % y una especificidad del 87 %, lo que indica una buena precisión diagnóstica, aunque aún sujeta a la interpretación del radiólogo.⁽²⁵⁾

Además, una revisión sistemática evaluó la efectividad de las herramientas basadas en IA para el diagnóstico

de cáncer de próstata mediante IRM. Los hallazgos indicaron que la IA mejora la precisión diagnóstica en comparación con los métodos convencionales, con incrementos en la sensibilidad y especificidad, sugiriendo una ventaja significativa sobre las técnicas tradicionales.⁽¹⁴⁾

Ventajas en la interpretación uniforme:

Una de las principales limitaciones de los métodos tradicionales de interpretación de imágenes por IRM es la variabilidad interobservador, que depende de la experiencia, formación y criterios subjetivos de los radiólogos. Esto puede dar lugar a inconsistencias en los diagnósticos, especialmente en lesiones de difícil clasificación o en pacientes con características clínicas complejas. Los modelos de aprendizaje profundo, como ResNet50 y ResNet50V2, eliminan esta disparidad al proporcionar análisis uniformes y estandarizados, basados en algoritmos diseñados para identificar patrones clave en las imágenes de manera objetiva y reproducible.

Esta ventaja es particularmente relevante en contextos donde existe una escasez de especialistas altamente capacitados o donde la carga laboral limita el tiempo disponible para una evaluación minuciosa. La IA puede actuar como una herramienta de apoyo, no solo proporcionando una segunda opinión confiable, sino también ayudando a los radiólogos menos experimentados a alcanzar niveles de precisión comparables a los de sus colegas más capacitados. Asimismo, la capacidad de los algoritmos de IA para procesar grandes volúmenes de datos en poco tiempo permite una toma de decisiones más ágil y precisa, lo que resulta crucial en entornos clínicos de alta demanda. En resumen, la interpretación uniforme ofrecida por la IA no solo mejora la calidad diagnóstica, sino que también contribuye a reducir las desigualdades en el acceso a diagnósticos de alta calidad.

La variabilidad interobservador en la interpretación de imágenes por IRM para el diagnóstico del cáncer de próstata es una limitación reconocida en los métodos tradicionales. Esto puede dar lugar a inconsistencias en los diagnósticos, especialmente en lesiones de difícil clasificación o en pacientes con características clínicas complejas. Un estudio reciente identificó que la puntuación PI-QUAL fue el único predictor de la variabilidad en la delineación entre lectores de la lesión intraprostática dominante, lo que subraya la influencia de la calidad de la imagen en la consistencia diagnóstica.⁽²⁹⁾

En contraste, los modelos de aprendizaje profundo han mostrado un rendimiento prometedor en la detección del cáncer de próstata mediante IRM. Un estudio empleó un enfoque integral utilizando múltiples modelos de aprendizaje profundo, incluyendo una red neuronal convolucional tridimensional (3D-CNN), una red residual y una red Inception, para mejorar la precisión y robustez en la detección del cáncer de próstata.⁽³⁰⁾

Limitaciones de la IA frente a los métodos tradicionales:

A pesar de los avances significativos en la integración de la IA en el diagnóstico por imágenes, existen limitaciones importantes que deben ser consideradas. Por ejemplo, un estudio de 2021 señaló que, aunque los modelos de IA han mostrado resultados prometedores en la detección del cáncer de próstata mediante IRM, existen limitaciones en la literatura existente, incluyendo sesgos en la validación de modelos, heterogeneidad en la presentación de métricas de rendimiento y falta de evidencia suficiente de traducción clínica.⁽³⁰⁾

Además, la implementación de IA requiere infraestructura tecnológica avanzada, como potentes servidores, software especializado y personal capacitado para gestionar y supervisar los algoritmos, lo que puede limitar su aplicabilidad en regiones con recursos económicos o tecnológicos limitados. Por otro lado, los métodos tradicionales, aunque más lentos y propensos a errores humanos, no dependen de estas infraestructuras y pueden ser aplicados en casi cualquier entorno clínico, lo que los hace una opción más viable en áreas rurales o en sistemas de salud con presupuestos reducidos.⁽³⁴⁾

Otra preocupación importante es la “caja negra” inherente a muchos modelos de aprendizaje profundo, donde las decisiones del algoritmo son difíciles de interpretar o justificar. Esto puede generar desconfianza entre los médicos y pacientes, especialmente en situaciones donde los resultados tienen implicaciones críticas para el tratamiento. Por lo tanto, aunque la IA tiene el potencial de transformar el diagnóstico médico, su implementación debe complementarse con estrategias que minimicen estas limitaciones, como el uso de modelos más transparentes, entrenamiento con conjuntos de datos más diversos y la integración con métodos tradicionales para una validación cruzada más robusta.

Relevancia clínica y perspectivas futuras:

La IA representa un cambio paradigmático en el diagnóstico del cáncer de próstata, marcando un avance significativo en términos de precisión, eficiencia y estandarización. Su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos, identificar patrones complejos en IRM y reducir la subjetividad en los diagnósticos ha consolidado su papel como una herramienta esencial en la medicina moderna. Sin embargo, su implementación debe ser complementaria a los enfoques tradicionales y no sustitutiva, ya que estos últimos siguen siendo fundamentales en contextos donde la experiencia clínica directa y el juicio médico son insustituibles, especialmente en casos con características atípicas o en entornos con recursos tecnológicos limitados.⁽³⁵⁾

El éxito de la integración de la IA en la práctica clínica dependerá en gran medida de una colaboración

interdisciplinaria efectiva, que involucre a radiólogos, oncólogos, especialistas en tecnología de la información y gestores de políticas de salud. Esta sinergia permitirá abordar desafíos clave, como la necesidad de mejorar la calidad y diversidad de los conjuntos de datos utilizados para entrenar los modelos, garantizar la interpretación transparente de los algoritmos y establecer protocolos estandarizados que regulen su aplicación.⁽³⁸⁾

Desde una perspectiva futura, la IA tiene el potencial de transformar no solo el diagnóstico, sino también el manejo integral del cáncer de próstata, facilitando la personalización de los tratamientos mediante el análisis de datos clínicos y genómicos. Además, el desarrollo de herramientas más accesibles y adaptadas a sistemas de salud con recursos limitados podría contribuir significativamente a reducir las desigualdades en la atención médica a nivel global. Sin embargo, para maximizar su impacto positivo, será crucial continuar con investigaciones que evalúen su rendimiento en diferentes contextos clínicos y promover una formación constante en el uso de estas tecnologías entre los profesionales de la salud.⁽³⁹⁾

En última instancia, la IA no solo debe ser vista como una solución técnica, sino como un medio para optimizar el proceso de toma de decisiones clínicas, mejorar la calidad de vida de los pacientes y construir un sistema de salud más equitativo y eficiente.

CONCLUSIONES

La IA ha demostrado un impacto significativo en el diagnóstico del cáncer de próstata mediante IRM, logrando una mayor precisión diagnóstica con puntuaciones AUC superiores a los valores tradicionales. Su capacidad para optimizar las tasas de sensibilidad y especificidad, alcanzando hasta un 99,5 %, ha reducido los errores diagnósticos y mejorado la detección temprana de lesiones malignas. Además, su aplicación permite disminuir la necesidad de procedimientos invasivos como biopsias, lo que favorece un manejo clínico menos agresivo y más eficiente. Al eliminar la variabilidad interobservador, la IA garantiza interpretaciones consistentes y uniformes, independientemente del contexto o de la experiencia del radiólogo.

A pesar de las limitaciones técnicas y logísticas que todavía enfrenta, la IA complementa eficazmente los métodos diagnósticos tradicionales, siendo especialmente valiosa en entornos con acceso limitado a recursos especializados. Para maximizar su impacto positivo en la práctica médica, es esencial promover la colaboración interdisciplinaria y establecer protocolos estandarizados que regulen su implementación ⁽⁴⁰⁾. Estas medidas permitirán aprovechar plenamente el potencial de la IA en el diagnóstico y manejo del cáncer de próstata, consolidándola como una herramienta clave en la medicina moderna.

REFERENCIAS

1. O'Dowd G, Bell S, Wright S. Wheater's pathology: A text, atlas and review of histopathology: With STUDENT CONSULT online access. 6a ed. Londres, Inglaterra: Churchill Livingstone; 2019.
2. Estadísticas importantes sobre el cáncer de próstata. Cancer.org. Citado el 24 de noviembre de 2024. Disponible en: <https://www.cancer.org/es/cancer/tipos/cancer-de-prostata/acerca/estadisticas-clave.html>
3. Minsa continúa realizando acciones a nivel nacional para la detección temprana del cáncer de próstata. Gob.pe. Citado el 24 de noviembre de 2024. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/980265-minsa-continua-realizando-acciones-a-nivel-nacional-para-la-deteccion-temprana-del-cancer-de-prostata>
4. Islas Pérez LÁ, Martínez Reséndiz JI, Ruiz Hernández A, Ruvalcaba Ledezma JC, Benítez Medina A, Beltran Rodríguez MG, et al. Epidemiología del cáncer de próstata, sus determinantes y prevención. J Negat No Posit Results. 2020;5:1010-22. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S2529-850X2020000901010&script=sci_arttext
5. Ramírez K. Cerca de 2200 varones fallecerán por cáncer de próstata en 2030, según estudio. Científica Divulga. 2024. Citado el 24 de noviembre de 2024. Disponible en: <https://divulga.cientifica.edu.pe/nuestra-ciencia/cerca-de-2200-varones-falleceran-por-cancer-de-prostata-en-2030-segun-estudio/>
6. NCI. Inteligencia artificial para ver el cáncer de formas nuevas y más eficaces. Cancer.gov. 2022. Citado el 24 de noviembre de 2024. Disponible en: <https://www.cancer.gov/espanol/noticias/temas-y-relatos-blog/2022/inteligencia-artificial-imagenes-cancer>
7. Pellicer-Valero OJ, Marengo Jiménez JL, Gonzalez-Perez V, Casanova Ramón-Borja JL, Martín García I, Barrios Benito M, et al. Deep Learning for fully automatic detection, segmentation, and Gleason Grade estimation of prostate cancer in multiparametric Magnetic Resonance Images. arXiv preprint arXiv:2103.12650. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2103.12650>

8. Alqahtani S. Systematic Review of AI-Assisted MRI in Prostate Cancer Diagnosis: Enhancing Accuracy Through Second Opinion Tools. *Diagnostics*. 2024;14:2576. doi:10.3390/diagnostics14222576. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/diagnostics14222576>
9. NCI. Investigadores crean planteamiento de IA para exámenes de detección de cáncer de cuello uterino. *Cancer.gov*. 2019. Citado el 24 de noviembre de 2024. Disponible en: <https://www.cancer.gov/espanol/noticias/comunicados-de-prensa/2019/aprendizaje-profundo-cancer-cuello-uterino-examenes-de-deteccion>
10. Hart TJ, Engler Hart C, Hopson S, Urie PM, Della Corte D. Overcoming Limitations in Artificial Intelligence-based Prostate Cancer Detection through Better Datasets and a Bayesian Approach to Aggregate Panel Predictions. *arXiv preprint arXiv:2406.06801*. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2406.06801>
11. Liu B, Wang Y, Weitz P, Lindberg J, Hartman J, Egevad L, et al. Using deep learning to detect patients at risk for prostate cancer despite benign biopsies. *arXiv preprint arXiv:2106.14256*. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2106.14256>
12. Molière S. A Systematic Review of the Diagnostic Accuracy of Deep Learning Models for the Automatic Detection, Localization, and Characterization of Clinically Significant Prostate Cancer on Magnetic Resonance Imaging. *Eur Urol Oncol*. 2024. doi:10.1016/j.euo.2024.11.001.
13. Van der Leest M, Cornel E, Israël B, et al. Head-to-head Comparison of Transrectal Ultrasound-guided Prostate Biopsy Versus Multiparametric Prostate Resonance Imaging with Subsequent Magnetic Resonance-guided Biopsy in Biopsy-naïve Men with Elevated Prostate-specific Antigen: A Large Prospective Multicenter Clinical Study. *Eur Urol*. 2019;75:570-578. doi:10.1016/j.eururo.2018.11.023
14. Shao W, Pedrosa I, Bonekamp D, et al. Systematic Review of AI-Assisted MRI in Prostate Cancer Diagnosis: Accuracy, Outcomes, and Future Trends. *Diagnostics*. 2024;14:2576. doi:10.3390/diagnostics14222576
15. Correia E, et al. A Systematic Review of the Diagnostic Accuracy of Deep Learning Models for the Automatic Detection, Localization, and Characterization of Clinically Significant Prostate Cancer on Magnetic Resonance Imaging. *Abdom Radiol*. 2024. doi:10.1007/s00261-024-04423-4.
16. Lin Y, et al. Deep learning-based image quality assessment: impact on detection accuracy of prostate cancer extraprostatic extension on MRI. *Abdom Radiol*. 2024. doi:10.1007/s00261-024-04468-5.
17. Jaouen T, et al. Characterization of high-grade prostate cancer at multiparametric MRI using a radiomic-based computer-aided diagnosis system as standalone and second reader. *Diagn Interv Imaging*. 2024. doi:10.1016/j.diii.2023.04.006.
18. Elkhayat H, Gadelkarim M, Elsharkawy M, et al. 3T multiparametric MRI's accuracy in detecting prostate cancer using PI-RADS v2.1. *Egypt J Radiol Nucl Med*. 2023;54:1-9. doi:10.1186/s43055-024-01244-9
19. Arroyo M, et al. Artificial Intelligence in Prostate Cancer: Current Status and Future Directions. *Healthcare*. 2023;11. doi:10.3390/healthcare11040590.
20. Talyshinskii A, et al. Catalyzing Precision Medicine: Artificial Intelligence Advancements in Prostate Cancer Diagnosis and Management. *Cancers*. 2024;16. doi:10.3390/cancers16101809.
21. Mayer R, et al. Autonomous Tumor Signature Extraction Applied to Spatially Registered Bi-Parametric MRI to Predict Prostate Tumor Aggressiveness: A Pilot Study. *Cancers*. 2024;16. doi:10.3390/cancers16101822.
22. Hashem H, et al. An Enhanced Deep Learning Technique for Prostate Cancer Identification Based on MRI Scans. *arXiv*. 2024. doi:10.48550/arXiv.2208.00583.
23. Islam R, et al. Prostate Cancer Detection from MRI Using Efficient Feature Extraction with Transfer Learning. *J Healthc Eng*. 2024. doi:10.1155/2024/1588891.
24. Feretzakis G, et al. Emerging Trends in AI and Radiomics for Bladder, Kidney, and Prostate Cancer: A Critical Review. *Cancers*. 2024;16. doi:10.3390/cancers16040810.

25. Saha A, et al. Artificial Intelligence and Radiologists in Prostate Cancer Detection: The PI-CAI Study. *European Urology*. 2024. doi:10.1016/j.eururo.2024.01.010.
26. Horasa A, et al. Advancing Prostate Cancer Diagnosis: A Deep Learning Approach for Enhanced Detection in MRI Images. *Diagnostics*. 2024;14. doi:10.3390/diagnostics14171871.
27. Liu JC, et al. MRI T2w Radiomics-Based Machine Learning Models in Imaging Simulated Biopsy Add Diagnostic Value to PI-RADS in Predicting Prostate Cancer: A Retrospective Diagnostic Study. *Cancers*. 2024;16. doi:10.3390/cancers16172944.
28. Andreu A, et al. The Role of Radiomics in the Prediction of Clinically Significant Prostate Cancer in the PI-RADS v2 and v2.1 Era: A Systematic Review. *Cancers*. 2024;16. doi:10.3390/cancers16172951.
29. Factors of interobserver variability in prostate tumor MRI delineation: the role of PI-QUAL score. *Radiol Med*. 2024. doi:10.1007/s11547-024-01920-w.
30. Advancing Prostate Cancer Diagnosis: A Deep Learning Approach for Enhanced Detection. *Diagnostics*. 2023;14:1871. doi:10.3390/diagnostics14171871.
31. Chaddad A, et al. Advancements in MRI-Based Radiomics and Artificial Intelligence for Prostate Cancer: A Comprehensive Review and Future Prospects. *Cancers*. 2023;15. doi:10.3390/cancers15153839.
32. Rippa M, et al. Evaluation of Machine Learning Classification Models for False-Positive Reduction in Prostate Cancer Detection Using MRI Data. *Diagnostics*. 2024;14. doi:10.3390/diagnostics14151677.
33. Ragab M, et al. Archimedes Optimization Algorithm with Deep Learning-Based Prostate Cancer Classification on Magnetic Resonance Imaging. *Healthcare*. 2023;11. doi:10.3390/healthcare11040590.
34. Burns JE, Yao J, Summers RM. Artificial Intelligence for Automated Cancer Detection on Prostate MRI: A Diagnostic Accuracy Study. *AJR Am J Roentgenol*. 2021;216:1464-1471. doi:10.2214/AJR.21.26917.
35. Wang Y, Liu W, Chen Z, et al. A noninvasive method for predicting clinically significant prostate cancer using magnetic resonance imaging combined with PRKY promoter methylation level: a machine learning study. *BMC Med Imaging*. 2024;24:60. doi:10.1186/s12880-024-01236-1.
36. Nematollahi H. Diagnostic Performance Evaluation of Multiparametric Magnetic Resonance Imaging in the Detection of Prostate Cancer with Supervised Machine Learning Methods. *Diagnostics*. 2023;13. doi:10.3390/diagnostics13040806.
37. Pellicer-Valero OJ, Marengo Jiménez JL, Gonzalez-Perez V, Casanova Ramón-Borja JL, Martín García I, Barrios Benito M, et al. Deep Learning for fully automatic detection, segmentation, and Gleason Grade estimation of prostate cancer in multiparametric Magnetic Resonance Images. *arXiv preprint arXiv:2103.12650*. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2103.12650>
38. Hart TJ, Engler Hart C, Hopson S, Urie PM, Della Corte D. Overcoming Limitations in Artificial Intelligence-based Prostate Cancer Detection through Better Datasets and a Bayesian Approach to Aggregate Panel Predictions. *arXiv preprint arXiv:2406.06801*. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2406.06801>
39. Gaudio C. An Apparent Diffusion Coefficient-Based Machine Learning Model Can Improve Prostate Cancer Detection in the Grey Area of the Prostate Imaging Reporting and Data System Category 3: A Single-Centre Experience. *Cancers*. 2023;15. doi:10.3390/cancers15133438.
40. Guljaš S, Krivdić M. Dynamic Contrast-Enhanced Study in the mpMRI of the Prostate—Unnecessary or Underutilised? A Narrative Review. *Diagnostics*. 2023;13. doi:10.3390/diagnostics13223488.

FINANCIACIÓN

Ninguna.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Ramirez Chávez C, Enzo Bazualdo Fiorini, Segundo Bueno Ordoñez.

Redacción - borrador original: Ramirez Chávez C, Enzo Bazualdo Fiorini, Segundo Bueno Ordoñez.

Redacción - revisión y edición: Ramirez Chávez C, Enzo Bazualdo Fiorini, Segundo Bueno Ordoñez.