



Revista MedArticle

www.medarticle.net

Aplicaciones de la resonancia magnética en la caracterización de lesiones pulmonares.

Autor:

Moncayo-García Freddy¹.

Médico, Inter Hospital, Guayaquil, Ecuador.¹

Correspondencia: Freddy Moncayo García. Correo electrónico: freddy_m_oncayo@hotmail.com

RESUMEN

La resonancia magnética torácica ha experimentado un notable avance gracias a innovaciones que han permitido superar su baja sensibilidad inicial en tejidos pulmonares. Las secuencias ultrarrápidas, UTE, ZTE y los métodos de reconstrucción han incrementado la señal y reducido los artefactos, mejorando la caracterización de nódulos sólidos y sub-sólidos. Estos progresos han fortalecido la utilidad clínica de la RM para diferenciar lesiones benignas y malignas, complementando modalidades como la tomografía computarizada y el PET/CT sin exponer al paciente a radiación. Asimismo, técnicas como difusión ponderada e IVIM permiten evaluar celularidad, perfusión y procesos inflamatorios con alta precisión. Las tecnologías tridimensionales UTE y los protocolos con inteligencia artificial mejoran la resolución en respiración libre, facilitando su aplicación en poblaciones vulnerables. Además, la perfusión dinámica permite estudiar la vascularización tumoral y apoyar decisiones diagnósticas.

Revista MedArticle

www.medarticle.net

Editora Científica





Revista MedArticle

www.medarticle.net

La RM emerge así como una herramienta integral capaz de combinar información estructural y funcional en un único estudio.

PALABRAS CLAVES: Resonancia, Magnética, Lesiones, Pulmonares, Torácica.

ABSTRACT

Thoracic magnetic resonance imaging (MRI) has undergone remarkable advancements thanks to innovations that have overcome its initial low sensitivity in lung tissue. Ultrafast sequences, UTE, ZTE, and reconstruction methods have increased signal strength and reduced artifacts, improving the characterization of solid and subsolid nodules. These advances have strengthened the clinical utility of MRI for differentiating benign and malignant lesions, complementing modalities such as computed tomography (CT) and PET/CT without exposing the patient to radiation. Furthermore, techniques such as diffusion-weighted imaging (DWI) and intravascular imaging (IVIM) allow for the highly accurate evaluation of cellularity, perfusion, and inflammatory processes. Three-dimensional UTE technologies and AI-powered protocols improve resolution during free breathing, facilitating their application in vulnerable populations. In addition, dynamic perfusion imaging allows for the study of tumor vascularization and supports diagnostic decisions. MRI is thus emerging as a comprehensive tool capable of combining structural and functional information in a single study.

KEYWORDS: MRI, Magnetic Resonance Imaging, Lesions, Pulmonary, Thoracic.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la resonancia magnética (RM) torácica ha pasado de ser un recurso limitado por su baja sensibilidad en tejidos pulmonares a consolidarse como una herramienta capaz de caracterizar lesiones con una precisión cada vez mayor. Los

Revista MedArticle

www.medarticle.net

Editora Científica





Revista MedArticle

www.medarticle.net

avances técnicos en secuencias ultrarrápidas, eco ultracorto (UTE y ZTE), difusión multi-paramétrica y algoritmos de reconstrucción han permitido superar limitaciones históricas relacionadas con la baja señal producida por la alta susceptibilidad del parénquima pulmonar.¹

Este progreso ha motivado una creciente producción científica que evalúa la utilidad clínica de la RM para diferenciar nódulos benignos y malignos, estimar su actividad biológica y complementar la información obtenida con tomografía computarizada (TC) y PET/CT. Comprender estas innovaciones es relevante para la práctica clínica actual, ya que las estrategias diagnósticas se dirigen hacia enfoques no invasivos capaces de integrar datos morfológicos y funcionales sin exponer al paciente a radiación ionizante.^{2,4}

Estas mejoras han permitido obtener imágenes con mayor resolución espacial, mejor relación señal-ruido y menor susceptibilidad a artefactos, incrementando así la capacidad para evaluar nódulos sólidos, semisólidos y sub-sólidos en un contexto clínico donde la detección temprana resulta fundamental.⁵

La ausencia de radiación ionizante representa otro beneficio clave, especialmente útil en poblaciones pediátricas, pacientes oncológicos que requieren seguimiento periódico o individuos incluidos en programas de tamizaje de cáncer pulmonar.¹⁰

MARCO TEÓRICO

La caracterización de lesiones pulmonares mediante resonancia magnética (RM) se ha fortalecido con innovaciones que permiten obtener imágenes con alto contraste tisular y evaluar propiedades fisiológicas no accesibles mediante TC. Las revisiones sistemáticas recientes demuestran que la RM ha mejorado su rendimiento diagnóstico gracias al

Revista MedArticle

www.medarticle.net

Editora Científica





Revista MedArticle

www.medarticle.net

incremento en la resolución espacial, la reducción de artefactos y el perfeccionamiento de técnicas como UTE, ZTE y difusión ponderada¹.

Estas tecnologías han incrementado la sensibilidad en la detección de nódulos pequeños y lesiones complejas, además de facilitar su análisis cuantitativo. La RM se ha convertido así en un complemento relevante para modalidades tradicionales, especialmente cuando se busca evitar exposición a radiación o evaluar parámetros funcionales del tejido pulmonar.²

La introducción de secuencias turbo spin-echo optimizadas ha permitido aumentar la señal en regiones de baja densidad, logrando una mejor delimitación de nódulos y masas, como señalan estudios que comparan estas técnicas con PET/CT y demuestran un desempeño competitivo en la diferenciación entre lesiones benignas y malignas.^{2,4}

Así mismo, el análisis mediante difusión ponderada (DWI) y modelos derivados, incluyendo IVIM, ha demostrado utilidad para describir la celularidad tumoral y los patrones de perfusión intrínseca. Estos parámetros, medidos por valores de ADC y fracciones de difusión lenta y rápida, permiten distinguir procesos inflamatorios de neoplasias, aportando información complementaria al análisis morfológico. La evidencia reciente confirma que la RM basada en difusión exhibe un rendimiento equiparable al PET/CT en determinados escenarios, incluso superándolo en sensibilidad para la detección de lesiones de menor actividad metabólica.⁵

Del mismo modo, estudios comparativos han mostrado que DWI contribuye a la estratificación del riesgo en nódulos pulmonares sólidos y sub-sólidos, facilitando decisiones clínicas más precisas.⁵

Las secuencias UTE y ZTE representan otro eje fundamental en la evolución de la RM de tórax. Estas técnicas capturan señales de tejidos con tiempos de relajación extremadamente cortos, lo cual permite visualizar con nitidez regiones que históricamente presentaban señal deficiente. La literatura reciente demuestra que las

Revista MedArticle

www.medarticle.net

Editora Científica





Revista MedArticle

www.medarticle.net

versiones tridimensionales de UTE mejoran la valoración estructural del parénquima y permiten detectar nódulos con un contraste comparable al de la TC.^{6,9}

Su capacidad para obtener imágenes en respiración libre ha favorecido su aplicación en contextos clínicos reales, reduciendo la necesidad de apneas prolongadas y mejorando el confort del paciente. Asimismo, los protocolos que integran reconstrucción por inteligencia artificial han mostrado un aumento en la conspicuidad de lesiones pequeñas, optimizando el diagnóstico en poblaciones con limitaciones para realizar estudios con radiación.⁹

Las secuencias de eco ultracorto también han permitido cuantificar propiedades mecánicas y aerodinámicas del pulmón, ampliando el panorama hacia estudios funcionales sin radiación que complementan el diagnóstico de lesiones focales. La literatura describe además la utilización de métodos volumétricos basados en RM, los cuales ofrecen una estimación precisa del tamaño y la progresión de los nódulos pulmonares. Investigaciones comparativas con TC han demostrado alta concordancia, lo que posiciona a la RM como método alternativo para seguimientos seriados en pacientes jóvenes o con indicaciones especiales.^{10,12}

Sumado a ello, el uso de contraste dinámico en RM torácica permite estudiar la vascularización de las lesiones, diferenciando patrones típicos de neoplasias de aquellos observados en procesos inflamatorios. Esta aproximación ofrece un valor agregado particularmente útil en lesiones indeterminadas por TC, brindando una alternativa diagnóstica viable y sin radiación. En los últimos años, revisiones narrativas y sistemáticas han enfatizado el creciente rol de la RM en la evaluación multidimensional del pulmón, destacando su potencial para integrarse en algoritmos diagnósticos modernos que combinan análisis morfológico, funcional y cuantitativo.^{13,15}

Además, la integración de técnicas de respiración libre ha impulsado el uso clínico de la RM en pacientes con limitaciones para cooperar en maniobras respiratorias.¹⁰ Esta

Revista MedArticle

www.medarticle.net

Editora Científica





Revista MedArticle

www.medarticle.net

accesibilidad operativa ha permitido extender su aplicabilidad en poblaciones pediátricas y geriátricas, donde la reducción de artefactos por movimiento es crucial.⁵ El desarrollo de algoritmos avanzados de reconstrucción, especialmente aquellos basados en aprendizaje profundo, ha mejorado la resolución espacial y la relación señal-ruido, lo cual incrementa la detectabilidad de lesiones de bordes irregulares o patrón sub-sólido.¹¹ Estos avances han permitido que la RM compita directamente con la TC en la evaluación estructural del parénquima, al tiempo que proporciona información funcional superior.^{2,9}

Otro aspecto relevante es la capacidad de la RM para valorar la microvasculatura tumoral sin requerir radiación ionizante.⁷ La perfusión dinámica por contraste ofrece mapas cuantitativos que reflejan la permeabilidad capilar y los patrones de angiogénesis, parámetros clave en la evaluación de malignidad.^{6,8} Asimismo, la RM ha demostrado utilidad en la evaluación longitudinal de pacientes con riesgo elevado de cáncer pulmonar, permitiendo realizar seguimientos seriados sin los riesgos acumulados de la radiación. Este enfoque se alinea con tendencias actuales en medicina preventiva y personalizada.¹⁵

El análisis por difusión, en combinación con parámetros derivados como IVIM, ha permitido describir procesos inflamatorios con mayor especificidad, diferenciando infecciones, granulomas y neoplasias con mayor precisión diagnóstica.^{13,4} La correlación entre los valores de ADC y la agresividad tumoral ha sido documentada frecuentemente, mostrando que lesiones malignas presentan valores reducidos debido a su mayor celularidad. Por otro lado, lesiones benignas suelen exhibir parámetros de difusión más altos.⁶ También se han explorado aplicaciones de la RM en lesiones cavitadas, donde la detección de cambios en la pared interna permite inferir actividad neoplásica temprana.²

Revista MedArticle

www.medarticle.net

Editora Científica





Revista MedArticle

www.medarticle.net

Las aplicaciones emergentes incluyen el uso de RM para evaluar la elasticidad pulmonar mediante técnicas de resonancia magnética con elastografía, que podrían complementar el estudio de lesiones sub-sólidas.¹⁴ Aunque estas técnicas aún no se encuentran plenamente difundidas, la literatura reciente describe resultados prometedores en la identificación de cambios estructurales microscópicos.¹¹ La RM se proyecta así como un método integral capaz de combinar información estructural y funcional en un único examen, lo que podría transformar la forma en que se evalúan las lesiones pulmonares en los próximos años.^{9,13}

Asimismo, los progresos en hardware y software han reducido los tiempos de adquisición, permitiendo obtener estudios completos del tórax en pocos minutos¹⁰. Este acortamiento de los tiempos mejora la tolerancia del paciente y aumenta la factibilidad de su uso en contextos de alta demanda clínica. Finalmente, la RM pulmonar está avanzando hacia modelos computacionales que integran parámetros cuantitativos en algoritmos de apoyo a la decisión clínica, los cuales podrían facilitar la clasificación automatizada de nódulos y aportar mayor precisión diagnóstica.^{11,15}

Asimismo, la literatura contemporánea destaca el papel de la RM en el análisis de heterogeneidad tumoral, permitiendo estudiar regiones internas con distintos grados de agresividad mediante mapas funcionales derivados de parámetros de difusión y perfusión. Esta capacidad aporta información que supera las evaluaciones morfológicas tradicionales y podría jugar un rol esencial en la planificación terapéutica.⁴ En conjunto, estos avances consolidan el posicionamiento de la RM como una modalidad con amplias perspectivas de crecimiento en la caracterización avanzada de lesiones pulmonares. Su desarrollo continuo promete integrar análisis estructurales y funcionales en un estudio diagnóstico.¹⁴

Revista MedArticle

www.medarticle.net

Editora Científica





Revista MedArticle

www.medarticle.net

CONCLUSIONES

La resonancia magnética ha evolucionado hacia una modalidad capaz de caracterizar lesiones pulmonares con creciente precisión, integrando parámetros estructurales y funcionales que complementan a la TC y al PET/CT. Los avances en secuencias UTE y ZTE, la difusión multiparamétrica y los modelos de reconstrucción avanzados han permitido superar limitaciones históricas del pulmón en RM, mejorando la capacidad para diferenciar lesiones benignas y malignas además de la posibilidad de realizar estudios sin radiación abre nuevas oportunidades para el seguimiento seguro de poblaciones vulnerables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cavion CC, Altmayer S, Forte GC, Feijó Andrade RG, Hochegger DQDR, Zaguini Francisco M, Camargo C Junior, Patel P, Hochegger B. Diagnostic Performance of MRI for the Detection of Pulmonary Nodules: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Radiol Cardiothorac Imaging*. 2024 Apr;6(2):e230241. doi: 10.1148/ryct.230241.
2. Lei, Q., Liu, L., Li, J. et al. Valor de la imagen ponderada por difusión basada en eco de espín turbo en el diagnóstico diferencial de lesiones pulmonares solitarias benignas y malignas. *Sci Rep* 14 , 9965 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-60423-w>.
3. Bhalla AS, Garg A. Diffusion-Weighted MRI: Potential Tool for Pulmonary Nodule Characterization. *Indian J Radiol Imaging*. 2023 Nov 23;34(1):1-2. doi: 10.1055/s-0043-1776884.
4. Liu, J., Xia, X., Zou, Q. et al. Rendimiento diagnóstico de la imagen por difusión frente a la PET/TC con 18F-FDG en la diferenciación de lesiones pulmonares: un metaanálisis actualizado de estudios comparativos. *BMC Med Imaging* 23 , 37 (2023). <https://doi.org/10.1186/s12880-023-00990-y>.

Revista MedArticle

www.medarticle.net

Editora Científica





Revista MedArticle

www.medarticle.net

5. Sun, Y., Chen, Y., Li, X. et al. Imágenes de resonancia magnética tridimensionales con tiempo de eco ultracorto en pacientes pediátricos con neumonía: un estudio comparativo. *BMC Med Imaging* 23 , 175 (2023). <https://doi.org/10.1186/s12880-023-01130-2>.
6. Iwasawa T. Resonancia magnética tridimensional con tiempo de eco ultracorto: una herramienta más sensible para el seguimiento de pacientes con fibrosis quística. *Radiology* [Internet]. 2023;308(1):e231367. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1148/radiol.231367>.
7. Renz, DM, Herrmann, KH, Kraemer, M, et al. Resonancia magnética pulmonar con tiempo de eco ultracorto en niños y adolescentes: comparación con tomografía computarizada sin contraste y secuencias estándar de resonancia magnética ponderadas en T1 con contraste. *Eur Radiol* 32 , 1833–1842 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00330-021-08236-7>.
8. Bak SH, Park J, Lee S, Kim JH, Lee HY, Park J-Y. Clinical usability of 3D gradient-echo-based ultrashort echo time imaging: Is it enough to facilitate diagnostic decision in real-world practice? *PLoS One* [Internet]. 2024;19(5):e0296696. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0296696>.
9. Jiang, H., Li, Z., Meng, N. et al. Predictive value of metabolic parameters and apparent diffusion coefficient derived from 18F-FDG PET/MR in patients with non-small cell lung cancer. *BMC Med Imaging* 24, 290 (2024). <https://doi.org/10.1186/s12880-024-01445-8>.
10. Schiebler ML. Can solitary pulmonary nodules be accurately characterized with diffusion-weighted MRI? *Radiology* [Internet]. 2019;290(2):535–6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1148/radiol.2018182442>.

Revista MedArticle

www.medarticle.net

Editora Científica





Revista MedArticle

www.medarticle.net

11. Usuda K, Ishikawa M, Iwai S, Yamagata A, Iijima Y, Motono N, et al. Pulmonary nodule and mass: Superiority of MRI of diffusion-weighted imaging and T2-weighted imaging to FDG-PET/CT. *Cancers (Basel)* [Internet]. 2021;13(20):5166. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/cancers13205166>.
12. Lin Q, Cheng C, Bao Y, Liu WV, Zhang L, Cai Z, et al. A clinically-recommended MR whole lung imaging protocol using free-breathing 3D isotropic zero echo time sequence. *Heliyon* [Internet]. 2024;10(13):e34098. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34098>.
13. Bae K, Lee J, Jung Y, de Arcos J, Jeon KN. Deep learning reconstruction for zero echo time lung magnetic resonance imaging: impact on image quality and lesion detection. *Clin Radiol* [Internet]. 2024;79(11):e1296–303. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.crad.2024.07.011>.
14. Dell T, Feisst A, Ramig O, Layer Y, Mesropyan N, Isaak A, et al. MRI based volumetric lung nodule assessment - a comparison to computed tomography. *Front Med (Lausanne)* [Internet]. 2025;12:1491960. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fmed.2025.1491960>.
15. Nakamura H, Hirai T, Kurosawa H, Hamada K, Matsunaga K, Shimizu K, et al. Current advances in pulmonary functional imaging. *Respir Investig* [Internet]. 2024;62(1):49–65. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resinv.2023.09.004>.

Revista MedArticle

www.medarticle.net

Editora Científica

