



## ***Angioresonancia en el diagnóstico de embolia pulmonar: Una revisión de la literatura.***

Lilibeth Kayra Espinoza Balseca<sup>1</sup>, Jesus Gabriel Guadamo Colina<sup>2</sup>, César Augusto Páez Valverde<sup>3</sup>, Rafael Arnaldo Cunache Baquerizo<sup>4</sup>, Ricardo Gutierrez Gomez<sup>5</sup>.



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n12p2048-2058>

Artigo recebido em 27 de Outubro e publicado em 17 de Dezembro

### **ARTÍCULO DE REVISIÓN**

#### **RESUMEN**

**Introducción:** La embolia pulmonar (EP) presenta un reto clínico por sus síntomas inespecíficos que se confunden con otras enfermedades. En EE.UU., causa aproximadamente 300,000 muertes anuales, siendo la tercera causa de muerte cardiovascular. Un diagnóstico oportuno es esencial, aunque la ATC pulmonar, el estándar actual, tiene limitaciones como la exposición a radiación, surgiendo la angiorresonancia (ARM) como una posible alternativa. **Objetivo:** Revisar la efectividad de la angiorresonancia magnética (ARM) en el diagnóstico de EP y explorar su potencial implementación clínica futura. **Metodología:** Se utilizó bases de datos científicas como PubMed y Scopus para recopilar literatura relevante desde 2014. Se incluyeron artículos que abordaron específicamente la ARM en el diagnóstico de EP. **Resultados:** La ARM, en comparación con la ATC, es prometedora como alternativa en algunos pacientes al evitar exposición a radiación y la necesidad de contrastes yodados. Los estudios muestran alta sensibilidad y especificidad. La capacidad de la ARM para proporcionar imágenes multifásicas y evaluar la perfusión parenquimatosa la hace una herramienta prometedora. Sin embargo, los altos costes y demandas técnicas limitan su uso. Los avances recientes están mejorando la eficiencia de la ARM. **Conclusiones:** La ARM es viable para diagnosticar EP, especialmente en casos donde la ATC no es adecuada. Las mejoras tecnológicas podrían posicionarla como una herramienta diagnóstica principal en el futuro.

**Palabras Clave:** Embolia Pulmonar, Angiorresonancia Magnética, Diagnóstico, Aplicación Clínica.



# ***Angioresonance in the Diagnosis of Pulmonary Embolism: A Literature Review.***

## **ABSTRACT**

**Introduction:** Pulmonary embolism (PE) presents a clinical challenge due to its nonspecific symptoms, which can be confused with other diseases. In the U.S., it causes approximately 300,000 deaths annually, making it the third leading cause of cardiovascular death. Timely diagnosis is essential, although pulmonary CTA, the current standard, has limitations such as radiation exposure, leading to the emergence of MR angiography (MRA) as a potential alternative. **Objective:** This review aims to analyze the effectiveness of MRA in diagnosing PE and explore its future clinical implementation potential. **Methodology:** Scientific databases like PubMed and Scopus were used to gather relevant literature from 2014 onward. Selected studies included original articles and systematic reviews that specifically addressed MRA in PE diagnosis. **Results:** MRA, as compared to CTA, shows potential as a viable alternative for some patients due to its lack of radiation exposure and iodinated contrast requirements. Studies demonstrate MRA's high sensitivity and specificity, particularly beneficial in cases where CTA presents risks or is inconclusive. MRA's ability to offer multiphasic imaging and evaluate parenchymal perfusion makes it a promising tool. However, high costs and technical demands limit widespread use. Recent advancements are improving MRA's efficiency and reducing scan times, potentially making it more accessible. **Conclusions:** MRA is a viable option for diagnosing PE, particularly for patients where CTA is unsuitable. Despite its high cost and need for trained personnel, technological advancements may position MRA as a frontline diagnostic tool in the future.

**Keywords:** Pulmonary Embolism, Magnetic Resonance Angiography, Diagnosis, Clinical Application

**Instituição afiliada:** Universidad de Guayaquil <https://orcid.org/0000-0001-9847-8528><sup>1</sup>, Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos <https://orcid.org/0009-0009-2315-3783><sup>2</sup>, Universidad de Guayaquil <https://orcid.org/0000-0003-2593-3707><sup>3</sup>, Universidad de Guayaquil <https://orcid.org/0009-0009-8440-9818><sup>4</sup>, Universidad de Guayaquil <https://orcid.org/0000-0002-5041-2797><sup>5</sup>.

**Autor correspondente:** Lilibeth Kayra Espinoza Balseca [liilita\\_15@hotmail.com](mailto:liilita_15@hotmail.com)

***This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).***





## **INTRODUCCIÓN.**

La embolia pulmonar (EP) es una condición crítica que representa un desafío clínico significativo debido a sus síntomas inespecíficos y la complejidad de su presentación clínica(1). En los Estados Unidos, la EP es responsable de aproximadamente 300,000 muertes anuales, siendo la tercera causa más común de muerte cardiovascular, solo superada por el infarto de miocardio y el accidente cerebrovascular(2,3). La incidencia anual varía ampliamente entre 39 y 115 casos por cada 100,000 personas, lo cual sugiere una subestimación de la carga real de la enfermedad debido a casos asintomáticos o no diagnosticados(4).

El diagnóstico preciso y oportuno es fundamental para evitar las graves consecuencias de la EP. Sin embargo, la identificación clínica es complicada por el solapamiento de sus síntomas con otras condiciones, como el síndrome coronario agudo y la neumonía(5). La angiografía por tomografía computarizada pulmonar (ATC) ha sido el estándar de oro para el diagnóstico debido a su alta sensibilidad y especificidad (6). No obstante, sus limitaciones incluyen la exposición a radiación ionizante y el riesgo de toxicidad renal y reacciones alérgicas debido a los agentes de contraste yodados (7).

En respuesta a estas limitaciones, la angiorresonancia (ARM) surge como una alternativa prometedora. Esta técnica evita los riesgos asociados con la radiación y los contrastes yodados, por lo que es especialmente beneficiosa para poblaciones particulares, como mujeres embarazadas o pacientes con insuficiencia renal(1,4,8). La ARM ofrece ventajas significativas al permitir adquisiciones multiphasic y la posibilidad de inyecciones repetidas de contrastes(9). El objetivo de esta revisión es analizar la efectividad de la MRA en el diagnóstico de la EP y explorar su potencial para su futura implementación clínica.

## **METODOLOGIA.**

Inicialmente, se llevó a cabo la búsqueda e información a través de bases de datos científicas reconocidas, como PubMed, Scopus y Web of Science, desde el año 2014 en adelante. Se utilizaron términos de búsqueda específicos, así como términos MeSH (Medical Subject Headings) en inglés y DeCS (Descriptores en Ciencias de la Salud) en español, para asegurar una recopilación exhaustiva de la literatura relevante. Los términos de búsqueda incluían "embolia pulmonar", "angiografía por resonancia magnética", "angiografía por tomografía computarizada" y sus equivalentes en inglés. Además, se emplearon operadores booleanos ("AND", "OR", "NOT")



para refinar la búsqueda y asegurar la inclusión de artículos pertinentes a la evolución y comparación de estas tecnologías de imagen.

La selección de estudios consideró artículos originales, revisiones sistemáticas, ensayos clínicos y guías clínicas publicadas en español e inglés. Se incluyeron únicamente estudios que abordaron específicamente la ARM en el contexto del diagnóstico de EP, garantizando la relevancia del tema para el objetivo de esta revisión. Luego de la recopilación inicial, se procedió a un proceso de selección minuciosa y crítica de los artículos

El análisis crítico de las fuentes seleccionadas implicó la evaluación de los diseños de estudio, tamaños de muestra, métodos de análisis y la solidez de las conclusiones extraídas de cada investigación. Se realizó una comparación constante entre los hallazgos de diferentes estudios para validar la información y garantizar consistencia y respaldo por evidencia científica sólida. El proceso también incluyó una organización temática de la información, facilitando una comprensión integral del avance en diagnósticos de EP por medio de ARM.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

### **Principios Básicos de la Angiografía por resonancia magnética.**

La ARM es un método de imagen avanzada que usa campos magnéticos poderosos para crear imágenes detalladas de las arterias. En el diagnóstico de la embolia pulmonar, la ARM puede proporcionar imágenes del tronco y las ramas arteriales pulmonares sin necesidad de radiación ionizante o agentes de contraste yodados, lo que es especialmente beneficioso para pacientes con alergias a estos agentes o condiciones que desaconsejan el uso de radiación(8). Esto es posible debido al uso de agentes de contraste basados en gadolinio u otras técnicas avanzadas como el etiquetado de espín arterial(8). La capacidad de ofrecer múltiples adquisiciones reduce significativamente la cantidad de artefactos derivados del movimiento, permitiendo así obtener imágenes claras y precisas de las arterias pulmonares (8,9)

Una característica esencial de la ARM es su técnica de eco de gradiente dinámico de alta resolución, que permite la obtención de imágenes multiphasic que mejoran la visualización de las anomalías vasculares(1). Además, técnicas como la codificación centrada del espacio k y las adquisiciones paralelas autocalibradas contribuyen a una adquisición rápida, incluso durante una apnea breve o en tiempo real con respiración libre(10). La tecnología de imagen de precesión libre en estado estable permite que la ARM no solo se utilice para visualizar la anatomía vascular, sino también para evaluar defectos en la perfusión del parénquima pulmonar, proporcionando



así una comprensión más completa del impacto hemodinámico de la embolia pulmonar.

La ARM puede tomar imágenes sin contraste siempre que sea necesario, usando secuencias SSFP (Precesión Libre en Estado Estable) para captar el flujo sanguíneo sin inyección de material de contraste, manteniendo así la seguridad y la comodidad del paciente, especialmente en aquellos con insuficiencia renal o mujeres embarazadas(1,11)

### **Aplicaciones Clínicas para el Diagnóstico de Embolia Pulmonar**

El estudio de Pressacco et al. (2019) comparó la ARM con la ATC, encontrando una sensibilidad del 100% y una especificidad del 97%, lo cual posiciona a la ARM como una alternativa viable en contextos clínicos específicos(12). De igual manera, el estudio multicéntrico PIOPED III corroboró la efectividad de la ARM, mostrando una sensibilidad del 78% y especificidad del 99% para la EP, aunque con una tasa del 25% de estudios técnicamente inadecuados, evidenciando la necesidad de experiencia técnica en esta modalidad(13).

Según Bergmann et al. (2023), ARM se ha convertido en un examen de rutina confiable para la evaluación de la hipertensión pulmonar y la EP primaria, destacándose como una alternativa a la ATC con contraste, debido a sus resultados no inferiores a seis meses en comparación(7).

El uso de ARM en situaciones donde los pacientes presentan contraindicaciones al uso de medios de contraste yodados o radiación, como ocurre en pacientes con insuficiencia renal o mujeres embarazadas(5). En este sentido, estudios como los de Nagle et al. (2016) resaltan que las mejoras recientes en la tecnología de escáneres han permitido que ARM emerja como una tecnología suficientemente madura para usarse como alternativa de primera línea a la ATC, especialmente para aquellos más sensibles a la radiación ionizante(9).

Adicionalmente, en situaciones donde los resultados de la ATC son inconclusos o donde la instalación de pruebas de diagnóstico adicionales no es viable, la ARM puede ofrecer un diagnóstico preciso gracias a su capacidad de obtención de imágenes multiphasic, que reduce significativamente el impacto de artefactos derivados del movimiento(8,10). Tsuchiya et al. (2018) destacan la habilidad de la ARM para detectar defectos de llenado luminal, mejorando el diagnóstico al permitir la identificación precisa de anomalías vasculares a través de la ecografía de gradiente estropeada ponderada en T1(11).

Repplinger et al. (2018) encontraron que el índice de eventos adversos relacionados con la EP fue menor en pacientes evaluados con ARM, sugiriendo que esta alternativa puede conducir



a resultados más favorables a largo plazo(14). Además, la combinación de ARM con venografía por resonancia magnética (MRV) presenta alta sensibilidad y especificidad, lo que la convierte en una opción prometedora para el diagnóstico combinado de EP y trombosis venosa profunda (DVT), según Pressacco et al. (2019).

### **Ventajas de la Angiorresonancia**

En primer lugar, una ventaja sobresaliente es la ausencia de exposición a radiación ionizante. Esto representa un beneficio, particularmente para poblaciones vulnerables como niños, mujeres embarazadas, y personas con riesgo elevado de daño por radiación acumulada(1,11). Además, la ARM no requiere el uso de medios de contraste yodados, lo cual es crucial para pacientes con alergias a estos compuestos o insuficiencia renal, previniendo riesgos de nefropatía inducida por contraste(2,8).

Adicionalmente, la ARM proporciona imágenes de alta calidad del sistema vascular pulmonar con una capacidad notable para realizar evaluaciones multiphasicas y adquisiciones repetidas, lo que mejora las tasas de éxito técnico al permitir múltiples oportunidades para obtener imágenes claras, incluso si un bolo inicial es inadecuadamente sincronizado(9,13). Esta flexibilidad en la adquisición también posibilita la detección de embolias pulmonares en distintas fases del flujo sanguíneo, mejorando la sensibilidad y especificidad diagnóstica(10).

Otra ventaja clave de la ARM es su capacidad para realizar estudios de perfusión sin necesidad de contrastes, evaluando no solo la anatomía arterial, sino también la funcionalidad del tejido pulmonar afectado, lo que puede aportar información valiosa sobre el efecto hemodinámico de un émbolo(8,15). La ARM ofrece, además, un contraste superior en tejidos blandos en comparación con la ATC, lo que permite evaluar estructuras adyacentes y detectar potencialmente otras patologías responsables de los síntomas del paciente, aumentando así su utilidad clínica(4,6).

Tecnológicamente, ARM se beneficia de desarrollos continuos que han mejorado significativamente su eficacia diagnóstica. Las técnicas avanzadas, como la precesión libre en estado estable (SSFP) y la utilización de bobinas de gradiente de alto rendimiento, reducen los tiempos de escaneo y los artefactos de movimiento asociados a la respiración(3,5). Estos avances hacen que la ARM sea cada vez más accesible como una modalidad de imagen comparativamente rápida y cómoda para el diagnóstico de embolia pulmonar sin sacrificar la precisión, incluso en entornos de emergencia(16).



## **Limitaciones y Desafíos**

A pesar de sus claras ventajas, la ARM enfrenta varios desafíos. El costo elevado asociado a la tecnología de resonancia magnética y la necesidad de personal altamente calificado son barreras significativas para su implementación, especialmente en centros con recursos limitados(3,8). Además, los tiempos de exploración más prolongados en comparación con la ATC presentan un problema para los pacientes en estado crítico o con dificultades para permanecer inmóviles(9).

Desde una perspectiva técnica, la ARM exhibe una menor resolución espacial que puede limitar la detección de émbolos subsegmentarios, una debilidad comparativa frente a la ATC(5,11). La variabilidad en la interpretación de las imágenes y la inconsistencia en la calidad de las mismas, además de la posible opacificación arterial inadecuada, aumentan la complejidad diagnóstica(13).

Un uso extenso de gadolinio, aunque es generalmente seguro, conlleva un riesgo residual de toxicidad renal, especialmente en pacientes vulnerables, lo que requiere una monitorización cuidadosa(1,8). La ARM aún no logra el nivel de certeza y disponibilidad diagnóstica que ofrece la ATC, reconocida como el estándar de oro debido a su rapidez y accesibilidad. Por tanto, es crucial el desarrollo de protocolos estandarizados y la capacitación especializada de personal médico y técnico para superar estas limitaciones y establecer a la ARM como una herramienta diagnóstica fiable(12).

## **Perspectivas Futuras.**

El futuro de la ARM en el diagnóstico de EP es auspicioso debido a los avances continuos en la tecnología de imágenes. Se están desarrollando innovaciones como técnicas de imagen paralelo y secuencias de adquisición rápida que promueven la eficiencia y la reducción de los tiempos de escaneo, mejorando así su viabilidad clínica(15). Además, se exploran agentes de contraste alternativos, como el ferumoxitol, que podrían ofrecer opciones más seguras para pacientes con disfunción renal (12).

Técnicas de imagen sin contraste, como el método QISS, prometen ampliar las aplicaciones de la ARM, especialmente en situaciones donde la ATC no es conveniente(5). Es fundamental el establecimiento de protocolos homogéneos y el desarrollo de programas de capacitación especializada para los radiólogos, que pueden ayudar a disminuir la variabilidad técnica y mejorar la confianza en el uso generalizado de la ARM(14).



La consolidación del papel de la ARM podría lograrse mediante ensayos multicéntricos que evalúen su efectividad comparativa con ATC y otras técnicas, teniendo en cuenta no solo los parámetros diagnósticos, sino también los resultados clínicos de los pacientes en términos de pronóstico y calidad de vida(4). Con una implementación extensiva y uniformada de tales prácticas, la ARM tiene el potencial de convertirse en una herramienta diagnóstica de primera línea para pacientes con riesgos inherentes a otros métodos estándar, facilitando un cuidado más seguro y efectivo en contextos clínicos diversos.

## **CONCLUSIÓN.**

El diagnóstico de la EP sigue enfrentando múltiples desafíos, especialmente debido a su presentación clínica diversa y los síntomas inespecíficos que frecuentemente dificultan un diagnóstico preciso. En respuesta a estas dificultades, la ARM permite abordar las limitaciones presentes en otras técnicas de imagen como la ATC. La ARM ofrece una alternativa viable y segura para grupos de pacientes que no pueden ser expuestos a agentes de contraste yodados o radiación ionizante, tales como aquellos con insuficiencia renal o mujeres embarazadas. Se destaca por su capacidad para proporcionar una visualización detallada del sistema vascular sin los riesgos asociados a la radiación, y se beneficia de continuos avances tecnológicos que incrementan su calidad y eficacia diagnóstica.

Lo que distingue a la ARM son sus capacidades avanzadas, como obtener imágenes multiphasicas y realizar estudios de perfusión sin uso de contrastes, brindando información crítica que puede optimizar el diagnóstico y manejo de la EP. No obstante, la implementación de la ARM se enfrenta a retos notables, incluyendo su elevado costo y la necesidad de contar con personal altamente capacitado. Con el desarrollo de protocolos estandarizados y la reducción de los tiempos de exploración, existe el potencial de que la ARM emerja como una herramienta esencial en el diagnóstico futuro de la EP.

El desarrollo continuo de esta tecnología, junto con su creciente aplicación en diversos entornos clínicos, promete mejorar tanto el diagnóstico como los resultados de los pacientes en el largo plazo



## REFERENCIAS.

1. Aziz MU, Hall MK, Pressacco J, Maki JH. Magnetic Resonance Angiography in Pulmonary Embolism: A Review. *Curr Probl Diagn Radiol*. 2019;48(6):586-91.
2. Konstantinides SV, Meyer G, Becattini C, Bueno H, Geersing GJ, Harjola VP, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS): The Task Force for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism of the European Society of Cardiology (ESC). *European Respiratory Journal* [Internet]. 9 de octubre de 2019;54(3). Disponible en: <https://publications.ersnet.org/content/erj/54/3/1901647>
3. Mohammad AH, Mostafa HM, Megaly HI, Mohamed MZ, Taha MG, Abdelal SM. Role of MRI in diagnosis of pulmonary embolism. *The Egyptian Journal of Bronchology*. 9 de agosto de 2023;17(1):40.
4. Thomas SE, Weinberg I, Schainfeld RM, Rosenfield K, Parmar GM. Diagnosis of Pulmonary Embolism: A Review of Evidence-Based Approaches. *Journal of Clinical Medicine*. enero de 2024;13(13):3722.
5. Edelman RR, Silvers RI, Thakrar KH, Metz MD, Nazari J, Giri S, et al. Nonenhanced MR angiography of the pulmonary arteries using single-shot radial quiescent-interval slice-selective (QISS): a technical feasibility study. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*. 30 de junio de 2017;19(1):48.
6. Blum A, Bellou A, Guillemin F, Douek P, Lapr evote-Heully MC, Wahl D, et al. Performance of magnetic resonance angiography in suspected acute pulmonary embolism. *Thromb Haemost*. marzo de 2005;93(3):503-11.
7. Bergmann LL, Ackman JB, Starekova J, Moeller A, Reeder S, Nagle SK, et al. MR Angiography of Pulmonary Vasculature. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. agosto de 2023;31(3):475-91.
8. Osman AM, Abdeldayem EH, Osman NM. MR pulmonary angiography: Can it be used as an alternative for CT angiography in diagnosis of major pulmonary thrombosis? *The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 1 de septiembre de 2016;47(3):803-10.
9. Nagle SK, Schiebler ML, Repplinger MD, François CJ, Vigen KK, Yarlagaadda R, et al. Contrast Enhanced Pulmonary Magnetic Resonance Angiography for Pulmonary Embolism: Building a Successful Program. *Eur J Radiol*. marzo de 2016;85(3):553-63.
10. Salehi Ravesh M, Tesch K, Lebenatus A, Koktzoglou I, Edelman RR, Eden M, et al. Clinical Value of Noncontrast-Enhanced Radial Quiescent-Interval Slice-Selective (QISS) Magnetic Resonance Angiography for the Diagnosis of Acute Pulmonary Embolism Compared to Contrast-Enhanced Computed Tomography and Cartesian Balanced Steady-State Free Precession. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*. 2020;52(5):1510-24.



11. Tsuchiya N, van Beek EJ, Ohno Y, Hatabu H, Kauczor HU, Swift A, et al. Magnetic resonance angiography for the primary diagnosis of pulmonary embolism: A review from the international workshop for pulmonary functional imaging. *World J Radiol.* 28 de junio de 2018;10(6):52-64.
12. Pressacco J, Papas K, Lambert J, Paul Finn J, Chauny JM, Desjardins A, et al. Magnetic resonance angiography imaging of pulmonary embolism using agents with blood pool properties as an alternative to computed tomography to avoid radiation exposure. *Eur J Radiol.* abril de 2019;113:165-73.
13. Benson DG, Schiebler ML, Repplinger MD, François CJ, Grist TM, Reeder SB, et al. Contrast-enhanced pulmonary MRA for the primary diagnosis of pulmonary embolism: current state of the art and future directions. *Br J Radiol.* 2017;90(1074):20160901.
14. Repplinger MD, Nagle SK, Harringa JB, Broman AT, Lindholm CR, François CJ, et al. Clinical outcomes after magnetic resonance angiography (MRA) versus computed tomographic angiography (CTA) for pulmonary embolism evaluation. *Emerg Radiol.* 1 de octubre de 2018;25(5):469-77.
15. Desai DH, Shah A, Shah H, Naik AA, Sadat SM, Raval D. Diagnostic accuracy of MRI compared to CTPA for pulmonary Embolism : A meta analysis [Internet]. medRxiv; 2023 [citado 6 de diciembre de 2024]. p. 2023.08.02.23293299. Disponible en: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2023.08.02.23293299v1>
16. Rosyid AN, Yamin M, Puspitasari AD. The Role of Imaging In The Diagnosis of Pulmonary Embolism. *Biomolecular and Health Science Journal.* 30 de junio de 2019;2(1):57-62.