

IMAGEN EN LA PRÁCTICA MÉDICA TOMO 6



AUTORES

Cristian José Rosas Borja
Diego Alberto Vargas Corredor
Angel Fabián Hidalgo Zambrano
Jorge Roberto Moreira Rodríguez
Johan Zambrano Zambrano
Ester Estefanía Pucuna Guapi
Javier Alejandro Cusme Yagual
Anyoly Yanetty Garcia
Grace Andrea Concha Pazmiño
María Auxiliadora Calero Zea
Nicolás Andrés Martínez Calero
Alex Fabricio Salcedo Aparicio

Imagen en la Práctica Médica Tomo 6

Imagen en la Práctica Médica Tomo 6

Cristian José Rosas Borja

Angel Fabián Hidalgo Zambrano

Jorge Roberto Moreira Rodríguez

Johan Zambrano Zambrano

Diego Alberto Vargas Corredor

Ester Estefanía Pucuna Guapi, Javier Alejandro Cusme Yagual

Anyoly Yanetty Garcia, Grace Andrea Concha Pazmiño

María Auxiliadora Calero Zea, Nicolás Andrés Martínez

Calero

Alex Fabricio Salcedo Aparicio

IMPORTANTE

La información aquí presentada no pretende sustituir el consejo profesional en situaciones de crisis o emergencia. Para el diagnóstico y manejo de alguna condición particular es recomendable consultar un profesional acreditado. Cada uno de los artículos aquí recopilados son de exclusiva responsabilidad de sus autores.

ISBN: 978-9942-660-39-8

DOI: <http://doi.org/10.56470/978-9942-660-39-8>

Una producción © Cuevas Editores SAS

Junio 2024

Av. República del Salvador, Edificio TerraSol 7-2

Quito, Ecuador

www.cuevaseditores.com

Editado en Ecuador - Edited in Ecuador

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

Índice:

Índice:	5
Prólogo	7
Angiografía por Catéter	8
Cristian José Rosas Borja	8
Imagen en la Evaluación de la Obstrucción Intestinal	22
Angel Fabián Hidalgo Zambrano	22
Imagenología en Insuficiencia Cardíaca	46
Jorge Roberto Moreira Rodríguez	46
Tomografía Computarizada en Cáncer	58
Johan Zambrano Zambrano	58
Avances en Imagenología Diagnóstica	71
Diego Alberto Vargas Corredor	71
Imagenología en Enfermedad Coronaria	84
Ester Estefanía Pucuna Guapi	84
Javier Alejandro Cusme Yagual	84
Evaluación de la Displasia Broncopulmonar en Prematuros Mediante Tomografía Computarizada de Alta Resolución	102
Anyoly Yanetty Garcia	102
Grace Andrea Concha Pazmiño	102
Utilización de Resonancia Magnética Para la Detección Precoz De Anomalías Cerebrales En Recién Nacidos Con Hipoxia Perinatal	118
María Auxiliadora Calero Zea	118
Nicolás Andrés Martínez Calero	118
Detección Precoz de Miocarditis en Adolescentes con Infección por SARS-CoV-2 Mediante Resonancia	

Magnética Cardíaca	134
Alex Fabricio Salcedo Aparicio	134

Prólogo

La presente obra es el resultado del esfuerzo conjunto de un grupo de profesionales de la medicina que han querido presentar a la comunidad científica de Ecuador y el mundo un tratado sistemático y organizado de patologías que suelen encontrarse en los servicios de atención primaria y que todo médico general debe conocer.

Angiografía por Catéter

Cristian José Rosas Borja

Médico

Institución Privada

Introducción

La angiografía por catéter es una técnica de imagenología invasiva crucial para la visualización detallada de los vasos sanguíneos y las cavidades del corazón. Utilizada ampliamente en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades cardiovasculares, esta técnica implica la inserción de un catéter en el sistema vascular y la inyección de un medio de contraste radiopaco. La posterior obtención de imágenes se realiza mediante fluoroscopia, permitiendo una evaluación precisa de la anatomía y patología vascular (1). Desde su desarrollo inicial, la angiografía ha evolucionado considerablemente, beneficiándose de los avances tecnológicos que han mejorado tanto su precisión como su seguridad.

En sus primeras etapas, la angiografía por catéter era un procedimiento altamente invasivo con riesgos significativos. Sin embargo, las mejoras en las técnicas de cateterización y en los medios de contraste han reducido drásticamente las complicaciones asociadas, aumentando la seguridad del procedimiento. Hoy en día, la angiografía es fundamental para el diagnóstico de una

variedad de condiciones, incluyendo la enfermedad arterial coronaria, aneurismas, malformaciones arteriovenosas y estenosis vasculares (2). A pesar de ser un procedimiento invasivo, sus beneficios diagnósticos y terapéuticos son invaluableles, proporcionando información que no puede obtenerse con otras técnicas de imagen.

La importancia de la angiografía por catéter en la práctica clínica actual no puede subestimarse. Además de su papel en el diagnóstico, esta técnica permite la realización de intervenciones terapéuticas mínimamente invasivas, como la angioplastia y la colocación de stents. Esto ha transformado el manejo de las enfermedades cardiovasculares, ofreciendo alternativas menos invasivas a la cirugía abierta. La angiografía sigue siendo una herramienta esencial en la cardiología y la radiología intervencionista, y su uso continúa expandiéndose a medida que se desarrollan nuevas aplicaciones y tecnologías (3).

Historia y Desarrollo

El desarrollo de la angiografía por catéter se remonta a principios del siglo XX, cuando los primeros intentos de visualizar los vasos sanguíneos mediante medios de contraste comenzaron a tomar forma. El primer procedimiento exitoso fue realizado por el neurólogo portugués Egas Moniz en 1927, quien utilizó la técnica para visualizar las arterias cerebrales. Este hito marcó el inicio de una nueva era en la imagenología médica, abriendo el camino para el desarrollo de técnicas más avanzadas (4).

Durante las décadas siguientes, la angiografía experimentó una serie de innovaciones que mejoraron significativamente su precisión y seguridad. La introducción de los catéteres de plástico en la década de 1950, en lugar de los catéteres de caucho utilizados anteriormente, permitió procedimientos más seguros y menos traumáticos. Asimismo, los avances en la tecnología de fluoroscopia y en los medios de contraste contribuyeron a la obtención de imágenes más claras y detalladas (5). Estos desarrollos hicieron que la angiografía fuera más accesible y eficaz, consolidándose

como una herramienta diagnóstica esencial en la medicina moderna.

El impacto de la angiografía por catéter en la medicina cardiovascular ha sido profundo. No solo ha permitido una mejor comprensión de las enfermedades vasculares, sino que también ha facilitado el desarrollo de tratamientos mínimamente invasivos. La capacidad de realizar intervenciones terapéuticas directamente a través del catéter, como la angioplastia y la colocación de stents, ha revolucionado el tratamiento de las enfermedades coronarias, reduciendo la necesidad de cirugía a corazón abierto y mejorando los resultados para los pacientes (6).

Procedimiento y Técnica

La angiografía por catéter comienza con la preparación del paciente, que incluye una evaluación clínica completa y la obtención de consentimiento informado. El acceso vascular se logra típicamente a través de la arteria femoral, aunque en algunos casos se puede utilizar la arteria radial. Tras la inserción del catéter, se inyecta un medio de contraste yodado que permite la visualización

de los vasos sanguíneos bajo fluoroscopia. Este proceso proporciona imágenes en tiempo real, facilitando la evaluación de la anatomía y la detección de cualquier anomalía (7).

La técnica de cateterización requiere habilidades y experiencia específicas para minimizar riesgos y garantizar imágenes de alta calidad. La selección del catéter adecuado y la administración precisa del medio de contraste son cruciales para obtener resultados óptimos. Durante el procedimiento, se monitorizan constantemente los signos vitales del paciente para detectar y manejar cualquier complicación de manera inmediata. Las imágenes obtenidas se analizan para identificar patologías como estenosis, aneurismas, oclusiones y malformaciones vasculares (8).

Después del procedimiento, es fundamental el manejo adecuado del sitio de punción y la monitorización del paciente para detectar posibles complicaciones como hematomas, pseudoaneurismas o infecciones. Los avances en las técnicas de imagen y en la tecnología de catéteres han mejorado considerablemente la seguridad del procedimiento, reduciendo la incidencia de

complicaciones graves. La angiografía por catéter sigue siendo una herramienta valiosa no solo para el diagnóstico, sino también para guiar intervenciones terapéuticas, haciendo de este procedimiento una parte integral de la práctica médica moderna (9).



Figura 1. Angiografía por Catéter

Fuente. Vineeta, Ojha., Sreenivasa, Narayana, Raju., Amit, Ajit, Deshpande., Kartik, P., Ganga., Sanjeev, Kumar. Catheters in vascular interventional radiology: an illustrated review.. *Diagnostic and Interventional Radiology*, (2023). doi: 10.5152/dir.2022.21233

Aplicaciones Clínicas

La angiografía por catéter tiene una amplia gama de aplicaciones clínicas en diversas especialidades médicas. En cardiología, es utilizada principalmente para el diagnóstico y tratamiento de la enfermedad arterial coronaria. La capacidad de visualizar las arterias coronarias en detalle permite a los cardiólogos identificar áreas de estrechamiento o bloqueo y planificar intervenciones como la angioplastia o la colocación de stents. Este uso ha sido fundamental para reducir la mortalidad y mejorar la calidad de vida de los pacientes con enfermedad coronaria (10).

En neurología, la angiografía por catéter es esencial para la evaluación de aneurismas cerebrales y malformaciones arteriovenosas. La visualización precisa de la vasculatura cerebral permite a los neurorradiólogos y neurocirujanos planificar procedimientos como la embolización de aneurismas, reduciendo significativamente el riesgo de hemorragias intracraneales. Además, esta técnica se utiliza en la evaluación de pacientes con accidentes cerebrovasculares isquémicos para determinar la

ubicación y extensión del bloqueo arterial, guiando las decisiones terapéuticas (11).

La angiografía también tiene aplicaciones en otras áreas, como la radiología intervencionista, donde se utiliza para procedimientos como la embolización de tumores y el tratamiento de malformaciones vasculares. En el manejo de enfermedades periféricas, la angiografía por catéter permite la evaluación de la vasculatura de las extremidades inferiores, siendo crucial en el diagnóstico y tratamiento de la enfermedad arterial periférica. Estos ejemplos destacan la versatilidad y la importancia de la angiografía por catéter en la medicina contemporánea, subrayando su papel en la mejora de los resultados clínicos a través de diagnósticos y tratamientos precisos (12).

Avances y Futuro de la Angiografía por Catéter

La angiografía por catéter ha experimentado avances significativos gracias a la innovación tecnológica. La introducción de catéteres recubiertos con fármacos y materiales biocompatibles ha mejorado la seguridad y eficacia del procedimiento. Además, los desarrollos en la

tecnología de imagen, como la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM), han complementado la angiografía tradicional, ofreciendo imágenes aún más detalladas y precisas (13).

El futuro de la angiografía por catéter promete ser aún más emocionante con la integración de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA) y la realidad aumentada. La IA puede ayudar a mejorar la interpretación de las imágenes angiográficas, facilitando diagnósticos más rápidos y precisos. Por otro lado, la realidad aumentada podría permitir a los médicos visualizar las estructuras vasculares en tres dimensiones durante el procedimiento, mejorando la precisión de las intervenciones terapéuticas (14).

A medida que la tecnología continúa avanzando, es probable que la angiografía por catéter se vuelva aún más segura y eficaz. La miniaturización de los dispositivos y el desarrollo de nuevos medios de contraste menos tóxicos podrían reducir aún más los riesgos asociados al procedimiento. Además, la combinación de la angiografía con otras modalidades de imagen promete ofrecer una visión más completa de la

patología vascular, mejorando la planificación y los resultados de los tratamientos. Estos avances subrayan la importancia de la angiografía por catéter como una herramienta esencial en la medicina del futuro (15).

Conclusiones

La angiografía por catéter es una técnica de imagenología invasiva indispensable en la práctica médica moderna, especialmente en el campo de la cardiología y la radiología intervencionista. Su capacidad para proporcionar imágenes detalladas y en tiempo real de los vasos sanguíneos y las cavidades del corazón ha revolucionado el diagnóstico y tratamiento de numerosas enfermedades vasculares. A lo largo de las décadas, los avances tecnológicos han mejorado significativamente la seguridad y eficacia del procedimiento, consolidándolo como una herramienta esencial en la medicina contemporánea (16).

El impacto de la angiografía por catéter en la mejora de los resultados clínicos es innegable. Ha permitido el desarrollo de tratamientos mínimamente invasivos que han transformado el manejo de enfermedades

cardiovasculares y otras patologías vasculares. Además, su capacidad para guiar intervenciones terapéuticas con precisión ha reducido la necesidad de procedimientos quirúrgicos más invasivos, beneficiando enormemente a los pacientes (17).

Mirando hacia el futuro, la angiografía por catéter continuará evolucionando con la integración de nuevas tecnologías y técnicas innovadoras. La combinación de esta técnica con otras modalidades de imagen y la incorporación de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial y la realidad aumentada prometen mejorar aún más su precisión y eficacia. Estos avances asegurarán que la angiografía por catéter siga siendo una herramienta clave en la medicina del futuro, mejorando el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades vasculares (18).

Bibliografía

1. Brown JR, et al. "Radiographic Contrast Media: Contrast-induced Acute Kidney Injury and Other Adverse Effects." *Journal of the American Heart Association*. 2016;5(9)

2. Patel MR, et al. "Appropriate Use Criteria for Coronary Revascularization Focused Update: A Report of the American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force." *Journal of the American College of Cardiology*. 2012;59(9):857-881.
3. Bashore TM, et al. "American College of Cardiology/Society for Cardiovascular Angiography and Interventions Clinical Expert Consensus Document on Cardiac Catheterization Laboratory Standards." *Journal of the American College of Cardiology*. 2001;37(8):2170-2214.
4. Moniz E. "Anatomic Cerebral Arterial Studies." *Arch Neurol Psychiatry*. 1931;25:671-672.
5. Mason KP. "Sedation Analgesia and the Role of the Pediatric Anesthesiologist in the Nonoperating Room Setting." *Paediatric Anaesthesia*. 2010;20(7):665-672.
6. Gurm HS, et al. "A Randomized Trial of Intraarterial Treatment for Acute Ischemic Stroke." *New England Journal of Medicine*. 2015;372(1):11-20.
7. Kern MJ, et al. "Hemodynamic Rounds: Case Studies in Coronary Pressure and Flow." *Journal of the American College of Cardiology*. 2006;47(9):1732-1740.
8. Gerber TC, et al. "Ionizing Radiation in Medical Imaging: Report of the 2012 NCRP Annual Meeting." *Journal of the American College of Radiology*. 2014;11(3):264-275.
9. Sidhu PS, et al. "Contrast-enhanced Ultrasound: A review." *Journal of Diagnostic Medical Sonography*. 2015;31(1):30-44.

10. Fuster V, et al. "Hurst's The Heart." 13th ed. McGraw-Hill Education; 2010.
11. Saver JL. "Time is Brain—Quantified." *Stroke*. 2006;37(1):263-266.
12. Therasse E, et al. "Venous Thrombosis of the Lower Limbs: Optimal Use of Imaging Techniques." *Radiographics*. 2005;25(2):455-466.
13. Bhatt DL, et al. "Cardiovascular Risk Reduction with Icosapent Ethyl for Hypertriglyceridemia." *New England Journal of Medicine*. 2019;380(1):11-22.
14. Esteva A, et al. "A Guide to Deep Learning in Healthcare." *Nature Medicine*. 2019;25(1):24-29.
15. Attia ZI, et al. "An Artificial Intelligence-enabled ECG Algorithm for the Identification of Patients with Atrial Fibrillation During Sinus Rhythm: A Retrospective Analysis of Outcome Prediction." *Lancet*. 2019;394(10201):861-867.
16. Tu JV, et al. "Effectiveness and Safety of Drug-eluting Stents in Ontario." *New England Journal of Medicine*. 2007;357(14):1393-1402.
17. Zimarino M, et al. "Angiography-Based Imaging Modalities for Invasive Coronary Atherosclerosis Assessment." *Journal of Cardiovascular Medicine*. 2020;21(1):1-9.
18. Stone GW, et al. "One-year Outcomes with Drug-coated Balloons versus Drug-eluting Stents in Coronary Artery Disease." *JACC: Cardiovascular Interventions*. 2017;10(11):1109-1116.

Imagen en la Evaluación de la Obstrucción Intestinal

Angel Fabián Hidalgo Zambrano

Médico Cirujano

Maestría en Salud Ocupacional en Mención
Prevención de Riesgos Laborales

Diplomado Ecografía y Ecografía Doppler por la
Universidad Laica Eloy Alfaro

Médico General en Funciones Hospitalarias en
Área de Emergencia y Médico Ecografista en
Hospital Básico Padre Miguel Fitzgerald

Introducción

La obstrucción intestinal es una afección médica crítica que implica la interrupción parcial o completa del flujo normal del contenido intestinal a través del tracto gastrointestinal. Esta condición puede presentarse en cualquier segmento del intestino delgado o grueso y resulta de una variedad de causas, tanto mecánicas como funcionales. Las causas mecánicas incluyen adherencias postquirúrgicas, hernias, neoplasias, vólvulos y cuerpos extraños, mientras que las causas funcionales se deben a trastornos de la motilidad intestinal, como el íleo paralítico. La obstrucción intestinal es una emergencia médica que requiere un diagnóstico y tratamiento rápidos para evitar complicaciones graves como la isquemia intestinal, perforación y sepsis, que pueden ser potencialmente mortales. (1)

Definición

La obstrucción intestinal es una condición médica caracterizada por la interrupción parcial o completa del flujo normal de contenido intestinal a través del tracto gastrointestinal. Esta condición puede ocurrir en

cualquier parte del intestino delgado o grueso y puede ser causada por una variedad de factores, incluidos mecánicos (e.g., adherencias, hernias, tumores) y funcionales (e.g., íleo paralítico). La obstrucción intestinal es una emergencia médica que requiere diagnóstico y tratamiento oportunos para prevenir complicaciones graves como la isquemia intestinal, la perforación y la sepsis. (2)

Importancia del Diagnóstico por Imagen en la Obstrucción Intestinal

El diagnóstico preciso y rápido de la obstrucción intestinal es crucial para determinar el manejo adecuado y mejorar los resultados clínicos. Las técnicas de imagen juegan un papel fundamental en el diagnóstico, la evaluación de la gravedad y la identificación de la causa subyacente de la obstrucción intestinal. Además, las imágenes son esenciales para planificar el tratamiento, ya sea conservador o quirúrgico, y para monitorear la respuesta al tratamiento. (3)

Indicaciones Clínicas

Presentación Clínica de la Obstrucción Intestinal

La obstrucción intestinal se manifiesta con una variedad de síntomas que reflejan la interrupción del tránsito intestinal y la acumulación de contenido proximal al sitio de la obstrucción. Los síntomas típicos incluyen:

- **Dolor Abdominal:** Suele ser crónico, tipo cólico y de intensidad variable. En obstrucciones altas, el dolor es más intenso y se presenta en episodios recurrentes, mientras que en obstrucciones bajas, el dolor puede ser más difuso y constante.
- **Distensión Abdominal:** La acumulación de gas y líquidos en las asas intestinales dilatadas provoca una distensión notable, más prominente en obstrucciones del intestino delgado.
- **Náuseas y Vómitos:** Los vómitos son más frecuentes y tempranos en obstrucciones del intestino delgado, especialmente en casos de obstrucción alta. En obstrucciones del intestino grueso, los vómitos pueden ser tardíos y menos prominentes.

- **Alteración del Tránsito Intestinal:** Los pacientes pueden experimentar estreñimiento severo o ausencia de evacuaciones y eliminación de gases (íleo paralítico). En casos de obstrucción parcial, puede haber diarrea paradójica.

Signos y Síntomas

El examen físico en pacientes con sospecha de obstrucción intestinal puede revelar:

- **Distensión Abdominal:** Visible y palpable, más evidente en obstrucciones bajas.
- **Ruidos Intestinales:** Inicialmente aumentados y de tono alto ("ruidos metálicos"), pero pueden disminuir o desaparecer en fases avanzadas o en íleo paralítico.
- **Sensibilidad Abdominal:** Puede ser difusa o localizada, con posibles signos de irritación peritoneal en caso de isquemia o perforación.
- **Signos Sistémicos:** Incluyen fiebre, taquicardia, hipotensión y signos de sepsis en casos complicados. (4)

Historia Clínica y Examen Físico

La historia clínica detallada y el examen físico son cruciales para orientar el diagnóstico. Aspectos importantes a considerar incluyen:

- **Antecedentes Quirúrgicos:** Las cirugías abdominales previas aumentan el riesgo de adherencias, una causa común de obstrucción.
- **Historia de Hernias:** Las hernias inguinales, femorales o ventrales pueden encarcelarse y causar obstrucción.
- **Historia Oncológica:** La presencia de tumores abdominales o pélvicos puede ser una etiología subyacente.
- **Uso de Medicamentos:** Fármacos que afectan la motilidad intestinal pueden predisponer a íleo paralítico.
- **Síntomas Recientes:** Cambios en el patrón intestinal, pérdida de peso, o sangrado gastrointestinal pueden ser indicativos de neoplasias o inflamación crónica. (5)

Indicaciones para Estudios de Imagen

La decisión de realizar estudios de imagen se basa en la evaluación clínica inicial y los hallazgos del examen físico. Las indicaciones incluyen:

- **Confirmar la Presencia de Obstrucción:** Determinar la ubicación y la causa de la obstrucción intestinal.
 - **Evaluar la Severidad:** Identificar signos de complicaciones como isquemia, perforación o sepsis.
 - **Planificar el Tratamiento:** Diferenciar entre obstrucciones que pueden ser manejadas de forma conservadora y aquellas que requieren intervención quirúrgica inmediata.
 - **Monitorear la Respuesta al Tratamiento:** Seguir la evolución de la obstrucción y la resolución de los síntomas bajo manejo conservador o postoperatorio.
- (6)

Modalidades de Imagen

Radiografía Abdominal

La radiografía abdominal es a menudo la primera modalidad de imagen utilizada en la evaluación de una posible obstrucción intestinal debido a su amplia disponibilidad, bajo costo y rapidez.

- **Técnica:** Generalmente se realizan dos proyecciones: una en decúbito supino y otra en posición erecta (de pie) o en decúbito lateral izquierdo.
- **Hallazgos Típicos:** En las radiografías, se observan asas intestinales dilatadas con niveles hidroaéreos. La identificación de asas dilatadas y la ausencia de gas en el colon distal pueden sugerir una obstrucción. El "signo del escalón" puede ser visible en obstrucciones del intestino delgado.
- **Limitaciones:** La radiografía abdominal tiene una sensibilidad y especificidad limitadas. No siempre permite diferenciar entre una obstrucción mecánica y un íleo paralítico, ni proporciona información detallada sobre la causa exacta de la obstrucción.

Ultrasonografía (US)

La ultrasonografía es una herramienta útil, especialmente en ciertas poblaciones, como niños y embarazadas, debido a la ausencia de radiación ionizante.

- **Técnica:** Se utiliza un transductor de alta frecuencia para explorar el abdomen, con énfasis en las áreas dolorosas y distendidas.
- **Hallazgos Específicos:** La US puede mostrar asas intestinales dilatadas con contenido líquido, peristaltismo aumentado o disminuido, y el punto de transición donde ocurre la obstrucción. También puede detectar líquido libre en la cavidad abdominal y signos de isquemia intestinal.
- **Uso en Diferentes Tipos de Obstrucción:** Es especialmente útil para diferenciar entre obstrucciones mecánicas y funcionales, y para identificar hernias encarceladas y intususcepción.

Tomografía Computarizada (TC)

La tomografía computarizada es la modalidad de imagen preferida para la evaluación detallada de la obstrucción

intestinal debido a su alta resolución y capacidad para proporcionar una evaluación anatómica precisa.

- **Técnica:** Se realiza típicamente con contraste oral y/o intravenoso para mejorar la visualización de las estructuras abdominales y vasculares. Los cortes axiales y las reconstrucciones multiplanares permiten una evaluación exhaustiva.
- **Protocolo de Contraste:** El uso de contraste intravenoso mejora la detección de complicaciones como la isquemia y la perforación. El contraste oral puede delinear mejor el intestino y el sitio de obstrucción.
- **Hallazgos Diagnósticos:** La TC puede identificar el sitio exacto de la obstrucción, su causa (e.g., adherencias, tumores, vólvulos), la severidad de la dilatación proximal, y complicaciones asociadas como isquemia o perforación.
- **Evaluación de la Severidad y Complicaciones:** Permite una evaluación detallada del grado de obstrucción, la presencia de cambios inflamatorios, líquido libre, neumoperitoneo, y signos de isquemia.

Resonancia Magnética (RM)

La resonancia magnética es útil en situaciones específicas donde se necesita una evaluación detallada sin radiación, aunque su uso es menos común debido a su costo y disponibilidad.

Indicaciones Específicas: Indicada en pacientes jóvenes, embarazadas, o cuando se requiere una evaluación detallada de los tejidos blandos. También es útil en la evaluación de patologías complejas como la enfermedad de Crohn.

Técnica y Protocolos: Incluye secuencias de cortes axiales y coronales, a menudo con la administración de contraste intravenoso. Secuencias especiales como la imagen ponderada por difusión (DWI) pueden ayudar a detectar isquemia.

Hallazgos Clave: Ofrece excelente resolución de tejidos blandos, permitiendo la identificación de masas, inflamación y cambios en la pared intestinal. La RM puede evaluar la viabilidad del intestino y detectar complicaciones sin exposición a radiación. (7)

Aplicación de la Imagen en el Manejo y Monitoreo de la Obstrucción Intestinal

Planificación del Tratamiento

La utilización de técnicas de imagen es esencial para la planificación del tratamiento en pacientes con obstrucción intestinal, permitiendo una aproximación precisa y personalizada.

Radiografía Abdominal: Aunque limitada en detalle, las radiografías pueden indicar la presencia de obstrucción, ayudando a decidir si se requiere una evaluación más detallada con TC o US. Es útil para monitorear cambios en el patrón de gas intestinal durante el tratamiento conservador.

Ultrasonografía (US): La US puede ser empleada para identificar obstrucciones en pacientes en los que la exposición a radiación debe ser minimizada, como en embarazadas. También es útil en la evaluación de causas específicas como hernias encarceladas e intususcepción, y en la valoración del peristaltismo durante el manejo conservador.

Tomografía Computarizada (TC): La TC es crucial para la planificación quirúrgica al identificar el sitio exacto y la causa de la obstrucción, así como para evaluar la presencia de complicaciones como isquemia, perforación o abscesos. Proporciona detalles anatómicos que guían la estrategia quirúrgica, como la necesidad de resección intestinal o adhesiolisis.

Resonancia Magnética (RM): En casos complejos o recurrentes, la RM puede ser útil para evaluar la patología subyacente sin radiación. Es particularmente valiosa en pacientes con enfermedad de Crohn o neoplasias abdominales, donde la evaluación detallada de tejidos blandos y vasculatura es crucial.

Monitoreo de la Respuesta al Tratamiento

El monitoreo de la evolución de la obstrucción intestinal durante el tratamiento es vital para ajustar las intervenciones terapéuticas y prevenir complicaciones.

Radiografía Abdominal: Se pueden realizar radiografías seriadas para monitorear la resolución de la obstrucción y la reaparición del tránsito intestinal. Son

útiles para detectar signos de perforación, como neumoperitoneo.

Ultrasonografía (US): La US permite la monitorización dinámica del peristaltismo y la dilatación intestinal. Puede identificar la resolución de la obstrucción o la persistencia de cambios patológicos que requieran intervención adicional.

Tomografía Computarizada (TC): En pacientes con manejo conservador, la TC puede repetirse para evaluar la resolución de la obstrucción y la viabilidad intestinal, así como para detectar complicaciones tardías. En el postoperatorio, la TC es útil para evaluar la anastomosis y detectar abscesos, colecciones líquidas o recidiva de la obstrucción.

Resonancia Magnética (RM): Aunque menos comúnmente utilizada para el monitoreo debido a su costo y disponibilidad, la RM puede ser beneficiosa en casos donde la exposición repetida a radiación es una preocupación, proporcionando imágenes detalladas para evaluar la resolución de la obstrucción y detectar complicaciones crónicas o recurrentes. (8)

Complicaciones Identificables mediante Imagenología

La detección temprana y precisa de las complicaciones asociadas con la obstrucción intestinal es fundamental para la toma de decisiones clínicas y la reducción de la morbilidad y mortalidad. A continuación, se presentan las principales complicaciones que pueden ser identificadas mediante diversas modalidades de imagenología.

Isquemia Intestinal

La isquemia intestinal es una complicación grave que puede llevar a necrosis y perforación si no se identifica y trata rápidamente.

Radiografía Abdominal: La sensibilidad de la radiografía para detectar isquemia intestinal es baja. Sin embargo, signos indirectos como neumatosis intestinal (presencia de gas en la pared intestinal) y gas en la vena porta pueden ser visibles en fases avanzadas.

Ultrasonografía (US): Puede mostrar engrosamiento de la pared intestinal, ausencia de peristaltismo, y la

presencia de líquido libre. El uso del Doppler puede detectar la ausencia de flujo sanguíneo, sugerente de isquemia.

Tomografía Computarizada (TC): Es la modalidad de elección para evaluar la isquemia intestinal. Hallazgos incluyen engrosamiento de la pared intestinal, captación disminuida de contraste, neumatosis intestinal, y gas en la vena porta. La TC también puede identificar la causa de la isquemia, como una obstrucción vascular o vólculo.

Resonancia Magnética (RM): Proporciona una excelente evaluación de la viabilidad tisular. Secuencias ponderadas por difusión (DWI) pueden mostrar restricción de la difusión, indicativa de isquemia. La RM con contraste puede demostrar perfusión reducida en las áreas afectadas.

Perforación Intestinal

La perforación intestinal es una emergencia quirúrgica que requiere diagnóstico inmediato.

Radiografía Abdominal: La presencia de neumoperitoneo (aire libre en la cavidad abdominal) es un hallazgo directo de perforación. Se visualiza mejor en una radiografía de tórax en decúbito lateral o en posición erecta.

Ultrasonografía (US): Puede detectar pequeñas cantidades de aire libre como líneas ecogénicas con sombra posterior, aunque es menos sensible que la TC.

Tomografía Computarizada (TC): La TC es la mejor modalidad para detectar neumoperitoneo, incluso en pequeñas cantidades. También puede identificar la localización de la perforación y la causa subyacente, como un área de necrosis o un divertículo perforado.

Resonancia Magnética (RM): Es menos utilizada para la detección de perforación debido a la rapidez requerida para el diagnóstico y tratamiento, pero puede visualizar aire libre y cambios inflamatorios detalladamente.

Absceso Abdominal

Los abscesos abdominales pueden desarrollarse como una complicación de la obstrucción intestinal, particularmente en casos de isquemia o perforación.

Radiografía Abdominal: Tiene una sensibilidad baja para la detección de abscesos, ya que no visualiza bien las colecciones líquidas o inflamatorias.

Ultrasonografía (US): Es útil para identificar abscesos como colecciones líquidas encapsuladas con o sin niveles de aire. La US puede guiar drenajes percutáneos en abscesos superficiales o accesibles.

Tomografía Computarizada (TC): Es la modalidad de elección para la identificación de abscesos abdominales, mostrando colecciones de líquido encapsulado con densidades variables y posible gas. Permite una evaluación precisa de la extensión y localización, y puede guiar procedimientos de drenaje percutáneo.

Resonancia Magnética (RM): Ofrece excelente resolución de tejidos blandos, permitiendo la diferenciación entre abscesos y otras masas inflamatorias. Es útil en pacientes con contraindicación para contraste yodado en TC.(9)

Sepsis Abdominal

La sepsis abdominal es una complicación sistémica grave de las infecciones intraabdominales y requiere un diagnóstico y tratamiento rápidos.

Radiografía Abdominal: No es específica para la detección de sepsis, pero puede mostrar signos de complicaciones subyacentes como perforación o isquemia.

Ultrasonografía (US): Puede identificar signos de infección y abscesos, pero es menos específica para evaluar la extensión de la sepsis.

Tomografía Computarizada (TC): La TC es crucial para identificar la fuente de infección y extensión de la sepsis. Puede mostrar abscesos, líquido libre infectado, y cambios inflamatorios difusos. Ayuda a guiar intervenciones terapéuticas como drenajes percutáneos y cirugía.

Resonancia Magnética (RM): Es útil en la evaluación detallada de la extensión de la sepsis y la viabilidad de los tejidos. Ofrece una alternativa en pacientes donde la exposición a radiación debe ser evitada.

Vólvulo

El vólvulo, una torsión del intestino sobre su eje, es una causa importante de obstrucción que puede llevar a isquemia y necrosis si no se trata rápidamente.

Radiografía Abdominal: Puede mostrar un "signo de grano de café" o asas intestinales dilatadas, pero es menos específica que la TC.

Ultrasonografía (US): Puede identificar la torsión del intestino y la presencia de líquido libre, pero es operador-dependiente y menos precisa que la TC.

Tomografía Computarizada (TC): Es la modalidad de elección para el diagnóstico de vólvulo, mostrando el punto de torsión y el grado de obstrucción. La TC puede también evaluar la viabilidad del intestino y detectar complicaciones como la isquemia.

Resonancia Magnética (RM): Proporciona detalles anatómicos precisos y puede evaluar la viabilidad tisular sin radiación, pero es menos utilizada debido a la necesidad de una evaluación rápida.

Obstrucción Estrangulada

La obstrucción estrangulada implica una reducción del suministro sanguíneo al intestino, lo que puede llevar a necrosis y perforación.

Radiografía Abdominal: No es específica para detectar estrangulación, pero puede mostrar signos indirectos de obstrucción avanzada.

Ultrasonografía (US): Puede mostrar engrosamiento de la pared intestinal y disminución del flujo sanguíneo, pero es menos precisa que la TC para evaluar la extensión de la estrangulación.

Tomografía Computarizada (TC): La TC es crucial para identificar signos de estrangulación, como engrosamiento de la pared, captación disminuida de contraste, neumatosis intestinal, y gas en la vena porta. Permite una evaluación detallada del sitio de obstrucción y la extensión de la isquemia.

Resonancia Magnética (RM): Puede proporcionar información detallada sobre la viabilidad tisular y la perfusión sin radiación, pero es menos utilizada debido a la necesidad de una evaluación rápida. (10)

Conclusión

La imagenología es una herramienta fundamental en la evaluación de la obstrucción intestinal, proporcionando información crucial para el diagnóstico, la planificación del tratamiento y el monitoreo de los pacientes. Cada modalidad de imagen tiene sus propias ventajas y limitaciones: la radiografía abdominal es útil para una evaluación inicial rápida y económica; la ultrasonografía es valiosa en poblaciones específicas como niños y mujeres embarazadas, aunque depende de la habilidad del operador; la tomografía computarizada es la técnica de elección para una evaluación detallada debido a su alta resolución y capacidad para identificar complicaciones; y la resonancia magnética, aunque menos accesible, ofrece una excelente resolución de tejidos blandos sin radiación, siendo ideal para evaluaciones complejas y repetidas. La elección de la modalidad adecuada debe basarse en la situación clínica y la disponibilidad de recursos, con un enfoque en maximizar la precisión diagnóstica y minimizar los riesgos para el paciente. Los avances tecnológicos continúan mejorando la efectividad de estas

herramientas, asegurando un manejo más seguro y eficaz de la obstrucción intestinal.

Bibliografía

1. Balthazar EJ, Liebeskind ME, Macari M. Intestinal ischemia in patients with acute small-bowel obstruction: CT findings. *Radiology*. 1997;204(3):755-62.
2. Maglinte DD, Heitkamp DE, Howard TJ, Kelvin FM, Lappas JC, Timmons JH. Current concepts in imaging of small bowel obstruction. *Radiol Clin North Am*. 2003;41(2):263-83.
3. Frager DH, Baer JW. Role of CT in evaluating patients with small-bowel obstruction. *Semin Ultrasound CT MR*. 1995;16(2):127-40.
4. Long B, Robertson J, Koyfman A. Emergency medicine evaluation and management of small bowel obstruction: Evidence-based recommendations. *J Emerg Med*. 2019;56(2):166-76.
5. Tamburrini S, Brunetti A, Brown M, Di RA, Cobellis G, Grassi R. Imaging of non-traumatic gastrointestinal emergencies. *World J Radiol*. 2013;5(12):362-71.
6. van den Heijkant TC, Aerts BA, Teijink JA, Buurman WA, Luyer MD. Challenges in diagnosing mesenteric ischemia. *World J Gastroenterol*. 2013;19(9):1338-41.

7. Zielinski MD, Eiken PW, Bannon MP, Heller SF, Lohse CM. Small bowel obstruction-who needs an operation? A multivariate prediction model. *World J Surg.* 2010;34(5):910-9.
8. Reginelli A, Imbriaco M, Mosca A, Cavaliere C, Berritto D, Gagliardi G, et al. Bowel ischemia: CT findings. *Eur J Radiol.* 2014;83(3):460-5.
9. Landis MS, Baker ME, Washburn DA, Skandalakis LJ. The small bowel "feces" sign. *Radiology.* 1996;199(1):38-40.
10. Chou CK, Mak CW, Tzeng WS, Chang JM. CT of small bowel ischemia. *Abdom Imaging.* 2004;29(1):18-22.

Imagenología en Insuficiencia Cardiaca

Jorge Roberto Moreira Rodríguez

Médico Cirujano por la Universidad Laica Eloy
Alfaro de Manabí

Diplomado Superior de Alta Especialización en
Ecografía y Ecodoppler por la Universidad
Tecnológica Indoamericana

Médico General independiente

Médico Ecografista en Hospital Básico Padre
Miguel Fitzgerald

Médico Ecografista en Federación de
Organizaciones del Seguro Social Campesino -
Zona Norte de Manabí

Introducción

La insuficiencia cardíaca es una condición clínica compleja que afecta a millones de personas en todo el mundo. Su diagnóstico y manejo adecuado requieren una comprensión profunda de los mecanismos subyacentes y la utilización de herramientas diagnósticas avanzadas, entre las cuales la imagenología juega un papel crucial. La evolución de las técnicas de imagen ha permitido una evaluación más precisa de la estructura y función cardíaca, facilitando un diagnóstico temprano, la estratificación del riesgo y el monitoreo de la respuesta al tratamiento (1).

Este capítulo explora las diversas modalidades de imagenología utilizadas en el diagnóstico y manejo de la insuficiencia cardíaca, su utilidad clínica y las evidencias que respaldan su empleo.

Definición

La insuficiencia cardíaca (IC) es una enfermedad prevalente y en crecimiento en todo el mundo, con una incidencia creciente impulsada principalmente por el envejecimiento de la población y secundaria a afecciones

como la enfermedad de las arterias coronarias (2). La insuficiencia cardíaca es un síndrome crónico que requiere un tratamiento complejo y el cumplimiento de los regímenes de medicación, centrándose en los cuatro pilares del tratamiento de la insuficiencia cardíaca con una fracción de eyección reducida (1).

La clasificación de la insuficiencia cardíaca se basa en diferentes etiologías y en las alteraciones mecanicistas asociadas de la función cardíaca, a menudo relacionadas con la hipertensión, la diabetes mellitus tipo 2, la inflamación crónica, la enfermedad de las arterias coronarias, la sarcopenia y la obesidad (3). El diagnóstico y el tratamiento rápidos en el servicio de urgencias son cruciales debido a las altas tasas de hospitalización y mortalidad asociadas con la insuficiencia cardíaca, y las herramientas de diagnóstico clave incluyen los péptidos natriuréticos, la radiografía de tórax y la ecografía pulmonar (4).

La insuficiencia cardíaca tiene un impacto significativo en los pacientes, las familias y los servicios de salud, lo que hace hincapié en la importancia de contar con

tratamientos farmacológicos y cuidados de enfermería eficaces para controlar esta afección (5).

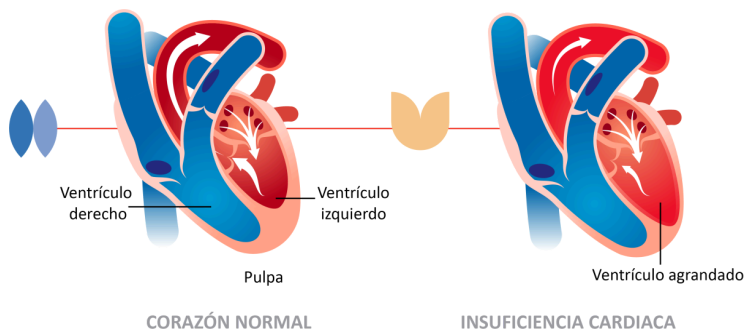


Figura 1. Corazón Normal VS Insuficiencia Cardíaca

Fuente. Heart failure. Nursing, (2023). doi:

10.1097/01.nurse.0000927504.24034.9d

Modalidades de Imagenología en Insuficiencia Cardíaca

El ecocardiograma es la técnica de imagen de primera línea para la evaluación de pacientes con sospecha de insuficiencia cardíaca. Proporciona información detallada sobre la anatomía cardíaca, la función ventricular y la hemodinámica, permitiendo la identificación de anomalías estructurales como la cardiomiopatía dilatada o la disfunción valvular (2).

Además, el ecocardiograma con estrés puede evaluar la reserva contráctil y detectar isquemia inducida por el esfuerzo (3).

Otro avance significativo en la imagenología cardíaca es la resonancia magnética cardíaca (RMC), que ofrece una caracterización tisular superior y una evaluación precisa de la función ventricular y el volumen. La RMC es particularmente útil en la identificación de fibrosis miocárdica y miocarditis, y en la evaluación de pacientes con insuficiencia cardíaca de origen no isquémico (4).

La tomografía computarizada cardíaca (TCC) también ha emergido como una herramienta valiosa, especialmente para la evaluación de la anatomía coronaria y la calcificación. La TCC es altamente sensible para detectar enfermedad coronaria en pacientes con insuficiencia cardíaca, lo que puede guiar decisiones terapéuticas críticas (5). Además, la gammagrafía miocárdica y la tomografía por emisión de positrones (PET) son técnicas de imagen funcionales que pueden evaluar la perfusión y la viabilidad miocárdica, proporcionando información complementaria a la obtenida por otras modalidades (6).

Tabla 1. Modalidades de Imagenología en Insuficiencia Cardíaca

Modalidad	Descripción	Utilidad Clínica
Ecocardiograma	Técnica de imagen de primera línea para evaluar anatomía y función ventricular, identificación de anomalías estructurales y hemodinámica.	Diagnóstico inicial, seguimiento continuo de la función ventricular, evaluación de la respuesta al tratamiento.
Resonancia Magnética Cardíaca (RMC)	Ofrece caracterización tisular superior, evaluación precisa de la función ventricular, volumen y detección de fibrosis miocárdica.	Identificación de fibrosis y edema miocárdico, estratificación del riesgo, planificación del tratamiento en miocardiopatías.
Tomografía Computarizada Cardíaca (TCC)	Útil para la evaluación de la anatomía coronaria y la calcificación, altamente sensible para detectar enfermedad coronaria.	Evaluación rápida y no invasiva de la anatomía coronaria en pacientes con dolor torácico agudo.
Gammagrafía Miocárdica	Evaluación funcional de la perfusión y	Complementa otras modalidades en la evaluación de la

	viabilidad miocárdica, proporcionando información complementaria a otras modalidades.	perfusión y viabilidad miocárdica.
Tomografía por Emisión de Positrones (PET)	Evalúa la perfusión y el metabolismo miocárdico, útil para la evaluación de terapias emergentes.	Evaluación de nuevas terapias biológicas y farmacológicas.

Nota: Este cuadro proporciona una visión general de cómo cada modalidad de imagenología contribuye al diagnóstico y manejo de la insuficiencia cardíaca.

Utilidad Clínica de la Imagenología

La implementación de estas técnicas de imagenología ha transformado el enfoque diagnóstico y terapéutico de la insuficiencia cardíaca. El ecocardiograma no solo facilita el diagnóstico inicial, sino que también permite el seguimiento continuo de la función ventricular y la respuesta al tratamiento, esencial para ajustar la terapia en pacientes con insuficiencia cardíaca crónica (7). La RMC, con su capacidad para identificar fibrosis y edema miocárdico, ha demostrado ser una herramienta poderosa

para la estratificación del riesgo y la planificación del tratamiento en pacientes con miocardiopatías (8).

En el contexto de la insuficiencia cardiaca aguda, la imagenología desempeña un papel vital en la identificación rápida de causas subyacentes como el infarto agudo de miocardio, la disección aórtica y la embolia pulmonar (9). La TCC es particularmente útil en la evaluación rápida y no invasiva de la anatomía coronaria en pacientes con dolor torácico agudo, permitiendo una toma de decisiones rápida y eficaz (10).

La integración de estas modalidades de imagen en la práctica clínica ha mejorado significativamente la precisión diagnóstica y la personalización del tratamiento en la insuficiencia cardiaca.

Evidencia y Estudios Clínicos

Numerosos estudios han demostrado la eficacia de las técnicas de imagen en el manejo de la insuficiencia cardiaca. Un estudio multicéntrico demostró que el uso rutinario del ecocardiograma en pacientes con insuficiencia cardiaca redujo significativamente las hospitalizaciones y mejorar la calidad de vida (11). Otro

estudio importante destacó que la RMC es superior al ecocardiograma en la detección de fibrosis miocárdica, lo que tiene implicaciones pronósticas importantes (12). La evidencia también respalda el uso de TCC para la estratificación del riesgo en pacientes con insuficiencia cardíaca y enfermedad coronaria concomitante, mejorando los resultados clínicos (13).

Además, investigaciones recientes han explorado el papel de la imagenología avanzada en la evaluación de terapias emergentes para la insuficiencia cardíaca. Por ejemplo, la PET ha sido utilizada para evaluar la eficacia de nuevas terapias biológicas y farmacológicas, proporcionando información valiosa sobre la perfusión y el metabolismo miocárdico (14). Estos avances subrayan la importancia continua de la investigación en imagenología cardíaca para optimizar el manejo de la insuficiencia cardíaca.

Conclusiones y Futuras Direcciones

La imagenología ha revolucionado el diagnóstico y tratamiento de la insuficiencia cardíaca, proporcionando herramientas esenciales para la evaluación detallada de

la función y estructura cardíaca. A medida que las tecnologías avanzan, se espera que nuevas técnicas de imagen ofrezcan aún más precisión y utilidad clínica. La integración de inteligencia artificial y técnicas de aprendizaje automático en la interpretación de imágenes promete mejorar la precisión diagnóstica y personalizar aún más el tratamiento.

En resumen, la imagenología continuará siendo una piedra angular en el manejo de la insuficiencia cardíaca, mejorando los resultados clínicos y la calidad de vida de los pacientes.

Bibliografía

1. Martínez, Dolz, L., Almenar, Bonet, L. Imaging techniques in heart failure. *Revista Espanola De Cardiologia*, (2006). doi: 10.1157/13091623
2. Gustavo, J., Volpe., Joao, A.C., Lima. Imaging and Heart Failure. (2016). doi: 10.1007/978-1-4471-4219-5_3
3. Cynthia, Wells., Umamahesh, C., Rangasetty., Kathirvel, Subramaniam. Imaging in heart failure: role of preoperative imaging and intraoperative transesophageal echocardiography for heart failure surgery.. *International Anesthesiology Clinics*, (2011). doi: 10.1097/AIA.0B013E31825D8D80

4. Martin, A, Chacon-Portillo., Tushar, Acharya., Rajesh, Janardhanan. Imaging in heart failure with preserved ejection fraction: insights into echocardiography and cardiac magnetic resonance imaging.. *Reviews in Cardiovascular Medicine*, (2021). doi: 10.31083/J.RCM.2021.01.134
5. J., Melero-Ferrer., Raquel, López-Vilella., Herminio, Morillas-Climent., Jorge, Sanz-Sánchez., Ignacio, Sánchez-Lázaro., Luis, Almenar-Bonet., Luis, Martínez-Dolz. Novel Imaging Techniques for Heart Failure.. (2016). doi: 10.15420/CFR.2015:29:2
6. Chiew, Wong., Sylvia, Chen., Pupalan, Iyngkaran. Cardiac Imaging in Heart Failure with Comorbidities. *Current Cardiology Reviews*, (2016). doi: 10.2174/1573403X12666160803100928
7. Serkan, Ünlü., Özge, Özden., Ahmet, Çelik. Imaging in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction: A Multimodality Imaging Point of View. *Cardiac failure review*, (2023). doi: 10.15420/cfr.2022.27
8. Michael, A., Quail., Albert, J., Sinusas. PET-CMR in heart failure - synergistic or redundant imaging?. *Heart Failure Reviews*, (2017). doi: 10.1007/S10741-017-9607-6
9. Candelas, Pérez, del, Villar., Raquel, Yotti., Javier, Bermejo. Imaging Techniques in Acute Heart Failure.. *Revista Espanola De Cardiologia*, (2015). doi: 10.1016/J.REC.2015.02.021
10. D., Ian, Paterson., Eileen, O'Meara., Benjamin, J.W., Chow., Heikki, Ukkonen., Rob, S., Beanlands. Recent advances in

- cardiac imaging for patients with heart failure.. *Current Opinion in Cardiology*, (2011). doi: 10.1097/HCO.0B013E32834380E7
11. M, A, Peterzan., Oliver, J, Rider., Lisa, J, Anderson. The Role of Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging in Heart Failure.. (2016). doi: 10.15420/CFR.2016.2.2.115
 12. Giorgio, Faganello., Sara, Doimo., Concetta, Di, Nora., Andrea, Di, Lenarda. Cardiac imaging in patients with acute or chronic heart failure.. *Minerva Cardioangiologica*, (2017). doi: 10.23736/S0026-4725.17.04387-0
 13. Jelena, Čelutkienė., Carla, M., Plymen., Frank, A., Flachskampf, Rudolf, A., de Boer., Julia, Grapsa., Robert, Manka., Robert, Manka., Lisa, Anderson., Madalina, Garbi., Vassilis, I., Barberis., Pasquale, Perrone, Filardi., Paola, Gargiulo., José, Luis, Zamorano., Mitja, Lainscak., Petar, M., Seferovic., Frank, Ruschitzka., Giuseppe, M.C., Rosano., Petros, Nihoyannopoulos., Petros, Nihoyannopoulos. Innovative imaging methods in heart failure: a shifting paradigm in cardiac assessment. Position statement on behalf of the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology.. *European Journal of Heart Failure*, (2018). doi: 10.1002/EJHF.1330
 14. Sherif, F., Nagueh., Faisal, Nabi., Su, Min, Chang., Mouaz, H., Al-Mallah., Dipan, J., Shah., Arvind, Bhimaraj. Imaging for Implementation of Heart Failure Guidelines.. *European journal of echocardiography*, (2023). doi: 10.1093/ehjci/jead163

Tomografía Computarizada en Cáncer

Johan Zambrano Zambrano

Médico Cirujano

Diplomado Ecografía General y Ecografía Doppler
Certificación en Doppler Venoso y Arterial MMSS
Y MMII por la Universidad Laica Eloy Alfaro de
Manabí

Médico General Independiente

Médico Ecografista en Federación de
Organizaciones del Seguro Social Campesino -
Zona Norte de Manabí

Introducción

La tomografía computarizada (TC) ha revolucionado el diagnóstico y la gestión del cáncer. Esta técnica de imagenología avanzada permite obtener imágenes detalladas del cuerpo, facilitando la detección temprana de tumores, la evaluación de la extensión de la enfermedad y la planificación del tratamiento (1). La TC es una herramienta crucial en la oncología moderna debido a su capacidad para proporcionar imágenes transversales del cuerpo con alta resolución, permitiendo la visualización de estructuras anatómicas en detalle.

La introducción de la TC en el manejo del cáncer ha mejorado significativamente la precisión diagnóstica y ha permitido un enfoque más personalizado en el tratamiento de los pacientes. A través de múltiples cortes axiales, la TC permite la visualización tridimensional de los órganos y tejidos, lo que es esencial para evaluar el tamaño, la ubicación y la invasión de los tumores (2). Además, la TC se utiliza para guiar procedimientos intervencionistas, como biopsias y drenajes, aumentando la precisión y reduciendo los riesgos asociados.



Figura 1. TAC de un tórax sano.

Fuente: Snehal, Kose. Role of Computed Tomography in the Evaluation of Peritoneal Carcinomatosis. Journal of the Belgian Society of Radiology, (2023). doi: 10.5334/jbsr.2921

Principios de la Tomografía Computarizada

La tomografía computarizada funciona mediante el uso de rayos X y tecnología informática avanzada para crear imágenes transversales del cuerpo. Durante un escaneo de TC, un tubo de rayos X gira alrededor del paciente, emitiendo haces de rayos X desde múltiples ángulos. Los detectores de rayos X miden la cantidad de radiación que atraviesa el cuerpo, y una computadora procesa estos

datos para construir una imagen detallada de la estructura interna del cuerpo (3).

La capacidad de la TC para diferenciar entre diferentes tipos de tejidos se basa en las variaciones en la densidad de los tejidos, que afectan la atenuación de los rayos X. Los tumores, debido a su composición y densidad, suelen presentar contrastes distintivos en las imágenes de TC, lo que facilita su identificación y caracterización (4). Además, la administración de agentes de contraste intravenosos puede mejorar aún más la visualización de estructuras vasculares y la definición de los márgenes tumorales.

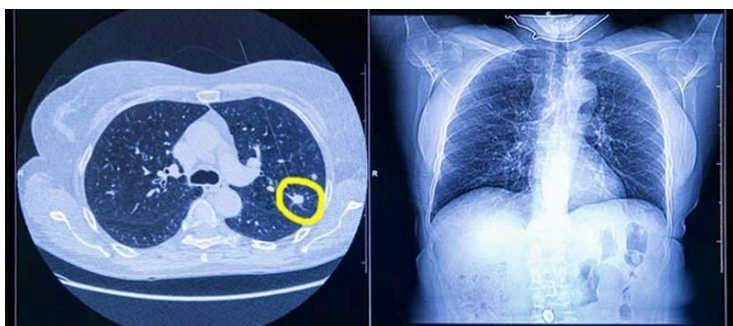


Figura 1. Tomografía

Fuente: Snehal, Kose. Role of Computed Tomography in the Evaluation of Peritoneal Carcinomatosis. *Journal of the Belgian Society of Radiology*, (2023). doi: 10.5334/jbsr.2921

La detección temprana de alguna enfermedad permite actuar a tiempo y controlarla e incluso eliminarla. La tomografía permite que los médicos puedan detectar a tiempo un cáncer y conocer de cerca las condiciones y el tamaño de un tumor.

Aplicaciones Clínicas de la TC en Oncología

La TC es una herramienta fundamental en el diagnóstico y seguimiento de diversos tipos de cáncer. En el cáncer de pulmón, la TC de tórax es esencial para la detección precoz, la evaluación de la extensión local y la detección de metástasis a distancia (5). La alta resolución de la TC permite identificar nódulos pulmonares pequeños, facilitando la detección temprana y mejorando las tasas de supervivencia (6). Además, la TC es crucial en la estadificación del cáncer, proporcionando información detallada sobre la extensión del tumor y la afectación de los ganglios linfáticos.

En el cáncer colorrectal, la TC es utilizada para evaluar la extensión de la enfermedad, detectar metástasis hepáticas y planificar la cirugía (7). La TC de abdomen y pelvis ofrece una evaluación detallada de las estructuras

abdominales, permitiendo identificar la invasión local y la afectación de órganos adyacentes (8). La TC también se utiliza para guiar la radioterapia, asegurando una precisión milimétrica en la entrega de dosis y minimizando el daño a los tejidos circundantes.

Ventajas y Limitaciones de la Tomografía Computarizada

Las ventajas de la TC en el manejo del cáncer son numerosas. La capacidad para obtener imágenes detalladas en múltiples planos y la posibilidad de reconstrucción tridimensional son particularmente útiles para la evaluación de tumores complejos (9). La TC es rápida y ampliamente disponible, lo que la convierte en una opción conveniente para la evaluación inicial y el seguimiento de pacientes oncológicos (10). Además, la precisión de la TC en la localización de tumores y metástasis mejora la planificación del tratamiento y la evaluación de la respuesta terapéutica.

Sin embargo, la TC también tiene limitaciones. La exposición a la radiación es una preocupación importante, especialmente en pacientes que requieren

múltiples estudios de seguimiento (11). Aunque las dosis de radiación en la TC han disminuido con los avances tecnológicos, sigue siendo un factor a considerar, particularmente en pacientes jóvenes y aquellos con enfermedades benignas (12).

Tabla 1: Ventajas de la Tomografía Computarizada en Oncología

Ventaja	Descripción
Alta resolución	Permite la visualización detallada de estructuras anatómicas y tumores pequeños.
Imágenes tridimensionales	Facilita la evaluación completa del tamaño y extensión de los tumores.
Rapidez y disponibilidad	Ofrece resultados rápidos y es accesible en la mayoría de los centros médicos.
Guía para procedimientos	Mejora la precisión en biopsias y procedimientos intervencionistas.
Evaluación de respuesta terapéutica	Permite el seguimiento detallado de la respuesta al tratamiento oncológico.

Nota: La capacidad para obtener imágenes detalladas en múltiples planos y la posibilidad de reconstrucción tridimensional son particularmente útiles para la evaluación de tumores complejos

Tabla 2: Limitaciones de la Tomografía Computarizada en Oncología

Limitación	Descripción
Exposición a radiación	Incrementa el riesgo de efectos adversos a largo plazo, especialmente en estudios repetidos.
Uso de agentes de contraste	Puede causar reacciones alérgicas y nefrotoxicidad en algunos pacientes.
Resolución limitada en tejidos blandos	Menor capacidad para diferenciar entre tipos de tejidos blandos comparado con otras modalidades.

Nota: La administración de agentes de contraste puede presentar riesgos de reacciones alérgicas y nefrotoxicidad, lo que limita su uso en pacientes con insuficiencia renal.

Innovaciones y Futuro de la Tomografía Computarizada en Oncología

El futuro de la TC en oncología es prometedor, con continuas innovaciones tecnológicas que mejoran su precisión y reducen los riesgos asociados. Los avances en la tecnología de detectores y el procesamiento de imágenes están aumentando la resolución y reduciendo las dosis de radiación necesarias (13). La integración de

la TC con otras modalidades de imagen, como la PET-TC y la RMN, está proporcionando una evaluación más completa y precisa de los tumores y su comportamiento metabólico (14).

Además, el desarrollo de técnicas de TC espectral y dual-energy está permitiendo una mejor caracterización de los tejidos y la identificación de biomarcadores tumorales (15). Estas innovaciones no solo mejoran la capacidad diagnóstica de la TC, sino que también abren nuevas posibilidades en la evaluación de la respuesta al tratamiento y la personalización de las terapias oncológicas (16). Con la evolución continua de la TC, es probable que su papel en el manejo del cáncer siga expandiéndose, mejorando los resultados clínicos y la calidad de vida de los pacientes.

Conclusión

La tomografía computarizada es una herramienta indispensable en el diagnóstico y manejo del cáncer. Su capacidad para proporcionar imágenes detalladas y precisas del cuerpo ha transformado la oncología, permitiendo una detección más temprana, una

evaluación más precisa y una planificación más eficaz del tratamiento. A pesar de sus limitaciones, las continuas innovaciones tecnológicas están mejorando su seguridad y eficacia, consolidando su papel como una de las principales modalidades de imagenología en la lucha contra el cáncer.

Bibliografía

1. Nikhilendra, Reddy, AVS., Deepti, Naik., Anil, Kumar, Sakalecha., Rajeswari, G., Yashas, Ullas, L., Revanth, RB., Suryakanth, Anne. Multidetector computed tomography in evaluation of buccal mucosa cancer. *Asian journal of medical sciences*, (2023). doi: 10.3126/ajms.v14i2.50306
2. Snehal, Kose. Role of Computed Tomography in the Evaluation of Peritoneal Carcinomatosis. *Journal of the Belgian Society of Radiology*, (2023). doi: 10.5334/jbsr.2921
3. Narendra, Govind, Tembhekar., Syed, Zafir, Waqui., Sandeep, Mahajan., Anagha, Vaidya, Deshpande., Sayed, Tahoor. Role of computed tomography in the evaluation of hepatic masses. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH*, (2023). doi: 10.36106/ijst/7409123
4. Lingqin, Kong., Xiaomin, Zhang., Xichuan, Li., Yanjun, Su. (Low-dose Spiral Computed Tomography in Lung Cancer

- Screening).. (2022). doi: 10.3779/j.issn.1009-3419.2022.101.40
5. S., Fakhry., Rasha, Wessam, Abdel, Rahman., Hend, Mahmoud, Saied., Safaa, Ibrahim, Saif, El-nasr. Can computed tomography predict nodal metastasis in breast cancer patients?. The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear medicine, (2022). doi: 10.1186/s43055-022-00819-8
 6. Chandrasekhar, Bal., Dhritiman, Chakraborty., Dikhra, Khan. Positron Emission Tomography/Computed Tomography in Thyroid Cancer.. Pet Clinics, (2022). doi: 10.1016/j.cpet.2021.12.004
 7. Bonny, Parkinson., Rajan, Sharma., Varinder, Jeet., Rachel, Song., M, Hoyle. Microcosting Study of Prostate-Specific Membrane Antigen Positron Emission Tomography/Computed Tomography in Prostate Cancer.. Value in health regional issues, (2022). doi: 10.1016/j.vhri.2022.06.005
 8. Ahmed, T, ElSerafi., Essam, A., Rashed., Mohammad, al-Shatouri. Assessment of artificial intelligence-aided computed tomography in lung cancer screening. The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear medicine, (2023). doi: 10.1186/s43055-023-01014-z
 9. M., Darwish., Emam, Abo, Seif., Manal, F., Khaled. The Role of Positron Emission Tomography/ Computed Tomography (PET/CT) in Staging of Lung Cancer. (2021). doi: 10.4103/sjamf.sjamf_218_21

10. Stephanie, Tanadini-Lang., Marta, Bogowicz., Patrick, Veit-Haibach., Martin, W., Huellner., Chantal, Pauli., Vyoma, Shukla., Matthias, Guckenberger., Oliver, Riesterer. Exploratory Radiomics in Computed Tomography Perfusion of Prostate Cancer. *Anticancer Research*, (2018). doi: 10.21873/ANTICANRES.12273
11. Cosimo, Sperti., Alberto, Friziero., Simone, Serafini., Sergio, Bissoli., Alberto, Ponzoni., Andrea, Grego., Emanuele, Grego., Lucia, Moletta. Prognostic Implications of 18-FDG Positron Emission Tomography/Computed Tomography in Resectable Pancreatic Cancer.. *Journal of Clinical Medicine*, (2020). doi: 10.3390/JCM9072169
12. Audrey, H., Choi., Rebecca, A., Nelson., Hans, F., Schoellhammer., Won, Cho., Michelle, Ko., Amanda, K., Arrington., Christopher, R., Oxner., Marwan, Faki., J.Y.C., Wong., Stephen, Sentovich., Julio, Garcia-Aguilar., Joseph, Kim. Accuracy of computed tomography in nodal staging of colon cancer patients.. *World Journal of Gastrointestinal Surgery*, (2015). doi: 10.4240/WJGS.V7.I7.116
13. Steffen, Kappler., Martin, Petersilka., Karl, Stierstorfer. Computed tomography device and method for operating a computed tomography device. (2013).
14. Aydın, Bora., Güneş, Açıkgöz., Alpaslan, Yavuz., Mehmet, Deniz, Bulut. Computed tomography: Are we aware of radiation risks in computed tomography?. *Eastern Journal of Medicine*, (2013).

15. Veena, Vishwanath., Sarah, Jafarieh., Agata, Rembielak. The role of imaging in head and neck cancer: An overview of different imaging modalities in primary diagnosis and staging of the disease.. *Journal of Contemporary Brachytherapy*, (2019). doi: 10.5114/JCB.2020.100386
16. Isabel, Dregely., Davide, Prezzi., Davide, Prezzi., Christian, Kelly-Morland., Christian, Kelly-Morland., Elisa, Roccia., Radhouene, Neji., Radhouene, Neji., Vicky, Goh., Vicky, Goh. Imaging biomarkers in oncology: Basics and application to MRI.. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, (2018). doi: 10.1002/JMRI.26058

Avances en Imagenología Diagnóstica

Diego Alberto Vargas Corredor

Médico por la Universidad de Guayaquil

Medico General en Ecuadental

La imagenología diagnóstica ha experimentado una evolución notable en las últimas décadas, evolucionando desde las primeras técnicas de rayos X hasta la resonancia magnética y la tomografía computarizada(1). Sin embargo, en los últimos años, el campo de la imagenología ha estado experimentando avances significativos debido al desarrollo de la tecnología digital y la inteligencia artificial (IA) (2,3). Estos desarrollos han permitido una mayor precisión en los diagnósticos y están revolucionando la forma en que los médicos detectan y tratan las enfermedades (4,5). Este artículo explorará los avances más recientes en imagenología diagnóstica y cómo están cambiando la práctica médica.

2. Imagenología Molecular y PET

La imagenología molecular permite la visualización de procesos celulares y moleculares en vivo, lo que representa un avance significativo en la detección temprana de enfermedades y el monitoreo de la respuesta al tratamiento (6,7). Un ejemplo destacado de esto es la tomografía por emisión de positrones (PET), una técnica

que permite una mayor especificidad y sensibilidad en la detección de enfermedades (8).

La PET se basa en el uso de radioisótopos emisores de positrones que se acoplan a moléculas bioactivas y se inyectan en el paciente. Cuando estos radioisótopos se desintegran, emiten un positrón que, al encontrarse con un electrón, produce dos fotones que se detectan en el escáner (9). A través de estos avances, la imagenología molecular y la PET están cambiando el panorama de la atención médica, permitiendo diagnósticos más precisos y tratamientos más efectivos.

3. Inteligencia Artificial en la Imagenología Diagnóstica

La inteligencia artificial (IA) está teniendo un impacto significativo en la imagenología diagnóstica. Los algoritmos de aprendizaje automático pueden analizar grandes cantidades de datos y detectar patrones que podrían ser inapreciables para los humanos (10,11). Esto no solo mejora la precisión de los diagnósticos, sino que

también reduce la carga de trabajo de los radiólogos y otros profesionales de la salud (12,13).

La IA puede utilizarse en la detección de anomalías en imágenes de rayos X, tomografía computarizada (TC) y resonancia magnética (RM) (14). Además, puede proporcionar una segunda opinión para los médicos, lo que puede mejorar la precisión diagnóstica y reducir la probabilidad de errores (15).

Aunque la integración de la IA en la imagenología diagnóstica aún se encuentra en sus etapas iniciales, ya está teniendo un impacto significativo en el campo y promete transformar aún más la medicina en el futuro.

Tomografía Computarizada de Haz Cónico (CBCT)

La Tomografía Computarizada de Haz Cónico (CBCT) es un tipo de tomografía computarizada que produce imágenes en 3D de alta resolución. A diferencia de la tomografía computarizada convencional, que utiliza un haz de rayos X en forma de abanico, la CBCT utiliza un haz en forma de cono (16). Esto permite obtener una

gran cantidad de información de una sola rotación alrededor del paciente, reduciendo el tiempo de escaneo y la exposición a la radiación (17).

Este avance ha demostrado ser particularmente útil en la odontología, donde puede proporcionar una vista detallada de los dientes y los huesos circundantes, y es invaluable en la planificación de implantes, la endodoncia y la cirugía maxilofacial (18). Además, la CBCT usa menos radiación que la tomografía computarizada tradicional, lo que la convierte en una opción más segura para los pacientes (19).

A medida que la tecnología continúa avanzando, es probable que veamos más aplicaciones de la CBCT en la medicina, mejorando la capacidad de los médicos para diagnosticar y tratar una variedad de condiciones.

Imágenes Hiperespectrales

Las imágenes hiperespectrales (HSI, por sus siglas en inglés) son una tecnología emergente en el campo de la imagenología diagnóstica. Esta tecnología utiliza

diferentes longitudes de onda de luz para proporcionar imágenes en una variedad de bandas espectrales, a diferencia de las técnicas convencionales que solo utilizan unas pocas (20). Esto permite obtener una gran cantidad de información sobre la composición química y estructural de los tejidos, lo que puede ser útil para la detección temprana de enfermedades (21).

Las aplicaciones potenciales de la HSI en medicina son amplias y van desde la detección de cáncer hasta la evaluación de heridas y quemaduras. Por ejemplo, en oncología, la HSI puede ayudar a distinguir entre tejido canceroso y tejido sano, lo que puede ser útil durante la cirugía para asegurarse de que se ha eliminado todo el tejido canceroso (22). En la evaluación de heridas, la HSI puede proporcionar información sobre la oxigenación y la humedad del tejido, lo que puede ser útil para monitorizar la cicatrización (23).

Aunque la HSI todavía está en sus primeras etapas de uso en medicina, su capacidad para proporcionar información detallada sobre la composición de los

tejidos hace que tenga un gran potencial para mejorar la detección y el tratamiento de una variedad de condiciones.

El Futuro de la Imagenología Diagnóstica

Los avances tecnológicos prometen un futuro emocionante para la imagenología diagnóstica. La integración de la inteligencia artificial en la imagenología está en su infancia y se espera que su uso se generalice en los próximos años, lo que podría llevar a mejoras significativas en la precisión del diagnóstico y en la eficiencia del flujo de trabajo (24,25).

Las técnicas emergentes como la imagenología molecular, la PET y la HSI prometen proporcionar información más detallada sobre la fisiología y la patología del cuerpo humano (26). Además, la CBCT y otras formas de tomografía computarizada de bajo dosis de radiación están mejorando la seguridad de la imagenología.

En el futuro, también se espera que veamos una mayor personalización en la imagenología diagnóstica, con enfoques de imagenología adaptados a las necesidades específicas de cada paciente (27). Esto podría incluir la elección de la técnica de imagenología y los parámetros de escaneo basados en el historial médico y genético del paciente.

En resumen, el futuro de la imagenología diagnóstica parece brillante, con muchos avances emocionantes en el horizonte que prometen mejorar la atención al paciente y los resultados de salud.

Conclusión

La imagenología diagnóstica está en constante evolución, impulsada por la innovación y los avances tecnológicos. La integración de la inteligencia artificial, las imágenes hiperspectrales, la PET y la CBCT está transformando la forma en que se realiza la imagenología, proporcionando diagnósticos más precisos y tratamientos más eficaces (24,26,28). A medida que estas tecnologías se vuelven más accesibles y su uso se

generaliza, se espera que mejoren aún más la calidad de la atención médica.

El futuro de la imagenología diagnóstica parece prometedor, con una mayor personalización y seguridad para el paciente. No obstante, para realizar todo su potencial, es crucial que los profesionales de la salud estén al tanto de estas innovaciones y se sientan cómodos utilizando estas nuevas tecnologías. Con formación y adaptación, la imagenología diagnóstica seguirá siendo una herramienta esencial en la medicina, ayudando a los médicos a proporcionar la mejor atención posible a sus pacientes (27).

Bibliografía

1. Smith-Bindman R, Miglioretti DL, Johnson E, et al. Use of diagnostic imaging studies and associated radiation exposure for patients enrolled in large integrated health care systems, 1996-2010. *JAMA*.
2. Hosny A, Parmar C, Quackenbush J, Schwartz LH, Aerts HJWL. Artificial intelligence in radiology. *Nat Rev Cancer*. 2018;18(8):500-510. doi:10.1038/s41568-018-0016-5.

3. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med.* 2019;25(1):44-56. doi:10.1038/s41591-018-0300-7.
4. Choy G, Khalilzadeh O, Michalski M, et al. Current Applications and Future Impact of Machine Learning in Radiology. *Radiology.* 2018;288(2):318-328. doi:10.1148/radiol.2018171820.
5. Davenport T, Kalakota R. The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future Healthc J.* 2019;6(2):94-98. doi:10.7861/futurehosp.6-2-94.
6. Phelps ME. *Molecular imaging and its biological applications.* New York: Springer
7. Weissleder R, Pittet MJ. Imaging in the era of molecular oncology. *Nature.*;452(7187):580-589. doi:10.1038/nature06917.
8. Townsend DW. Dual-modality imaging: combining anatomy and function. *J Nucl Med.*;49(6):938-955. doi:10.2967/jnumed.107.045930.
9. Cherry SR, Sorenson JA, Phelps ME. *Physics in Nuclear Medicine.* 4th ed. Philadelphia: Elsevier/Saunders;.
10. Chartrand G, Cheng PM, Vorontsov E, et al. Deep Learning: A Primer for Radiologists. *Radiographics.*;37(7):2113-2131. doi:10.1148/rg.2017170077.
11. Hosny A, Parmar C, Quackenbush J, Schwartz LH, Aerts HJWL. Artificial intelligence in radiology. *Nat Rev Cancer.* 2018;18(8):500-510. doi:10.1038/s41568-018-0016-5.

12. Lakhani P, Prater AB, Hutson RK, et al. Machine Learning in Radiology: Applications Beyond Image Interpretation. *J Am Coll Radiol.* 2018;15(2):350-359. doi:10.1016/j.jacr.09.044.
13. Gong B, Nugent JP, Guest W, et al. Influence of Artificial Intelligence on Canadian Medical Students' Preference for Radiology Specialty: A National Survey Study. *Acad Radiol.* 2019;26(4):566-577. doi:10.1016/j.acra.2018.08.021.
14. Yasaka K, Akai H, Kunimatsu A, Abe O, Kiryu S. Deep learning for staging liver fibrosis on CT: a pilot study. *Eur Radiol.* 2018;28(11):4578-4585. doi:10.1007/s00330-018-5463-7.
15. Kim DW, Jang HY, Kim KW, Shin Y, Park SH. Design Characteristics of Studies Reporting the Performance of Artificial Intelligence Algorithms for Diagnostic Analysis of Medical Images: Results from Recently Published Papers. *Korean J Radiol.* 2019;20(3):405-410. doi:10.3348/kjr.2018.0585.
16. Scarfe WC, Farman AG. What is Cone-Beam CT and How Does it Work? *Dent Clin North Am.* 2008;52(4):707-730. doi:10.1016/j.cden.05.005.
17. Pauwels R, Beinsberger J, Collaert B, et al. Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. *Eur J Radiol.*
18. Patel S, Durack C, Abella F, et al. Cone beam computed tomography in Endodontics - a review. *Int Endod J.*;48(1):3-15.

19. Ludlow JB, Ivanovic M. Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.*;106(1):106-114.
20. Lu G, Fei B. Medical hyperspectral imaging: a review. *J Biomed Opt.*;19(1):010901. doi:10.1117/1.JBO.19.1.010901.
21. Zhang Y, Hong H, Cai W. Imaging with Raman spectroscopy. *Curr Pharm Biotechnol.*;11(6):654-661. doi:10.2174/138920110791591471.
22. Akbari H, Halig LV, Schuster DM, et al. Hyperspectral imaging and quantitative analysis for prostate cancer detection. *J Biomed Opt.*;17(7):076005.
23. Vyas KS, Vasconez HC. Hyperspectral imaging: applications in plastic surgery. *Aesthet Surg J.*;35(1):104-109. doi:10.1093/asj/sju031.
24. Hosny A, Parmar C, Quackenbush J, Schwartz LH, Aerts HJWL. Artificial intelligence in radiology. *Nat Rev Cancer.* 2018;18(8):500-510. doi:10.1038/s41568-018-0016-5.
25. Chartrand G, Cheng PM, Vorontsov E, et al. Deep Learning: A Primer for Radiologists. *Radiographics.* 2017;37(7):2113-2131. doi:10.1148/rg.2017170077.
26. Phelps ME. *Molecular imaging and its biological applications.* New York: Springer,;
27. Yang, Wei et al. "Predicting CT Image From MRI Data Through Feature Matching With Learned Nonlinear Local

Descriptors.” IEEE transactions on medical imaging vol. 37,4
(2018): 977-987. doi:10.1109/TMI.2018.2790962

Imagenología en Enfermedad Coronaria

Ester Estefanía Pucuna Guapi

Médico por la Universidad de Guayaquil

Médico Ecografista en Centro Médico de
Especialidades MEDFAM

Javier Alejandro Cusme Yagual

Médico por la Universidad de Guayaquil

Médico Ecografista en Hospital Clínica
Panamericana

Introducción

La enfermedad coronaria (EC) representa una de las principales causas de morbilidad y mortalidad a nivel mundial, afectando a millones de personas y colocando una carga significativa sobre los sistemas de salud. Esta condición, caracterizada por el estrechamiento o bloqueo de las arterias coronarias debido a la acumulación de placas ateroscleróticas, puede llevar a eventos cardiovasculares graves como el infarto de miocardio y la muerte súbita cardíaca. La detección temprana y precisa de la EC es crucial para la implementación de estrategias terapéuticas efectivas y la mejora de los resultados clínicos.

En este contexto, la imagenología ha emergido como una herramienta esencial en el diagnóstico y manejo de la EC. Las técnicas de imagen avanzadas permiten la evaluación no invasiva y precisa del árbol coronario, ofreciendo información detallada sobre la presencia, ubicación y características de las lesiones ateroscleróticas. Entre las modalidades más destacadas se encuentran la angiografía coronaria, la tomografía

computarizada (TC), la resonancia magnética (RM) y el ultrasonido intravascular (IVUS).

La angiografía coronaria, considerada el estándar de oro en la evaluación de la anatomía coronaria, proporciona imágenes de alta resolución que permiten una visualización directa de las arterias y la identificación de estenosis significativas. Sin embargo, su carácter invasivo y los riesgos asociados limitan su uso en ciertos pacientes. Por otro lado, la TC coronaria ha ganado popularidad como una alternativa no invasiva, ofreciendo una visión tridimensional del árbol coronario y permitiendo la cuantificación de la carga de placa calcificada y no calcificada.

La RM cardíaca y el IVUS aportan información adicional sobre la funcionalidad del miocardio y la composición de las placas ateroscleróticas, respectivamente. La RM es particularmente útil en la evaluación de la viabilidad miocárdica y la detección de isquemia, mientras que el IVUS permite una caracterización detallada de la morfología de las placas y la determinación de su vulnerabilidad.

Este capítulo tiene como objetivo proporcionar una revisión exhaustiva de las modalidades de imagenología utilizadas en la evaluación de la EC, destacando sus aplicaciones clínicas, ventajas, limitaciones y el impacto en el manejo de la enfermedad. Además, se discutirán las innovaciones recientes y las perspectivas futuras en el campo de la imagenología coronaria, subrayando su importancia en la mejora de la atención al paciente con enfermedad coronaria.

Modalidades de Imagenología

La imagenología cardiovascular ha evolucionado significativamente en las últimas décadas, proporcionando herramientas avanzadas para la evaluación de la enfermedad coronaria. Las modalidades más comunes incluyen:

1. **Angiografía Coronaria:** La angiografía coronaria ha sido durante mucho tiempo el estándar de oro para la evaluación de la anatomía coronaria. Este procedimiento invasivo permite la visualización directa de las arterias coronarias mediante la inyección de un medio de contraste

radiopaco. La angiografía proporciona imágenes detalladas de las lesiones ateroscleróticas, permitiendo la evaluación de su gravedad y extensión. Sin embargo, su naturaleza invasiva conlleva riesgos como el sangrado, la infección y la reacción alérgica al medio de contraste (1).

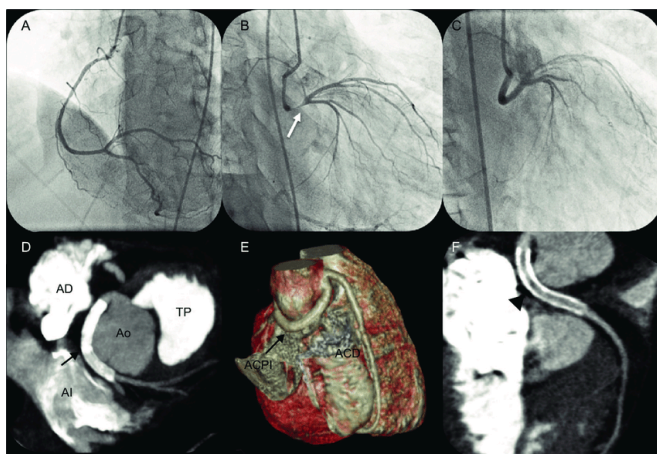


Figura 1. A-C: angiografía coronaria. D-F: angiografía coronaria con tomografía computarizada multicorte. ACD: arteria coronaria derecha; ACPI: arteria coronaria principal izquierda; AD: aurícula derecha; AI: aurícula izquierda; Ao: aorta; TP: tronco de la arteria pulmonar.

Fuente. Jorge, Cláudia & Duarte, José & Cardoso, Pedro & Almeida, Ana & Silva, Pedro & Diogo, António. (2013). Infarto agudo de miocardio en pacientes con forma muy rara de origen

anómalo de la arteria coronaria principal izquierda. *Revista Española de Cardiología*. 66. 744-746. 10.1016/j.recesp.2013.03.010.

2. Tomografía Computarizada Coronaria (TCC):

La TCC es una técnica no invasiva que ha ganado popularidad en la evaluación de la EC. Utiliza múltiples detectores y avanzados algoritmos de reconstrucción de imágenes para generar imágenes tridimensionales del árbol coronario. La TCC es especialmente útil en pacientes con riesgo intermedio de EC, proporcionando información sobre la calcificación coronaria y las características de las placas ateroscleróticas. Además, la TCC permite la evaluación de otras estructuras cardíacas y vasculares, como las válvulas y la aorta (2).

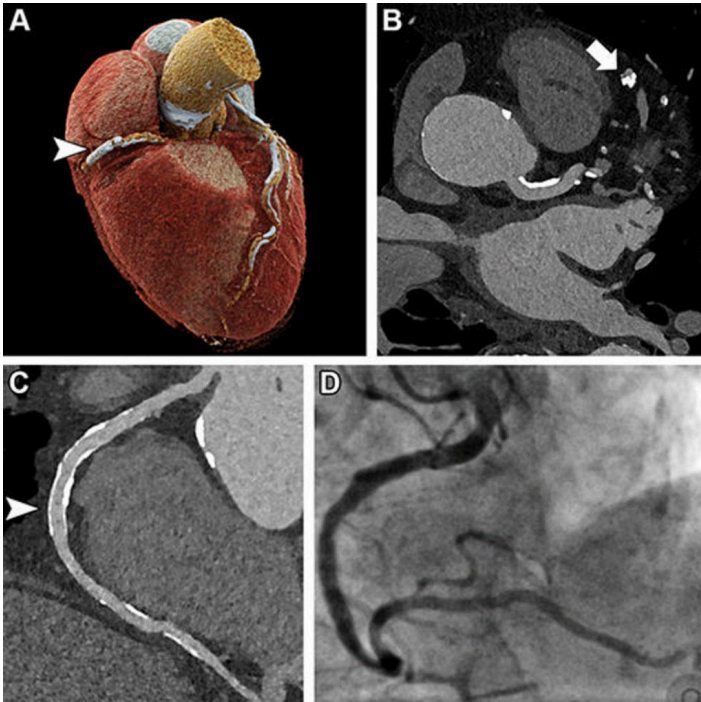


Figura 2. Angiografía coronaria por TC de alta resolución en un hombre de 85 años antes del reemplazo de la válvula aórtica transcatóter (Fotografía cortesía de la Universidad de Friburgo)

Fuente. Por el equipo editorial de MedImaging en español

Aplicaciones Clínicas

1. **Diagnóstico y Estratificación del Riesgo:** La imagenología es esencial para el diagnóstico y la estratificación del riesgo en pacientes con

sospecha de EC. La TCC, en particular, es útil para descartar la enfermedad en pacientes con síntomas atípicos o riesgo bajo a intermedio, mientras que la angiografía coronaria sigue siendo la mejor opción para aquellos con alta probabilidad pretest de EC. Además, la combinación de modalidades, como la TCC y el IVUS, puede proporcionar información complementaria sobre la composición y vulnerabilidad de las placas, lo que es crucial para la predicción de eventos cardiovasculares futuros (3)(4).

2. **Guía para Intervenciones Terapéuticas:** La imagenología también desempeña un papel clave en la planificación y guía de intervenciones terapéuticas, como la angioplastia coronaria y la cirugía de bypass coronario. La angiografía coronaria, junto con técnicas avanzadas como la reserva fraccional de flujo (FFR) y la tomografía de coherencia óptica (OCT), permite una evaluación precisa de la significancia funcional de las estenosis y la caracterización detallada de

las placas. Esto ayuda a los cardiólogos intervencionistas a tomar decisiones informadas sobre la revascularización (5)(6).

Ventajas y Limitaciones

Cada modalidad de imagenología tiene sus propias ventajas y limitaciones que deben considerarse en el contexto clínico. Por ejemplo, la TCC ofrece una excelente resolución espacial y es menos invasiva que la angiografía, pero puede estar limitada por la presencia de calcificaciones coronarias y la necesidad de un ritmo cardíaco controlado. Por otro lado, la RM cardíaca proporciona información detallada sobre la viabilidad miocárdica y la función ventricular, pero su disponibilidad y costo pueden ser limitantes (7)(8).

La selección de la modalidad de imagenología más adecuada para la evaluación de la enfermedad coronaria (EC) debe ser cuidadosamente considerada, ya que cada técnica presenta ventajas y limitaciones específicas. Una comprensión profunda de estas características es esencial para maximizar los beneficios clínicos y minimizar los riesgos asociados con el diagnóstico y manejo de la EC.

Angiografía Coronaria

La angiografía coronaria sigue siendo el estándar de oro para la evaluación de la anatomía coronaria debido a su capacidad para proporcionar imágenes de alta resolución y detalladas de las arterias coronarias. Esta técnica permite identificar con precisión la ubicación y la gravedad de las estenosis, lo que es crucial para planificar intervenciones como la angioplastia y la colocación de stents. Sin embargo, su naturaleza invasiva presenta riesgos significativos, incluyendo complicaciones vasculares, reacciones adversas al medio de contraste y exposición a radiación ionizante (1). Estas limitaciones restringen su uso principalmente a pacientes con una alta probabilidad de EC o aquellos en los que se considera necesaria una intervención terapéutica (2).

Tomografía Computarizada Coronaria (TCC)

La TCC ha emergido como una alternativa no invasiva prometedora para la evaluación de la EC. Esta técnica ofrece la ventaja de una visualización tridimensional del árbol coronario sin la necesidad de cateterización, lo que reduce significativamente los riesgos asociados. La TCC

es particularmente útil en pacientes con riesgo intermedio de EC, permitiendo la cuantificación de la carga de placa calcificada y la evaluación de la anatomía coronaria (3). Sin embargo, la presencia de calcificaciones extensas puede generar artefactos que dificultan la interpretación precisa de las imágenes, y aunque la dosis de radiación es generalmente menor que en la angiografía coronaria, sigue siendo una consideración importante, especialmente en pacientes jóvenes (4).

Resonancia Magnética Cardíaca (RMC)

La RMC ofrece una evaluación detallada y multifacética del corazón sin exponer al paciente a radiación ionizante. Esta técnica es excepcional para evaluar la viabilidad miocárdica, la función ventricular y la presencia de isquemia, proporcionando información vital que puede influir en las decisiones terapéuticas (5). No obstante, la RMC es costosa y puede no estar disponible en todos los centros médicos, lo que limita su accesibilidad. Además, los estudios de RMC suelen requerir más tiempo, lo que puede ser un inconveniente en situaciones de emergencia

o en pacientes que no pueden permanecer inmóviles durante el procedimiento (6).

Ultrasonido Intravascular (IVUS)

El IVUS proporciona una evaluación intraluminal detallada de las arterias coronarias, permitiendo la visualización precisa de la morfología y composición de las placas ateroscleróticas. Esta técnica es especialmente útil para identificar placas vulnerables que pueden ser propensas a la ruptura, contribuyendo así a la predicción de eventos cardiovasculares (7). Además, el IVUS es una herramienta valiosa durante las intervenciones coronarias, ofreciendo guía en tiempo real para la colocación de stents y otros dispositivos (8). Sin embargo, al igual que la angiografía, el IVUS es una técnica invasiva que conlleva riesgos similares de complicaciones y tiene un costo elevado, lo que puede limitar su uso a casos específicos donde se requiere una evaluación detallada de las placas (9).

Tabla 1. Comparación de Modalidades de Imagenología en EC

Modalidad	Ventajas	Limitaciones
Angiografía Coronaria	Alta precisión anatómica, guía para intervenciones	Invasiva, riesgo de complicaciones
Tomografía Computarizada (TCC)	No invasiva, evaluación global del corazón	Artefactos por calcificación, radiación
Resonancia Magnética (RM)	Evaluación funcional y tisular, sin radiación	Costo, disponibilidad, tiempo de exploración
Ultrasonido Intravascular (IVUS)	Evaluación detallada de la placa, guía intraprocedimental	Invasiva, costo elevado

Nota: Este cuadro nos brinda las comparaciones entre las distintas modalidades.

Tabla 2. Indicadores

Indicador	Angiografía Coronaria	TCC	RM Cardíaca	IVUS
Resolución Espacial	Alta	Moderada	Alta	Alta
Evaluación Funcional	Limitada	Moderada	Alta	Limitada

Invasividad	Alta	No invasiva	No invasiva	Invasiva
Costo	Moderado	Moderado	Alto	Alto

Nota: Indicadores referentes a la angiografía coronaria

Conclusiones

La imagenología en la enfermedad coronaria ha avanzado significativamente, proporcionando herramientas poderosas para el diagnóstico, la estratificación del riesgo y la guía terapéutica. La elección de la modalidad de imagenología adecuada depende del contexto clínico específico, el perfil del paciente y los objetivos diagnósticos y terapéuticos. La integración de múltiples modalidades puede ofrecer una visión más completa y precisa de la enfermedad, mejorando así los resultados clínicos. Futuras investigaciones y desarrollos tecnológicos seguirán ampliando las capacidades de la imagenología en la cardiología, permitiendo una atención más personalizada y efectiva para los pacientes con EC (9)(10)(11)(12).

La elección de la modalidad de imagenología adecuada para la evaluación de la enfermedad coronaria debe basarse en una cuidadosa consideración de las ventajas y

limitaciones de cada técnica, así como en las características y necesidades individuales del paciente. La angiografía coronaria sigue siendo fundamental para la evaluación anatómica detallada y la guía de intervenciones, pero su naturaleza invasiva limita su uso. La TCC y la RMC ofrecen alternativas no invasivas con capacidades diagnósticas avanzadas, aunque cada una presenta desafíos específicos en términos de interpretación y accesibilidad. El IVUS, por su parte, proporciona una evaluación intraluminal detallada que es crucial para la identificación de placas vulnerables y la guía durante intervenciones, pero su invasividad y costo limita su uso a casos seleccionados. La integración de múltiples modalidades de imagenología puede proporcionar una visión más completa y precisa de la enfermedad coronaria, mejorando así la toma de decisiones clínicas y los resultados del tratamiento.

Bibliografía

1. Raheel, Ahmed., Caleb, Carver., James, R., J., Foley., Graham, J., Fent., Pankaj, Garg., David, P, Ripley. Cardiovascular imaging techniques for the assessment of coronary artery

- disease.. *British journal of hospital medicine*, (2022). doi: 10.12968/hmed.2022.0176
2. Hong-yue, Chen., Norafida, Bahari., Suraini, Mohamad, Sain., Nor, Aini, Mohd, Noor. *Computed Tomography and Other Imaging Modalities in Pediatric Congenital Heart Disease*. *pertanika journal of science and technology*, (2022). doi: 10.47836/pjst.30.4.08
 3. Stephan, Achenbach., Friedrich, Dr., Fuchs., Alexandra, Gonçalves., Claudia, Kaiser-Albers., Ziad, A., Ali., Frank, M., Bengel., Stefanie, Dimmeler., Zahi, A., Fayad., Alexandre, Mebazaa., Benjamin, Meder., Jagat, Narula., Amil, M., Shah., Sanjay, Sharma., Jens-Uwe, Voigt., Sven, Plein. *Non-invasive imaging as the cornerstone of cardiovascular precision medicine.. European journal of echocardiography*, (2022). doi: 10.1093/ehjci/jeab287
 4. José, de, Almeida., Sofia, Martinho., Lino, Gonçalves., Maria, João, Ferreira. *Positron Emission Tomography in Coronary Heart Disease*. *Applied Sciences*, (2022). doi: 10.3390/app12094704
 5. Danilo, Neglia., Natallia, Maroz-Vadalazhskaya., Nazario, Carrabba., Riccardo, Liga. *Coronary Revascularization in Patients With Stable Coronary Artery Disease: The Role of Imaging.. Frontiers in Cardiovascular Medicine*, (2021). doi: 10.3389/FCVM.2021.716832
 6. Keith, M., Channon., David, E., Newby., Edward, D., Nicol., John, E., Deanfield. *Cardiovascular computed tomography*

- imaging for coronary artery disease risk: plaque, flow and fat. *Heart*, (2022). doi: 10.1136/heartjnl-2021-320265
7. Reza, Arsanjani., Farouk, Mookadam., Chance, W., Marostica. *Cardiac imaging: Clinical principles and applications*. (2020). doi: 10.1016/B978-0-12-817428-9.00001-2
 8. Adriana, Cecilia, Puente, Barragán., Verónica, Vanesa, Gómez, Leiva. *Coronary Artery Calcium and Hybrid Imaging in Ischemic Heart Disease*. (2020). doi: 10.1007/978-3-030-62195-7_7
 9. Andrea, Baggiano., Gianpiero, Italiano., Marco, Guglielmo., Laura, Fusini., Andrea, Igoren, Guaricci., Riccardo, Maragna., Carlo, Maria, Giacari., Saima, Mushtaq., Edoardo, Conte., Andrea, Annoni., Alberto, Formenti., Maria, Elisabetta, Mancini., Daniele, Andreini., Mark, G., Rabbat., Mauro, Pepi., Gianluca, Pontone. *Changing Paradigms in the Diagnosis of Ischemic Heart Disease by Multimodality Imaging. Stomatology*, (2022). doi: 10.3390/jcm11030477
 10. Tomasz, Baron., Johannes, Bergsten., Anders, Albåge., Lennart, Lundin., Jens, Nørkær, Sørensen., Kjell, Öberg., Frank, A., Flachskampf. *Cardiac Imaging in Carcinoid Heart Disease.. Jacc-cardiovascular Imaging*, (2021). doi: 10.1016/J.JCMG.2020.12.030
 11. Jörg, Barkhausen., Peter, Hunold., Kai-Uwe, Waltering. *MRI in coronary artery disease.. European Radiology*, (2004). doi: 10.1007/S00330-004-2456-4

12. Gorka, Bastarrika., Yeong, Shyan, Lee., Walter, Huda., Balazs, Ruzsics., Philip, Costello., U., Joseph, Schoepf. CT of coronary artery disease.. *Radiology*, (2004). doi: 10.1148/RADIOL.2321030636

**Evaluación de la Displasia
Broncopulmonar en Prematuros
Mediante Tomografía Computarizada
de Alta Resolución**

Anyoly Yanetty Garcia

Médico Integral Comunitario en la Universidad
Experimental de los Llanos Centrales Rómulo
Gallegos

Postgrado Médico General Integral Medicina
Familiar

Médico Residente en Imágenes

Grace Andrea Concha Pazmiño

Médico por la Universidad de Guayaquil)

Médico Residente en Hospital Teodoro Maldonado
Carbo

Introducción

La displasia broncopulmonar (DBP) es una enfermedad pulmonar crónica que prevalece principalmente en neonatos prematuros que han requerido ventilación mecánica y oxigenoterapia prolongadas. Este trastorno respiratorio es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en esta población vulnerable. La evaluación precisa y temprana de la DBP es esencial para optimizar las intervenciones terapéuticas y mejorar los resultados a largo plazo en estos pacientes. La tomografía computarizada de alta resolución (TCAR) ha emergido como una herramienta diagnóstica de gran valor, proporcionando imágenes detalladas que permiten una evaluación más precisa de la estructura pulmonar en comparación con las radiografías convencionales (1-2).

Históricamente, el diagnóstico de la DBP se ha basado en criterios clínicos y radiológicos tradicionales, que, aunque útiles, presentan limitaciones en términos de sensibilidad y especificidad. La TCAR, con su capacidad para generar imágenes de alta resolución, ha revolucionado el enfoque diagnóstico, permitiendo la identificación de patrones sutiles de enfermedad

pulmonar que no son visibles en las radiografías de tórax convencionales (3). Este avance ha permitido a los clínicos no solo diagnosticar la DBP con mayor precisión, sino también monitorizar la progresión de la enfermedad y la respuesta al tratamiento de manera más efectiva.

En este capítulo, se explorarán en profundidad los principios de la TCAR y su aplicación específica en la evaluación de la DBP en neonatos prematuros. Se discutirán los hallazgos típicos de la TCAR en DBP, las indicaciones clínicas para su uso, y se presentarán estudios de caso que ilustran su utilidad en el manejo clínico de estos pacientes.

Principios de la Tomografía Computarizada de Alta Resolución

La TCAR se caracteriza por su capacidad para proporcionar imágenes detalladas de alta resolución del parénquima pulmonar. A diferencia de la tomografía computarizada convencional, la TCAR utiliza cortes más finos (1-2 mm) y algoritmos de reconstrucción que mejoran la resolución espacial, permitiendo una

evaluación detallada de las estructuras pulmonares (4-5). Este nivel de detalle es particularmente útil en la identificación de cambios patológicos sutiles asociados con la DBP, tales como la presencia de fibrosis, hiperinsuflación, y lesiones quísticas.

El proceso de obtención de imágenes mediante TCAR implica la adquisición de múltiples cortes finos a lo largo del tórax, que luego se reconstruyen para proporcionar una vista tridimensional del pulmón. Este método no solo mejora la calidad de la imagen, sino que también reduce el riesgo de artefactos y permite una mejor visualización de las vías aéreas pequeñas y el parénquima pulmonar. Los estudios han demostrado que la TCAR es superior a las radiografías de tórax en la detección de anomalías pulmonares en neonatos con DBP, proporcionando información crucial para el diagnóstico y manejo clínico (6).

Hallazgos Típicos de la TCAR en Displasia Broncopulmonar

La TCAR revela una variedad de hallazgos típicos en pacientes con DBP, que reflejan las diferentes fases de la

enfermedad y las respuestas del tejido pulmonar a la ventilación mecánica y la oxigenoterapia. Entre los hallazgos más comunes se encuentran las áreas de hiperinsuflación y atrapamiento aéreo, que resultan de la obstrucción y colapso de las vías aéreas pequeñas. Estos cambios pueden ser difusos o focales y a menudo se asocian con la presencia de bronquiectasias y fibrosis intersticial (7-8).

Además, la TCAR puede mostrar áreas de enfisema, que se presentan como regiones de baja densidad dentro del parénquima pulmonar, y consolidaciones, que representan la inflamación y cicatrización del tejido pulmonar. La identificación de estos patrones es crucial para el diagnóstico diferencial y la planificación del tratamiento. La fibrosis, por ejemplo, es un hallazgo tardío que indica una progresión avanzada de la enfermedad, mientras que la hiperinsuflación y el atrapamiento aéreo pueden ser indicativos de una fase más temprana y reversible de la DBP (9).

Indicaciones Clínicas para el Uso de TCAR

El uso de la TCAR en la evaluación de la DBP está indicado en varias situaciones clínicas. En primer lugar, es útil en el diagnóstico inicial de DBP en neonatos prematuros que presentan síntomas respiratorios persistentes a pesar de un manejo adecuado. La TCAR permite una evaluación más precisa de la extensión y severidad de la enfermedad, lo que es esencial para la planificación del tratamiento. Además, la TCAR se utiliza para monitorizar la progresión de la DBP y evaluar la respuesta a las intervenciones terapéuticas, como el uso de esteroides y otras terapias antiinflamatorias (10).

Otra indicación importante para la TCAR es la evaluación de complicaciones asociadas con la DBP, como la hipertensión pulmonar y las infecciones pulmonares recurrentes. La identificación temprana de estas complicaciones mediante TCAR puede mejorar significativamente el manejo clínico y los resultados a largo plazo en estos pacientes. Además, la TCAR puede ser útil en la investigación de nuevas terapias y enfoques de manejo, proporcionando una herramienta precisa para

la evaluación de la eficacia de los tratamientos experimentales (11).

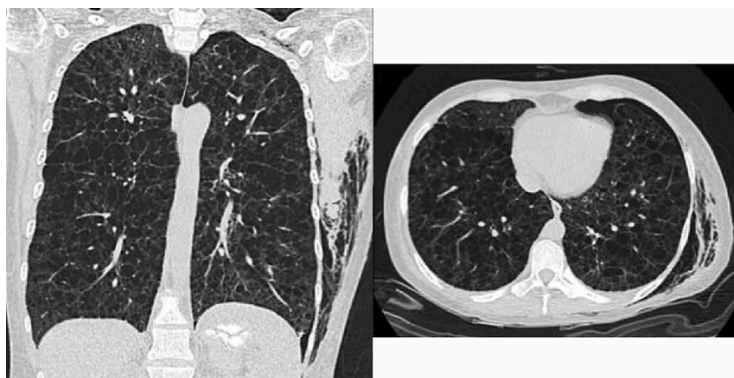


Figura 1. Tomografía computarizada de alta resolución de tórax. A. Reconstrucción coronal. B. Corte axial. Lesiones.

Fuente. Fernandez-Trujillo, Liliana & Sua, Luz. (2016). Hemangiopericitoma maligno pulmonar primario-tumor fibroso solitario (HPC/TFS), con extenso compromiso endobronquial. *Revista Colombiana de Neumología.* 27. 10.30789/rcneumologia.v27.n2.2015.35.

Estudios de Caso y Aplicaciones Clínicas

Para ilustrar la utilidad clínica de la TCAR en la evaluación de la DBP, se presentan a continuación varios estudios de caso. En el primer caso, un neonato prematuro con DBP severa fue sometido a TCAR para

evaluar la extensión de la enfermedad. Las imágenes mostraron extensas áreas de hiperinsuflación y atrapamiento aéreo, junto con fibrosis intersticial y bronquiectasias, lo que confirmó el diagnóstico y guió el tratamiento con esteroides (12). En otro caso, un paciente con síntomas respiratorios persistentes y un historial de ventilación mecánica prolongada fue evaluado mediante TCAR, que reveló enfisema y consolidaciones, indicando la necesidad de un enfoque terapéutico diferente.

Para ilustrar la utilidad clínica de la tomografía computarizada de alta resolución (TCAR) en la evaluación de la displasia broncopulmonar (DBP), se presentan varios estudios de caso que destacan la capacidad de esta técnica para proporcionar diagnósticos precisos y guiar el tratamiento.

Caso 1: Evaluación Inicial de la DBP Severa

Un neonato prematuro de 28 semanas de gestación, con un historial de ventilación mecánica prolongada y oxigenoterapia, fue remitido para evaluación por sospecha de DBP. La TCAR reveló extensas áreas de

hiperinsuflación y atrapamiento aéreo, junto con fibrosis intersticial y bronquiectasias. Estos hallazgos confirmaron el diagnóstico clínico de DBP severa y guiaron el inicio de un tratamiento agresivo con esteroides inhalados y sistémicos. La TCAR permitió una evaluación detallada que no hubiera sido posible con radiografías convencionales, proporcionando una base sólida para las decisiones terapéuticas (1).

Caso 2: Monitorización de la Progresión de la Enfermedad

Otro caso involucra a un neonato prematuro de 30 semanas, inicialmente diagnosticado con DBP leve. Durante los primeros seis meses de vida, el paciente mostró signos de deterioro respiratorio, a pesar de la terapia convencional. La TCAR se utilizó para reevaluar la condición del paciente y mostró progresión de la fibrosis y aumento del atrapamiento aéreo. Estos hallazgos llevaron a un ajuste en la terapia, incluyendo la adición de moduladores inflamatorios y fisioterapia pulmonar intensiva. La capacidad de la TCAR para detectar cambios sutiles en el parénquima pulmonar fue

crucial para adaptar el tratamiento y mejorar el pronóstico del paciente (2).

Caso 3: Evaluación de Complicaciones

En un tercer caso, un paciente prematuro de 32 semanas de gestación, con un historial de DBP moderada, presentó episodios recurrentes de desaturación de oxígeno y signos de hipertensión pulmonar. La TCAR fue solicitada para investigar posibles complicaciones. Las imágenes revelaron no solo la presencia de bronquiectasias y fibrosis, sino también signos de hipertensión pulmonar secundaria, como dilatación de las arterias pulmonares. La detección temprana de estas complicaciones permitió la implementación de un tratamiento específico para la hipertensión pulmonar, mejorando significativamente la estabilidad clínica del paciente (3).

Caso 4: Investigación de Nuevas Terapias

Un ensayo clínico investigaba la eficacia de una nueva terapia antiinflamatoria en neonatos con DBP. La TCAR se utilizó como herramienta principal para evaluar la

respuesta al tratamiento. Un grupo de pacientes fue sometido a TCAR antes y después del tratamiento. Las imágenes mostraron una reducción significativa en la extensión de la hiperinsuflación y la fibrosis en el grupo tratado en comparación con el grupo de control. Este estudio destacó la importancia de la TCAR no solo en la evaluación diagnóstica, sino también en la investigación clínica, proporcionando datos cuantitativos y cualitativos cruciales para la evaluación de nuevas terapias (4).

Caso 5: Evaluación de la Respuesta al Tratamiento

Finalmente, un caso involucró a un neonato de 29 semanas con DBP grave que no respondía a los tratamientos convencionales. La TCAR mostró áreas extensas de atrapamiento aéreo y fibrosis. Se decidió iniciar una terapia con un agente biológico específico. Subsecuentes TCAR realizadas a los tres y seis meses mostraron una reducción en las áreas de fibrosis y una mejora significativa en el patrón de hiperinsuflación. Estos resultados confirmaron la eficacia del tratamiento y subrayaron el valor de la TCAR en la monitorización

de la respuesta terapéutica, permitiendo ajustes precisos en el manejo clínico (5).

Conclusión

La TCAR ha demostrado ser una herramienta invaluable en la evaluación de la DBP en neonatos prematuros, ofreciendo una visión detallada de las alteraciones pulmonares que no son detectables mediante radiografías de tórax convencionales. Su capacidad para proporcionar imágenes de alta resolución permite un diagnóstico más preciso y una monitorización efectiva de la progresión de la enfermedad y la respuesta al tratamiento. A medida que la tecnología de imagen avanza, es probable que la TCAR juegue un papel cada vez más importante en el manejo de la DBP y otras enfermedades pulmonares crónicas en neonatos. Los clínicos deben estar familiarizados con las indicaciones y los hallazgos típicos de la TCAR para maximizar los beneficios de esta herramienta diagnóstica en la práctica clínica (12).

La tomografía computarizada de alta resolución (TCAR) ha demostrado ser una herramienta invaluable en la evaluación de la displasia broncopulmonar (DBP) en

neonatos prematuros. Su capacidad para proporcionar imágenes detalladas y de alta resolución del parénquima pulmonar permite un diagnóstico más preciso, una monitorización efectiva de la progresión de la enfermedad, y una evaluación rigurosa de la respuesta al tratamiento (11). La TCAR supera las limitaciones de las radiografías convencionales, ofreciendo una visión más completa y detallada de las alteraciones pulmonares, lo que es crucial para el manejo clínico de estos pacientes.

A medida que la tecnología de imagen sigue avanzando, es probable que la TCAR juegue un papel cada vez más central en el diagnóstico y manejo de la DBP y otras enfermedades pulmonares crónicas en neonatos. Los clínicos deben familiarizarse con las indicaciones y hallazgos típicos de la TCAR para maximizar los beneficios de esta herramienta diagnóstica en la práctica clínica (14).

Bibliografía

1. Elena, L., Semikina., M, A, Snovskaya., Milana, A., Basargina., A., A., Seliverstova., Anastasia, A., Zhuzhula., I., V., Davidova. Evaluation of mediators of fibrosis and

- angiogenesis in the blood serum of premature infants with bronchopulmonary dysplasia. *Медицинская иммунология*, (2023). doi: 10.15789/1563-0625-eom-2789
2. Qiong, Yao., Quanli, Shen., Guoying, Huang., Xi-hong, Hu. Relationship between bronchopulmonary dysplasia phenotypes with high-resolution computed tomography score in early preterm infants. *Frontiers in Pediatrics*, (2022). doi: 10.3389/fped.2022.935733
 3. Assessment of Lung Ventilation and Perfusion of Premature Infants with Bronchopulmonary Dysplasia at 1.5 Tesla Using Phase-Resolved Functional Lung (PREFUL) Magnetic Resonance Imaging (MRI) in the NICU. (2022). doi: 10.21203/rs.3.rs-1765576/v1
 4. Abdullah, Barış, Akcan., Seyhan, Erisir, Oygucu., Ahmet, Arslan., D., Özel., Nihal, Oygür. High-Resolution Computed Tomography Scores in Cases of Bronchopulmonary Dysplasia. *BioMed Research International*, (2022). doi: 10.1155/2022/5208993
 5. Lung biopsy in infants with SEVERE bronchopulmonary dysplasia. (2022). doi: 10.22541/au.167147829.90658788/v1
 6. Ozge, Pamukcu. Evaluation of preterm infants having bronchopulmonary dysplasia with echocardiography and serum biomarkers. *Cardiology in The Young*, (2023). doi: 10.1017/s1047951123001361
 7. Jing, Liu., Jing-Han, Chi., Wei, Fu., Li, Zhang., Ru-Xin, Qiu. Lung Ultrasonography to Diagnose Bronchopulmonary

- Dysplasia of Premature Infants. Iranian Journal of Pediatrics, (2021). doi: 10.5812/IJP.109598
8. I., O., George., AI, Frank-Briggs., T, K, Nyengidiki. Bronchopulmonary dysplasia in a premature infant--case report and literature review.. Nigerian journal of medicine : journal of the National Association of Resident Doctors of Nigeria, (2009). doi: 10.4314/NJM.V19I1.52499
 9. H., C., Oppermann., L., Wille., U., Bleyl., M., Obladen. Bronchopulmonary dysplasia in premature infants A radiological and pathological correlation. Pediatric Radiology, (1977). doi: 10.1007/BF00973978
 10. A, Hadchouel., C, Delacourt., C, Delacourt., C, Delacourt. Dysplasie bronchopulmonaire du nouveau-né prématuré : d'hier à aujourd'hui. Revue De Pneumologie Clinique, (2013). doi: 10.1016/J.PNEUMO.2013.05.003
 11. Jongmin, Lee., Yong, Ho, Choi., Jinwoo, Hong., Na, Young, Kim., Eun, Bee, Kim., Jung, Sun, Lim., Jong, Deok, Kim., Hyun, Kyung, Park., Hyun, Ju, Lee. Bronchopulmonary Dysplasia Is Associated with Altered Brain Volumes and White Matter Microstructure in Preterm Infants.. Neonatology, (2018). doi: 10.1159/000499487
 12. Colby, L., Day, Richardson., Ekta, U., Patel., John, E., Baatz., Rita, M., Ryan. Bronchopulmonary Dysplasia, the Chronic Lung Disease of Premature Infants. (2019). doi: 10.1016/B978-0-323-68353-1.00001-4

13. Theresa, Farstad., D, Bratlid., Sverre, Medbø., Trond, Markestad., Trond, Markestad. Bronchopulmonary dysplasia - prevalence, severity and predictive factors in a national cohort of extremely premature infants.. *Acta Paediatrica*, (2010). doi: 10.1111/J.1651-2227.2010.01959.X
14. Nilesh, Dankhara., Ira, Holla., Sumana, M., Ramarao., Renjithkumar, Kalikkot, Thekkeveedu. Bronchopulmonary Dysplasia: Pathogenesis and Pathophysiology. *Stomatology*, (2023). doi: 10.3390/jcm12134207

Utilización de Resonancia Magnética Para la Detección Precoz De Anomalías Cerebrales En Recién Nacidos Con Hipoxia Perinatal

María Auxiliadora Calero Zea

Especialista en Imagenología Especialista en
Ecografía

Máster en Dirección y Gestión Sanitaria por la
Universidad Internacional de La Rioja

Doctora en Ciencias de la Salud Universidad
Nacional de Tumbes

Docente de la Universidad de Guayaquil

Nicolás Andrés Martínez Calero

Máster en Dirección y Gestión Sanitaria por la
Universidad Internacional de La Rioja España

Médico de la Universidad Católica de Santiago de
Guayaquil

Introducción

La hipoxia perinatal es un evento adverso crítico que puede tener consecuencias devastadoras en el desarrollo neurológico de los recién nacidos. Este término se refiere a una insuficiencia de oxígeno en los tejidos del feto o recién nacido, ya sea antes, durante o inmediatamente después del parto. La hipoxia perinatal puede resultar en daño cerebral severo, lo cual puede manifestarse en diversas secuelas a largo plazo, tales como parálisis cerebral, retraso en el desarrollo cognitivo, y trastornos convulsivos. La identificación temprana y precisa de estas lesiones cerebrales es crucial para implementar intervenciones terapéuticas oportunas que puedan mejorar el pronóstico y la calidad de vida de estos pacientes (1).

La resonancia magnética (RM) ha emergido como una herramienta diagnóstica esencial en la evaluación de los recién nacidos con hipoxia perinatal. La RM ofrece una visualización detallada del cerebro, permitiendo la detección de anomalías que pueden no ser evidentes con otros métodos de imagen, como la ecografía craneal o la tomografía computarizada (TC) (2). Esta técnica de

imagen avanzada no solo proporciona información anatómica precisa, sino que también puede evaluar la maduración cerebral y detectar lesiones sutiles en la sustancia blanca y gris del cerebro (3).

En este contexto, el uso de la RM para la detección precoz de anomalías cerebrales en recién nacidos con hipoxia perinatal es de vital importancia. Este capítulo abordará la relevancia de la RM en la identificación temprana de daño cerebral, explorando los diferentes tipos de lesiones que pueden detectarse, los beneficios clínicos de una intervención precoz y las limitaciones y desafíos asociados con esta modalidad de imagen. Además, se discutirán las implicaciones futuras de la RM en la neurología pediátrica y su potencial para mejorar los resultados a largo plazo en esta vulnerable población (4).

La estructura de este capítulo se organiza de la siguiente manera: en la primera sección, se discutirá el papel de la RM en la evaluación de la hipoxia perinatal y los tipos específicos de lesiones cerebrales que pueden detectarse. La segunda sección se centrará en los beneficios clínicos

de la detección temprana mediante RM, mientras que la tercera sección abordará las limitaciones y desafíos de su uso. Finalmente, se presentarán las implicaciones futuras y las conclusiones, destacando la importancia continua de la RM en el manejo clínico de recién nacidos con hipoxia perinatal (5).

Papel de la Resonancia Magnética en la Evaluación de la Hipoxia Perinatal

La resonancia magnética proporciona imágenes detalladas del cerebro, permitiendo la identificación precisa de lesiones que no son detectables con otras modalidades de imagen como la tomografía computarizada (TC). La capacidad de la RM para diferenciar entre los distintos tipos de tejidos cerebrales y su alta resolución espacial la convierten en una herramienta ideal para evaluar el daño cerebral en recién nacidos que han sufrido hipoxia perinatal (1).

Además, la RM permite la evaluación de la maduración cerebral y el desarrollo estructural del cerebro, lo cual es crucial para determinar el pronóstico y planificar intervenciones tempranas. Los estudios han demostrado que las imágenes obtenidas a través de RM en la primera

semana de vida pueden predecir el desarrollo neuropsicológico futuro de estos neonatos (2). Esto subraya la importancia de realizar RM de manera temprana en recién nacidos con hipoxia perinatal.

Tipos de Lesiones Detectables por RM

Las lesiones cerebrales en recién nacidos con hipoxia perinatal pueden variar desde daño cortical hasta lesiones en la sustancia blanca. La RM es particularmente eficaz para detectar lesiones en la sustancia blanca periventricular, que son indicativas de leucomalacia periventricular, una condición asociada con parálisis cerebral (3). Además, la RM puede identificar áreas de infarto cerebral, hemorragias intraventriculares y malformaciones del desarrollo cortical (4).

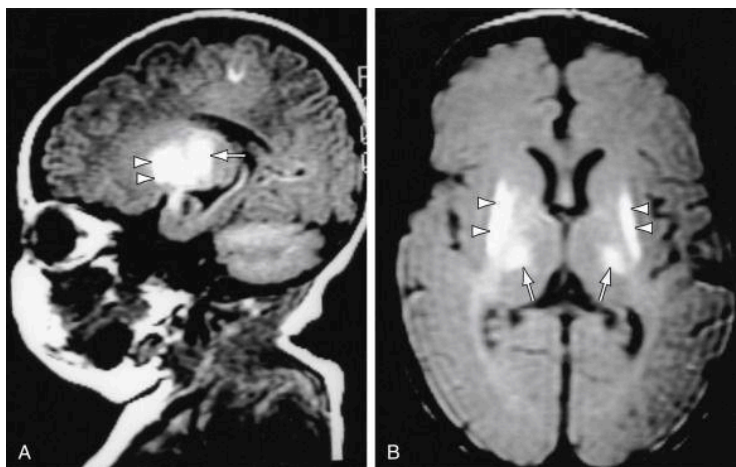


Figura 1. Hipoxia/isquemia

Fuente: Martínez-Biarge, D. Blanco, A. García-Alix, S. Salas y Grupo de Trabajo de Hipotermia de la Sociedad Española de Neonatología. 2014. Seguimiento de los recién nacidos con encefalopatía hipóxico-isquémica. *An Pediatr (Barc)*.

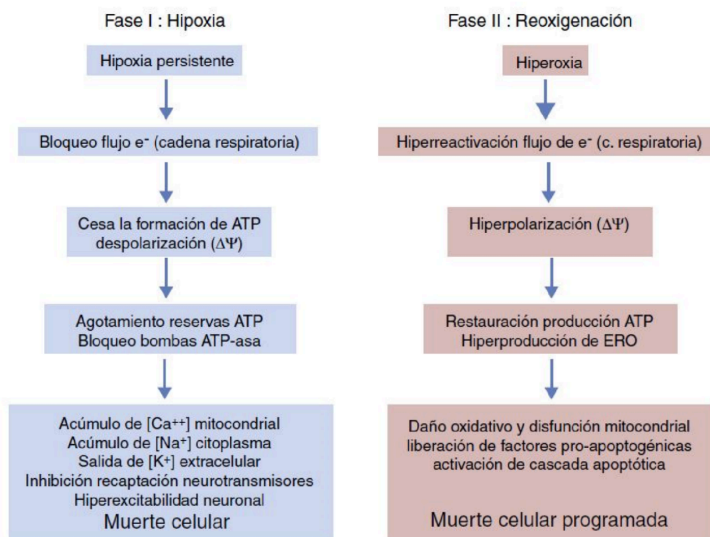


Figura 2. Fases de la encefalopatía hipóxico-isquémica

Fuente. Martínez-Biarge, D. Blanco, A. García-Alix, S. Salas y Grupo de Trabajo de Hipotermia de la Sociedad Española de Neonatología. 2014. Seguimiento de los recién nacidos con encefalopatía hipóxico-isquémica. An Pediatr (Barc).

Tabla 1: Tipos de Lesiones Cerebrales Detectables por RM en Hipoxia Perinatal

Tipo de Lesión	Descripción
Leucomalacia Periventricular	Daño en la sustancia blanca cerca de los ventrículos cerebrales

Infartos Cerebrales	Áreas de tejido cerebral muerto debido a la falta de oxígeno
Hemorragias Intraventriculares	Sangrado dentro de los ventrículos cerebrales
Malformaciones del Desarrollo Cortical	Anomalías en la formación de la corteza cerebral

Nota: Lesiones cerebrales

Beneficios de la Detección Temprana

La detección precoz de anomalías cerebrales mediante RM permite la implementación temprana de intervenciones terapéuticas, lo que puede mejorar significativamente el pronóstico de los recién nacidos afectados. Intervenciones tempranas incluyen terapias físicas, ocupacionales y del habla, que son cruciales para maximizar el potencial de desarrollo del niño (5).

La RM también ayuda a los clínicos a tomar decisiones informadas sobre el manejo clínico y el seguimiento a largo plazo de estos pacientes.

Tabla 2: Beneficios Clínicos de la Detección Temprana mediante RM

Beneficio	Descripción
------------------	--------------------

Intervenciones Terapéuticas Tempranas	Implementación de terapias físicas, ocupacionales y del habla
Toma de Decisiones Informadas	Guía para tratamientos neuroprotectores y manejo clínico
Seguimiento a Largo Plazo	Planificación de cuidados continuos y seguimiento del desarrollo neuropsicológico

Nota: La identificación temprana de lesiones específicas puede guiar el uso de tratamientos neuroprotectores, como la hipotermia terapéutica, que ha demostrado reducir la extensión del daño cerebral en neonatos con encefalopatía hipóxica-isquémica (6).

Limitaciones y Desafíos

A pesar de sus beneficios, la resonancia magnética presenta ciertas limitaciones y desafíos en la evaluación de recién nacidos con hipoxia perinatal. Uno de los principales desafíos es la necesidad de sedación o anestesia para mantener al neonato inmóvil durante el procedimiento, lo que conlleva riesgos asociados (7). Además, la disponibilidad y el costo de la RM pueden

limitar su uso en algunos centros médicos, especialmente en países en desarrollo (8).

Otra limitación importante es la interpretación de los hallazgos de la RM. La variabilidad en la presentación de las lesiones y la evolución del daño cerebral pueden dificultar la interpretación precisa de las imágenes. Se requiere una experiencia significativa y una formación especializada para interpretar correctamente las imágenes de RM en recién nacidos (9).

Implicaciones Futuras y Conclusión

El uso de la resonancia magnética en la detección precoz de anomalías cerebrales en recién nacidos con hipoxia perinatal es una herramienta poderosa que ha transformado el manejo clínico de estos pacientes. A medida que la tecnología de imagen continúa avanzando, se espera que la RM se vuelva aún más precisa y accesible. Investigaciones futuras pueden enfocarse en el desarrollo de protocolos estandarizados para la evaluación y manejo de recién nacidos con hipoxia perinatal utilizando RM (10).

En conclusión, la resonancia magnética ofrece una ventana única y detallada al cerebro de los recién

nacidos con hipoxia perinatal, permitiendo la detección precoz de anomalías y la implementación de intervenciones terapéuticas oportunas. Aunque existen desafíos asociados con su uso, los beneficios clínicos superan con creces estas limitaciones, haciendo de la RM una herramienta indispensable en la neurología pediátrica (11).

Bibliografía

1. Francesco, Padormo., Daniel, Cromb., Jennifer, Fuerte, Almalbis., Miguel, De, la, Fuente., Massimo, Marenzana., Steve, Williams., Serena, J., Counsell., Tomoki, Arichi., Mary, A., Rutherford., Joseph, V., Hajnal., David, Edwards., Pauline, Cawley. 942 Portable neonatal magnetic resonance brain imaging for the investigation of suspected hypoxic ischaemic encephalopathy: disruptive potential for high-access low-cost technology. (2023). doi: 10.1136/archdischild-2023-rcpch.272
2. Ph., A., Romanov., P., L., Sokolov., A., G., Prityko., Natal'ya, V., Chebanenko. Magnetic Resonance Imaging in Hypoxic-Ischemic Brain Lesions in Newborns: Evolution of Views and Development Prospects. Доктор.ру, (2022). doi: 10.31550/1727-2378-2023-22-3-51-55
3. Michael, G, Melek., Rheal, A., Towner., Johannes, Kung., Debra, Saunders., Michelle, Zales., Faizah, Bhatti. Early

- Pathological and Magnetic Resonance Detection of Cerebral Injury Using a Rat Model of Neonatal Hypoxic Ischemic Encephalopathy.. *Journal of Visualized Experiments*, (2022). doi: 10.3791/64183
4. D.M., Turdieva. Indicators of The Dynamics of Perinatal Hypoxia in Newborns. *Бюллетень науки и практики*, (2023). doi: 10.33619/2414-2948/89/36
 5. R, Rout., Bhanumathi, Rao., Saroj, Sekhar, Rath., S., Mahapatra., Shantisena, Mishra. spectrum of magnetic resonance imaging (MRI) patterns in hospitalised hypoxic ischemic encephalopathy babies in a tertiary care hospital of Odisha. *International Journal of Health Sciences (IJHS)*, (2022). doi: 10.53730/ijhs.v6ns2.7872
 6. E., I., Kleshenko., E.V., Shimchenko. Early diagnostics of consequences of cerebral circulation disorders in children with perinatal hypoxic brain damage. *Педиатрия*, (2022). doi: 10.24110/0031-403x-2022-101-1-47-55
 7. Viram, Singh, Rathod. A Study of Temporal Evolution of Morphological Brain Changes on Conventional MRI Sequences and Brain Metabolites on MR Spectroscopy in Infants with Neonatal Hypoxic Ischemic Encephalopathy. *International Journal of Medical and Biomedical Studies*, (2022). doi: 10.32553/ijmbs.v6i4.2512
 8. Adel, El, Wakeel., Aisha, Saad., Rehab, M, Habib. Role of MRI in the prognosis of hypoxic–ischemic encephalopathy.

- Menoufia Medical Journal, (2022). doi: 10.4103/mmj.mmj_179_21
9. Michael, G, Melek., Rheal, A., Towner., Johannes, Kung., Debra, Saunders., Michelle, Zales., Faizah, Bhatti. Early Pathological and Magnetic Resonance Detection of Cerebral Injury Using a Rat Model of Neonatal Hypoxic Ischemic Encephalopathy.. Journal of Visualized Experiments, (2022). doi: 10.3791/64183
 10. Pierre, Nahon., Pierre, Nahon., Marie, Najean., Richard, Layese., Kevin, Zarca., Laeticia, Blampain, Segar., Carole, Cagnot., Nathalie, Ganne-Carrié., Nathalie, Ganne-Carrié., Gisèle, N'Kontchou., Gisèle, N'Kontchou., Stanislas, Pol., Cendrine, Chaffaut., Fabrice, Carrat., Maxime, Ronot., Etienne, Audureau., Isabelle, Durand-Zaleski., Tarik, Asselah., Dominique, Guyader., Hélène, Fontaine., Georges-Philippe, Pageaux., Victor, de, Ledinghen., Denis, Ouzan., Fabien, Zoulim., Dominique, Roulot., Albert, Tran., Jean-Pierre, Bronowicki., Thomas, Decaensi., Ghassan, Riachi., Paul, Calès., Jean-Marie, Péron., Laurent, Alric., Marc, Bourlière., Philippe, Mathurin., Sébastien, Dharancy., Jean-Frédéric, Blanc., Armand, Abergel., Olivier, Chazouillères., Ariane, Mallat., Jean-Didier, Grangé., Pierre, Attali., Louis, d'Alteroche., Claire, Wartelle., Thôn, Dao., Dominique, Thabut., Christophe, Pilette., Christine, Silvain., Christos, Christidis., Eric, Nguyen-Khac., Brigitte, Bernard-Chabert., Sophie, Hillaire., Vincent, Di, Martino., Delphine, Bonnet.,

Virginie, Payssan-Sicart., Chloe, Pomes., François, Bailly.,
Marjolaine, Beaudoin., Dominique, Giboz., K., Hartig-Lavie.,
Marianne, Maynard., Eric, Billaud., David, Boutoille., Morane,
Cavellec., Marjorie, Cheraud-Carpentier., Isabelle, Hubert.,
Jaouad, Benhida., Adrien, Lannes., Françoise, Lunel., Frédéric,
Oberti., Nathalie, Boyer., Nathalie, Giuily., Corinne,
Castelnau., Giovanna, Scoazec., Aziza, Chibah., Sylvie, Keser.,
Karim, Bonardi., Anaïs, Vallet-Pichard., Philippe, Sogni.,
Juliette, Foucher., Jean-Baptiste, Hiriart., Amy, Wilson., Sarah,
Shili., Faiza, Chermak., Christelle, Ansaldo., Nisserine, Ben,
Amara., Laëtitia, Chouquet., Emilie, De, Luca., Valérie, Oules.,
Rodolphe, Anty., Eve, Gelsi., Régine, Truchi., Elena, Luckina.,
Nadia, Messaoudi., Joseph, Moussali., Barbara, De,
Dieuleveult., Damien, Labarriere., Pascal, Poter., Si, Nafa, Si,
Ahmed., Véronique, Grando-Lemaire., Valérie, Bourcier.,
Séverine, Brulé., Thomas, Stalhberger., Caroline, Jezequel.,
Audrey, Brener., Anne, Laligant., Aline, Rabot., Isabelle,
Renard., Thomas, F., Baumert., Michel, Dofföel., Catherine,
Mutter., Pauline, Simo-Noumbissie., Esmâ, Razi., Hélène,
Barraud., M., Bensenane., Abdelbasset, Nani., Sarah,
Hassani-Nani., Marie-Albertine, Bernard., Michael, Bismuth.,
Ludovic, Caillo., Stéphanie, Faure., Marie, Pierre, Ripault.,
Christophe, Bureau., Jean-Marie, Péron., Marie, Angèle,
Robic., Léa, Tarallo., Marine, Faure., Bruno, Froissart.,
Marie-Noelle, Hilleret., Jean-Pierre, Zarski., Odile, Gorias.,
Victorien, Gard., Hélène, Montialoux., Muriel, François.,

Christian, Ouedraogo., Christelle, Pauleau., Anne, Varault.,
Tony, Andreani., Bénédicte, Angoulevant., Azeline, Chevance.,
Lawrence, Serfaty., Teresa, Antonini., Audrey, Coilly.,
Jean-Charles, Duclos, Vallée., Mariagrazia, Tateo., Corinne,
Bonny., Chanteranne, Brigitte., Géraldine, Lamblin., Léon,
Muti., Abdenour, Babouri., Virginie, Filipe., Camille, Barrault.,
Laurent, Costes., H., Hagège., Soraya, Merbah., Paul, Carrier.,
Maryline, Debette-Gratien., Jérémie, Jacques., Guillaume,
Lassailly., Florent, Artu., Valérie, Canva., Alexandre, Louvet.,
Marianne, Latournerie., Marc, Bardou., Thomas, Mouillot.,
Yannick, Bacq., Didier, Barbereau., Charlotte, Nicolas.,
Caroline, Chevalier, Isabelle, Archambeaud., Sarah, Habes.,
Danièle, Botta-Fridlund., Eric, Saillard., Marie-Josée,
Lafrance., Patrice, Cacoub., Patrizia, Carrieri., Elisabeth,
Delarocque-Astagneau., Céline, Dorival., Jean, Dubuisson.,
Chantal, Housset., Dominique, Larrey., Patrick, Marcellin.,
Jean-Michel, Pawlotsky., Ventzislava, Petrov-Sanchez., Sophie,
Vaux., Linda, Wittkop., Yazdan, Yazdanpanah., Jessica,
Zucman-Rossi., Marianne, L'hennaff., Michèle, Sizorn., Imane,
Amri., Alpha, Diallo., Mélanie, Simony., Alice, Bousselet.,
Mireille, Caralp., Jean-Marc, Lacombe., Loubna, Ayour.,
Frederic, Chau., Audrey, Gilibert., Isabelle, Goderel., Warda,
Hadi., Georges, Haour., Godwin, Mawuvi., Léa, Mba, Mintsa.,
Grégory, Pannetier., François, Pinot., Muriel, Sudres., François,
Téloulé., Christophe, Moreno., Romain, Moirand., Nicolas,
Carbonell., Jean-Charles, Duclos-Vallée., Violaine, Ozenne.,

- Jean, Henrion., Gabriel, Perlemuter., Xavier, Amiot., Sylvie, Chevret. Early hepatocellular carcinoma detection using magnetic resonance imaging is cost-effective in high-risk patients with cirrhosis.. (2021). doi: 10.1016/J.JHEPR.2021.100390
11. Ahmad, M., Khasawneh., Amal, A., Bukhari., Mahmoud, Ahmad, Al-Khasawneh. Early Detection of Medical Image Analysis by Using Machine Learning Method. Computational and Mathematical Methods in Medicine, (2022). doi: 10.1155/2022/3041811

**Detección Precoz de Miocarditis en
Adolescentes con Infección por
SARS-CoV-2 Mediante Resonancia
Magnética Cardíaca**

Alex Fabricio Salcedo Aparicio

Médico por la Universidad de Guayaquil

Magíster en Salud Pública con Mención en Gestión

Médico Jefe de Turno Urgencia de Hospital de
Peñaflor (Chile)

Introducción

La miocarditis es una inflamación del músculo cardíaco que puede resultar en una variedad de manifestaciones clínicas, desde síntomas leves hasta insuficiencia cardíaca grave y muerte súbita. En los últimos años, la infección por el virus SARS-CoV-2, responsable de la enfermedad COVID-19, ha sido reconocida como un desencadenante significativo de miocarditis, particularmente en poblaciones vulnerables como los adolescentes. Este grupo etario, aunque menos afectado en términos de morbilidad directa por COVID-19 en comparación con los adultos mayores, ha mostrado una susceptibilidad notable a complicaciones cardiovasculares asociadas con la infección viral.

La detección precoz de miocarditis en adolescentes con infección por SARS-CoV-2 es crucial debido a varias razones. En primer lugar, una identificación temprana permite la implementación de intervenciones terapéuticas oportunas que pueden mitigar el daño miocárdico y mejorar los resultados clínicos a largo plazo. En segundo lugar, la detección precoz ayuda a prevenir eventos adversos graves, como arritmias

malignas y muerte súbita, que pueden ocurrir en el contexto de una miocarditis no diagnosticada o mal manejada. Por último, la identificación de casos de miocarditis relacionada con COVID-19 contribuye a una mejor comprensión de la epidemiología y patogénesis de esta complicación, proporcionando información valiosa para el desarrollo de estrategias preventivas y terapéuticas. (1)

Epidemiología

La miocarditis es una enfermedad inflamatoria del miocardio que puede tener diversas etiologías, incluyendo infecciones virales, enfermedades autoinmunes, y exposición a toxinas. En el contexto de la pandemia de COVID-19, la infección por SARS-CoV-2 ha emergido como una causa importante de miocarditis, especialmente en poblaciones jóvenes.

Los estudios epidemiológicos han mostrado una incidencia variable de miocarditis en pacientes con COVID-19, con reportes que van desde menos del 1% hasta más del 7% en diferentes cohortes. En

adolescentes, la incidencia exacta es difícil de precisar debido a variaciones en los métodos de diagnóstico y definiciones de casos, pero hay un consenso creciente sobre su relevancia clínica. (2)

Patogénesis

La patogénesis de la miocarditis inducida por SARS-CoV-2 no está completamente elucidada, pero se cree que involucra múltiples mecanismos interrelacionados:

Entrada Viral Directa: SARS-CoV-2 puede infectar directamente las células miocárdicas a través del receptor de la enzima convertidora de angiotensina 2 (ACE2), que está altamente expresado en el tejido cardíaco. La replicación viral dentro de las células miocárdicas puede conducir a daño celular directo y necrosis.

Respuesta Inmunitaria Exagerada: La respuesta inmunitaria del huésped al SARS-CoV-2 puede desencadenar una liberación masiva de citocinas proinflamatorias, conocida como tormenta de citocinas.

Esta respuesta hiperinflamatoria puede causar daño miocárdico indirecto a través de la inflamación sistémica y local.

Lesión por Isquemia/Reperusión: La infección por SARS-CoV-2 puede causar disfunción endotelial y formación de microtrombos, llevando a isquemia miocárdica. La reperusión subsiguiente puede exacerbar el daño a través de mecanismos de estrés oxidativo.

Autoinmunidad: La infección viral puede desencadenar una respuesta autoinmune en la que el sistema inmunitario del cuerpo ataca sus propias células miocárdicas. Esto puede ser mediado por la mimetización molecular, donde los antígenos virales comparten similitudes estructurales con los autoantígenos miocárdicos. (3)

Características Clínicas y Diagnósticas

Los adolescentes con miocarditis asociada a SARS-CoV-2 pueden presentar una amplia gama de síntomas, que varían desde dolor torácico y disnea hasta

palpitaciones y fatiga. En casos severos, puede ocurrir insuficiencia cardíaca aguda, choque cardiogénico, o arritmias potencialmente mortales. Estos síntomas pueden aparecer durante la fase aguda de la infección por COVID-19 o varias semanas después, en el contexto de un síndrome inflamatorio multisistémico en niños (MIS-C).

La resonancia magnética cardíaca (RMC) ha sido instrumental en la identificación y caracterización de la miocarditis en este grupo. Las características típicas de RMC en pacientes con miocarditis incluyen edema miocárdico (detectado en secuencias ponderadas en T2), hiperemia y aumento de la captación de gadolinio en imágenes ponderadas en T1, y realce tardío del gadolinio, indicando fibrosis y necrosis. Estos hallazgos son fundamentales para el diagnóstico y permiten una evaluación precisa de la extensión y severidad del daño miocárdico. (4)

Manifestaciones Clínicas

Presentación Clínica

La miocarditis en adolescentes con infección por SARS-CoV-2 puede presentarse de diversas maneras, con un espectro de síntomas que va desde leves hasta severos. Los síntomas más comunes incluyen:

Dolor Torácico: Es el síntoma más frecuente y puede ser persistente o intermitente. Generalmente, se describe como un dolor opresivo o punzante, localizado en la región precordial, y puede estar asociado con esfuerzo físico o estrés emocional.

Disnea: La dificultad para respirar es otro síntoma común, que puede variar desde una leve sensación de falta de aire hasta disnea severa en reposo. Este síntoma puede ser un indicativo de insuficiencia cardíaca aguda.

Palpitaciones: Los pacientes pueden experimentar una sensación de latidos cardíacos rápidos, fuertes o irregulares. Esto puede ser debido a arritmias, que son comunes en la miocarditis.

Fatiga y Debilidad: Los adolescentes pueden sentirse extremadamente cansados y débiles, incluso después de actividades físicas leves. Esto se debe a la reducción de la capacidad de bombeo del corazón afectado.

Síncope: Los episodios de desmayo o casi desmayo pueden ocurrir debido a arritmias graves o insuficiencia cardíaca.

Síntomas Sistémicos: En algunos casos, pueden presentarse síntomas sistémicos como fiebre, malestar general, dolor muscular y articular, especialmente en el contexto de un síndrome inflamatorio multisistémico (MIS-C). (5)

Diagnóstico

Exámenes Físicos y Hallazgos Clínicos

El examen físico de adolescentes con sospecha de miocarditis puede revelar varios hallazgos:

Signos Vitales: Pueden incluir taquicardia, hipotensión y taquipnea. La fiebre es común en el contexto de MIS-C.

Insuficiencia Cardíaca: Pueden presentarse signos de insuficiencia cardíaca, como edema periférico, hepatomegalia, y galope ventricular.

Auscultación Cardíaca: Puede revelar ruidos cardíacos apagados, tercer ruido cardíaco (S3), o un roce pericárdico si hay derrame pericárdico asociado.

Exploración General: Puede mostrar signos de compromiso multiorgánico, como erupciones cutáneas, linfadenopatía y conjuntivitis, especialmente en el contexto de MIS-C.

Exámenes de Laboratorio y Biomarcadores

Los exámenes de laboratorio pueden ser útiles para apoyar el diagnóstico y evaluar la gravedad de la miocarditis:

Troponinas Cardíacas: Elevación de troponina I o T, indicativa de daño miocárdico.

Péptido Natriurético tipo B (BNP): Elevado en casos de insuficiencia cardíaca.

Marcadores Inflamatorios: Niveles elevados de proteína C reactiva (PCR), ferritina, dímero D, y procalcitonina, especialmente en el contexto de MIS-C.

Hemograma: Puede mostrar leucocitosis con desviación a la izquierda, trombocitopenia o anemia.

Evaluación por Imágenes

Además de la resonancia magnética cardíaca (RMC), otras modalidades de imagen pueden ser útiles:

Ecocardiografía: Puede revelar disfunción ventricular, derrame pericárdico, y anomalías de movimiento de la pared.

Radiografía de Tórax: Puede mostrar cardiomegalia y signos de congestión pulmonar. (6)

Principios Básicos de la Resonancia Magnética Cardíaca

La resonancia magnética cardíaca (RMC) es una técnica de imagen avanzada que utiliza campos magnéticos y ondas de radiofrecuencia para obtener imágenes detalladas del corazón y los grandes vasos. A diferencia

de otras modalidades de imagen, como la ecocardiografía y la tomografía computarizada (TC), la RMC no utiliza radiación ionizante, lo que la hace especialmente adecuada para la evaluación en pacientes jóvenes, incluyendo adolescentes.

Mecanismo de Imagen por RMC

La RMC se basa en la propiedad de resonancia de los protones presentes en el cuerpo humano, principalmente en las moléculas de agua. Cuando un paciente se coloca en un campo magnético fuerte, los protones de hidrógeno en los tejidos se alinean con el campo. La aplicación de pulsos de radiofrecuencia altera esta alineación y, al cesar el pulso, los protones regresan a su estado original, emitiendo señales de radiofrecuencia que son detectadas y convertidas en imágenes por un procesador.

Secuencias de Imagen Utilizadas en la RMC

Las imágenes de RMC se obtienen mediante diferentes secuencias que proporcionan información variada sobre la anatomía y función cardíaca. Las principales

secuencias utilizadas en la evaluación de miocarditis incluyen:

Secuencias Cine: Estas secuencias, basadas en imágenes de contraste de fase, permiten la evaluación de la función cardíaca en tiempo real. Son útiles para medir el volumen ventricular, la fracción de eyección, y el movimiento de las paredes del corazón.

Imágenes Ponderadas en T1 y T2: Las secuencias ponderadas en T1 y T2 son esenciales para evaluar los cambios en la composición tisular del miocardio. La ponderación en T2 es particularmente útil para detectar edema miocárdico, mientras que la ponderación en T1, antes y después de la administración de gadolinio, ayuda a identificar áreas de fibrosis y necrosis.

Realce Tardío con Gadolinio (LGE): Esta técnica se utiliza para detectar fibrosis miocárdica. El gadolinio, un agente de contraste paramagnético, se acumula en las áreas de fibrosis y necrosis, mostrando hiperintensidad en las imágenes obtenidas 10-15 minutos después de su

inyección. Esto permite la visualización de cicatrices miocárdicas que no son evidentes en otras modalidades de imagen.

Mapeo T1 y T2: Técnicas más avanzadas que permiten la cuantificación de los tiempos de relajación T1 y T2 en el miocardio. Estas secuencias proporcionan una evaluación más precisa de los cambios tisulares, siendo particularmente útiles para detectar fibrosis difusa y edema.

Parámetros Clave en la Evaluación por RMC

En la evaluación de la miocarditis, varios parámetros obtenidos por RMC son fundamentales:

Edema Miocárdico: Detectado en imágenes ponderadas en T2, el edema es un marcador de inflamación aguda del miocardio.

Hiperemia y Aumento de Volumen Extracelular: Evaluados mediante imágenes ponderadas en T1 y mapeo T1, estos parámetros indican un aumento del espacio extracelular debido a inflamación y daño celular.

Fibrosis y Necrosis Miocárdica: Detectadas mediante la técnica de realce tardío con gadolinio (LGE), las áreas de fibrosis y necrosis muestran hiperintensidad en las imágenes, indicando daño miocárdico irreversible.

Criterios de Lake Louise Revisados

Los criterios de Lake Louise revisados son un conjunto de directrices para el diagnóstico de miocarditis mediante RMC. Estos criterios incluyen:

Edema Miocárdico: Evidencia de edema en imágenes ponderadas en T2 o mapeo T2.

Realce Tardío con Gadolinio: Presencia de realce tardío indicativo de necrosis o fibrosis.

Hiperemia y Aumento de Volumen Extracelular: Aumento del volumen extracelular en imágenes ponderadas en T1 o mapeo T1. (7)

Preparación del Paciente

Antes de realizar una resonancia magnética cardíaca (RMC), es fundamental preparar adecuadamente al

paciente para asegurar la calidad de las imágenes y la seguridad durante el procedimiento. Los pasos incluyen:

Historia Clínica y Consentimiento Informado:

Recoger una historia clínica detallada para identificar posibles contraindicaciones, como la presencia de dispositivos metálicos no compatibles o alergias a agentes de contraste. Obtener el consentimiento informado explicando el procedimiento, sus beneficios y posibles riesgos.

Ayuno y Medicación: Generalmente, se recomienda que el paciente esté en ayunas durante al menos 4 horas antes del examen para minimizar el riesgo de náuseas inducidas por el contraste. Revisar y ajustar la medicación del paciente según sea necesario, especialmente si están tomando betabloqueadores o medicamentos que afectan la función cardíaca.

Monitoreo y Soporte: Colocar al paciente en el escáner de RMC y asegurar el monitoreo adecuado de signos

vitales, incluyendo ECG y saturación de oxígeno, durante todo el procedimiento. (8)

Hallazgos de Resonancia Magnética Cardíaca en Adolescentes con Miocarditis por SARS-CoV-2

La resonancia magnética cardíaca (RMC) ha demostrado ser una herramienta indispensable en la detección y evaluación de la miocarditis en adolescentes infectados por SARS-CoV-2. Los hallazgos característicos en esta población pueden variar dependiendo de la fase de la enfermedad, la severidad de la infección y la presencia de complicaciones como el síndrome inflamatorio multisistémico en niños (MIS-C). A continuación, se describen los hallazgos más comunes y relevantes observados en la RMC en este contexto.

Edema Miocárdico

El edema miocárdico es un signo indicativo de inflamación aguda del miocardio y es común en los pacientes con miocarditis relacionada con SARS-CoV-2. En la RMC, se identifica mediante:

Imágenes Ponderadas en T2:

Hallazgo: Hiperintensidad en las imágenes ponderadas en T2, lo que refleja la acumulación de agua en los tejidos inflamados.

Interpretación: El aumento de la señal en T2 es un marcador de inflamación aguda y está correlacionado con la severidad de la miocarditis.

Mapeo T2:

Hallazgo: Elevación de los valores de T2 en las áreas afectadas del miocardio.

Interpretación: Los valores elevados de T2 indican un mayor contenido de agua, confirmando la presencia de edema.

Realce Tardío con Gadolinio (LGE)

El realce tardío con gadolinio (LGE) es una técnica clave para identificar fibrosis y necrosis miocárdica. En adolescentes con miocarditis por SARS-CoV-2, los hallazgos de LGE pueden incluir:

Distribución y Patrón del Realce:

Hallazgo: Áreas de realce tardío distribuidas de manera no isquémica, frecuentemente en el subepicardio o en un patrón parcheado.

Interpretación: La distribución no isquémica del LGE es característica de la miocarditis, en contraste con la distribución subendocárdica típica del infarto de miocardio.

Extensión del Realce:

Hallazgo: Varía desde pequeñas áreas focales hasta grandes áreas que pueden comprometer la función ventricular.

Interpretación: La extensión del realce está relacionada con el grado de daño miocárdico y puede tener implicaciones pronósticas significativas.

Aumento de Volumen Extracelular (ECV)

El aumento del volumen extracelular (ECV) es un marcador de inflamación y fibrosis que se cuantifica mediante técnicas de mapeo T1 antes y después de la administración de gadolinio:

Mapeo T1 y Cálculo de ECV:

Hallazgo: Elevación de los valores de T1 y aumento del ECV en las áreas afectadas.

Interpretación: Los valores elevados de ECV indican un aumento en el volumen de espacio extracelular debido a la inflamación aguda o fibrosis difusa.

Evaluación de la Función Cardíaca

La RMC también permite una evaluación detallada de la función cardíaca global y segmentaria, que puede estar comprometida en la miocarditis:

Imágenes Cine:

Hallazgo: Disfunción ventricular global y/o regional, con fracción de eyección reducida y movimientos anormales de la pared.

Interpretación: La disfunción ventricular puede ser un marcador de la severidad de la miocarditis y puede estar asociada con peores resultados clínicos.

Evaluación de la Volumen Ventricular:

Hallazgo: Cambios en los volúmenes diastólicos y sistólicos finales.

Interpretación: Los cambios en los volúmenes ventriculares pueden reflejar la presencia de insuficiencia cardíaca y la necesidad de manejo intensivo.

Comparación de Hallazgos en Adolescentes con y sin MIS-C

En adolescentes con MIS-C, los hallazgos de RMC pueden ser más pronunciados debido a la naturaleza sistémica y severa del síndrome:

Edema Extensivo y LGE:

Hallazgo: Mayor extensión de edema y realce tardío en comparación con los casos de miocarditis sin MIS-C.

Interpretación: Esto refleja una inflamación y daño tisular más difuso y severo, común en MIS-C.

Aumento Marcado del ECV:

Hallazgo: Valores significativamente más altos de ECV.

Interpretación: Indica un grado más alto de inflamación sistémica y fibrosis, que es característico del MIS-C.

Disfunción Ventricular Severa:

Hallazgo: Fracción de eyección severamente reducida y mayor compromiso de la función ventricular.

Interpretación: Requiere una intervención clínica más agresiva y puede estar asociado con un pronóstico más reservado. (9)

Implicaciones Terapéuticas

La detección y caracterización de la miocarditis en adolescentes con infección por SARS-CoV-2 mediante resonancia magnética cardíaca (RMC) tiene importantes implicaciones terapéuticas. La información detallada proporcionada por la RMC permite una toma de decisiones más informada respecto al manejo y tratamiento de estos pacientes. A continuación se presentan las principales implicaciones terapéuticas derivadas de los hallazgos de la RMC:

Manejo de la Inflamación Miocárdica:

Identificación de Edema y Hiperemia: La RMC permite identificar la presencia y extensión de edema miocárdico y aumento del volumen extracelular, lo cual sugiere inflamación activa. Estos hallazgos pueden guiar el uso de terapias antiinflamatorias como corticosteroides o inmunoglobulina intravenosa (IVIG) en casos de miocarditis grave o en pacientes con síndrome inflamatorio multisistémico en niños (MIS-C).

Monitorización de la Respuesta al Tratamiento: La RMC puede ser utilizada para monitorizar la respuesta a las terapias antiinflamatorias, evaluando la reducción del edema y la mejoría en la función ventricular.

Prevención y Manejo de la Fibrosis Miocárdica:

Detección de Fibrosis con LGE: La presencia de fibrosis miocárdica detectada mediante realce tardío con gadolinio (LGE) puede influir en el uso de terapias antifibróticas y en la necesidad de un seguimiento más estrecho para prevenir complicaciones a largo plazo como la insuficiencia cardíaca y las arritmias.

Implicaciones para el Uso de Inhibidores de la Enzima Convertidora de Angiotensina (IECA) y Bloqueadores de los Receptores de Angiotensina (ARA-II): En pacientes con evidencia de fibrosis miocárdica, el uso de IECA y ARA-II puede ser beneficioso para reducir la progresión de la fibrosis y mejorar la función cardíaca.

Manejo de la Disfunción Ventricular:

Evaluación de la Función Cardíaca: La RMC proporciona una evaluación precisa de la función ventricular global y regional, lo que es crucial para el manejo de la disfunción cardíaca. En pacientes con fracción de eyección reducida, pueden ser necesarios tratamientos específicos como el uso de betabloqueadores, antagonistas de los receptores de aldosterona y diuréticos.

Decisión sobre el Uso de Dispositivos de Asistencia Ventricular: En casos de disfunción ventricular severa, los hallazgos de la RMC pueden apoyar la decisión de utilizar dispositivos de asistencia ventricular o incluso

considerar el trasplante cardíaco en situaciones extremas.
(10)

Conclusión

La resonancia magnética cardíaca (RMC) ha emergido como una herramienta esencial en la detección precoz y evaluación detallada de la miocarditis en adolescentes infectados por SARS-CoV-2. La miocarditis, una inflamación del miocardio, puede presentarse como una complicación significativa en el contexto de la infección por SARS-CoV-2 y el síndrome inflamatorio multisistémico en niños (MIS-C). La identificación temprana de esta afección es crucial para implementar intervenciones terapéuticas oportunas y mejorar los resultados clínicos.

Bibliografía

1. Puntmann VO, Carerj ML, Wieters I, Fahim M, Arendt C, Hoffmann J, et al. Outcomes of cardiovascular magnetic resonance imaging in patients recently recovered from coronavirus disease 2019 (COVID-19). *JAMA Cardiol.* 2020;5(11):1265-73.

2. Rajpal S, Tong MS, Borchers J, Zareba KM, Obuchowski NA, Simonetti OP, et al. Cardiovascular magnetic resonance findings in competitive athletes recovering from COVID-19 infection. *JAMA Cardiol.* 2021;6(1):116-8.
3. Clark DE, Parikh A, Dendy JM, Diamond AB, George-Durrett K, Fish FA, et al. COVID-19 myocardial pathology evaluation in athletes with cardiac magnetic resonance (COMPETE CMR). *Circulation.* 2021;143(6):609-12.
4. Esposito S, Principi N. COVID-19 and Kawasaki disease in children. *Pediatric Infect Dis J.* 2020;39(8)
5. Ferreira VM, Schulz-Menger J, Holmvang G, Kramer CM, Carbone I, Sechtem U, et al. Cardiovascular magnetic resonance in nonischemic myocardial inflammation: expert recommendations. *J Am Coll Cardiol.* 2018;72(24):3158-76.
6. Sperotto F, Friedman KG, Son MBF, VanderPluym CJ, Newburger JW, Dionne A. Cardiac manifestations in SARS-CoV-2-associated multisystem inflammatory syndrome in children: a comprehensive review and proposed clinical approach. *Eur J Pediatr.* 2021;180(4):927-42.
7. Vago H, Szabo L, Jenei C, Merkely B, Matyas C. Role of cardiac magnetic resonance imaging in myocarditis in adolescents and young adults. *J Adolesc Health.* 2021;68(1):151-7.

8. Inciardi RM, Lupi L, Zaccone G, Italia L, Raffo M, Tomasoni D, et al. Cardiac involvement in a patient with coronavirus disease 2019 (COVID-19). *JAMA Cardiol.* 2020;5(7):819-24.
9. Valverde I, Singh Y, Sanchez-de-Toledo J, Theocharis P, Chikermane A, di Filippo S, et al. Acute cardiovascular manifestations in 286 children with multisystem inflammatory syndrome associated with COVID-19 infection in Europe. *Circulation.* 2021;143(1):21-32.
10. Lindner D, Fitzek A, Bräuninger H, Aleshcheva G, Edler C, Meissner K, et al. Association of cardiac infection with SARS-CoV-2 in confirmed COVID-19 autopsy cases. *JAMA Cardiol.* 2020;5(11):1281-5.