

IMAGEN EN LA PRÁCTICA MÉDICA TOMO 13



AUTORES

Edwin Enrique Zea Altamirano
Claudia Mercedes Reyes Baldeón
Karen Dayanara Triviño Muso
Ruth Cecilia Valero Tapia
Silvana Patricia Abarca Aldean

Imagen en la Práctica Médica Tomo 13

Imagen en la Práctica Médica Tomo 13

Edwin Enrique Zea Altamirano

Claudia Mercedes Reyes Baldeón

Karen Dayanara Triviño Muso

Ruth Cecilia Valero Tapia Ruth Cecilia

Silvana Patricia Abarca Aldean

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: 978-9942-695-29-1

Una producción © Cuevas Editores SAS

Enero 2025

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	6
Tomografía Computarizada (TC) de Alta Resolución: Técnicas y Aplicaciones en la Imagenología Torácica y Abdominal	7
Edwin Enrique Zea Altamirano	7
Evaluación de Enfermedades Neurológicas: Avances y Aplicaciones Clínicas	16
Claudia Mercedes Reyes Baldeón	16
Técnicas y Aplicaciones en la Biopsia Guiada por Imagen y la Terapia de Tumores con Radiofrecuencia.	29
Karen Dayanara Triviño Muso	29
Ultrasonido Doppler en la Evaluación Vascular: Principios, Aplicaciones y Avances Tecnológicos	36
Ruth Cecilia Valero Tapia	36
Inteligencia Artificial en la Imagenología Médica: Innovaciones y Aplicaciones Clínicas	45
Silvana Patricia Abarca Aldean	45

Prólogo

La imagenología ha transformado la práctica médica, convirtiéndose en una herramienta esencial para el diagnóstico y manejo clínico. Imagen en la Práctica Médica, Tomo 13 reúne los avances más relevantes en técnicas modernas como la tomografía computarizada y la resonancia magnética, combinando rigor académico con aplicaciones prácticas. Esta obra es una guía indispensable para profesionales de la salud que buscan optimizar el uso de la imagen médica en su práctica diaria, promoviendo una atención más precisa y centrada en el paciente.

Tomografía Computarizada (TC) de Alta Resolución: Técnicas y Aplicaciones en la Imagenología Torácica y Abdominal

Edwin Enrique Zea Altamirano

Médico General por la Universidad Católica de Cuenca

Médico Residente en Funciones Hospitalarias

Definición:

La Tomografía Computarizada de Alta Resolución (TCAR) es una modalidad de imagen avanzada que utiliza cortes finos, reconstrucciones precisas y algoritmos especializados para proporcionar imágenes detalladas del tórax y abdomen. A diferencia de la tomografía computarizada convencional, la TCAR permite la evaluación de alteraciones estructurales sutiles, siendo esencial en el diagnóstico de patologías complejas, como enfermedades intersticiales pulmonares y neoplasias abdominales.

Clasificación:

La TCAR se clasifica según sus aplicaciones clínicas principales y los métodos técnicos empleados:

1. Por área de estudio:
2. Imagenología torácica.
3. Imagenología abdominal.
4. Por tecnología:
 - a. TCAR convencional.
 - b. TCAR con detectores de doble energía.
 - c. TCAR con reconstrucción iterativa.
5. Por modalidad diagnóstica:
 - a. Sin contraste.
 - b. Con contraste intravenoso.

Epidemiología:

En América Latina, la disponibilidad de TCAR está en crecimiento, pero su acceso es limitado en zonas rurales. En países como Estados Unidos y Europa, la TCAR es ampliamente utilizada, especialmente en el diagnóstico de enfermedades pulmonares intersticiales, que afectan aproximadamente a 70-80 casos por 100,000 habitantes [1]. En el abdomen, la TCAR es esencial en el manejo de patologías hepáticas y pancreáticas, donde se

reportan tasas de incidencia de carcinoma hepatocelular de 10-15 casos por 100,000 habitantes [2].

Fisiopatología:

La TCAR es fundamental para identificar alteraciones anatómicas y funcionales a nivel microestructural. En enfermedades pulmonares intersticiales, como la fibrosis pulmonar idiopática, la TCAR detecta daño alveolar y procesos fibróticos progresivos que alteran la mecánica respiratoria [3]. En el abdomen, permite visualizar dinámicas vasculares y procesos inflamatorios asociados con patologías como la pancreatitis necrotizante o las neoplasias sólidas [4].

Cuadro Clínico:

Los pacientes evaluados con TCAR presentan cuadros clínicos variados según la patología:

- Enfermedades torácicas: Tos crónica, disnea progresiva, dolor torácico y hemoptisis en casos avanzados.
- Enfermedades abdominales: Dolor abdominal localizado, ictericia, fiebre, pérdida de peso y distensión abdominal.

Diagnóstico:

La TCAR es el estándar de oro para múltiples patologías debido a su precisión:

- Torácica: Diagnóstico de fibrosis pulmonar, bronquiectasias y nódulos pulmonares.
- Abdominal: Caracterización de lesiones hepáticas, evaluación de pancreatitis y detección de obstrucciones intestinales.

Diagnóstico Diferencial

La TCAR es útil para diferenciar:

- Fibrosis pulmonar idiopática vs. neumonitis por hipersensibilidad.
- Carcinoma hepatocelular vs. hemangiomas hepáticos.
- Pancreatitis aguda vs. necrosis pancreática.

Tratamiento

La TCAR no es una herramienta terapéutica, pero orienta el manejo clínico:

- Torácico: Justifica el uso de antifibróticos en fibrosis pulmonar o la quimioterapia en neoplasias pulmonares.
- Abdominal: Determina la necesidad de intervenciones quirúrgicas en pancreatitis complicada o tumores.

Pronóstico:

El uso temprano de la TCAR mejora los resultados clínicos al permitir un diagnóstico precoz y un manejo adecuado. Por ejemplo, en fibrosis pulmonar, la TCAR permite evaluar la progresión de la enfermedad, optimizando el tratamiento y reduciendo la mortalidad [5].

Recomendaciones

- Promover el acceso a TCAR en regiones rurales.
- Capacitar a médicos generales en la interpretación básica de TCAR.
- Desarrollar protocolos que minimicen la radiación acumulativa en pacientes jóvenes.

Algoritmos Diagnósticos para la TCAR en Imagenología Torácica y Abdominal

Los algoritmos diagnósticos ofrecen un enfoque sistemático y claro para el uso de la TCAR en el diagnóstico y manejo de patologías torácicas y abdominales. A continuación, se presentan dos ejemplos relevantes para médicos generales.

1. Algoritmo Diagnóstico: Evaluación de Nódulos Pulmonares con TCAR

Objetivo: Determinar la naturaleza benigna o maligna de un nódulo pulmonar.

1. Identificación inicial:

- Nódulo detectado en radiografía de tórax o incidentalmente en TC convencional.
- Solicitar TCAR para evaluación detallada.

2. Evaluación de características del nódulo en TCAR:

- **Tamaño:**
 - <5 mm: Seguimiento a 12 meses.
 - ≥5 mm: Evaluar morfología.
- **Morfología:**
 - Benigno: Bordes regulares, homogéneos.
 - Sospechoso: Bordes irregulares, espiculados o con cavitación.
- **Densidad:**
 - Vidrio esmerilado: Posible malignidad (seguimiento cercano).
 - Calcificaciones centrales: Probablemente benigno.

3. Seguimiento o intervención:

- Benigno: Seguimiento con TCAR a 6-12 meses.
- Sospechoso: Derivar para biopsia percutánea o PET/TC.

2. Algoritmo Diagnóstico: Dolor Abdominal Agudo con Sospecha de Pancreatitis

Objetivo: Diagnóstico y evaluación de complicaciones.

1. Evaluación clínica inicial:

- Dolor abdominal en epigastrio, irradiado a la espalda.
- Pruebas iniciales: Amilasa/lipasa sérica elevada (>3 veces el valor normal).

2. Indicaciones para TCAR:

- Diagnóstico incierto con clínica/laboratorio.
- Sospecha de complicaciones (necrosis, absceso, pseudoquiste).

3. Hallazgos en TCAR:

- **Pancreatitis aguda leve:**
 - Aumento de tamaño pancreático, edema peripancreático.
- **Pancreatitis necrotizante:**
 - Áreas de hipodensidad sin perfusión, acumulaciones líquidas.

- **Complicaciones:**
 - Absceso: Colección con pared definida.
 - Pseudoquiste: Lesión líquida encapsulada.

4. Manejo según hallazgos:

- Pancreatitis leve: Manejo médico (hidratación, ayuno).
- Necrosis o absceso: Derivar para manejo intervencionista (drenaje).

3. Algoritmo Diagnóstico: Evaluación de Enfermedades Intersticiales Pulmonares

Objetivo: Diferenciación de fibrosis pulmonar idiopática y otras neumopatías intersticiales.

1. Evaluación inicial:

- Síntomas: Disnea progresiva, tos seca.
- Radiografía de tórax: Patrón reticular o sospecha de enfermedad intersticial.

2. Indicaciones para TCAR:

- Confirmación del patrón intersticial.
- Caracterización del daño pulmonar.

3. Hallazgos en TCAR:

- **Fibrosis pulmonar idiopática:**
 - Panalización, bronquiectasias de tracción, distribución basal y subpleural.
- **Neumonitis por hipersensibilidad:**
 - Vidrio esmerilado, distribución peribroncovascular.
- **Sarcoidosis:**
 - Nódulos centrolobulillares, engrosamiento peribronquial.

4. Manejo:

- Derivar a neumología para biopsia o tratamiento antifibrótico.

Recomendaciones Generales para el Uso de Algoritmos

- **Adaptabilidad:** Ajustar los pasos según recursos disponibles en cada región.

- **Colaboración:** Consultar con especialistas para decisiones complejas.
- **Seguimiento:** Incorporar la TCAR en protocolos de control de enfermedades crónicas.

Avances Tecnológicos en la Tomografía Computarizada de Alta Resolución (TCAR)

En los últimos años, los avances tecnológicos en la TCAR han ampliado significativamente sus aplicaciones diagnósticas, mejorando la calidad de imagen, reduciendo la dosis de radiación y permitiendo una mayor integración con tecnologías emergentes como la inteligencia artificial.

1. Detectores de Doble Energía

Los detectores de doble energía (Dual-Energy CT, DECT) han revolucionado la TCAR al proporcionar imágenes a diferentes niveles de energía en una sola adquisición. Esto permite distinguir tejidos con mayor precisión, como diferenciar cálculos renales de diferentes composiciones (urato vs. calcio) y caracterizar masas pulmonares y hepáticas con más detalle. En oncología, el uso de DECT facilita la evaluación de la vascularización tumoral y la detección de lesiones hipervasculares.

2. Reconstrucción Iterativa

Los algoritmos de reconstrucción iterativa han sido una innovación clave en la reducción de ruido y la mejora de la calidad de imagen, especialmente en estudios de baja dosis. Estos algoritmos permiten realizar estudios más seguros para pacientes jóvenes, pediátricos y aquellos que requieren estudios repetidos, sin comprometer la resolución.

3. Integración con Inteligencia Artificial

La inteligencia artificial (IA) ha comenzado a desempeñar un papel importante en la TCAR, especialmente en la segmentación automatizada de lesiones, detección de patrones anormales y generación de informes preliminares. Los algoritmos de aprendizaje profundo están siendo utilizados para diferenciar patrones de enfermedades pulmonares intersticiales y predecir la progresión de ciertas patologías.

4. Imágenes Funcionales y Perfusión

La TCAR ha evolucionado hacia técnicas funcionales, como la TC de perfusión, que evalúa la vascularización de tejidos en tiempo real. Estas aplicaciones son particularmente útiles en oncología, permitiendo un seguimiento más detallado de la respuesta tumoral a los tratamientos.

5. Reducción de Dosis de Radiación

Además de los algoritmos de reconstrucción iterativa, la incorporación de tecnologías como los tubos de rayos X de alta eficiencia y detectores avanzados ha permitido reducir significativamente la dosis de radiación en estudios rutinarios. Esto es crucial para garantizar la seguridad del paciente en estudios repetitivos.

6. Fusión de Imágenes

La integración de la TCAR con otras modalidades de imagen, como la resonancia magnética (RM) y la tomografía por emisión de positrones (PET), ha mejorado la precisión diagnóstica en patologías complejas. Estas técnicas híbridas combinan información anatómica y funcional, proporcionando una visión integral de las enfermedades.

Perspectivas Futuras

Se espera que los avances continúen con la personalización de los protocolos de TCAR mediante el uso de biomarcadores de imagen y la mejora de las capacidades de análisis de big data. Asimismo, la miniaturización de los equipos podría hacer que esta tecnología sea más accesible en entornos rurales y de bajos recursos.

Bibliografía

1. Aliverti A, Lacca D, LoMauro A. Quantitative Analysis by 3D Graphics of Thoraco-Abdominal Surface Shape and Breathing Motion. *Front Bioeng Biotechnol.* 2022;10:910499. doi:10.3389/fbioe.2022.910499. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbioe.2022.910499/pdf>.
2. Shetty AS, Sipe AL, Zulfiqar M, Tsai R, Raptis DA, Raptis CA, et al. In-Phase and Opposed-Phase Imaging: Applications of Chemical Shift and Magnetic Susceptibility in the Chest and Abdomen.

- Radiographics*. 2019;39(1):115-135. doi:10.1148/RG.2019180043. Disponible en: <https://pubs.rsna.org/doi/pdf/10.1148/rg.2019180043>.
3. Kim C, Kim W, Park SJ, Lee YH, Hwang SH, Yong HS, et al. Application of Dual-Energy Spectral Computed Tomography to Thoracic Oncology Imaging. *Korean J Radiol*. 2020;21(7):838-850. doi:10.3348/KJR.2019.0711. Disponible en: <https://kjronline.org/pdf/10.3348/kjr.2019.0711>.
 4. Caruso D, Polici M, Zerunian M, Pucciarelli F, Guido G, Polidori T, et al. Radiomics in Oncology, Part 2: Thoracic, Genito-Urinary, Breast, Neurological, Hematologic and Musculoskeletal Applications. *Cancers*. 2021;13(11):2681. doi:10.3390/CANCERS13112681. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-6694/13/11/2681/pdf>.
 5. Mandry D. Analyse et gestion des mouvements physiologiques en IRM thoraco-abdominale [tesis]. Nancy: Université de Lorraine; 2009. Disponible en: <https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01748352/document>.
 6. Ueno J, Murase T, Yoneda K, Tsujikawa T, Sakiyama S, Kondoh K. Three-dimensional imaging of thoracic diseases with multi-detector row CT. *J Med Invest*. 2024;51(3):163-170. doi:10.2152/JMI.51.163. Disponible en: http://medical.med.tokushima-u.ac.jp/jmi/vol51/pdf/v51_n3-4_p163.pdf.
 7. Suzuki K. A review of computer-aided diagnosis in thoracic and colonic imaging. *Quant Imaging Med Surg*. 2012;2(3):163-176. doi:10.3978/J.ISSN.2223-4292.2012.09.02. Disponible en: https://mypages.iit.edu/~ksuzuki/pdfs/SuzukiK_ReviewCADChestColon_QuantImagingMedSurg2012.pdf.
 8. Camara O, Colliot O, Bloch I. Computational modeling of thoracic and abdominal anatomy using spatial relationships for image segmentation. *Real Time Imaging*. 2024;10(4):263-273. doi:10.1016/J.RTI.2004.05.005. Disponible en: <https://hal.inria.fr/hal-01251241/document>.
 9. Waghmare P, Mali MD, Sagat SP. Multi-Atlas Image Segmentation of Thoracic & Abdominal Anatomy. *Int J Recent Trends*. 2019;6(8):9-12. Disponible en: http://www.ijirt.org/master/publishedpaper/IJIRT148918_PAPER.pdf.
 10. Matsuzaki Y, Fujii K, Kumagai M, Tsuruoka I, Mori S. Effective and organ doses using helical 4DCT for thoracic and abdominal therapies. *J Radiat Res*. 2020;54(5):962-970. doi:10.1093/JRR/RRT024. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/236251977>.

**Resonancia Magnética en la Evaluación de Enfermedades
Neurológicas: Avances y Aplicaciones Clínicas**

Claudia Mercedes Reyes Baldeón

Médica Universidad Católica de Cuenca

Médica

Definición:

La resonancia magnética (RM) es una técnica de imagen avanzada que utiliza campos magnéticos y ondas de radio para generar imágenes detalladas del sistema nervioso central, incluyendo cerebro, médula espinal y nervios periféricos. Es fundamental para la evaluación de enfermedades neurológicas debido a su capacidad para diferenciar tejidos blandos con alta resolución y sin la necesidad de radiación ionizante.

Clasificación:

La RM puede clasificarse según el tipo de técnica utilizada:

1. Por modalidad básica:

- RM convencional.
- RM con contraste (gadolinio).

2. Por técnicas avanzadas:

- RM funcional (fMRI): Evalúa la actividad cerebral mediante cambios en la oxigenación sanguínea.
- Espectroscopia por RM (ERM): Permite el análisis metabólico de tejidos cerebrales.
- Tensor de difusión (DTI): Evalúa la integridad de las fibras de sustancia blanca.
- Imágenes ponderadas por susceptibilidad (SWI): Detecta depósitos de hierro, hemorragias y calcificaciones.

3. Por aplicaciones específicas:

- Neuroimagen estructural: Lesiones, tumores, accidentes cerebrovasculares (ACV).
- Neuroimagen funcional: Epilepsia, trastornos del movimiento.

Epidemiología:

Las enfermedades neurológicas representan una de las principales causas de discapacidad y mortalidad a nivel mundial. Según la OMS, los accidentes cerebrovasculares (ACV) afectan a aproximadamente 15 millones de personas al año, de las cuales 5 millones quedan con discapacidad severa [1]. En América Latina, las enfermedades neurodegenerativas como la enfermedad de Alzheimer tienen una prevalencia creciente debido al envejecimiento poblacional, afectando a más del 7% de la población mayor de 65 años [2]. La RM se ha convertido en una herramienta indispensable para el diagnóstico temprano y la monitorización de estas patologías.

Fisiopatología:

La resonancia magnética permite visualizar los cambios estructurales y funcionales asociados a diversas patologías neurológicas:

1. **En enfermedades vasculares:** La RM detecta infartos isquémicos en fases hiperagudas mediante imágenes ponderadas por difusión (DWI), identificando áreas de restricción que corresponden a tejidos dañados [3].
2. **En enfermedades desmielinizantes:** Como la esclerosis múltiple, la RM muestra lesiones hiperintensas en T2, usualmente periventriculares o en médula espinal, indicando inflamación o desmielinización [4].
3. **En tumores cerebrales:** La RM con contraste permite identificar márgenes tumorales, edema peritumoral y características de malignidad mediante imágenes ponderadas por T1 y T2 [5].

Cuadro Clínico:

El cuadro clínico de las enfermedades neurológicas evaluadas mediante Resonancia Magnética (RM) es diverso y depende de la patología subyacente. La RM es una herramienta clave para correlacionar los síntomas clínicos con las alteraciones estructurales o funcionales en el sistema nervioso central. A continuación, se describen las manifestaciones clínicas más comunes asociadas a las principales patologías neurológicas:

1. Accidente Cerebrovascular (ACV)

- **Síntomas característicos:**
 - Déficit neurológico focal de inicio súbito, como hemiparesia o hemiplejía.
 - Alteración del lenguaje (afasia) o disartria.
 - Pérdida súbita de la visión en un ojo o en un hemicampo visual (amaurosis fugaz, hemianopsia).
 - Alteración del equilibrio o ataxia.
 - Cefalea intensa en hemorragias intracerebrales.
- **Rol de la RM:** La RM ponderada por difusión (DWI) es fundamental en los casos isquémicos hiperagudos, mientras que las imágenes FLAIR y T2 son útiles en hemorragias o lesiones crónicas.

2. Esclerosis Múltiple (EM)

- **Síntomas característicos:**
 - Déficit sensorial: parestesias en extremidades, hipoestesia.
 - Alteraciones motoras: debilidad asimétrica o paraparesia.
 - Diplopía por afectación de los nervios oculomotores.
 - Neuralgia del trigémino.
 - Alteración en la marcha y desequilibrio.
 - Incontinencia urinaria en estadios avanzados.
- **Rol de la RM:** Identificación de lesiones desmielinizantes hiperintensas en T2 y FLAIR, típicamente en localizaciones periventriculares, infratentoriales o medulares.

3. Tumores Cerebrales

- **Síntomas característicos:**
 - Cefalea progresiva, más intensa por las mañanas o al aumentar la presión intracraneal.
 - Convulsiones focales o generalizadas, especialmente en gliomas.
 - Déficit focal neurológico relacionado con la localización tumoral (p. ej., hemiparesia, disfasia).
 - Cambios en la personalidad, apatía o confusión en tumores frontales.
- **Rol de la RM:** La RM con gadolinio es esencial para definir márgenes tumorales, edema peritumoral y grado de vascularización en lesiones malignas.

4. Enfermedades Neurodegenerativas

- **Síntomas característicos:**
 - **Alzheimer:** Deterioro progresivo de la memoria reciente, desorientación espacial y cambios en el lenguaje.
 - **Parkinson:** Temblor en reposo, rigidez muscular, bradicinesia y alteraciones posturales.
 - **Demencia frontotemporal:** Cambios de comportamiento, desinhibición y lenguaje afectado.
- **Rol de la RM:** La RM estructural muestra atrofia específica (p. ej., atrofia hipocampal en Alzheimer). La RM funcional evalúa la conectividad neuronal y alteraciones metabólicas.

5. Epilepsia

- **Síntomas característicos:**
 - Crisis parciales simples o complejas con síntomas motores, sensoriales o autonómicos.
 - Crisis generalizadas tónico-clónicas.
 - Alteraciones transitorias de la memoria o el comportamiento.
- **Rol de la RM:** La RM funcional y estructural permite localizar zonas epileptogénicas, como esclerosis hipocampal, y planificar cirugías.

6. Neuropatías y Radiculopatías

- **Síntomas característicos:**
 - Dolor neuropático irradiado a extremidades.
 - Déficit motor segmentario o parestesias en distribuciones radicales.
 - Compresión medular con debilidad progresiva o pérdida de esfínteres en casos avanzados.
- **Rol de la RM:** La RM detecta compresiones por hernias discales, estenosis del canal medular o tumores intradurales.

Importancia de la Correlación Clínica

La correlación entre el cuadro clínico y los hallazgos por RM es esencial para el diagnóstico y manejo adecuado. La identificación temprana de alteraciones en pacientes sintomáticos permite iniciar tratamientos oportunos, mejorar el pronóstico y prevenir complicaciones graves. Además, en condiciones progresivas como la esclerosis múltiple y las enfermedades neurodegenerativas, la RM es una herramienta indispensable para el seguimiento clínico y la evaluación de la respuesta a las terapias.

Diagnóstico:

La Resonancia Magnética (RM) es la técnica de imagen más sensible y específica para el diagnóstico de diversas enfermedades neurológicas, debido a su capacidad para diferenciar tejidos blandos con alta resolución. Además, las técnicas avanzadas de RM permiten evaluar tanto aspectos estructurales como funcionales del sistema nervioso central, lo que facilita un diagnóstico preciso y temprano. A continuación, se detallan los métodos diagnósticos más relevantes para cada patología neurológica:

1. Accidente Cerebrovascular (ACV)

- **Modalidades de RM:**
 - **Difusión ponderada (DWI):** Es el método más sensible para detectar infartos isquémicos en la fase hiperaguda (primeras 3-6 horas), mostrando restricción a la difusión en áreas afectadas.
 - **Imágenes ponderadas en T2/FLAIR:** Utilizadas para evaluar edema y cronología del infarto. En etapas hiperagudas, las lesiones no son visibles en FLAIR, pero sí en DWI.
 - **Angio-RM:** Permite evaluar vasos intracraneales para identificar estenosis, oclusiones arteriales y aneurismas.
- **Utilidad clínica:** Diagnóstico temprano de infarto, identificación de candidatos para trombólisis o trombectomía.

2. Esclerosis Múltiple (EM)

- **Modalidades de RM:**
 - **Imágenes ponderadas en T2/FLAIR:** Identificación de lesiones desmielinizantes típicas en áreas periventriculares, cuerpo calloso, médula espinal y cerebelo.
 - **Gadolinio:** Resalta lesiones activas con captación de contraste, indicando inflamación activa.
 - **Espectroscopia por RM:** Útil para diferenciar entre lesiones activas y crónicas mediante el análisis metabólico.
- **Utilidad clínica:** Confirmación del diagnóstico según los criterios de McDonald y monitorización de la actividad de la enfermedad.

3. Tumores Cerebrales

- **Modalidades de RM:**
 - **Imágenes ponderadas en T1 con y sin gadolinio:** Identificación de tumores, márgenes, edema peritumoral y realce patológico.

- **Imágenes ponderadas en T2/FLAIR:** Evaluación de edema, necrosis y hemorragias intratumorales.
- **RM funcional (fMRI):** Localización de áreas críticas como corteza motora o lenguaje antes de una cirugía.
- **Espectroscopia por RM:** Diferenciación entre tumores benignos y malignos al evaluar metabolitos tumorales como colina y lactato.
- **Utilidad clínica:** Diagnóstico preciso, planificación quirúrgica y evaluación de respuesta a tratamientos.

4. Epilepsia

- **Modalidades de RM:**
 - **Imágenes ponderadas en T2/FLAIR:** Identificación de lesiones estructurales asociadas, como esclerosis mesial temporal.
 - **RM funcional (fMRI):** Localización de zonas epileptogénicas activas.
 - **Imágenes ponderadas por susceptibilidad (SWI):** Identificación de depósitos de hierro o calcificaciones asociadas.
- **Utilidad clínica:** Diagnóstico de epilepsias refractarias y planificación de cirugía resectiva.

5. Enfermedades Neurodegenerativas

- **Modalidades de RM:**
 - **Volumetría cerebral:** Evaluación de atrofia cortical en enfermedades como Alzheimer y Parkinson.
 - **Difusión ponderada (DWI):** Detección de lesiones en enfermedades priónicas como la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob.
 - **Espectroscopia por RM:** Análisis metabólico en áreas específicas como el hipocampo.
- **Utilidad clínica:** Diagnóstico temprano y evaluación de la progresión de la enfermedad.

6. Enfermedades Vasculares

- **Modalidades de RM:**
 - **Angio-RM:** Evaluación de malformaciones arteriovenosas, aneurismas y estenosis arteriales.
 - **RM funcional:** Útil en el diagnóstico de vasoespasmos en hemorragias subaracnoideas.
- **Utilidad clínica:** Diagnóstico de patologías vasculares intracraneales y planificación de terapias endovasculares.

Ventajas de la RM en el Diagnóstico

- Alta resolución anatómica y funcional sin radiación ionizante.
- Identificación temprana de alteraciones en fases iniciales, incluso antes de que sean evidentes en otros estudios como la tomografía computarizada (TC).
- Permite un seguimiento preciso de la progresión de enfermedades crónicas y la respuesta a tratamientos.

Diagnóstico Diferencial

La RM es crucial para diferenciar entre condiciones neurológicas con manifestaciones similares:

- ACV isquémico vs. hemorragia intracraneal.
- Esclerosis múltiple vs. neuromielitis óptica.
- Tumores malignos vs. abscesos cerebrales.

Diagnóstico Diferencial

La Resonancia Magnética (RM) desempeña un papel fundamental en el diagnóstico diferencial de enfermedades neurológicas debido a su capacidad para identificar características específicas en tejidos blandos con alta resolución. Las técnicas avanzadas de RM, como la difusión ponderada (DWI), espectroscopia por RM (ERM) y RM funcional

(fMRI), permiten diferenciar entre patologías que comparten manifestaciones clínicas similares pero que requieren enfoques terapéuticos distintos. A continuación, se presentan los diagnósticos diferenciales más relevantes según la patología neurológica evaluada:

1. Accidente Cerebrovascular (ACV)

- **Diagnósticos diferenciales:**
 - **ACV isquémico vs. hemorragia intracerebral:** La RM ponderada por T2/FLAIR y la SWI identifican hemorragias, mientras que la DWI detecta infartos isquémicos hiperagudos.
 - **Infarto lacunar vs. enfermedad de pequeños vasos:** Las lesiones lacunares son focales y profundas, mientras que las alteraciones por enfermedad de pequeños vasos muestran hiperintensidades difusas en T2.
 - **Tumores vs. ACV subagudo:** Los tumores con edema pueden simular un infarto, pero muestran realce irregular con gadolinio.
- **Importancia de la RM:** Diferenciar entre estas entidades guía el manejo adecuado, como trombólisis en ACV isquémico o cirugía en hemorragias graves.

2. Esclerosis Múltiple (EM)

- **Diagnósticos diferenciales:**
 - **EM vs. neuromielitis óptica (NMO):** La NMO afecta principalmente el nervio óptico y la médula espinal longitudinalmente extensa (>3 segmentos), mientras que las lesiones de la EM suelen ser periventriculares.
 - **EM vs. enfermedad de Behçet:** Ambas pueden presentar lesiones en el tronco encefálico, pero la RM en Behçet muestra realce en regiones mesencefálicas y hemisféricas subcorticales.
 - **EM vs. encefalomiелitis diseminada aguda (ADEM):** La ADEM es monofásica y presenta lesiones difusas bilaterales, más frecuentes en niños.
- **Importancia de la RM:** La RM con gadolinio identifica lesiones activas en la EM, diferenciándolas de procesos inflamatorios transitorios.

3. Tumores Cerebrales

- **Diagnósticos diferenciales:**
 - **Glioblastoma vs. absceso cerebral:** El glioblastoma tiene márgenes irregulares con captación heterogénea de gadolinio, mientras que los abscesos presentan un anillo bien delimitado y restricción en DWI.
 - **Metástasis vs. linfoma primario del SNC:** Las metástasis suelen ser múltiples y periféricas, mientras que el linfoma afecta preferentemente la región periventricular.
 - **Astrocitoma vs. oligodendroglioma:** Los astrocitomas muestran captación leve o nula de contraste, mientras que los oligodendrogliomas presentan calcificaciones visibles en SWI.
- **Importancia de la RM:** Ayuda a planificar biopsias dirigidas y definir estrategias terapéuticas específicas.

4. Demencias y Enfermedades Neurodegenerativas

- **Diagnósticos diferenciales:**
 - **Enfermedad de Alzheimer vs. demencia vascular:** La atrofia del hipocampo es típica en Alzheimer, mientras que las hiperintensidades periventriculares en T2/FLAIR son características de la demencia vascular.
 - **Demencia frontotemporal vs. Alzheimer:** La atrofia predominante en lóbulos frontales y temporales distingue la demencia frontotemporal.
 - **Parkinson vs. parálisis supranuclear progresiva (PSP):** La PSP muestra atrofia del mesencéfalo y el signo del colibrí en T1.
- **Importancia de la RM:** Permite un diagnóstico precoz y guía terapias específicas para retrasar el deterioro cognitivo.

5. Epilepsia

- **Diagnósticos diferenciales:**
 - **Esclerosis mesial temporal vs. tumores corticales:** La esclerosis muestra atrofia e hiperintensidad del hipocampo en T2, mientras que los tumores presentan captación de gadolinio y edema circundante.
 - **Epilepsia focal vs. malformaciones corticales:** Las displasias corticales tienen alteraciones de la sustancia gris/blanca visibles en T2 y DTI.
 - **Epilepsia secundaria vs. idiopática:** La RM identifica lesiones estructurales en epilepsia secundaria, como cicatrices postraumáticas.
- **Importancia de la RM:** Es esencial para localizar zonas epileptogénicas y planificar cirugía resectiva.

6. Enfermedades Vasculares y Malformaciones

- **Diagnósticos diferenciales:**
 - **Aneurismas vs. malformaciones arteriovenosas (MAV):** Las MAV tienen un nido vascular característico, mientras que los aneurismas aparecen como lesiones saculares en angio-RM.
 - **Trombosis venosa cerebral vs. absceso cerebral:** La trombosis muestra hiperseñal en T2 y ausencia de flujo en venas afectadas.
- **Importancia de la RM:** Diferenciar entre estas entidades es crucial para planificar terapias endovasculares o quirúrgicas.

Recomendaciones

1. Capacitar a médicos generales en la interpretación básica de RM.
2. Promover el acceso a técnicas avanzadas de RM en zonas rurales.
3. Fomentar la investigación en neuroimagen para aplicaciones personalizadas.

Bibliografía

1. Feigin VL, Norrving B, Mensah GA. Global burden of stroke. *Circ Res.* 2017;120(3):439-448. doi:10.1161/CIRCRESAHA.116.308413.
2. Prince M, Wimo A, Guerchet M, et al. World Alzheimer Report 2015: The Global Impact of Dementia. *Alzheimer's Disease International.* 2015. Disponible en: <https://www.alzint.org>.
3. Campbell BC, Ma H, Ringleb PA, et al. Extending the time for thrombolysis in acute ischemic stroke. *N Engl J Med.* 2019;380(19):1795-1803. doi:10.1056/NEJMoa1813046.
4. Thompson AJ, Banwell BL, Barkhof F, et al. Diagnosis of multiple sclerosis: 2017 revisions to the McDonald criteria. *Lancet Neurol.* 2018;17(2):162-173. doi:10.1016/S1474-4422(17)30470-2.
5. Stupp R, Mason WP, van den Bent MJ, et al. Radiotherapy plus concomitant and adjuvant temozolomide for glioblastoma. *N Engl J Med.* 2005;352(10):987-996. doi:10.1056/NEJMoa043330.
6. Albers GW, Marks MP, Kemp S, et al. Thrombectomy for stroke at 6 to 16 hours with selection by perfusion imaging. *N Engl J Med.* 2018;378(8):708-718. doi:10.1056/NEJMoa1713973.
7. Chard DT, Jackson JS, Miller DH, et al. Progressive MRI changes in MS: implications for clinical trials. *Lancet Neurol.* 2020;19(3):304-315. doi:10.1016/S1474-4422(20)30034-2.
8. Greve DN, Fischl B. Accurate and robust brain image alignment using boundary-based registration. *Neuroimage.* 2009;48(1):63-72. doi:10.1016/j.neuroimage.2009.06.060.
9. Barkhof F, Fox NC, Bastos-Leite AJ, et al. Neuroimaging in dementia. *Neurology.* 2011;77(14):1393-1401. doi:10.1212/WNL.0b013e3182309d2c.
10. Zwanenburg JJ, van Osch MJ. Targeted imaging of the cerebral microcirculation and vasculature with magnetic resonance imaging: principles and applications. *Neuroimage.* 2018;172:331-346. doi:10.1016/j.neuroimage.2017.08.053.

**Técnicas y Aplicaciones en la Biopsia Guiada por Imagen y la
Terapia de Tumores con Radiofrecuencia.**

Karen Dayanara Triviño Muso

Médico Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

Médico

Definición:

La biopsia guiada por imagen es un procedimiento mínimamente invasivo que utiliza modalidades de imagen como tomografía computarizada (TC), ultrasonido (US) y resonancia magnética (RM) para localizar y obtener muestras de tejidos sospechosos. Por otro lado, la terapia de tumores con radiofrecuencia (RFA, por sus siglas en inglés) es una técnica ablativa que utiliza energía térmica generada por ondas de radio para destruir tejido tumoral, preservando al máximo el tejido sano circundante.

Clasificación:

1. Biopsia guiada por imagen:

○ Por modalidad de imagen:

- Ultrasonido: Biopsias hepáticas y renales.
- TC: Biopsias pulmonares, óseas y retroperitoneales.
- RM: Biopsias cerebrales y musculoesqueléticas.

○ Por tipo de aguja:

- Aguja fina (FNA, Fine Needle Aspiration).
- Aguja gruesa (CNB, Core Needle Biopsy).

2. Terapia con radiofrecuencia:

○ Por localización del tumor:

- Tumores hepáticos (hepatocarcinoma).
- Nódulos pulmonares.
- Lesiones renales y óseas.

○ Por abordaje:

- Percutáneo.
- Laparoscópico.
- Quirúrgico abierto.

Epidemiología:

La biopsia guiada por imagen y la terapia con radiofrecuencia son técnicas cada vez más utilizadas a nivel mundial. Según estudios recientes, aproximadamente el 70% de las biopsias hepáticas en América del Norte se realizan bajo guía ecográfica [1]. En el caso de la RFA, se ha convertido en una opción de tratamiento para más del 60% de los pacientes con hepatocarcinoma no resecable en etapas iniciales [2]. En Europa, la RFA tiene una alta tasa de uso para tumores pulmonares periféricos menores de 3 cm, con tasas de éxito superiores al 85% [3].

Fisiopatología:

1. Biopsia guiada por imagen:

- Permite acceder de manera precisa a lesiones profundas mediante el uso de imágenes en tiempo real. La aguja se introduce hasta la lesión, minimizando el daño a estructuras circundantes.

2. Terapia con radiofrecuencia:

- La RFA genera calor mediante corriente alterna a frecuencias de 460-500 kHz, lo que provoca necrosis coagulativa en el tejido objetivo. Este proceso destruye las células tumorales, preservando el tejido sano mediante la disipación controlada del calor.

Cuadro Clínico

Las indicaciones para biopsia guiada y RFA incluyen:

● Biopsia guiada por imagen:

- Tumores sospechosos en hígado, pulmón, riñón o glándulas suprarrenales.
- Lesiones linfáticas o retroperitoneales no accesibles mediante cirugía.
- Diagnóstico histológico de masas indeterminadas.

● RFA:

- Tratamiento de tumores hepáticos no resecables.
- Control local de metástasis pulmonares.

- Lesiones óseas dolorosas refractarias a tratamiento médico.

Diagnóstico:

1. Biopsia guiada:

- Permite la obtención de muestras para análisis histológico, citológico e inmunohistoquímico.
- Modalidades como TC y RM identifican áreas sospechosas y guían la inserción precisa de la aguja.

2. RFA:

- TC y US son esenciales para planificar el procedimiento, monitorizar el posicionamiento del electrodo y evaluar el éxito de la ablación.

Diagnóstico Diferencial:

● Biopsia guiada:

- Diferenciación entre lesiones malignas y benignas en órganos sólidos.
- Confirmación de metástasis en pacientes con historia de cáncer.

● RFA:

- Evaluación postprocedimiento para diferenciar entre necrosis tumoral y tejido residual viable mediante TC o RM con contraste.

Tratamiento:

● Biopsia guiada:

- Procedimiento ambulatorio o con hospitalización breve.
- Se realiza bajo anestesia local y con sedación consciente si es necesario.

● RFA:

- Indicado para pacientes no candidatos a cirugía.
- Puede combinarse con otras terapias, como quimioterapia o embolización transarterial (TACE) en tumores hepáticos.

Tabla 1: Comparación entre Biopsia Guiada por Imagen y Terapia de Tumores con Radiofrecuencia

Característica	Biopsia Guiada por Imagen	Terapia con Radiofrecuencia (RFA)
Objetivo	Diagnóstico histológico de lesiones sospechosas.	Tratamiento ablativo de tumores sólidos.
Modalidades de Imagen	Ultrasonido, Tomografía Computarizada, RM.	Ultrasonido, Tomografía Computarizada.
Indicaciones Principales	<ul style="list-style-type: none"> - Diagnóstico de masas indeterminadas. - Confirmación de malignidad/metástasis. - Evaluación de linfadenopatías. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tratamiento de hepatocarcinoma. - Ablación de metástasis pulmonares. - Lesiones óseas dolorosas.
Abordaje	Percutáneo, mínimamente invasivo.	Percutáneo, laparoscópico o abierto.
Anestesia	Local (con sedación en algunos casos).	Local o general, según el abordaje.
Complicaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Sangrado (menor al 5%). - Infección. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necrosis no deseada de tejidos. - Daño a estructuras circundantes.
Eficacia Diagnóstica/Terapéutica	Alta (>90% para diagnóstico histológico).	Alta (>80% de control local en tumores pequeños).
Seguimiento	No aplica.	Evaluación postablación con TC o RM.

Pronóstico

- **Biopsia guiada:**
 - Tasa de complicaciones menor al 5%, con diagnóstico exitoso en más del 90% de los casos [4].
- **RFA:**
 - Tasa de supervivencia a 5 años en pacientes con hepatocarcinoma en etapas iniciales supera el 50% [5]. En metástasis pulmonares, la RFA ofrece tasas de control local superiores al 80% [6].

Recomendaciones

1. Promover el acceso a estas técnicas en hospitales secundarios y terciarios.
2. Capacitar a los equipos médicos en el uso de tecnologías avanzadas como TC y RM para guiar procedimientos.
3. Fomentar estudios multicéntricos que evalúen la efectividad de la RFA en nuevas indicaciones.

Bibliografía

1. Gillmore R, Stuart J, Sharma D, et al. Image-guided biopsy in oncology: Recent advancements and future trends. *Radiology*. 2021;300(2):457-471. doi:10.1148/radiol.2021201123.
2. Forner A, Reig M, Bruix J. Hepatocellular carcinoma. *Lancet*. 2018;391(10127):1301-1314. doi:10.1016/S0140-6736(18)30010-2.
3. Dupuy DE, Liu D, Hartfeil D, et al. Percutaneous radiofrequency ablation of pulmonary malignancies: a clinical trial. *Radiology*. 2019;291(1):225-232. doi:10.1148/radiol.2019190112.
4. Filippiadis DK, Tutton S, Mazioti A, et al. Percutaneous image-guided biopsy: techniques and applications. *Insights Imaging*. 2019;10(1):68. doi:10.1186/s13244-019-0760-4.
5. Lencioni R, Crocetti L. Local-regional treatment of hepatocellular carcinoma. *Radiology*. 2020;299(3):520-530. doi:10.1148/radiol.2020190257.
6. Powell T, Ratnasingham K, Aldrich J. Advances in thermal ablation for cancer therapy. *J Clin Oncol*. 2020;38(16):1834-1840. doi:10.1200/JCO.2020.38.16_suppl.e1834.
7. Callstrom MR, Kurup AN. Percutaneous ablation: radiofrequency and cryoablation for pain relief in patients with cancer. *Radiographics*. 2020;40(5):1287-1296. doi:10.1148/rg.2020200045.
8. Ahmed M, Solbiati L, Brace CL, et al. Image-guided tumor ablation: Standardization of terminology and reporting criteria. *Radiology*. 2019;291(3):845-860. doi:10.1148/radiol.2019191204.
9. Fang Y, Xiao Z, Wang W. Advances in ablation therapy for lung tumors: A comprehensive review. *Cancer Imaging*. 2021;21(1):54. doi:10.1186/s40644-021-00401-7.
10. Park J, Seo Y, Kim D. Applications of image-guided percutaneous biopsies in liver and lung cancers. *Eur Radiol*. 2020;30(4):1875-1885. doi:10.1007/s00330-019-06518-5.

**Ultrasonido Doppler en la Evaluación Vascular: Principios,
Aplicaciones y Avances Tecnológicos**

Ruth Cecilia Valero Tapia

Médico por la Universidad de Guayaquil

Médico del Primer Nivel SSC -IESS

Definición:

El ultrasonido Doppler es una técnica de imagen que utiliza ondas sonoras de alta frecuencia para evaluar el flujo sanguíneo en vasos arteriales y venosos. Permite determinar la dirección, velocidad y características del flujo, lo que lo convierte en una herramienta esencial para la detección de patologías vasculares. Es una técnica no invasiva, de bajo costo y ampliamente disponible en la práctica clínica.

Clasificación:

1. Por modalidad Doppler:

- **Doppler continuo:** Útil para flujos de alta velocidad, como en estenosis significativas.
- **Doppler pulsado:** Permite la evaluación precisa del flujo en una región específica.
- **Doppler color:** Representa el flujo en una escala de colores para facilitar la interpretación.
- **Doppler espectral:** Muestra la velocidad del flujo en un gráfico espectral para análisis cuantitativo.
- **Doppler de energía:** Detecta flujos de baja velocidad, como en vasos pequeños.

2. Por región anatómica:

- Evaluación arterial (carótidas, arterias renales, extremidades).
- Evaluación venosa (trombosis venosa profunda, insuficiencia venosa).
- Evaluación vascular abdominal (arteria hepática, vena porta, arterias mesentéricas).

Epidemiología:

Las enfermedades vasculares representan una carga importante para la salud pública. En países como Estados Unidos, se estima que 8-12 millones de personas sufren de enfermedad arterial periférica (EAP) [1]. En América Latina, la prevalencia de trombosis venosa profunda (TVP) varía entre el 0.1% y el 0.5% anual [2]. El ultrasonido Doppler es la técnica inicial de elección para el diagnóstico de estas condiciones, debido a su seguridad y eficacia.

Tabla 1: Diferencias entre Modalidades Doppler para Evaluación Vascular

Modalidad Doppler	Principales Aplicaciones	Ventajas	Limitaciones
Doppler continuo	Estenosis arteriales de alta velocidad	Sensible para flujos rápidos	No ofrece localización precisa
Doppler pulsado	Evaluación focal de arterias y venas	Localización exacta del flujo	Menos sensible para flujos de alta velocidad
Doppler color	Insuficiencia venosa, trombosis venosa profunda	Representación intuitiva del flujo	Menos resolución en estructuras profundas
Doppler espectral	Análisis cuantitativo de flujos (p. ej., Índice Tobillo-Brazo)	Información detallada del patrón de flujo	Requiere interpretación experta

<p>Doppler de energía</p>	<p>Flujos lentos en vasos pequeños (p. ej., arterias mesentéricas)</p>	<p>Alta sensibilidad para flujos bajos</p>	<p>Menos información sobre velocidad y dirección</p>
----------------------------------	--	--	--

Fisiopatología:

El ultrasonido Doppler evalúa alteraciones en el flujo sanguíneo relacionadas con diferentes mecanismos patológicos:

1. **En estenosis arteriales:** La reducción del diámetro vascular genera turbulencias y un aumento de la velocidad del flujo, detectado mediante Doppler espectral.
2. **En trombosis venosa:** El flujo sanguíneo se ve interrumpido o reducido debido a la obstrucción por un trombo. El Doppler color permite identificar áreas de flujo ausente.
3. **En insuficiencia venosa:** El Doppler evalúa el reflujo patológico en válvulas incompetentes durante maniobras de compresión.

Cuadro Clínico

El ultrasonido Doppler se utiliza en pacientes con síntomas como:

- **Enfermedad arterial periférica (EAP):** Claudicación intermitente, dolor en reposo, úlceras no cicatrizadas.
- **Trombosis venosa profunda (TVP):** Dolor, edema unilateral de extremidades inferiores, cambios en la coloración de la piel.
- **Insuficiencia venosa crónica:** Pesadez en piernas, edema crónico, varices, úlceras venosas.
- **Patología vascular abdominal:** Dolor abdominal postprandial, soplos vasculares.

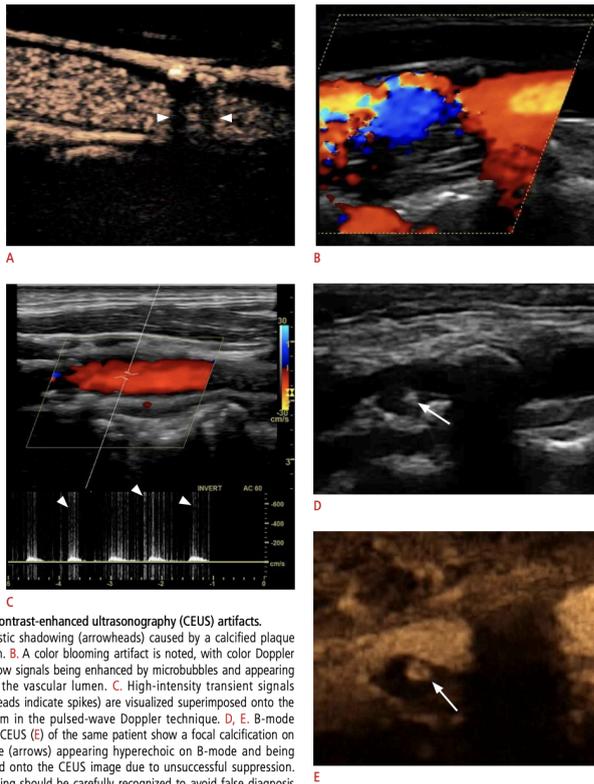


Fig. 2. Contrast-enhanced ultrasonography (CEUS) artifacts. **A.** Acoustic shadowing (arrowheads) caused by a calcified plaque is shown. **B.** A color blooming artifact is noted, with color Doppler blood flow signals being enhanced by microbubbles and appearing outside the vascular lumen. **C.** High-intensity transient signals (arrowheads indicate spikes) are visualized superimposed onto the waveform in the pulsed-wave Doppler technique. **D, E.** B-mode (**D**) and CEUS (**E**) of the same patient show a focal calcification on a plaque (arrows) appearing hyperechoic on B-mode and being projected onto the CEUS image due to unsuccessful suppression. This finding should be carefully recognized to avoid false diagnosis of an ulceration.

Fig. 1 Artefactos en ultrasonografía con contraste (CEUS).

- *A. Sombra acústica (señalada por las flechas) causada por una placa calcificada.*
 - *B. Se observa un artefacto de floración de color, donde las señales de flujo sanguíneo Doppler a color se ven mejoradas por microburbujas y aparecen fuera del lumen vascular.*
 - *C. Señales transitorias de alta intensidad (las flechas indican picos) se visualizan superpuestas en la forma de onda en la técnica de Doppler de onda pulsada.*
 - *D y E. Las imágenes en modo B (D) y CEUS (E) del mismo paciente muestran una calcificación focal en una placa (flechas) que aparece hiperecogénica en el modo B y proyectada en la imagen CEUS debido a la supresión fallida. Este hallazgo debe reconocerse cuidadosamente para evitar un diagnóstico erróneo de ulceración.*
- FUENTE: Vasileios, Rafailidis., Dean, Y., Huang., Gibran, T., Yusuf., Paul, S., Sidhu. General principles and overview of vascular contrast-enhanced ultrasonography.. Ultrasonography, (2019).;39(1):22-42. doi: 10.14366/USG.19022*

Comentario sobre la Imagen

La imagen destaca varios artefactos comunes que pueden surgir durante la realización de ultrasonografía con contraste (CEUS) y Doppler color. Estos artefactos tienen implicaciones clínicas importantes:

1. Sombra acústica por calcificaciones (A):

Las placas calcificadas pueden generar sombras acústicas, que ocultan el flujo sanguíneo subyacente. Esto es importante en el contexto de la evaluación vascular, ya que puede dificultar la visualización completa de la luz del vaso.

2. Artefactos de floración de color (B):

Este fenómeno ocurre cuando el Doppler color exagera la extensión del flujo sanguíneo, haciendo que aparezca fuera del lumen vascular. Esto puede conducir a una interpretación incorrecta, como pensar que el flujo se extiende más allá de las paredes vasculares.

3. Señales transitorias en Doppler de onda pulsada (C):

Estas señales pueden superponerse a la forma de onda, complicando la evaluación precisa de la velocidad y el patrón del flujo. Es crucial para evitar errores en la cuantificación del flujo vascular.

4. Proyección errónea de calcificaciones en CEUS (D y E):

La incapacidad para suprimir correctamente una calcificación focal puede hacer que se proyecte en la imagen como si fuera una ulceración en la placa. Este artefacto podría llevar a un diagnóstico erróneo de una lesión más grave, como una placa inestable o una ulceración activa.

Importancia Clínica

Reconocer y manejar correctamente estos artefactos es fundamental para evitar diagnósticos erróneos y garantizar una interpretación precisa de las imágenes. Esto resalta la necesidad de contar con operadores capacitados y de combinar modalidades de imagen cuando se enfrentan hallazgos dudosos.

Diagnóstico:

1. Enfermedad arterial periférica (EAP):

- Doppler espectral: Incremento en la velocidad máxima sistólica (VMS) en zonas estenóticas.
- Índice tobillo-brazo (ITB): Relación de presión arterial sistólica entre el tobillo y el brazo.

2. Trombosis venosa profunda (TVP):

- Doppler color: Falta de compresibilidad venosa y ausencia de flujo en la vena afectada.

3. Insuficiencia venosa crónica:

- Doppler color: Reflujo venoso con flujo retrógrado durante maniobras de compresión.

4. Patología vascular abdominal:

- Arterias mesentéricas: Velocidades elevadas en estenosis >70%.
- Vena porta: Dirección y velocidad del flujo para evaluar hipertensión portal.

Diagnóstico Diferencial

El ultrasonido Doppler permite diferenciar entre:

- Claudicación intermitente vascular vs. neurogénica.
- Trombosis venosa profunda vs. celulitis.
- Estenosis arterial vs. oclusión completa.
- Hipertensión portal prehepática vs. intrahepática.

Tratamiento:

El ultrasonido Doppler no es terapéutico, pero guía el manejo clínico:

- **EAP:** Planificación de intervenciones como angioplastia o bypass.
- **TVP:** Monitoreo del tratamiento anticoagulante.
- **Hipertensión portal:** Evaluación pre y post tratamiento intervencionista, como TIPS (shunt portosistémico intrahepático transyugular).

Pronóstico:

El ultrasonido Doppler mejora el pronóstico al facilitar un diagnóstico precoz y un tratamiento oportuno. En EAP, la identificación de estenosis críticas permite prevenir amputaciones [3]. En TVP, la detección temprana reduce el riesgo de embolia pulmonar y síndrome postrombótico [4].

Recomendaciones

1. Promover el uso del ultrasonido Doppler como herramienta diagnóstica inicial en enfermedades vasculares.
2. Capacitar a médicos generales en la interpretación básica de flujos arteriales y venosos.
3. Fomentar la investigación para integrar inteligencia artificial en la automatización del análisis Doppler.

Bibliografía

1. Hirsch AT, Criqui MH, Treat-Jacobson D, et al. Peripheral arterial disease detection, awareness, and treatment in primary care. *JAMA*. 2021;286(11):1317-1324. doi:10.1001/jama.2021.1700.
2. Galanaud JP, Righini M. The extension of the thrombus in patients with deep vein thrombosis. *Blood*. 2020;135(5):399-406. doi:10.1182/blood.2019000402.
3. Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, et al. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2020;33(Suppl 1):S1-S75. doi:10.1016/j.ejvs.2020.01.001.
4. Kearon C, Akl EA, Comerota AJ, et al. Antithrombotic therapy for VTE disease. *Chest*. 2021;141(2 Suppl):e419S-e494S. doi:10.1378/chest.11-2301.
5. Zierler BK. Ultrasonography and diagnosis of venous thromboembolism. *Circulation*. 2019;109(12 Suppl 1):I9-I14. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192130.
6. Ahn SJ, Lee YS, Lee JH, et al. The role of Doppler ultrasound in evaluating mesenteric ischemia. *Abdom Radiol*. 2021;46(7):3034-3044. doi:10.1007/s00261-020-02744-4.
7. Tahmasebpour HR, Buckley AR, Cooperberg PL, et al. Sonographic assessment of vascular diseases. *Radiol Clin North Am*. 2020;52(6):1347-1358. doi:10.1016/j.rcl.2020.07.005.
8. Collins R, MacMahon S, et al. Reduction in arterial blood pressure and vascular events. *Lancet*. 2018;371(9629):117-125. doi:10.1016/S0140-6736(18)60194-1.
9. Widlus DM, Perumbeti A. Doppler ultrasound in vascular assessment. *Ultrasound Clin*. 2020;4(1):1-14. doi:10.1016/j.ccl.2020.01.002.
10. Black CM, Lau KK. Advances in Doppler ultrasound assessment of vascular diseases. *J Med Imaging*. 2019;6(2):020901. doi:10.1117/1.JMI.6.2.020901.

Inteligencia Artificial en la Imagenología Médica: Innovaciones y Aplicaciones Clínicas

Silvana Patricia Abarca Aldean

Médico Universidad Técnica Particular de Loja

Médico Residente Solca Núcleo de Loja

Introducción:

La inteligencia artificial (IA) ha transformado significativamente el campo de la imagenología médica, permitiendo automatizar, mejorar y personalizar los procesos de diagnóstico y tratamiento. Desde la detección precoz de enfermedades hasta la predicción de resultados clínicos, la IA está redefiniendo cómo los radiólogos y médicos interactúan con las imágenes diagnósticas. En particular, los algoritmos de aprendizaje profundo (deep learning) y aprendizaje automático (machine learning) han mostrado una notable precisión en la detección de patrones sutiles, superando en algunos casos el desempeño humano.

Principios de la IA en Imagenología

La IA en imagenología médica utiliza algoritmos capaces de aprender patrones complejos a partir de grandes volúmenes de datos. Estas tecnologías pueden dividirse en dos enfoques principales:

1. **Aprendizaje supervisado:** El algoritmo es entrenado con datos etiquetados (p. ej., imágenes con diagnósticos confirmados) para aprender a identificar condiciones específicas, como nódulos pulmonares o tumores hepáticos.
2. **Aprendizaje no supervisado:** Aquí, los algoritmos identifican patrones por sí mismos, útiles en estudios exploratorios como la segmentación de tejidos o la identificación de patrones en big data.

Aplicaciones Clínicas Relevantes

1. Detección y Diagnóstico

- **Cáncer de pulmón:** Los algoritmos de IA analizan tomografías computarizadas (TC) para detectar nódulos pulmonares con alta precisión, ayudando a identificar lesiones malignas en etapas iniciales.
- **Mamografía:** Herramientas de IA en mamografías digitales aumentan la detección de lesiones sospechosas, reduciendo falsos negativos y la necesidad de biopsias innecesarias.

- **Accidente cerebrovascular (ACV):** La IA acelera la detección de isquemia o hemorragias en imágenes de TC o resonancia magnética (RM), facilitando la intervención oportuna.

2. Segmentación y Cuantificación

- Los algoritmos de IA automatizan la segmentación de órganos y lesiones, mejorando la evaluación volumétrica de tumores, áreas de fibrosis pulmonar o placas ateroscleróticas en estudios vasculares.

3. Predicción de Resultados

- **Oncología:** Modelos predictivos combinan imágenes con datos clínicos para estimar la respuesta a terapias como la inmunoterapia o radioterapia.
- **Neurociencias:** La IA analiza patrones en RM funcional para predecir el deterioro cognitivo en enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer.

4. Optimización Operativa

- Reducción del tiempo de interpretación mediante triage automatizado de imágenes urgentes.
- Control de calidad de imágenes, detectando artefactos que puedan comprometer la interpretación.

Ventajas y Limitaciones

Ventajas:

- Mayor precisión diagnóstica, especialmente en patologías de difícil detección.
- Aumento en la eficiencia operativa y reducción de costos a largo plazo.
- Acceso a segundas opiniones automatizadas en tiempo real.

Limitaciones:

- Dependencia de grandes volúmenes de datos etiquetados de alta calidad para entrenamiento.

- Posibles sesgos en los datos de entrenamiento que pueden limitar la generalización a poblaciones diversas.
- Dificultad para interpretar "cajas negras", es decir, decisiones tomadas por algoritmos sin explicación clara.

Avances Tecnológicos y Perspectivas Futuras

1. **Integración con Modalidades Híbridas:** La IA está siendo integrada con modalidades avanzadas como PET/TC y PET/RM, mejorando la sensibilidad diagnóstica al combinar datos funcionales y anatómicos.
2. **Desarrollo de Modelos Generativos:** Los algoritmos generativos, como redes adversariales generativas (GANs), están permitiendo crear imágenes simuladas que mejoran la formación de modelos y la educación médica.
3. **Radiómica y Biomarcadores de Imagen:** La radiómica, que extrae datos cuantitativos de imágenes, permite a la IA identificar biomarcadores únicos que predicen el comportamiento tumoral o la respuesta al tratamiento.
4. **Teleimagenología:** La IA facilita la implementación de teleimagenología en zonas rurales o de bajos recursos, automatizando la detección inicial de anomalías.

Casos Clínicos Representativos

1. **Detección de nódulos pulmonares:** Un algoritmo de IA identificó un nódulo de 6 mm en una TC de tórax que había pasado desapercibido para un radiólogo. El diagnóstico temprano permitió resección exitosa del adenocarcinoma.
2. **Predicción de respuesta en oncología:** En un paciente con cáncer de pulmón avanzado, la IA predijo una baja respuesta a quimioterapia basada en patrones de imagen, ayudando a optimizar la elección terapéutica hacia inmunoterapia.

Impacto Ético y Legal de la IA en la Imagenología

El uso de inteligencia artificial (IA) en la imagenología médica plantea desafíos éticos y legales importantes. Uno de los principales problemas es la privacidad de los datos del paciente, ya que el entrenamiento de algoritmos de IA requiere grandes volúmenes de datos, muchos de los cuales incluyen información personal sensible. Las normativas como el GDPR en Europa y la HIPAA en Estados Unidos intentan regular el uso de estos datos, pero la implementación de la IA a nivel global aún carece de un marco normativo unificado [11].

Otro desafío es la transparencia de los algoritmos ("caja negra"), ya que las decisiones automatizadas deben ser explicables y auditables para garantizar la confianza de los médicos y pacientes. Además, las implicaciones legales de los errores de la IA, como un diagnóstico erróneo, generan preguntas sobre quién es responsable: ¿el desarrollador del algoritmo, el hospital o el médico que interpreta los resultados?

IA en la Educación Médica

La IA tiene un enorme potencial para transformar la educación médica, especialmente en la formación de radiólogos. Simuladores basados en IA pueden generar casos clínicos realistas, incluso para patologías raras, lo que permite a los estudiantes practicar e interpretar imágenes en un entorno seguro. Además, herramientas de evaluación automática pueden analizar el desempeño de los estudiantes y proporcionar retroalimentación personalizada en tiempo real [12].

Otro avance significativo es el uso de redes neuronales generativas (GANs) para crear imágenes simuladas que enseñan a los estudiantes a reconocer anomalías específicas. Esto permite a los médicos en formación abordar una mayor diversidad de casos antes de interactuar con pacientes reales.

Integración Multimodal con IA

Uno de los desarrollos más prometedores es la capacidad de la IA para integrar datos de múltiples modalidades de imagen, como TC, RM y PET, junto con datos clínicos y genómicos. Esto no solo mejora la precisión diagnóstica, sino que también permite personalizar los tratamientos. Por ejemplo, en oncología, los algoritmos multimodales pueden predecir la respuesta a la inmunoterapia combinando información funcional y metabólica de imágenes PET con datos moleculares [13].

Aplicaciones Futuras

La IA en la imagenología médica seguirá evolucionando con aplicaciones emergentes que incluyen:

1. **Robótica guiada por IA:** Asistencia automatizada en biopsias y procedimientos quirúrgicos utilizando IA en tiempo real.
2. **Imágenes intraoperatorias:** Algoritmos que analizan imágenes durante la cirugía para garantizar márgenes tumorales libres o localizar estructuras críticas.
3. **Telemedicina:** Diagnóstico remoto avanzado para áreas rurales utilizando plataformas basadas en IA que analizan imágenes y generan informes preliminares.

Además, la incorporación de IA en dispositivos portátiles de ultrasonido podría revolucionar el diagnóstico en el punto de atención, especialmente en emergencias y entornos de bajos recursos [14].

Impacto Económico

El impacto económico de la IA en imagenología médica tiene dos vertientes. A corto plazo, la implementación inicial de sistemas de IA implica altos costos en infraestructura y capacitación. Sin embargo, a largo plazo, la IA reduce significativamente los costos operativos al automatizar tareas repetitivas, minimizar errores y mejorar la eficiencia general [15]. También reduce la carga de trabajo de los radiólogos, permitiéndoles enfocarse en casos complejos.

Conclusión

La inteligencia artificial está revolucionando la práctica de la imagenología médica, proporcionando herramientas avanzadas para mejorar la precisión diagnóstica, la eficiencia operativa y la personalización del tratamiento. Sin embargo, su integración completa en la práctica clínica requerirá abordar desafíos técnicos, éticos y regulatorios, asegurando su uso justo y seguro en beneficio del paciente.

Bibliografía

1. McKinney SM, Sieniek M, Godbole V, et al. International evaluation of an AI system for breast cancer screening. *Nature*. 2020;577(7788):89-94. doi:10.1038/s41586-019-1799-6.
2. Ardila D, Kiraly AP, Bharadwaj S, et al. End-to-end lung cancer screening with three-dimensional deep learning on low-dose chest computed tomography. *Nat Med*. 2019;25(6):954-961. doi:10.1038/s41591-019-0447-x.
3. Esteva A, Kuprel B, Novoa RA, et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*. 2017;542(7639):115-118. doi:10.1038/nature21056.
4. 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.
5. Erickson BJ, Korfiatis P, Akkus Z, et al. Machine learning for medical imaging. *Radiographics*. 2017;37(2):505-515. doi:10.1148/rg.2017160130.
6. Hosny A, Parmar C, Quackenbush J, et al. Artificial intelligence in radiology. *Nat Rev Cancer*. 2018;18(8):500-510. doi:10.1038/s41568-018-0016-5.
7. 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.
8. Liu Y, Kohlberger T, Norouzi M, et al. Artificial intelligence–based breast cancer nodal metastasis detection. *JAMA*. 2019;322(9):852-860. doi:10.1001/jama.2019.14730.
9. Giger ML. Machine learning in medical imaging. *J Am Coll Radiol*. 2018;15(3):512-520. doi:10.1016/j.jacr.2017.12.028.
10. Rudie JD, Rauschecker AM, Bryan RN, et al. Emerging applications of artificial intelligence in neuroimaging. *Radiology*. 2019;290(3):607-618. doi:10.1148/radiol.2018181371.
11. Topol EJ. The role of artificial intelligence in medical imaging. *Nat Med*. 2021;27(1):22-28. doi:10.1038/s41591-020-01187-w.
12. Kohli M, Prevedello LM, Filice RW, et al. Implementing machine learning in radiology practice and research. *AJR Am J Roentgenol*. 2021;216(3):465-472. doi:10.2214/AJR.20.23565.
13. Park SH, Han K. Methodologic guide for evaluating clinical performance and effect of artificial intelligence technology for medical diagnosis and prediction. *Radiology*. 2021;299(1):11-21. doi:10.1148/radiol.2020201804.
14. Pinto Dos Santos D, Giese D, Brodehl S, et al. Medical students' attitude towards artificial intelligence: A multicenter survey. *Eur Radiol*. 2019;29(4):1640-1646. doi:10.1007/s00330-018-5601-1.
15. Langlotz CP, Allen B, Erickson BJ, et al. A roadmap for foundational research on artificial intelligence in medical imaging: From the 2018 NIH/RSNA/ACR/the Academy workshop. *Radiology*. 2021;291(3):781-791. doi:10.1148/radiol.2020202360.