

IMAGENOLÓGÍA HOY: APLICACIONES CLÍNICAS

Autores:

Breno Escobar Portugal

Valeria Estefany Mera Garrido

Milena Daleska Moreira Maridueña

Norma Stephanie Briones Nieto

María del Mar Fierro Llor



Imagenología Hoy: Aplicaciones Clínicas

Imagenología Hoy: Aplicaciones Clínicas

Breno Escobar Portugal.

Valeria Estefany Mera Garrido

Milena Daleska Moreira Maridueña

Norma Stephanie Briones Nieto

María del Mar Fierro Llor

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: 978-9942-695-88-8

Una producción © Cuevas Editores SAS

Marzo 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:	6
Prólogo	7
Tomografía Computarizada en la Evaluación de Enfermedades Pulmonares Crónicas: Diagnóstico y Manejo	8
Breno Escobar Portugal.	8
Imágenes en Pediatría: Técnicas y Aplicaciones Clínicas	25
Valeria Estefany Mera Garrido	25
Imágenes en neurología: diagnóstico y manejo de enfermedades neurológicas	46
Milena Daleska Moreira Maridueña	46
Imagenología de las Patologías Musculoesqueléticas	64
Norma Stephanie Briones Nieto	64
Anatomía por Imagen: Guía para la interpretación de Imágenes Médicas	79
María del Mar Fierro Loor	79

Prólogo

La imagenología médica ha evolucionado rápidamente, convirtiéndose en una herramienta indispensable para el diagnóstico y manejo de múltiples patologías. Con avances en tecnología y técnicas de interpretación, su impacto en la práctica clínica es cada vez mayor.

"Imagenología Hoy: Aplicaciones Clínicas" reúne los principales enfoques actuales en radiología, resonancia magnética, tomografía computarizada y ultrasonido, proporcionando una visión integral y actualizada para médicos, radiólogos y profesionales de la salud. Esta obra busca ser una referencia útil para la optimización del diagnóstico y la toma de decisiones clínicas basadas en la evidencia.

**Tomografía Computarizada en la
Evaluación de Enfermedades
Pulmonares Crónicas: Diagnóstico y
Manejo**

Breno Escobar Portugal.

Doctor en Medicina Escuela Latinoamericana de
Medicina de Cuba

Médico Especialista en Radiología de la
Universidad San Luis Gonzaga de Ica

Medico Especialista en Radiología Hospital II
Huamanga Essalud Ayacucho

Definición

La tomografía computarizada (TC) ha emergido como una herramienta crucial en la evaluación y manejo de enfermedades pulmonares crónicas, especialmente en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Aunque la espirometría sigue siendo el estándar de oro para el diagnóstico de EPOC, la TC ofrece ventajas significativas en la caracterización y manejo de esta enfermedad.

Diagnóstico y Caracterización de EPOC

La TC se utiliza para identificar características morfológicas clave de la EPOC, como el enfisema, el engrosamiento de la pared bronquial y el atrapamiento de aire. Estas características permiten una mejor comprensión de la heterogeneidad de la EPOC y ayudan a predecir la progresión de la enfermedad y los resultados clínicos [1,2,3]. Además, la TC cuantitativa (qCT) permite la medición objetiva de manifestaciones pulmonares y extrapulmonares, proporcionando

información valiosa sobre la estructura y función pulmonar [3,6].

Aplicaciones Clínicas y Manejo

La TC tiene aplicaciones clínicas importantes, como la identificación de patologías concomitantes y la selección de pacientes para procedimientos de reducción de volumen pulmonar. Las técnicas de análisis cuantitativo permiten medir la gravedad del enfisema y la remodelación de las vías respiratorias, lo cual es esencial para estratificar a los pacientes para diferentes intervenciones quirúrgicas y endoscópicas [2,4]. Además, la TC puede ayudar a identificar subtipos de EPOC basados en características fenotípicas, lo que apoya un manejo más dirigido [6].

Desafíos y Futuras Direcciones

A pesar de sus beneficios, la aplicación clínica de la TC cuantitativa aún no está lo suficientemente extendida, y se requiere una validación más amplia para determinar su utilidad en el manejo de la EPOC [6]. La variabilidad en los parámetros de escaneo y reconstrucción, así como

la variabilidad entre diferentes software, sigue siendo un desafío significativo para la comparabilidad entre sitios y estudios [4]. Sin embargo, la incorporación de técnicas de inteligencia artificial en la qCT está evolucionando rápidamente, lo que podría mejorar la detección temprana y la evaluación de la carga de la enfermedad [5].

¿Cuál es el papel de la tomografía en el diagnóstico de EPOC?

La tomografía computarizada (TC) desempeña un papel significativo en el diagnóstico y manejo de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), aunque no se recomienda de manera rutinaria. Su uso se centra en identificar características morfológicas clave como el enfisema, el engrosamiento de la pared bronquial y el atrapamiento de aire [2,8].

Aplicaciones de la TC en EPOC

Diagnóstico y Fenotipado: La TC permite identificar subtipos de EPOC mediante biomarcadores de imagen, lo que facilita un tratamiento individualizado y mejora

los resultados del paciente [7,9]. Técnicas como el mapa de respuesta paramétrica (PRM) ayudan a diferenciar entre enfisema y enfermedad de las vías aéreas pequeñas [7].

Cuantificación y Evaluación de la Función Pulmonar:

La TC cuantitativa puede medir volúmenes pulmonares y evaluar la integridad de las fisuras lobares, correlacionándose con las pruebas de función pulmonar tradicionales [6]. Esto permite una evaluación más precisa de la función pulmonar y la severidad de la enfermedad [6,9].

Predicción de Exacerbaciones y Progresión de la

Enfermedad: La TC puede predecir exacerbaciones de EPOC mediante biomarcadores derivados de la imagen, como la relación volumen pulmonar afectado/capacidad pulmonar total [9]. Además, la TC ayuda a identificar la progresión de subtipos específicos de enfisema [10].

Detección Automatizada: Las redes neuronales profundas aplicadas a la TC pueden detectar EPOC de manera automatizada, especialmente en fumadores

actuales y exfumadores, mejorando la detección temprana [7,8].

¿Qué avances recientes hay en la tomografía para EPOC?

En los últimos años, ha habido avances significativos en el uso de la tomografía computarizada (TC) para el diagnóstico y manejo de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Estos avances han mejorado la capacidad de identificar y caracterizar diferentes fenotipos de la enfermedad, lo que puede influir en las decisiones terapéuticas.

Avances en la Tomografía Computarizada para EPOC

Mejoras en la Calidad de Imagen y Reducción de Dosis:
Se han refinado las técnicas de TC para obtener imágenes de alta calidad con la menor dosis de radiación posible, lo que es crucial para el seguimiento de pacientes con EPOC [12].

Biomarcadores de Imagen: La TC ahora permite la cuantificación objetiva de cambios estructurales en las vías respiratorias, el parénquima pulmonar y los vasos pulmonares. Estos biomarcadores ayudan a mejorar el fenotipado de la EPOC y a predecir la progresión de la enfermedad [11,12,14].

Inteligencia Artificial (IA): La integración de IA con imágenes de TC ha mejorado la precisión en la detección temprana y clasificación de subtipos de EPOC, lo que podría revolucionar el manejo de la enfermedad [15].

Identificación de Subtipos de Enfisema: El aprendizaje automático no supervisado ha permitido identificar subtipos de enfisema en las imágenes de TC, lo que puede guiar hacia diagnósticos más específicos y terapias personalizadas [16].

Evaluación Funcional y Estructural: La TC, junto con la resonancia magnética (RM), permite la evaluación de la ventilación y perfusión regional del pulmón, proporcionando una visión más completa de las alteraciones funcionales y estructurales en la EPOC [12,13].

¿Cuáles son las técnicas más avanzadas en imagenología para EPOC?

Las técnicas de imagenología más avanzadas para la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) incluyen la tomografía computarizada (CT), la resonancia magnética (MRI) y la tomografía de coherencia óptica (OCT). Estas técnicas han mejorado significativamente la evaluación de los cambios estructurales y funcionales en los pulmones de los pacientes con EPOC.

Tomografía Computarizada (CT)

CT es la modalidad preferida para visualizar la estructura del tórax y los pulmones, permitiendo el reconocimiento de características morfológicas clave como el enfisema y el engrosamiento de las paredes bronquiales [17,1].

Técnicas cuantitativas novedosas en CT permiten mediciones objetivas de las manifestaciones pulmonares y extrapulmonares de la EPOC, ayudando a explorar la

heterogeneidad y los mecanismos subyacentes de la enfermedad [17,1].

CT también se utiliza para evaluar cambios estructurales en las vías respiratorias, el parénquima pulmonar y los vasos pulmonares, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones terapéuticas [12,19].

Resonancia Magnética (MRI)

MRI ha emergido como una herramienta útil sin radiación para evaluar alteraciones estructurales y funcionales en pacientes con EPOC, incluso antes de que se presenten cambios evidentes en las pruebas de función pulmonar [12,18].

MRI multinuclear ofrece información sobre el intercambio de gases y puede ayudar en decisiones estructuradas sobre planes de tratamiento [12,21].

Tomografía de Coherencia Óptica (OCT)

OCT permite visualizar la microestructura de las paredes de las vías respiratorias en tiempo real, proporcionando una evaluación longitudinal de los cambios en las vías respiratorias en pacientes con EPOC [18,20].

Rol de la Tomografía Computarizada en el Manejo de Enfermedades Pulmonares Crónicas

La tomografía computarizada (TC) no solo cumple un papel fundamental en el diagnóstico de enfermedades pulmonares crónicas, sino también en su manejo a lo largo del tiempo. Su uso permite evaluar la progresión de la enfermedad, monitorear la respuesta al tratamiento y planificar intervenciones terapéuticas con mayor precisión.

Evaluación de la progresión de la enfermedad y respuesta al tratamiento

El seguimiento de los pacientes con enfermedades pulmonares crónicas mediante TC es esencial para determinar la evolución de su condición. En la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), la TC de alta resolución (TCAR) y la TC cuantitativa permiten valorar la progresión del enfisema y la afectación de las vías aéreas pequeñas. Mediante la medición objetiva del

volumen y la densidad pulmonar, así como el atrapamiento aéreo, es posible evaluar la evolución de la enfermedad y la respuesta a terapias broncodilatadoras y antiinflamatorias.

En la fibrosis pulmonar idiopática (FPI) y otras enfermedades intersticiales, la TCAR detecta cambios en la arquitectura pulmonar, como el avance del patrón reticular, la panalización o la persistencia del vidrio esmerilado, lo que permite diferenciar entre progresión de la enfermedad y respuesta a tratamiento. Además, la TC cuantitativa ha demostrado ser útil en la detección de cambios sutiles antes de que sean clínicamente evidentes, facilitando la evaluación de la efectividad de fármacos antifibróticos como nintedanib y pirfenidona.

En las bronquiectasias, el uso de la TC en estudios seriados ayuda a valorar la progresión de la dilatación bronquial, el engrosamiento de la pared bronquial y la acumulación de secreciones. También permite evaluar el impacto de terapias como la fisioterapia respiratoria y los antibióticos en la reducción de la inflamación.

Uso de la TC cuantitativa en la evaluación del daño pulmonar

El avance en el análisis computacional de imágenes ha permitido el desarrollo de herramientas de TC cuantitativa, que brindan información precisa sobre el daño pulmonar. La volumetría pulmonar se emplea para medir la reducción del volumen pulmonar en enfermedades restrictivas como la fibrosis pulmonar y para cuantificar la destrucción alveolar en el enfisema. La densitometría pulmonar, por otro lado, permite evaluar la severidad del enfisema y diferenciar sus distintos patrones.

Además, la inteligencia artificial y los algoritmos de aprendizaje profundo han comenzado a integrarse en el análisis de imágenes de TC, mejorando la detección de la progresión de la enfermedad. Estos sistemas automatizados pueden identificar cambios sutiles en la estructura pulmonar, lo que facilita un diagnóstico más temprano y un manejo más preciso.

TC en la planificación de intervenciones terapéuticas

La TC también desempeña un papel crucial en la planificación de intervenciones terapéuticas en enfermedades pulmonares crónicas. En pacientes con EPOC, la TC cuantitativa es clave para la selección de candidatos a cirugía de reducción de volumen pulmonar, permitiendo identificar a aquellos con enfisema heterogéneo que podrían beneficiarse más del procedimiento. Además, se emplea en la evaluación preoperatoria del trasplante pulmonar, ayudando a detectar infecciones ocultas, hipertensión pulmonar y alteraciones anatómicas que podrían influir en la cirugía.

En el caso de tratamientos intervencionistas, la TC se usa como guía en procedimientos como la reducción de volumen pulmonar mediante válvulas endobronquiales. También es útil en la planificación de la embolización de arterias bronquiales en pacientes con bronquiectasias que presentan hemoptisis severa[5,10,14,22,23].

Referencias

1. Sandeep Bodduluri et al. "Recent Advances in Computed Tomography Imaging in Chronic Obstructive Pulmonary Disease." *Annals of the American Thoracic Society*, 15 : 281–289.
<https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201705-377FR>.
2. K. Ostridge et al. "Present and future utility of computed tomography scanning in the assessment and management of COPD." *European Respiratory Journal*, 48: 216 - 228.
<https://doi.org/10.1183/13993003.00041>.
3. D. Lynch et al. "Quantitative Computed Tomography in Chronic Obstructive Pulmonary Disease." *Journal of Thoracic Imaging*, 28: 284–290.
<https://doi.org/10.1097/RTI.0b013e318298733c>.
4. H. Kauczor et al. "Computed Tomography Imaging for Novel Therapies of Chronic Obstructive Pulmonary Disease." *Journal of Thoracic Imaging*, 34 (2019): 202–213. <https://doi.org/10.1097/RTI.0000000000000378>.
5. Daniela Castillo-Saldana et al. "Using Quantitative Computed Tomographic Imaging to Understand Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Fibrotic Interstitial Lung Disease." *Journal of Thoracic Imaging*, 35 (2019): 246 - 254. <https://doi.org/10.1097/RTI.0000000000000440>.

6. Qi Dai et al. "The utility of quantitative computed tomography in cohort studies of chronic obstructive pulmonary disease: a narrative review." *Journal of Thoracic Disease*, 15 (2023): 5784 - 5800. <https://doi.org/10.21037/jtd-23-1421>.
7. C. Galbán et al. "CT-based Biomarker Provides Unique Signature for Diagnosis of COPD Phenotypes and Disease Progression." *Nature medicine*, 18 (2012): 1711 - 1715. <https://doi.org/10.1038/nm.2971>.
8. Sandeep Bodduluri et al. "Recent Advances in Computed Tomography Imaging in Chronic Obstructive Pulmonary Disease." *Annals of the American Thoracic Society*, 15: 281–289. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201705-377FR>.
9. M. Bafadhel et al. "The Role of CT Scanning in Multidimensional Phenotyping of COPD." *Chest*, 140 (2011): 634 - 642. <https://doi.org/10.1378/chest.10-3007>.
10. Jinkyong Park et al. "Subtyping COPD using visual and quantitative CT features.." *Chest* (2020). <https://doi.org/10.1016/j.chest.2019.06.015>.
11. Sandeep Bodduluri et al. "Recent Advances in Computed Tomography Imaging in Chronic Obstructive Pulmonary Disease." *Annals of the American Thoracic Society*, 15: 281–289. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201705-377FR>.

12. Amany F. Elbehairy et al. "Advances in COPD imaging using CT and MRI: linkage with lung physiology and clinical outcomes." *European Respiratory Journal*, 63 (2024). <https://doi.org/10.1183/13993003.01010-2023>.
13. K. Sheikh et al. "This is what COPD looks like." *Respirology*, 21. <https://doi.org/10.1111/resp.12611>.
14. S. Bhatt et al. "Imaging Advances in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. Insights from the Genetic Epidemiology of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPDGene) Study." *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 199 (2019): 286–301. <https://doi.org/10.1164/rccm.201807-1351SO>.
15. Fangfei Wang et al. "Computed tomography-based artificial intelligence in lung disease—Chronic obstructive pulmonary disease." *MedComm – Future Medicine* (2024). <https://doi.org/10.1002/mef2.73>.
16. E. Angelini et al. "Pulmonary emphysema subtypes defined by unsupervised machine learning on CT scans." *Thorax*, 78 (2023): 1067 - 1079. <https://doi.org/10.1136/thorax-2022-219158>.
17. K. Ostridge et al. "Present and future utility of computed tomography scanning in the assessment and management of COPD." *European Respiratory Journal*, 48 (2016): 216 - 228. <https://doi.org/10.1183/13993003.00041-2016>.

18. J. Thiboutot et al. "Current Advances in COPD Imaging.." *Academic radiology*, 26 3 (2019): 335-343 .
<https://doi.org/10.1016/j.acra.2018.05.023>.
19. I. Benlala et al. "Structural and functional changes in COPD: What we have learned from imaging." *Respirology*, 26 (2021): 731 - 741. <https://doi.org/10.1111/resp.14047>.
20. H. Coxson et al. "New and current clinical imaging techniques to study chronic obstructive pulmonary disease.." *American journal of respiratory and critical care medicine*, 180 7: 588-97 .
<https://doi.org/10.1164/rccm.200901-0159PP>.
21. S. Milne et al. "Advanced imaging in COPD: insights into pulmonary pathophysiology.." *Journal of thoracic disease*, 6 11: 1570-85 .
<https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2014.11.30>.
22. "Diagnóstico." NHLBI, NIH, 31 Oct. 2024, www.nhlbi.nih.gov/es/salud/epoc/diagnostico?utm_source=chatgpt.com.
23. RSNA, America. "TC Del Tórax." Radiologyinfo.org, 2024, www.radiologyinfo.org/es/info/chestct?utm_source=chatgpt.com.

Imágenes en Pediatría: Técnicas y Aplicaciones Clínicas

Valeria Estefany Mera Garrido

Médica General Universidad Nacional de Chimborazo

Máster en Metodología de la Investigación en Ciencias de la Salud por la Universidad Internacional de la Rioja España.

Diplomado en Salud Familiar y Comunitaria otorgado por la Universidad de Los Andes Chile

Médica General Consultorio Privado

Docente de Emergencias Médicas en el Instituto Superior Universitario Stanford

Definición

La imagenología pediátrica es un campo en constante evolución que busca proporcionar detalles anatómicos excepcionales junto con información fisiológica y metabólica, minimizando la exposición a la radiación. Las técnicas avanzadas de imagenología están transformando el diagnóstico y tratamiento de diversas condiciones pediátricas, desde enfermedades cardíacas hasta tumores cerebrales.

Técnicas de Imagenología Avanzada

Resonancia Magnética de Cuerpo Completo: La resonancia magnética (MRI) de cuerpo completo es una técnica que ofrece un alto nivel de detalle de tejidos blandos y esqueleto sin la exposición a radiación ionizante, siendo útil para diagnosticar procesos congénitos, neoplásicos, inflamatorios e infecciosos en pacientes pediátricos [1].

Ultrasonido Ultrafast: Esta técnica permite capturar imágenes a velocidades mucho más rápidas que las convencionales, siendo útil en la evaluación de la función cardíaca y el análisis hemodinámico no invasivo en pacientes pediátricos [2,4].

Imagenología Molecular: Permite la detección y caracterización in vivo de alteraciones celulares y moleculares, lo que podría facilitar la detección temprana de enfermedades y proporcionar información específica sobre la evolución natural de procesos patológicos en niños [3].

Aplicaciones Clínicas

Cardiología Pediátrica: Las técnicas de ultrasonido avanzado y la imagenología nuclear son esenciales para evaluar la perfusión miocárdica, la función ventricular y los procesos inflamatorios, proporcionando información complementaria a otras modalidades de imagen [2,6].

Neuroimagen Pediátrica: Las técnicas avanzadas de MRI, como la imagen por tensor de difusión y la espectroscopía MR, mejoran la detección y el diagnóstico diferencial de tumores del sistema nervioso central en niños, ofreciendo información funcional sobre el metabolismo y la fisiología tumoral [7,8].

Desafíos y Futuras Direcciones

La reducción de los tiempos de adquisición en MRI es crucial para disminuir la necesidad de sedación en niños, con técnicas emergentes como la reconstrucción basada en inteligencia artificial y la corrección de movimiento prospectivo [5,9].

La combinación de PET/MRI ofrece una ventaja significativa al proporcionar detalles anatómicos y funcionales con una menor dosis de radiación, siendo ideal para el seguimiento de pacientes pediátricos en neuro-oncología [8].

En conclusión, las técnicas avanzadas de imagenología pediátrica están mejorando significativamente la

capacidad de diagnóstico y tratamiento, aunque persisten desafíos en la implementación clínica y la reducción de la exposición a la radiación. La continua evolución de estas tecnologías promete un futuro con diagnósticos más precisos y tratamientos personalizados para los pacientes pediátricos.

Aplicaciones Clínicas de la Imagenología Pediátrica

La imagenología pediátrica es una herramienta esencial para el diagnóstico y manejo de diversas patologías en la infancia. Su aplicación abarca múltiples sistemas, desde el sistema nervioso hasta el aparato musculoesquelético, permitiendo una evaluación detallada con técnicas seguras y adaptadas a la población pediátrica.

Patologías del Sistema Nervioso Central

Las enfermedades del sistema nervioso central en niños requieren estudios de imagen precisos para su diagnóstico y seguimiento. La resonancia magnética (RM) es el método de elección para evaluar patologías como tumores cerebrales, malformaciones congénitas y

trastornos desmielinizantes, debido a su alta resolución y ausencia de radiación ionizante. En casos de hidrocefalia, la ecografía transfontanelar es una herramienta valiosa en neonatos, permitiendo evaluar la dilatación ventricular sin necesidad de sedación. En traumatismos craneoencefálicos, la tomografía computarizada (TC) sigue siendo el estándar de referencia para la detección de fracturas, hemorragias intracraneales y edema cerebral, aunque su uso debe ser justificado debido a la exposición a radiación.

Patologías Torácicas

Las enfermedades pulmonares y cardiovasculares en pediatría se diagnostican con frecuencia mediante radiografía simple, que es el primer estudio a realizar en casos de neumonía, malformaciones congénitas y patologías como el asma. En cuadros más complejos, como neumonía complicada o sospecha de malformaciones vasculares, la TC de tórax con reconstrucción tridimensional es una opción diagnóstica clave. Sin embargo, en los últimos años, la ecografía

pulmonar ha demostrado ser una técnica efectiva y sin radiación para evaluar derrames pleurales, consolidaciones pulmonares y síndrome de dificultad respiratoria en neonatos y lactantes.

Patologías Abdominales

La ecografía abdominal es la técnica de primera línea para el diagnóstico de múltiples afecciones, como apendicitis, invaginación intestinal y obstrucción intestinal. Su alta disponibilidad y seguridad la convierten en la herramienta ideal en pediatría, evitando la necesidad de radiación en muchos casos. La TC abdominal se reserva para situaciones en las que la ecografía no brinda suficiente información, como en casos de abdomen agudo de causa incierta o evaluación de traumatismos graves. La resonancia magnética se utiliza en el estudio de patologías hepáticas, pancreáticas y enfermedades inflamatorias intestinales, especialmente en pacientes que requieren evaluaciones repetidas, minimizando la exposición a radiación.

Trauma Pediátrico

El manejo del trauma en pediatría requiere una selección cuidadosa de las técnicas de imagen para evitar estudios innecesarios y reducir la radiación. En el trauma craneoencefálico, la TC se usa en casos de traumatismo moderado o grave, mientras que en situaciones leves se prefiere la observación clínica con criterios bien definidos para evitar irradiación innecesaria. En el trauma abdominal, la ecografía FAST (Focused Assessment with Sonography for Trauma) es útil para evaluar la presencia de hemoperitoneo, mientras que la TC con contraste es el método más sensible para detectar lesiones de órganos sólidos. En fracturas, la radiografía sigue siendo el estudio de elección, pero en casos de sospecha de fracturas por estrés o lesiones cartilaginosas, la RM ofrece ventajas significativas.

Cardiología Pediátrica

Las cardiopatías congénitas y adquiridas en la infancia requieren una evaluación detallada mediante ecocardiografía Doppler, que es el estudio de referencia

para el diagnóstico inicial y el seguimiento de estos pacientes. En casos más complejos, como evaluación prequirúrgica de malformaciones congénitas, la resonancia magnética cardíaca permite una caracterización anatómica y funcional precisa del corazón sin necesidad de radiación. La tomografía computarizada con reconstrucción 3D también se utiliza en cardiología pediátrica, especialmente en la planificación quirúrgica y en la evaluación de vasos sanguíneos anómalos.

Oncología Pediátrica

El papel de la imagenología en oncología pediátrica es fundamental para el diagnóstico, estadificación y seguimiento de los tumores infantiles. La resonancia magnética es la técnica preferida para evaluar tumores del sistema nervioso central y sarcomas de tejidos blandos debido a su capacidad de caracterización tisular sin radiación. En tumores sólidos como neuroblastomas y nefroblastomas, la tomografía computarizada y la resonancia magnética son herramientas complementarias

para evaluar extensión tumoral y metástasis. La tomografía por emisión de positrones (PET-TC) ha cobrado relevancia en la evaluación metabólica de ciertos cánceres pediátricos, permitiendo una mejor planificación terapéutica y detección temprana de recurrencias.

La imagenología pediátrica es clave para el abordaje de múltiples enfermedades en la infancia, con técnicas que deben seleccionarse según la indicación clínica y el riesgo-beneficio en cada paciente. La tendencia actual se enfoca en la reducción de la radiación y el desarrollo de métodos avanzados que permitan mejorar la precisión diagnóstica sin comprometer la seguridad de los niños[1,3,6,9,10,11].

Consideraciones Especiales en la Imagenología Pediátrica

El diagnóstico por imágenes en pediatría presenta desafíos únicos debido a la sensibilidad de los niños a la radiación, la necesidad de técnicas adaptadas a su anatomía y fisiología, y la importancia de minimizar la

ansiedad y el estrés durante los estudios. Estas consideraciones deben ser prioritarias para garantizar la seguridad y eficacia de las exploraciones diagnósticas.

Reducción de la Exposición a la Radiación: Principio ALARA

Uno de los aspectos más críticos en la imagenología pediátrica es la exposición a la radiación ionizante. Los niños tienen una mayor susceptibilidad a los efectos de la radiación debido a su rápida tasa de división celular y una expectativa de vida más larga, lo que aumenta el riesgo de efectos estocásticos a largo plazo, como carcinogénesis.

El principio ALARA ("As Low As Reasonably Achievable") es la piedra angular en la reducción de la dosis de radiación en estudios pediátricos. Para su aplicación, se utilizan estrategias como la optimización de parámetros técnicos en tomografía computarizada (TC), la reducción del número de proyecciones en radiografías convencionales y la sustitución de técnicas

ionizantes por modalidades seguras como la ecografía y la resonancia magnética (RM), siempre que sea posible.

Los protocolos específicos para pediatría incluyen el uso de programas de reducción de dosis en TC, la aplicación de técnicas de reconstrucción iterativa y el ajuste automático de la dosis según el tamaño del paciente. Organismos como la **Image Gently Alliance** han desarrollado guías para minimizar la exposición a la radiación en niños, promoviendo buenas prácticas en la obtención de imágenes médicas.

Sedación y Anestesia en Estudios Prolongados

La cooperación de los niños durante los estudios de imagen puede ser limitada, especialmente en exploraciones que requieren inmovilidad, como la resonancia magnética y algunos procedimientos intervencionistas. En neonatos y lactantes, la contención con medidas no farmacológicas, como el uso de mantas ajustadas y chupetes, puede ser suficiente para obtener imágenes de calidad sin necesidad de sedación.

En niños mayores que no pueden permanecer inmóviles, la sedación consciente con midazolam o la anestesia general pueden ser necesarias, dependiendo de la duración y complejidad del estudio. La administración de sedantes debe ser realizada por personal capacitado, con monitorización continua de la vía aérea, la oxigenación y la función cardiovascular.

El impacto de la anestesia en el desarrollo neurológico infantil ha sido objeto de debate en los últimos años. Algunos estudios sugieren que exposiciones repetidas a anestésicos pueden tener efectos en la cognición y el comportamiento, lo que ha llevado a una evaluación más estricta de su uso en procedimientos no urgentes.

Aspectos Éticos y Psicológicos en la Imagenología Pediátrica

La realización de estudios de imagen en niños no solo implica consideraciones técnicas, sino también aspectos éticos y emocionales. La comunicación con los padres es fundamental para explicar los beneficios, riesgos y

alternativas del estudio propuesto, asegurando un consentimiento informado adecuado.

Desde el punto de vista psicológico, la ansiedad en los niños antes y durante un procedimiento puede afectar la calidad de la imagen. Estrategias como la preparación previa mediante videos explicativos, la presencia de los padres durante el estudio y la ambientación amigable de las salas de imagen han demostrado reducir el estrés infantil y mejorar la experiencia del paciente.

Un aspecto relevante es el uso de contraste intravenoso, que puede generar preocupación en los cuidadores. En pediatría, se prefieren agentes de contraste con un perfil de seguridad alto, como los basados en gadolinio para resonancia magnética y los contrastes yodados de baja osmolaridad en TC. Sin embargo, siempre se debe evaluar el riesgo de reacciones adversas y la función renal del paciente antes de la administración.

Calidad y Capacitación en Imagenología Pediátrica

El diagnóstico por imágenes en pediatría requiere una capacitación especializada de los radiólogos y técnicos, dado que la anatomía y las patologías en niños presentan características únicas que pueden diferir significativamente de las de los adultos. Además, la optimización de las técnicas de adquisición y el uso adecuado de protocolos de baja dosis son fundamentales para obtener imágenes diagnósticas de calidad sin comprometer la seguridad del paciente.

Los avances en la inteligencia artificial y el análisis automatizado de imágenes han comenzado a desempeñar un papel importante en la interpretación radiológica, facilitando la detección de anomalías y optimizando los tiempos de diagnóstico. Sin embargo, su implementación en pediatría aún está en fase de validación y debe ser supervisada por especialistas.

En conclusión, la imagenología pediátrica no solo requiere conocimientos técnicos, sino también un enfoque centrado en la seguridad, la ética y el bienestar

del paciente. La reducción de la radiación, el uso racional de la sedación, la comunicación efectiva con los padres y la capacitación continua del personal son aspectos clave para garantizar un diagnóstico preciso y seguro en la población infantil[12,13,14].

Conclusión

El diagnóstico por imágenes en pediatría es una herramienta esencial en la práctica clínica moderna, permitiendo la detección temprana, el seguimiento y la planificación terapéutica de diversas patologías en la infancia. La elección de la modalidad de imagen más adecuada depende de múltiples factores, incluyendo la indicación clínica, la seguridad del paciente y la necesidad de minimizar la exposición a la radiación.

A lo largo del capítulo, se ha resaltado la importancia de técnicas como la ecografía, la radiografía, la tomografía computarizada, la resonancia magnética y la medicina nuclear en el diagnóstico de enfermedades pediátricas. La ecografía sigue siendo la modalidad preferida en muchas afecciones debido a su disponibilidad, bajo costo

y ausencia de radiación, mientras que la tomografía computarizada y la resonancia magnética desempeñan un papel clave en situaciones más complejas que requieren una evaluación detallada.

Un aspecto fundamental en la imagenología pediátrica es la reducción de la dosis de radiación mediante la aplicación del principio ALARA, el uso de tecnologías avanzadas y la optimización de protocolos específicos para niños. La seguridad del paciente también se ve influenciada por la necesidad de sedación o anestesia en estudios prolongados, lo que requiere una evaluación cuidadosa de los riesgos y beneficios.

Desde una perspectiva ética y psicológica, es esencial brindar una atención centrada en el niño, garantizando la comunicación efectiva con los padres y cuidadores, y minimizando la ansiedad durante los procedimientos. La capacitación del personal médico y técnico en la interpretación de imágenes pediátricas y en el manejo de niños durante los estudios es clave para mejorar la calidad diagnóstica y la experiencia del paciente.

El futuro de la imagenología pediátrica se encamina hacia la incorporación de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y la imagen molecular, que prometen mejorar la precisión diagnóstica y reducir la necesidad de estudios invasivos o con radiación. La investigación en nuevas modalidades de imagen seguras y eficientes permitirá avanzar en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades pediátricas con un enfoque cada vez más personalizado y preciso[15,12].

Referencias

1. Joseph T Davis et al. "Pediatric whole-body MRI: A review of current imaging techniques and clinical applications." *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 44. <https://doi.org/10.1002/jmri.25259>.
2. O. Villemain et al. "Ultrafast Ultrasound Imaging in Pediatric and Adult Cardiology: Techniques, Applications, and Perspectives.." *JACC. Cardiovascular imaging* (2019). <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2019.09.019>.
3. H. Daldrup-Link et al. "Pediatric Molecular Imaging." *Molecular Imaging* (2021). https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9551-2_25.
4. M. Hwang et al. "Advanced Ultrasound Techniques for Pediatric Imaging." *Pediatrics*, 143 (2019). <https://doi.org/10.1542/peds.2018-2609>.
5. B. M. Kozak et al. "MRI Techniques to Decrease Imaging Times in Children.." *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc* (2020): 190112 . <https://doi.org/10.1148/rg.2020190112>.
6. Maëlys Venet et al. "Nuclear Imaging in Pediatric Cardiology: Principles and Applications." *Frontiers in Pediatrics*, 10 (2022). <https://doi.org/10.3389/fped.2022.909994>.

7. Rahul M. Nikam et al. "Advanced Neuroimaging Approaches to Pediatric Brain Tumors." *Cancers*, 14 (2022). <https://doi.org/10.3390/cancers14143401>.
8. C. Pedersen et al. "PET/MRI in Pediatric Neuroimaging: Primer for Clinical Practice." *American Journal of Neuroradiology*, 43 (2022): 938 - 943. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A7464>.
9. Irene Paraboschi et al. "Fluorescence imaging in pediatric surgery: State-of-the-art and future perspectives.." *Journal of pediatric surgery* (2020). <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2020.08.004>.
10. Rodríguez Díez L. Vasculitis primarias del sistema nervioso central en la infancia. *Protoc diagn ter pediátr*. 2020;2:249-258.
11. Yeo KK. Generalidades de los tumores del sistema nervioso central en niños. En: *Manual MSD, versión para profesionales*. Junio 2024.
12. Ronquillo Del Pozo SE, Franco Orellana JM, Paucar Fajardo MC, Guarnizo Poma GE. Imagenología en pediatría: consideraciones y aplicaciones específicas. *Dominio de las Ciencias*. 2024;10(4):1710-1728.
13. Radiological Society of North America (RSNA) y American College of Radiology (ACR). Radiografía (rayos X) pediátrica. *RadiologyInfo.org*. 2024
14. Boutillon A, Conze P-H, Pons C, Burdin V, Borotikar B. Segmentación profunda generalizable multitarea y

multidominio de conjuntos de datos de imágenes pediátricas escasas mediante regularización contrastiva multiescala y prioridades anatómicas multiconjuntas. arXiv preprint arXiv:2207.13502. 2022.

15. Organismo Internacional de Energía Atómica. Normas de seguridad del OIEA [Internet]. Viena: OIEA; 2020

Imágenes en neurología: diagnóstico y manejo de enfermedades neurológicas

Milena Daleska Moreira Maridueña

Médico Cirujano Universidad Laica Eloy Alfaro de
Manabí

Médico General en Funciones Hospitalarias en el
Hospital General Francisco de Orellana

Definición

El diagnóstico y manejo de enfermedades neurológicas a través de imágenes es un campo en constante evolución, con técnicas avanzadas que mejoran la precisión diagnóstica y la eficacia del tratamiento. Las imágenes en neurología, como la resonancia magnética (MRI), la tomografía computarizada (CT) y otras técnicas modernas, son fundamentales para evaluar y tratar trastornos neurológicos complejos.

Técnicas de Imagen en Neurología

Resonancia Magnética (MRI)

La resonancia magnética es la técnica estándar de oro para el diagnóstico y monitoreo de muchas enfermedades neurológicas. Permite la detección de procesos microestructurales relacionados con el remodelado tisular, lo que facilita una caracterización más completa de las alteraciones tisulares antes de que ocurran cambios en el volumen del tejido [1,4]. Además,

la MRI ha mejorado la resolución espacial, permitiendo la detección de infartos más pequeños desde el primer día después del inicio de un accidente cerebrovascular [4].

Tomografía Computarizada (CT) y Técnicas Avanzadas

La tomografía computarizada es crucial para el diagnóstico rápido de eventos neurológicos agudos como el accidente cerebrovascular y la hemorragia. Las redes neuronales profundas han sido desarrolladas para proporcionar diagnósticos rápidos y precisos de imágenes de CT de la cabeza, acelerando el tiempo de diagnóstico y atención en entornos clínicos [2].

Técnicas de Espectroscopía y Microscopía Óptica

Las técnicas de espectroscopía y microscopía óptica, como la microscopía de fluorescencia confocal y la dispersión Raman coherente, son útiles para evaluar los cambios anatómicos y fisiológicos en el cerebro y la médula espinal, proporcionando ventajas en el diagnóstico de enfermedades neurodegenerativas [3].

Avances en la Tecnología de Imágenes

Imágenes Multiparamétricas Cuantitativas (qMRI)

Las técnicas de qMRI permiten la detección de daños microestructurales en áreas que parecen normales en la MRI convencional, revelando correlaciones microestructurales de manifestaciones clínicas y facilitando el diagnóstico temprano y el monitoreo de la progresión de la enfermedad [1].

Etiquetado de Espín Arterial (ASL)

El ASL es una modalidad de imagen que permite examinar el flujo sanguíneo y la perfusión sin necesidad de inyección de contraste, ofreciendo una alternativa no invasiva a las técnicas de imagen vascular existentes.

Integración de EEG-fMRI

La tecnología EEG-fMRI permite la adquisición simultánea de señales electroencefalográficas y de resonancia magnética, proporcionando una herramienta híbrida para la evaluación funcional neurológica [5].

Desafíos y Direcciones Futuras

Desafíos en la Precisión Diagnóstica

A pesar de los avances, la detección precisa de trastornos neurológicos sigue siendo un desafío debido a las similitudes en los fenotipos de las enfermedades. Las técnicas de aprendizaje profundo, como las redes neuronales convolucionales, han mostrado un rendimiento superior en la detección de trastornos neurológicos, pero aún enfrentan desafíos en la precisión diagnóstica [7].

Sinergia de Técnicas de Imagen

La integración de estrategias de imagen, como PET/CT y PET/MRI, puede mejorar la precisión diagnóstica y los resultados terapéuticos en el cuidado neurológico, abriendo un camino hacia futuras mejoras [6].

En conclusión, las imágenes en neurología son esenciales para el diagnóstico y manejo de enfermedades neurológicas, con técnicas avanzadas que ofrecen una mayor precisión y eficacia en el tratamiento. Sin

embargo, se requieren más investigaciones para superar los desafíos actuales y mejorar aún más las capacidades diagnósticas y terapéuticas.

Aplicaciones Clínicas en el Diagnóstico Neurológico

El uso de técnicas de neuroimagen ha revolucionado el diagnóstico de enfermedades neurológicas, permitiendo una evaluación precisa de estructuras cerebrales y procesos patológicos. En el contexto de las enfermedades cerebrovasculares, la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM) desempeñan un papel fundamental en la detección y caracterización de accidentes cerebrovasculares (ACV). La TC sin contraste es la primera herramienta diagnóstica en la fase aguda para diferenciar entre un ACV isquémico y hemorrágico, mientras que la RM con secuencias de difusión permite una evaluación temprana de la isquemia cerebral con alta sensibilidad. Además, la angiografía por TC o RM facilita la identificación de oclusiones arteriales y la planificación del tratamiento trombolítico o endovascular.

En el caso de las enfermedades neurodegenerativas, la neuroimagen estructural y funcional es clave para el diagnóstico diferencial y el seguimiento de la progresión de la enfermedad. La RM en secuencias volumétricas permite evaluar la atrofia cerebral en la enfermedad de Alzheimer, especialmente en el hipocampo y la corteza entorrinal.

La tomografía por emisión de positrones (PET) con fluorodesoxiglucosa (FDG) ayuda a diferenciar el Alzheimer de otras demencias al mostrar patrones metabólicos característicos. Asimismo, en la enfermedad de Parkinson y otros parkinsonismos atípicos, la RM puede revelar alteraciones en la sustancia negra y los ganglios basales, mientras que el PET con trazadores específicos como el [^{18}F]-DOPA permite evaluar el déficit dopaminérgico.

En el diagnóstico de la epilepsia, la neuroimagen tiene un papel esencial en la identificación de focos epileptogénicos, lo que facilita la planificación de tratamientos quirúrgicos en casos de epilepsia refractaria.

La RM con secuencias de alta resolución permite detectar anomalías como displasias corticales, esclerosis hipocampal o tumores de bajo grado asociados a epilepsia. Además, el PET cerebral con FDG es útil en la localización de zonas de hipometabolismo interictal, complementando la evaluación electroencefalográfica para una mejor caracterización del foco epiléptico.

Los tumores del sistema nervioso central requieren estudios de neuroimagen avanzados para su diagnóstico, clasificación y planificación terapéutica. La RM con contraste es la técnica de elección para la evaluación de gliomas, meningiomas y metástasis cerebrales, mientras que la espectroscopia por RM permite analizar el perfil bioquímico de las lesiones y diferenciar entre tumores y procesos inflamatorios. La perfusión cerebral por RM o TC ayuda a determinar el grado de vascularización tumoral, lo que tiene implicaciones pronósticas y terapéuticas.

En el contexto de los trastornos desmielinizantes, la RM es el estándar de oro para el diagnóstico de la esclerosis

múltiple, ya que permite identificar lesiones en la sustancia blanca en distintas localizaciones características como el cuerpo calloso, el periventricular y la médula espinal. Las secuencias FLAIR y de difusión son fundamentales para detectar nuevas lesiones inflamatorias, mientras que la imagen ponderada en susceptibilidad puede diferenciar entre lesiones desmielinizantes y cambios vasculares crónicos.

Los traumatismos craneoencefálicos representan otra área en la que la neuroimagen es indispensable. La TC es el método inicial para la detección de fracturas, hemorragias intracraneales y edema cerebral en el contexto de traumatismos agudos. En casos más complejos, la RM puede identificar lesiones axonales difusas, contusiones cerebrales y alteraciones estructurales que no son evidentes en la TC. Además, la imagen funcional con PET o RM funcional ha comenzado a utilizarse en la evaluación de pacientes con trastornos de conciencia postraumáticos[8,9].

Innovaciones y Futuro en Neuroimagen

El campo de la neuroimagen está experimentando un crecimiento acelerado gracias a los avances tecnológicos y el desarrollo de nuevas técnicas de adquisición y análisis de imágenes. Entre los progresos más destacados se encuentra la aplicación de inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático en el procesamiento de neuroimágenes. Los algoritmos de aprendizaje profundo han demostrado ser eficaces en la detección de patrones sutiles en la resonancia magnética (RM) y la tomografía computarizada (TC), lo que permite un diagnóstico más preciso y rápido de enfermedades neurológicas como el Alzheimer, la esclerosis múltiple y los tumores cerebrales. Estos modelos también facilitan la segmentación automatizada de estructuras cerebrales y la identificación de biomarcadores de imagen para evaluar la progresión de la enfermedad.

Otro avance importante es el uso de la neuroimagen funcional para el estudio de la conectividad cerebral. La resonancia magnética funcional (RMf) en estado de

reposo permite analizar la interacción entre diferentes redes neuronales y su alteración en trastornos como la esquizofrenia, la depresión y las enfermedades neurodegenerativas. Además, la combinación de la RMf con la espectroscopia por RM ha abierto nuevas posibilidades para la evaluación del metabolismo cerebral y la identificación de disfunciones bioquímicas en diversas patologías neurológicas.

Las técnicas híbridas de imagen, como la tomografía por emisión de positrones combinada con resonancia magnética (PET-RM), han mejorado significativamente la capacidad de caracterización de enfermedades neurológicas. La PET-RM permite evaluar simultáneamente la estructura y la función cerebral con mayor resolución y menor exposición a la radiación en comparación con la PET-TC. Esta tecnología ha sido especialmente útil en el diagnóstico precoz de enfermedades neurodegenerativas y en la planificación de tratamientos personalizados en oncología neurológica.

En el ámbito de la imagenología molecular, se están desarrollando nuevos trazadores específicos para la detección temprana de patologías neurológicas. En la enfermedad de Alzheimer, la PET con compuestos dirigidos a la acumulación de amiloide y tau está permitiendo una mejor comprensión de la progresión de la enfermedad y una identificación más precisa de candidatos para ensayos clínicos de terapias modificadoras. En el contexto de la esclerosis múltiple, se están explorando biomarcadores de imagen que reflejan la neuroinflamación y la pérdida axonal, con el objetivo de desarrollar estrategias terapéuticas más efectivas.

Otra innovación prometedora es la integración de neuroimagen con modelos de predicción basados en datos clínicos y genéticos. Los estudios de big data en neurociencia están permitiendo la creación de modelos personalizados que combinan información de imágenes cerebrales con factores de riesgo genéticos y ambientales para predecir la susceptibilidad a enfermedades

neurológicas. Esto abre la posibilidad de intervenciones preventivas más tempranas y personalizadas.

A medida que estas tecnologías avanzan, los desafíos en la implementación clínica de la neuroimagen también deben abordarse. La estandarización de protocolos de adquisición y análisis de imágenes es crucial para garantizar la reproducibilidad de los hallazgos. Asimismo, la accesibilidad a tecnologías avanzadas sigue siendo un problema en muchas regiones del mundo, lo que resalta la necesidad de desarrollar soluciones de imagen más asequibles y eficientes.

El futuro de la neuroimagen se encuentra en la convergencia de técnicas avanzadas de adquisición, inteligencia artificial y biomarcadores específicos. Estos avances están redefiniendo la forma en que se diagnostican y tratan las enfermedades neurológicas, con un impacto significativo en la personalización de los tratamientos y en la mejora de la calidad de vida de los pacientes[10,11,12].

Tabla 1. Comparación de las principales técnicas de neuroimagen en neurología

Técnica	Principio	Aplicaciones clínicas	Ventajas	Desventajas
Tomografía Computarizada (TC)	Uso de rayos X para generar imágenes seccionales del cerebro.	Diagnóstico rápido en ACV, traumatismos craneoencefálicos, hemorragias y lesiones óseas.	Rápida, accesible y eficaz en emergencias.	Exposición a radiación ionizante, menor detalle en estructuras cerebrales blandas.
Resonancia Magnética (RM)	Uso de campos magnéticos y ondas de radio para obtener imágenes detalladas	Evaluación de tumores, enfermedades desmielinizantes (esclerosis múltiple), epilepsia, demencias.	Alta resolución, sin radiación ionizante, múltiples secuencias para evaluación	Costo elevado, menor disponibilidad, contraindicada en pacientes con

	del cerebro.		funcional y estructural.	implantes metálicos.
Angiografía por TC/R	Evaluación del sistema vascular cerebral mediante contraste intravenoso.	Diagnóstico de aneurismas, malformaciones arteriovenosas, trombosis y estenosis arteriales.	No invasiva, alta resolución de estructuras vasculares.	Requiere contraste, riesgo de reacción alérgica y nefrotoxicidad en pacientes con insuficiencia renal.
Tomografía por Emisión de Positrones (PET)	Uso de radiofármacos para evaluar metabolismo cerebral y actividad neuronal.	Diagnóstico temprano de Alzheimer, Parkinson, epilepsia refractaria, tumores cerebrales.	Alta sensibilidad para alteraciones metabólicas, útil en diagnóstico diferencial.	Alto costo, disponibilidad limitada, exposición a radiación.

SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography)	Imagen funcional basada en radionúclidos para evaluar perfusión cerebral.	Enfermedades neurodegenerativas, epilepsia, evaluación post-ACV.	Evalúa flujo sanguíneo cerebral, útil en estudios funcionales .	Menor resolución que PET, exposición a radiación.
Ultrasonografía Doppler Transcraneal	Uso de ondas sonoras para evaluar el flujo sanguíneo cerebral.	Monitoreo de ACV, detección de vasoespasmo en hemorragia subaracnoidea.	No invasiva, accesible, útil en monitoreo continuo.	Dependiente del operador, limitada en evaluación anatómica profunda.

Referencias

1. A. Seiler et al. "Multiparametric Quantitative MRI in Neurological Diseases." *Frontiers in Neurology*, 12 (2021). <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.640239>.
2. J. Titano et al. "Automated deep-neural-network surveillance of cranial images for acute neurologic events." *Nature Medicine*, 24 (2018): 1337 - 1341. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0147-y>.
3. Mridula Sunder et al. "Optical spectroscopy and microscopy techniques for assessment of neurological diseases." *Applied Spectroscopy Reviews*, 56 (2020): 764 - 803. <https://doi.org/10.1080/05704928.2020.1851237>.
4. BA Sauson Soldo et al. "Clinical utility of arterial spin labeling imaging in disorders of the nervous system." *Neurosurgical focus*, 47 6 (2019): E5 . <https://doi.org/10.3171/2019.9.FOCUS19567>.
5. G. Mele et al. "Simultaneous EEG-fMRI for Functional Neurological Assessment." *Frontiers in Neurology*, 10 (2019). <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00848>.
6. Arka Hansini Krish et al. "Comparative Analysis of Traditional and Modern Imaging Techniques in Neurological Disorders." *International Journal For Multidisciplinary Research* (2024). <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i05.27223>.
7. Manan Bintah et al. "Application of deep learning in detecting neurological disorders from magnetic resonance images: a survey on the detection of Alzheimer's disease, Parkinson's disease and schizophrenia." *Brain Informatics*, 7 (2020). <https://doi.org/10.1186/s40708-020-00112-2>.
8. Heavey S. PEOPLE: PatiEnt prOstate samPLes for rEsearch, a tissue collection pathway utilizing magnetic resonance imaging data to target tumor and benign tissue in

- fresh radical prostatectomy specimens. *The Prostate*. 2019 May.
9. Heavey S. Use of Magnetic Resonance Imaging and Biopsy Data to Guide Sampling Procedures for Prostate Cancer Biobanking. *Journal of Visualized Experiments: JoVE*. 2019 Oct 10.
 10. Wang G, Ye JC, Mueller K, Fessler JA. Image Reconstruction is a New Frontier of Machine Learning. *IEEE Trans Med Imaging*. 2018 Jun;37(6):1289-1296.
 11. Wang G, Jacob M, Mou X, Shi Y, Eldar YC. Deep Tomographic Image Reconstruction: Yesterday, Today, and Tomorrow. *IEEE Trans Med Imaging*. 2021 Nov;40(11):2956-2974.
 12. Gong K, Guan J, Liu CC, Qi J. PET Image Denoising Using a Deep Neural Network Through Fine Tuning. *IEEE Trans Radiat Plasma Med Sci*. 2019 Mar;3(2):153-161.

Imagenología de las Patologías Musculoesqueléticas

Norma Stephanie Briones Nieto

Médico Universidad de Guayaquil

Médico Ecografista CIMED

Definición

La imagenología de las patologías musculoesqueléticas es un campo crucial en la medicina moderna, ya que permite el diagnóstico y la evaluación de diversas condiciones que afectan los músculos, huesos y tejidos conectivos. Las técnicas de imagen avanzadas, como la resonancia magnética (MRI) y la tomografía computarizada (CT), han revolucionado la forma en que se diagnostican y tratan estas patologías.

Técnicas de Imagen Avanzadas

Resonancia Magnética Cuantitativa (qMRI)

La qMRI ofrece una evaluación detallada de la composición del cartílago y el músculo, la inflamación articular y la biomecánica en condiciones como la osteoartritis. Esta técnica proporciona métricas objetivas que ayudan en la caracterización de la enfermedad, el monitoreo de su progresión y la respuesta a la terapia. Se

destacan métodos como el mapeo relax métrico y la evaluación de la inflamación mediante imágenes de perfusión y cambios de señal [1,6].

Tomografía Computarizada (CT)

La CT es ampliamente utilizada en la imagenología musculoesquelética, con avances recientes como la CT de cuatro dimensiones, la CT de haz cónico y la CT de energía dual, que mejoran la resolución de contraste y permiten una mejor evaluación de la composición del tejido. La CT de conteo de fotones (PCCT) ofrece una resolución espacial y de contraste superior, y las técnicas de postprocesamiento como la impresión 3D mejoran la generación de modelos anatómicos [3].

Imágenes de Resonancia Magnética 3D

Las secuencias volumétricas isotrópicas 3D en MRI mejoran la evaluación musculoesquelética al ofrecer una calidad de imagen similar a las secuencias 2D convencionales, pero con tiempos de adquisición más cortos y mejor resolución espacial. Estas secuencias son útiles en la gestión de trastornos musculoesqueléticos,

incluyendo condiciones reumatológicas y tumores de tejidos blandos [4].

Aplicaciones Clínicas y Diagnósticas

Infecciones Musculoesqueléticas

La MRI es la prueba de elección para la mayoría de las infecciones musculoesqueléticas debido a su superior resolución de contraste de tejidos blandos y alta sensibilidad para el edema patológico. Sin embargo, cuando la MRI no es posible, se pueden utilizar modalidades alternativas como la ecografía, la CT y la imagenología con radionúclidos [2,7].

Lesiones Musculoesqueléticas Benignas y Malignas

Las imágenes paramétricas de resonancia magnética mejoran la evaluación de la vascularización y perfusión tisular, lo que es útil para diferenciar entre lesiones benignas y malignas, aunque existe un solapamiento en los valores de pendiente de lesiones benignas altamente vasculares y malignas [5].

Desafíos y Direcciones Futuras

Estandarización y Adopción de Nuevas Tecnologías

La adopción de técnicas avanzadas como la qMRI enfrenta desafíos como la necesidad de supresión de artefactos metálicos y la estandarización de los procedimientos de imagen. Además, la integración de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial en la imagenología musculoesquelética promete mejorar la evaluación automática de patologías [1,3].

Técnicas avanzadas en imagenología musculoesquelética

Las técnicas avanzadas en imagenología musculoesquelética han evolucionado significativamente, incorporando tecnologías que mejoran la calidad de las imágenes, reducen el tiempo de examen y aumentan la seguridad del paciente.

Avances en Tomografía Computarizada (CT)

CT de Cuatro Dimensiones (4D): Captura imágenes durante el movimiento, útil para evaluar inestabilidades articulares y lesiones ligamentarias [3,5].

CT de Haz Cónico (CBCT): Permite la imagenología en modo de carga, mejorando el diagnóstico de procesos patológicos [3,5].

CT de Doble Energía (DECT): Mejora la resolución de contraste para evaluar composiciones de tejidos, como depósitos de gota y edema de médula ósea [3,5].

CT de Contaje de Fotones (PCCT): Ofrece mayor resolución espacial y de contraste que los sistemas convencionales [3,8].

Avances en Resonancia Magnética (MRI)

MRI de Campo Alto y Bajo: Mejora la calidad de imagen y ofrece alternativas más económicas [8].

Técnicas Cuantitativas (qMRI): Incluyen mapeo T2, imagen de difusión y evaluación metabólica, proporcionando métricas objetivas para caracterizar enfermedades [4,9].

Aceleración de MRI: Métodos basados en aprendizaje profundo y algoritmos de reconstrucción que reducen el tiempo de escaneo [3,7].

Aplicaciones de Inteligencia Artificial y Procesamiento de Imágenes

Inteligencia Artificial (IA): Automatiza la evaluación de patologías musculoesqueléticas, mejorando el diagnóstico y la clasificación de la severidad de enfermedades [3,8].

Renderizado Cinemático y Modelos 3D: Utilizan datos de CT para mejorar la representación de imágenes [3,8].

Avances Tecnológicos y Futuro de la Imagenología Musculoesquelética

El campo de la imagenología musculoesquelética ha experimentado avances significativos en los últimos años, mejorando la precisión diagnóstica, la velocidad de adquisición de imágenes y la integración con nuevas tecnologías.

Inteligencia Artificial en la Interpretación de Imágenes

La inteligencia artificial (IA) ha emergido como una herramienta poderosa en la imagenología médica, con aplicaciones clave en la detección, clasificación y cuantificación de patologías musculoesqueléticas.

- **Aprendizaje profundo y redes neuronales convolucionales (CNNs):** Modelos de IA entrenados en grandes bases de datos pueden identificar fracturas, tumores óseos y signos de artropatías con alta precisión.
- **Asistencia en el diagnóstico:** Algoritmos de IA pueden ayudar a los radiólogos en la detección automatizada de lesiones, reduciendo el tiempo de interpretación y minimizando errores humanos.
- **Cuantificación de daño estructural:** En enfermedades como la osteoartritis, la IA permite

evaluar el grado de deterioro del cartílago y predecir la progresión de la enfermedad.

- **Aplicaciones en radiografía y resonancia magnética:** Existen programas capaces de segmentar imágenes de TC y RM, proporcionando reconstrucciones en 3D de estructuras óseas y musculares.

Nuevas Secuencias en Resonancia Magnética para Evaluación Musculoesquelética

La resonancia magnética (RM) continúa evolucionando con el desarrollo de secuencias avanzadas que mejoran la evaluación de tejidos blandos y estructuras óseas:

- **Secuencias de mapeo T2 y T1rho:** Permiten evaluar la composición del cartílago en patologías como la osteoartritis, facilitando la detección temprana de cambios degenerativos.
- **Secuencias de difusión ponderada (DWI):** Ayudan en la diferenciación entre tumores benignos y malignos, además de ser útiles en la detección de infecciones musculoesqueléticas.

- **RM cuantitativa:** Técnicas como el T2 mapping y el delayed gadolinium-enhanced MRI of cartilage (dGEMRIC) permiten caracterizar la estructura y función del cartílago articular.
- **Secuencias de ultrarrápida adquisición:** Reducen los tiempos de exploración y mejoran la calidad de imagen en pacientes pediátricos o en aquellos con dificultades para permanecer inmóviles.

Aplicaciones de Radiología Intervencionista

Las técnicas de radiología intervencionista han cobrado relevancia en el manejo de patologías musculoesqueléticas, combinando imagenología con procedimientos mínimamente invasivos.

- **Biopsia guiada por imagen:** Utilización de ultrasonido, tomografía computarizada o resonancia magnética para obtener muestras de tejido en casos de tumores óseos y partes blandas.

- **Infiltraciones terapéuticas:** Aplicación de corticosteroides, plasma rico en plaquetas o ácido hialurónico en articulaciones y tejidos periarticulares bajo guía ecográfica o fluoroscópica.
- **Ablación por radiofrecuencia o crioterapia:** Tratamientos utilizados en tumores óseos benignos como el osteoma osteoide o en metástasis óseas para alivio del dolor.
- **Vertebroplastia y cifoplastia:** Procedimientos guiados por imagen para el tratamiento de fracturas vertebrales osteoporóticas.

Imagenología Molecular y Medicina Personalizada

El avance en técnicas de imagen molecular ha permitido una mejor caracterización de enfermedades musculoesqueléticas a nivel celular y metabólico.

- **PET-TC con fluorodesoxiglucosa (18F-FDG):** Técnica útil para la detección de metástasis óseas y evaluación de respuesta a tratamientos oncológicos.

- **Uso de trazadores específicos:** Nuevos radiofármacos dirigidos a la actividad osteoblástica y osteoclástica han mejorado la evaluación de enfermedades metabólicas óseas.
- **Resonancia magnética con nanopartículas:** En desarrollo para la detección precoz de inflamación sinovial y daño articular en enfermedades reumatológicas.

Integración de Big Data y Telemedicina en Imagenología Musculoesquelética

El acceso a grandes volúmenes de datos médicos y la digitalización de la radiología han facilitado la implementación de nuevas estrategias en diagnóstico y seguimiento.

- **Sistemas de archivo y comunicación de imágenes (PACS):** Permiten la evaluación remota de estudios imagenológicos, mejorando la accesibilidad en áreas con escasez de especialistas.

- **Tele-radiología y consulta a distancia:** Radiólogos pueden interpretar imágenes desde cualquier parte del mundo, acelerando la toma de decisiones clínicas.
- **Análisis de big data:** La recopilación y análisis de grandes bases de datos han permitido la identificación de patrones en patologías musculoesqueléticas, mejorando la predicción de enfermedades y optimizando los tratamientos.

Conclusiones y Perspectivas Futuras

El futuro de la imagenología musculoesquelética se orienta hacia un diagnóstico más preciso, rápido y personalizado. La combinación de inteligencia artificial, nuevas técnicas de resonancia magnética, radiología intervencionista y medicina molecular promete transformar el abordaje de enfermedades musculoesqueléticas en la próxima década. La integración de estas tecnologías no solo mejorará la detección temprana y el tratamiento de patologías, sino

que también optimizará la eficiencia en la atención médica[10,11,12].

Referencias:

1. B. Eck et al. "Quantitative MRI for Evaluation of Musculoskeletal Disease: Cartilage and Muscle Composition, Joint Inflammation, and Biomechanics in Osteoarthritis.." *Investigative radiology* (2022). <https://doi.org/10.1097/RLI.0000000000000909>.
2. C. Simpfendorfer et al. "Radiologic Approach to Musculoskeletal Infections.." *Infectious disease clinics of North America*, 31 2: 299-324 . <https://doi.org/10.1016/j.idc.2017.01.004>.
3. S. Demehri et al. "Musculoskeletal CT Imaging: State-of-the-Art Advancements and Future Directions.." *Radiology*, 308 2 (2023): e230344 . <https://doi.org/10.1148/radiol.230344>.
4. S. Ahlawat et al. "Three-Dimensional Magnetic Resonance Imaging in the Musculoskeletal System: Clinical Applications and Opportunities to Improve Imaging Speed and Resolution.." *Investigative radiology* (2024). <https://doi.org/10.1097/RLI.0000000000001133>.
5. I. Möller et al. "The 2017 EULAR standardised procedures for ultrasound imaging in rheumatology." *Annals of the*

- Rheumatic Diseases*, 76 (2017): 1974 - 1979.
<https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2017-211585>.
6. E. Argentieri et al. "Updates in Musculoskeletal Imaging." *Sports Health*, 10 (2018): 296 - 302.
<https://doi.org/10.1177/1941738118780230>.
 7. Marcin B. Turecki et al. "Imaging of musculoskeletal soft tissue infections." *Skeletal Radiology*, 39: 957-971.
<https://doi.org/10.1007/s00256-009-0780-0>.
 8. Richard Kijowski et al. "Emerging Technology in Musculoskeletal MRI and CT.." *Radiology* (2022): 220634 .
<https://doi.org/10.1148/radiol.220634>.
 9. D. Hayashi et al. "Emerging Quantitative Imaging Techniques in Sports Medicine.." *Radiology*, 308 2 (2023): e221531 .
<https://doi.org/10.1148/radiol.221531>.
 10. Rodríguez A, Martínez L, Reyes Alvarado S. Uso de nuevas tecnologías en radiología e imágenes diagnósticas y su relación con las competencias profesionales y/o perfil de egreso del licenciado en radiología de Panamá y Latinoamérica en los últimos 15 años. *Ciencia Latina Rev Cient Multidiscip* [Internet]. 2023;7(1):6762-88.
 11. Carestream. Tendencias clave que determinan el futuro de la radiología [Internet]. Carestream Blog; 2021 Ene 5 [citado 2024 Mar 11].
 12. Nubix. Técnicas avanzadas en radiología digital: explorando el futuro de la imagen médica [Internet]. Nubix Cloud; 2022 Jun 27 [citado 2024 Mar 11].

Anatomía por Imagen: Guía para la interpretación de Imágenes Médicas

María del Mar Fierro Loor

Médico General Graduada de la Universidad
Católica de Santiago de Guayaquil
Docente en el Tecnológico Universitario Argos

Introducción a la Anatomía por Imagen

La interpretación de imágenes médicas es una habilidad esencial en el campo de la medicina, que permite a los profesionales de la salud diagnosticar y tratar diversas condiciones. Este proceso implica el análisis de imágenes obtenidas a través de diferentes modalidades, como radiografías, tomografías computarizadas (CT), resonancias magnéticas (MRI) y ultrasonidos, para identificar estructuras anatómicas y posibles patologías.

Desafíos en la Interpretación de Imágenes Médicas

La interpretación de imágenes médicas presenta varios desafíos, como la presencia de artefactos, oclusiones y bajo contraste, lo que puede llevar a una alta variabilidad entre evaluadores en la detección y clasificación de anomalías, especialmente en radiografías de tórax [1]. Además, la transición cognitiva necesaria para interpretar imágenes clínicas, que requiere reconciliar estructuras tridimensionales conocidas con información

visual bidimensional, es un reto significativo para los estudiantes de medicina [4].

Importancia del Conocimiento Anatómico

El conocimiento detallado de la anatomía normal es crucial para la interpretación precisa de imágenes médicas. Enseñar a los estudiantes a reconocer la anatomía normal en las imágenes puede aumentar significativamente su confianza y competencia en la identificación de patologías [2]. Además, la correlación de fotografías anatómicas con estudios de imagen, como se hace en módulos educativos, puede mejorar la comprensión de las modalidades de imagen [3].

La integración de enfoques educativos que combinan métodos digitales y físicos puede mejorar la comprensión de la anatomía seccional entre los estudiantes novatos. El uso de visualizaciones tridimensionales y modelos digitales junto con impresiones 3D ha demostrado ser efectivo para mejorar la interpretación de la anatomía seccional [10]. Además, la inclusión de imágenes en evaluaciones escritas ha

mostrado mejorar el rendimiento de los estudiantes en preguntas clínicas [5].

Sistemas de Interpretación de Imágenes Médicas

Los sistemas de interpretación de imágenes médicas que incorporan conocimiento anatómico experto pueden superar las limitaciones de las técnicas convencionales de procesamiento de imágenes. Estos sistemas son esenciales para segmentar y analizar estructuras anatómicas en situaciones donde las técnicas convencionales no son suficientes, como en imágenes con baja resolución espacial o contraste [5].

Técnicas de Enseñanza en Anatomía por Imagen

Uso del Ultrasonido

El ultrasonido se ha integrado exitosamente en la enseñanza de la anatomía, proporcionando a los estudiantes una visión en tiempo real de la anatomía funcional. Este método ha demostrado ser útil para mejorar la comprensión de la anatomía de superficie y la orientación en imágenes 3D, aunque los estudiantes

pueden encontrar desafíos al interpretar imágenes de órganos complejos como el corazón [11,9]. La exposición temprana al ultrasonido prepara a los estudiantes para su uso en la práctica clínica [9,11].

Integración de Imágenes Médicas

La integración de diversas modalidades de imágenes médicas, como radiografías, resonancias magnéticas (MRI), tomografías computarizadas (CT) y ultrasonido, en el currículo de anatomía ha mejorado la calidad de la enseñanza. Estas técnicas se utilizan en sesiones prácticas y conferencias, y han sido bien recibidas por los estudiantes, quienes consideran que mejoran su comprensión de las modalidades de imagen [10,11].

Actividades Prácticas y Slicing de Órganos

Las actividades prácticas, como el corte manual de órganos, han demostrado aumentar la efectividad de la enseñanza de la anatomía, mejorando la capacidad de los estudiantes para interpretar imágenes radiológicas. Este método ha mostrado resultados positivos en el

rendimiento de los estudiantes en pruebas de anatomía transversal [13].

Comparación de Métodos de Enseñanza

Estudios comparativos han mostrado que tanto el ultrasonido como las proyecciones cadavéricas son igualmente efectivos para enseñar la anatomía cardíaca. Ambos métodos aumentan el conocimiento de los estudiantes de manera similar, sugiriendo que cualquiera de los dos puede ser incluido en el currículo de anatomía [14].

Desafíos y Direcciones Futuras

A pesar de los avances, la enseñanza de la anatomía por imagen enfrenta desafíos, como la necesidad de estandarizar los métodos de enseñanza para facilitar su evaluación y mejorar su efectividad [12]. Además, se requiere más investigación para evaluar la adecuación de las nuevas metodologías de enseñanza en los currículos modernos y su capacidad para satisfacer los resultados de aprendizaje [15].

En conclusión, la integración de técnicas de imagen en la enseñanza de la anatomía ha mejorado significativamente la comprensión de los estudiantes, aunque se necesita una mayor estandarización y evaluación para optimizar su efectividad en la educación médica.

Aplicaciones Clínicas por Región Anatómica

La interpretación de imágenes médicas varía según la región anatómica evaluada y la modalidad utilizada. A continuación, se abordan las principales aplicaciones clínicas de la imagenología en distintas áreas del cuerpo.

Sistema Nervioso Central

Las técnicas de imagen más utilizadas en el estudio del sistema nervioso central son la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM). La TC es la herramienta inicial en casos de traumatismo craneoencefálico, hemorragias intracraneales y enfermedades cerebrovasculares agudas, gracias a su rapidez y disponibilidad. En cambio, la RM es el método

de elección para evaluar patologías desmielinizantes, tumores cerebrales y trastornos neurodegenerativos, debido a su capacidad para diferenciar tejidos con gran detalle y sin exposición a radiación ionizante[16].

Tórax

La radiografía de tórax es el estudio inicial en la evaluación de enfermedades pulmonares y cardíacas. Su interpretación se basa en la identificación de estructuras anatómicas normales y la búsqueda de alteraciones como consolidaciones, derrames pleurales o cardiomegalia. En casos más complejos, la TC de alta resolución permite una mejor caracterización de enfermedades intersticiales pulmonares, neoplasias y tromboembolismo pulmonar. Además, la angiotomografía pulmonar es fundamental en la evaluación de la vasculatura pulmonar, especialmente en la sospecha de embolia pulmonar[17].

Abdomen y Pelvis

El ultrasonido es la modalidad de primera línea para evaluar patologías hepáticas, renales y ginecológicas,

debido a su accesibilidad y ausencia de radiación. La TC de abdomen es la técnica de referencia en la evaluación de urgencias abdominales, como apendicitis, obstrucción intestinal y perforaciones viscerales, mientras que la RM se reserva para estudios más detallados del hígado, páncreas y sistema biliar, así como en la evaluación de tumores pélvicos. La tomografía por emisión de positrones (PET-TC) puede complementar estos estudios en la detección de lesiones metabólicamente activas, especialmente en oncología[18].

Sistema Musculoesquelético

La radiografía sigue siendo el estudio inicial en la evaluación de fracturas, artritis y deformidades óseas. En lesiones más complejas o en tejidos blandos, la RM es la técnica de elección, permitiendo una evaluación detallada de músculos, ligamentos y cartílagos. En casos de traumatismos de alta energía o sospecha de fracturas ocultas, la TC ofrece una excelente visualización de estructuras óseas con reconstrucciones tridimensionales para una mejor planificación quirúrgica[19].

Sistema Vascular

El ultrasonido Doppler es esencial en la evaluación de la circulación arterial y venosa, permitiendo detectar trombosis venosa profunda, insuficiencia venosa y estenosis arteriales. Para estudios más avanzados, la angiotomografía y la angiorresonancia proporcionan imágenes detalladas del árbol vascular, siendo fundamentales en la planificación de procedimientos endovasculares y en la evaluación de aneurismas, disecciones aórticas y enfermedad arterial periférica.

El análisis de imágenes en cada una de estas regiones anatómicas requiere un enfoque sistemático, considerando siempre la correlación clínica para evitar errores en la interpretación[20].

Conclusiones y Recomendaciones

La interpretación de imágenes médicas es una habilidad fundamental en la práctica clínica, ya que permite el diagnóstico oportuno de diversas patologías y la planificación de tratamientos adecuados. A lo largo de

este capítulo se han abordado los principios básicos de las principales técnicas de imagen, la orientación anatómica en las diferentes modalidades y los enfoques sistemáticos para su análisis. También se han explorado las aplicaciones clínicas en distintas regiones anatómicas, destacando la importancia de la correlación entre hallazgos radiológicos y manifestaciones clínicas.

Uno de los aspectos más relevantes en la interpretación de imágenes es la necesidad de un enfoque estructurado para minimizar errores y mejorar la precisión diagnóstica. La familiaridad con las densidades radiológicas en radiografía y tomografía computarizada, así como la correcta identificación de los distintos contrastes en resonancia magnética y ultrasonido, son fundamentales para diferenciar estructuras normales de patológicas. Además, es crucial reconocer la presencia de artefactos que puedan interferir con el diagnóstico y evitar interpretaciones erróneas.

El avance tecnológico en las técnicas de imagen ha permitido una mejor visualización de estructuras

anatómicas y funcionales, facilitando el diagnóstico precoz de enfermedades. El desarrollo de herramientas como la inteligencia artificial en radiología promete optimizar la interpretación de imágenes, reducir la variabilidad entre observadores y mejorar la eficiencia en la toma de decisiones clínicas. Sin embargo, el juicio clínico del especialista sigue siendo insustituible y es esencial integrar la información radiológica con la historia y la exploración física del paciente.

Para mejorar la interpretación de imágenes médicas, se recomienda la práctica constante mediante el análisis de casos clínicos y el uso de recursos educativos como atlas anatómicos y plataformas interactivas. La colaboración interdisciplinaria entre radiólogos y clínicos es clave para lograr un diagnóstico preciso y mejorar la atención al paciente. Finalmente, es importante mantenerse actualizado con la literatura científica y los avances en tecnología de imagen para optimizar el uso de estas herramientas en la práctica clínica diaria[2,6,7].

Referencias

1. Florin C. Ghesu et al. "Quantifying and Leveraging Predictive Uncertainty for Medical Image Assessment." *Medical image analysis*, 68 (2020): 101855 . <https://doi.org/10.1016/j.media.2020.101855>.
2. M. Vaghela et al. "1007 Flipping the Radiology – Teaching ‘Normal Radiological Anatomy’ to UK Medical Students." *British Journal of Surgery* (2024). <https://doi.org/10.1093/bjs/znae163.468>.
3. Aimee Hite et al. "Gross Cross-Sectional Anatomy as a Tool to Develop Imaging Proficiency in Medical Students." *The FASEB Journal*, 34 (2020). <https://doi.org/10.1096/fasebj.2020.34.s1.03080>.
4. I. Keenan et al. "Interdimensional Travel: Visualisation of 3D-2D Transitions in Anatomy Learning.." *Advances in experimental medicine and biology*, 1235 (2020): 103-116 . https://doi.org/10.1007/978-3-030-37639-0_6.
5. M. Sagoo et al. "Online Assessment of Applied Anatomy Knowledge: The Effect of Images on Medical Students' Performance." *Anatomical Sciences Education*, 14 (2020). <https://doi.org/10.1002/ase.1965>.
6. M. Swamy et al. "Anatomy teaching with portable ultrasound to medical students." *BMC Medical Education*, 12 : 99 - 99. <https://doi.org/10.1186/1472-6920-12-99>.

7. B. Grignon et al. "Teaching medical anatomy: what is the role of imaging today?." *Surgical and Radiologic Anatomy*, 38: 253-260. <https://doi.org/10.1007/s00276-015-1548-y>.
8. Leijin Li et al. "A Hands-On Organ-Slicing Activity to Teach the Cross-Sectional Anatomy." *Anatomical Sciences Education*, 13 (2020). <https://doi.org/10.1002/ase.1947>.
9. Claire F. Smith et al. "Learning anatomy through ultrasound: The student experience." *The FASEB Journal*, 33 (2019). https://doi.org/10.1096/fasebj.2019.33.1_supplement.609.1.
10. T. Murakami et al. "An integrated teaching method of gross anatomy and computed tomography radiology." *Anatomical Sciences Education*, 7. <https://doi.org/10.1002/ase.1430>.
11. M. Moscovia et al. "Integration of medical imaging including ultrasound into a new clinical anatomy curriculum." *Anatomical Sciences Education*, 8 (2015). <https://doi.org/10.1002/ase.1481>.
12. H. Newman et al. "Technology enhanced neuroanatomy teaching techniques: A focused BEME systematic review of current evidence: BEME Guide No. 75." *Medical Teacher*, 44 (2022): 1069 - 1080. <https://doi.org/10.1080/0142159X.2022.2039382>.
13. Vicky Vandenbossche et al. "Ultrasound versus videos: A comparative study on the effectiveness of musculoskeletal anatomy education and student cognition." *Anatomical*

- Sciences Education*, 16 (2023): 1089 - 1101.
<https://doi.org/10.1002/ase.2311>.
14. M. Griksaitis et al. "Ultrasound and cadaveric prosections as methods for teaching cardiac anatomy: A comparative study." *Anatomical Sciences Education*, 5 (2012).
<https://doi.org/10.1002/ase.259>.
 15. M. Estai et al. "Best teaching practices in anatomy education: A critical review.." *Annals of anatomy = Anatomischer Anzeiger : official organ of the Anatomische Gesellschaft*, 208: 151-157 .
<https://doi.org/10.1016/j.aanat.2016.02.010>.
 16. Ronneberger O, Fischer P, Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. *Med Image Comput Comput Assist Interv*. 2015;9351:234-41.
 17. “Radiografía de Tórax: Interpretación Paso a Paso.”
Kenhub,
www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/radiografia-de-torax-interpretacion-paso-a-paso.
 18. “Anatomía Humana: Ilustraciones E Imágenes Médicas.”
IMAIOS, www.imaios.com/es/e-Anatomy.
 19. American Academy of Orthopaedic Surgeons. Radiografías, tomografías computarizadas (TC) e imágenes por resonancia magnética (IRM). OrthoInfo [Internet].
 20. National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering. Imagen por Resonancia Magnética (IRM). NIBIB [Internet].

