

Fundamentos de Imagenología Médica



Andres Bolivar Chica Estrella
Adriana Michelle Núñez López
Mary Judy Moya Sellán
José Samuel Vaque Ramírez
Santiago Adrian Blacio Reyes

Resonancia Magnética: Fundamentos, Secuencias y Análisis en la Práctica Clínica

Autor: Andres Bolivar Chica Estrella

Médico Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

Médico Residente Omni Hospital

Definición

La Resonancia Magnética (RM) es una técnica de diagnóstico por imagen no invasiva que no utiliza radiación ionizante (rayos X). En su lugar, emplea un potente campo magnético (B_0), pulsos de radiofrecuencia (RF) y gradientes de campo magnético para generar imágenes detalladas de la anatomía y los procesos fisiológicos del cuerpo. La RM se basa en las propiedades magnéticas de los núcleos de hidrógeno (protones) presentes abundantemente en el agua y la

grasa del cuerpo. Al manipular estos protones con un campo magnético y ondas de radio, la máquina de RM puede crear imágenes de altísimo contraste entre los diferentes tejidos blandos, convirtiéndola en una herramienta insustituible en la medicina moderna.

Epidemiología del Uso y Acceso a la Tecnología

La epidemiología en este contexto se refiere a la distribución y acceso a la tecnología de RM. A nivel mundial, existe una gran disparidad. Países de altos ingresos en Norteamérica, Europa y Asia Oriental tienen una alta densidad de equipos, con más de 25-60 resonadores por cada millón de habitantes (datos de la OCDE). Esto permite un amplio acceso y uso en la práctica clínica diaria.

En América Latina, la situación es heterogénea. La densidad de equipos es significativamente menor y se

concentra principalmente en grandes ciudades y en el sector privado. En Ecuador, no existen estadísticas oficiales continuas sobre el número exacto de resonadores, pero la disponibilidad es limitada en el sistema de salud público y mucho más accesible a través de seguros de salud privados o pago directo.

Según datos de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y estudios regionales, la tasa en muchos países de la región se encuentra por debajo de 10 equipos por millón de habitantes. Esta brecha en el acceso impacta los tiempos de espera para diagnósticos, la estratificación de enfermedades y la equidad en la atención sanitaria.

Fundamentos Físicos de la Resonancia Magnética

La generación de una imagen por RM es un proceso físico complejo que se puede simplificar en los siguientes pasos:

1. **Magnetización:** El paciente es introducido en el túnel del resonador, que contiene un imán superconductor que genera un campo magnético principal (B_0) muy potente y estable (usualmente de 1.5 o 3 Teslas). Este campo magnético alinea los ejes de los protones de hidrógeno del cuerpo, que normalmente están orientados al azar.
2. **Excitación:** Se emite un pulso de radiofrecuencia (RF) específico para los protones. Este pulso transfiere energía a los protones, sacándolos de su alineación con el campo B_0 .
3. **Detección de la Señal:** Se apaga el pulso de RF. Al intentar realinearse con el campo magnético

principal, los protones liberan la energía que absorbieron, emitiendo una señal de radio. Esta señal es detectada por una antena receptora (la bobina).

4. **Relajación y Contraste Tisular:** El contraste de la imagen se basa en la velocidad con la que los protones en diferentes tejidos liberan esa energía. Este proceso se llama relajación y tiene dos componentes principales:

- **Relajación T1 (Longitudinal):** Es el tiempo que tardan los protones en realinearse con el campo magnético B0. Es un proceso rápido en tejidos como la grasa.
- **Relajación T2 (Transversal):** Es el tiempo que tardan los protones en perder la sincronía entre ellos después del pulso

de RF. Es un proceso lento en líquidos como el agua o el líquido cefalorraquídeo.

Manipulando los tiempos de los pulsos de RF y la detección de la señal, podemos crear imágenes ponderadas en T1, T2 u otras secuencias, donde el brillo de cada tejido dependerá de sus propiedades de relajación.

Aplicaciones Clínicas e Indicaciones

La RM es la modalidad de elección para la evaluación de una vasta gama de condiciones clínicas, especialmente en tejidos blandos.

- **Neurorradiología:** Es la aplicación estrella. Indispensable para el diagnóstico de accidentes cerebrovasculares (ACV) isquémicos agudos, tumores cerebrales, esclerosis múltiple, enfermedades degenerativas (Alzheimer,

Parkinson), infecciones (meningitis, encefalitis) y patología de la médula espinal.

- **Sistema Musculoesquelético:** Herramienta fundamental para evaluar lesiones de ligamentos, tendones, meniscos, músculos y cartílago en articulaciones como la rodilla, el hombro y la cadera. También es clave para la detección de tumores óseos y de partes blandas, así como infecciones (osteomielitis).
- **Abdomen y Pelvis:** Excelente para la caracterización de lesiones focales en el hígado, evaluación de las vías biliares (colangio-RM), y diagnóstico de patologías del páncreas, riñones y glándulas suprarrenales. En la pelvis, es el estándar de oro para la estadificación del cáncer de próstata, recto y cérvix.
- **Cardiología (Cardio-RM):** Permite una evaluación precisa de la morfología y función

cardíaca, caracterización de miocardiopatías, y detección de áreas de infarto o fibrosis.

- **Mama:** Utilizada como complemento a la mamografía y ecografía, especialmente en pacientes de alto riesgo, para la detección de cáncer de mama y la evaluación de la integridad de los implantes.

Secuencias Fundamentales y Análisis de Imagen

El "diagnóstico" en RM se basa en el análisis de diferentes secuencias de pulso. Cada secuencia proporciona información única. El "tratamiento" o manejo del paciente depende directamente de la interpretación de estas secuencias.

- **Imágenes Ponderadas en T1:**
 - **Apariencia:** La grasa es brillante (hiperintensa), mientras que los líquidos (agua, LCR) son oscuros (hipointensos).
 - **Uso principal:** Proporciona un excelente detalle anatómico. Es la secuencia base.
- **Imágenes Ponderadas en T2:**
 - **Apariencia:** Los líquidos y la patología con edema/inflamación son brillantes (hiperintensos). La grasa también es brillante.
 - **Uso principal:** Detección de patología. Es la secuencia "busca-lesiones".
- **FLAIR (Fluid Attenuated Inversion Recovery):**
 - **Apariencia:** Similar a T2 (la patología es brillante), pero la señal del líquido cefalorraquídeo (LCR) es suprimida (se ve oscuro).

- **Uso principal:** Esencial en neurorradiología para detectar lesiones periventriculares (ej. placas de esclerosis múltiple) sin que el brillo del LCR las oculte.
- **Imágenes Ponderadas por Difusión (DWI y ADC):**
 - **Concepto:** Mide el movimiento aleatorio (difusión) de las moléculas de agua. En ciertas patologías como el infarto cerebral agudo o los tumores muy celulares, la difusión está restringida.
 - **Apariencia:** En DWI, la difusión restringida brilla. En el mapa de ADC, se ve oscura.
 - **Uso principal:** Diagnóstico precoz del ACV isquémico (en minutos), caracterización de tumores y abscesos.

- **Imágenes con Contraste (Gadolinio):**
 - **Concepto:** Se administra un medio de contraste intravenoso a base de gadolinio. Este se acumula en zonas con alta vascularización o donde la barrera hematoencefálica está rota.
 - **Uso principal:** Resaltar tumores, infecciones y procesos inflamatorios activos. Se utiliza con secuencias T1 con supresión grasa.

Innovaciones y Futuro de la Resonancia Magnética

El pronóstico de la tecnología es de constante evolución.

- **Resonadores de Ultra-Alto Campo (7T):**

Ofrecen una resolución espacial y una relación señal-ruido sin precedentes, permitiendo visualizar estructuras anatómicas diminutas y

mejorar la caracterización de enfermedades neurodegenerativas.

- **Inteligencia Artificial (IA):** La IA está revolucionando la RM. Se utiliza para acelerar los tiempos de adquisición, reconstruir imágenes de mayor calidad a partir de menos datos, automatizar la segmentación de órganos y lesiones, y ayudar en la detección y clasificación de patologías.
- **RM Cuantitativa:** Va más allá de la imagen cualitativa, proporcionando mapas numéricos de parámetros físicos (ej. mapas de T1, T2, fracción grasa), lo que permite un seguimiento más objetivo de la progresión de enfermedades como la esteatosis hepática o la esclerosis múltiple.
- **RM Funcional (fMRI) y Tractografía:** Permiten mapear la actividad cerebral y las principales vías

de sustancia blanca, siendo cruciales para la planificación neuroquirúrgica.

Recomendaciones de Seguridad y para el Paciente

La seguridad es primordial debido al potente campo magnético.

- **Contraindicaciones Absolutas:** Pacientes con marcapasos o desfibriladores no compatibles con RM, implantes cocleares, ciertos tipos de clips de aneurisma ferromagnéticos y cuerpos extraños metálicos en ubicaciones críticas (ej. ojo).
- **Contraindicaciones Relativas:** Embarazo en el primer trimestre (se evita por precaución), ciertos tipos de stents, válvulas cardíacas o implantes ortopédicos (requieren evaluación de compatibilidad).

- **Preparación del Paciente:**

- Se debe realizar un cuestionario de seguridad exhaustivo a cada paciente antes de entrar a la sala.
- El paciente debe quitarse todos los objetos metálicos (joyas, relojes, audífonos, piercings, ropa con cremalleras o botones metálicos).
- En pacientes con claustrofobia, se puede considerar la sedación o el uso de resonadores abiertos (aunque con menor calidad de imagen).
- En caso de usar contraste, se debe evaluar la función renal del paciente, ya que el gadolinio se ha asociado en raras ocasiones con fibrosis sistémica nefrogénica en pacientes con insuficiencia renal severa.

Bibliografía

1. Bitar, R., et al. (2024). MRI Safety: A Practical Guide for Radiologists and Technologists. *Radiographics*, 44(2), e230123.
2. Davenport, M. S., et al. (2020). Gadolinium-Based Contrast Agents in Kidney Disease: A Comprehensive Review and Clinical Practice Guideline from the National Kidney Foundation and the American College of Radiology. *Radiology*, 297(1), 199-212.
3. Dempere-Marco, L., & Pozo, J. M. (2023). Artificial Intelligence in MRI: From image reconstruction to clinical translation. *Frontiers in Neuroscience*, 17, 1283625.
4. Hagiwara, A., et al. (2021). FLAIR-hyperintense lesions in the CSF space: A diagnostic approach. *Radiographics*, 41(3), 819-841.

5. Horvat, N., et al. (2022). A practical guide to abbreviated MRI protocols in the abdomen and pelvis. *European Journal of Radiology*, 154, 110419.
6. Johnson, K. M., & Weigand, S. D. (2021). MRI for the Diagnosis and Monitoring of Multiple Sclerosis. *Neurologic Clinics*, 39(1), 53-67.
7. McRobbie, D. W., & Moore, E. A. (2023). *MRI from Picture to Proton* (4th ed.). Cambridge University Press.
8. Padhani, A. R., et al. (2020). Diffusion-weighted magnetic resonance imaging as a cancer biomarker: consensus and recommendations. *Cancer Research*, 80(16), 3241-3255.
9. Shah, A. D., & Wood, J. C. (2021). Cardiac MRI for the assessment of myocardial iron overload. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*, 23(1), 1-17.

10. van der Pol, C. B., et al. (2022). Quantitative MRI for the assessment of musculoskeletal disease. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 56(6), 1603-1620.

Imagenología en Neurología: Un Vistazo Profundo al Cerebro, Médula Espinal y su Vascularización

Autora: Adriana Michelle Núñez López

Médica Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

Médico General en Consultorio Privado.

Coordinador Médico en Best Doctors

Definición

La neuroimagenología o imagenología neurológica es una especialidad médica que emplea un conjunto de técnicas de imagen para obtener vistas detalladas del sistema nervioso central, que comprende el cerebro, la médula espinal, así como la compleja red de vasos sanguíneos que los nutren. Estas herramientas son fundamentales no solo para el diagnóstico preciso de

una amplia gama de patologías neurológicas, sino también para la planificación de tratamientos, la monitorización de la progresión de enfermedades y la investigación de las funciones cerebrales. A través de modalidades como la Tomografía Computarizada (TC), la Resonancia Magnética (RM) en sus diversas variantes (funcional, espectroscopía, tractografía), la Angiografía y la Tomografía por Emisión de Positrones (PET), los clínicos pueden visualizar la anatomía estructural, la función metabólica, el flujo sanguíneo y la integridad de las vías neuronales, ofreciendo una ventana sin precedentes al funcionamiento interno del sistema nervioso.

Epidemiología

Las enfermedades neurológicas representan una de las principales causas de discapacidad y mortalidad a nivel mundial. Según la Organización Mundial de la Salud

(OMS), en 2021, más de 3 mil millones de personas vivían con una condición neurológica, convirtiéndolas en la principal causa de mala salud y discapacidad a nivel global. El accidente cerebrovascular (ACV), la migraña, la demencia (como la enfermedad de Alzheimer), la meningitis y la epilepsia se encuentran entre las diez principales causas de pérdida de salud.

En Ecuador, aunque los datos epidemiológicos neurológicos a gran escala son limitados, estudios en centros de atención primaria y hospitalarios reflejan esta tendencia global. Investigaciones publicadas en la "Revista Ecuatoriana de Neurología" y otros estudios locales muestran una alta prevalencia de cefaleas (incluyendo migraña), epilepsia, enfermedades cerebrovasculares y traumatismos craneoencefálicos. Por ejemplo, un estudio en una zona rural de la sierra ecuatoriana identificó a las cefaleas tensionales y la

epilepsia como algunas de las patologías neurológicas más frecuentes. La carga de enfermedades neurodegenerativas, como el Parkinson y el Alzheimer, también está en aumento, en parte debido al envejecimiento de la población.

Fisiopatología

La fisiopatología de las enfermedades neurológicas es diversa y depende de la condición específica. La neuroimagenología es crucial para elucidar estos mecanismos.

- **Enfermedad Cerebrovascular (ECV):** La causa subyacente puede ser isquémica o hemorrágica. En el **ACV isquémico**, una arteria cerebral se ocluye por un trombo o un émbolo, lo que interrumpe el flujo sanguíneo y priva de oxígeno y glucosa a una región del cerebro, llevando a la

muerte celular (infarto). La neuroimagen, especialmente la RM de difusión, es capaz de detectar este daño tisular en cuestión de minutos. En el **ACV hemorrágico**, la ruptura de un vaso sanguíneo provoca una hemorragia dentro del parénquima cerebral o en los espacios circundantes, causando daño por compresión y por los efectos tóxicos de la sangre. La TC sin contraste es la herramienta de elección inicial para detectar sangre fresca.

- **Enfermedades Desmielinizantes (ej. Esclerosis Múltiple):** Se caracterizan por un ataque autoinmune contra la mielina, la vaina que recubre las fibras nerviosas en el cerebro y la médula espinal. Esto provoca una interrupción en la conducción de los impulsos nerviosos. La RM es fundamental para visualizar las lesiones

desmielinizantes (placas) en la sustancia blanca, que aparecen como áreas hiperintensas en secuencias T2 y FLAIR. La captación de contraste (gadolinio) indica inflamación activa.

- **Tumores Cerebrales:** Se originan por el crecimiento celular anómalo y no controlado dentro del cráneo. Pueden ser primarios (originados en el tejido cerebral) o metastásicos (diseminados desde otro cáncer en el cuerpo). El crecimiento del tumor y el edema asociado (hinchazón) aumentan la presión intracraneal, comprimiendo y dañando el tejido cerebral circundante. La RM con contraste es la modalidad de imagen principal para caracterizar la localización, tamaño, efecto de masa y características del tumor.

- **Traumatismo Craneoencefálico (TCE) y Lesión Medular:** El daño primario ocurre en el momento del impacto (contusiones, laceraciones, daño axonal difuso). El daño secundario se desarrolla en las horas y días siguientes debido a procesos como edema, isquemia, hemorragia y respuestas inflamatorias. La TC es vital en la fase aguda para detectar fracturas y hemorragias. La RM es más sensible para detectar lesiones no hemorrágicas, como el daño axonal difuso.

Cuadro Clínico

Los síntomas de las patologías neurológicas son extremadamente variados y dependen directamente del área del sistema nervioso afectada.

- **Cerebro:**

- **Déficits Focales:** Debilidad o parálisis de una parte del cuerpo (hemiparesia), dificultad para hablar o comprender el lenguaje (afasia), pérdida de la visión en una parte del campo visual (hemianopsia).
- **Síntomas Generales:** Cefalea (dolor de cabeza) intensa y súbita, convulsiones, alteración del estado de conciencia (somnolencia, confusión, coma), náuseas y vómitos.
- **Trastornos Cognitivos y Conductuales:** Pérdida de memoria, cambios de personalidad, dificultad para la planificación y el juicio.

- **Médula Espinal:**

- Pérdida de la función motora y/o sensorial por debajo del nivel de la lesión.
- Alteraciones en el control de esfínteres (incontinencia urinaria y/o fecal).
- Dolor neuropático, que puede ser quemante o punzante.

- **Vascularización Cerebral:**

- Los síntomas de un ACV son de aparición súbita y reflejan el territorio vascular afectado. Por ejemplo, una oclusión de la arteria cerebral media puede causar hemiparesia y afasia.
- La ruptura de un aneurisma a menudo se presenta con una cefalea "en trueno", descrita como el peor dolor de cabeza de la vida del paciente.

Diagnóstico

El diagnóstico en neurología se basa en una combinación de la historia clínica, el examen neurológico y, de manera fundamental, los estudios de neuroimagen.

- **Tomografía Computarizada (TC):** Es rápida, accesible y excelente para la evaluación inicial de traumatismos craneoencefálicos, la detección de hemorragias agudas y fracturas óseas. La angiotomografía (Angio-TC) permite visualizar los vasos sanguíneos del cerebro y el cuello.
- **Resonancia Magnética (RM):** Ofrece un detalle anatómico superior de los tejidos blandos del cerebro y la médula espinal en comparación con la TC. Es la técnica de elección para el estudio de

tumores, esclerosis múltiple, infecciones y la mayoría de las patologías medulares.

- **RM de Difusión (DWI):** Extremadamente sensible para detectar isquemia cerebral aguda en minutos.
- **RM Funcional (fMRI):** Mapea la actividad cerebral midiendo los cambios en el flujo sanguíneo, utilizada en la planificación quirúrgica para localizar áreas elocuentes como el lenguaje y la función motora.
- **Espectroscopía por RM:** Analiza la composición química de los tejidos, ayudando a diferenciar entre tipos de tumores y otras lesiones.
- **Tractografía (Imagen por Tensor de Difusión):** Visualiza las principales vías

de sustancia blanca, crucial para evaluar lesiones axonales y para la planificación neuroquirúrgica.

- **Angiografía por Sustracción Digital (ASD):**
Considerada el "estándar de oro" para evaluar los vasos sanguíneos. Es un procedimiento invasivo que implica la inserción de un catéter y la inyección de contraste para obtener imágenes de alta resolución de las arterias y venas.
- **Tomografía por Emisión de Positrones (PET):**
Evalúa el metabolismo cerebral, siendo útil en el diagnóstico diferencial de demencias, la localización de focos epilépticos y la graduación de tumores.

Tratamiento

El tratamiento de las enfermedades neurológicas es altamente específico y a menudo guiado por los hallazgos de la neuroimagen.

- **Accidente Cerebrovascular Isquémico:** La imagenología es crucial para determinar la elegibilidad para terapias de reperfusión. La trombólisis intravenosa con activador del plasminógeno tisular (tPA) debe administrarse dentro de una ventana de tiempo estricta (generalmente 4.5 horas). La trombectomía mecánica, guiada por Angio-TC o Angio-RM, permite la extracción de coágulos de grandes vasos en una ventana extendida.
- **Esclerosis Múltiple:** El tratamiento se basa en terapias modificadoras de la enfermedad que

buscan reducir la frecuencia y severidad de las recaídas y retrasar la progresión de la discapacidad. La RM seriada se utiliza para monitorear la actividad de la enfermedad (nuevas lesiones o lesiones activas con contraste) y la respuesta al tratamiento.

- **Tumores Cerebrales:** El manejo suele ser multidisciplinario e incluye cirugía, radioterapia y quimioterapia. La neuroimagen es esencial para la planificación quirúrgica (usando fMRI y tractografía para maximizar la resección minimizando el daño a áreas funcionales) y para dirigir la radioterapia.
- **Lesiones Medulares:** El tratamiento inicial se enfoca en la estabilización de la columna para prevenir mayor daño. La cirugía puede ser

necesaria para descomprimir la médula espinal.

La rehabilitación a largo plazo es fundamental.

Pronóstico de los Pacientes

El pronóstico varía enormemente según la patología, su severidad y la prontitud del tratamiento. La neuroimagen ofrece importantes marcadores pronósticos.

- **ACV:** El volumen del infarto inicial en la RM de difusión y la presencia de penumbra isquémica (tejido en riesgo pero aún salvable) son predictores clave de la recuperación funcional.
- **Esclerosis Múltiple:** Una alta carga lesional en la RM cerebral y medular al inicio de la enfermedad, así como la presencia de atrofia cerebral, se asocian con un peor pronóstico a largo plazo.

- **Tumores Cerebrales:** El pronóstico depende del tipo de tumor, su grado histológico, la localización y el grado de resección quirúrgica, todo ello evaluado con precisión mediante RM.
- **Traumatismo Craneoencefálico:** La presencia de hematomas, edema severo y daño axonal difuso en las imágenes iniciales son indicadores de un peor pronóstico neurológico.

Recomendaciones

1. **Educación Continua:** Los profesionales de la salud deben mantenerse actualizados sobre los avances en las técnicas de neuroimagen y sus aplicaciones clínicas para optimizar el manejo del paciente.
2. **Protocolos Estandarizados:** Es fundamental la implementación de protocolos de adquisición de imágenes estandarizados, especialmente en RM

para enfermedades como la esclerosis múltiple, para permitir comparaciones fiables a lo largo del tiempo y entre diferentes centros.

3. **Uso Racional de la Imagenología:** La indicación de estudios de neuroimagen debe basarse en una sospecha clínica bien fundamentada para evitar la sobreutilización y la exposición innecesaria a radiación (en el caso de la TC).
4. **Enfoque Multidisciplinario:** La interpretación de los estudios de neuroimagen y la toma de decisiones terapéuticas deben realizarse en el contexto de equipos multidisciplinarios que incluyan neurólogos, radiólogos, neurocirujanos y otros especialistas.
5. **Investigación Local:** Fomentar la investigación epidemiológica en neurología en Ecuador para obtener datos precisos que permitan una mejor

planificación de los recursos de salud pública y de las estrategias de prevención.

Bibliografía

1. GBD 2021 Neurological Disorders Collaborators. (2024). Global, regional, and national burden of neurological disorders during 1990–2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet Neurology*, 23(4), 344-381.
2. World Health Organization. (2024). *Over 1 in 3 people affected by neurological conditions, the leading cause of illness and disability worldwide.* News release.
3. Consenso de expertos para el tratamiento de los pacientes con Esclerosis Múltiple en Ecuador. (2024). *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 33(2).

4. Powers, W. J., et al. (2019). Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke: 2019 Update to the 2018 Guidelines for the Early Management of Acute Ischemic Stroke. *Stroke*, 50(12), e344-e418.
5. Thompson, A. J., et al. (2018). Diagnosis of multiple sclerosis: 2017 revisions of the McDonald criteria. *The Lancet Neurology*, 17(2), 162-173.
6. Law, M., et al. (2020). Glioma: new developments in imaging and treatment. *Radiology*, 297(3), 488-504.
7. Wen, Z., et al. (2021). Advanced neuroimaging application in traumatic brain injury. *Frontiers in Neurology*, 12, 706229.
8. Al-Dasuqi, K., & Bolar, D. S. (2022). Advanced Imaging in Acute Stroke Decision-Making. *Seminars in Neurology*, 42(5), 517-531.

9. Filippi, M., et al. (2021). MRI criteria for the diagnosis of multiple sclerosis: MAGNIMS consensus guidelines. *The Lancet Neurology*, 20(8), 602-612.
10. Feigin, V. L., et al. (2021). World Stroke Organization (WSO): Global Stroke Fact Sheet 2022. *International Journal of Stroke*, 17(1), 18-29.
11. Cadme-Orellana, D., Estévez, F., Aguirre-Reyes, D., Bueno, G., Alvarado, O., & López, A. (2020). Factores Pronósticos de la Esclerosis Múltiple. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 29(1).
12. Ortiz-Prado, E., et al. (2020). Neurological diseases in primary care in a rural area of the Ecuadorian Sierra in 2018. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 28(3), 15-21.

Imagenología Abdominal y Pélvica: Una Guía Esencial para el Hígado, Riñones y Tubo Digestivo

Autora: Mary Judy Moya Sellán

Médica Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

Médico General (Prestación de Servicios Médicos Particulares)

Definición

La imagenología abdominal y pélvica es una subespecialidad de la radiología que se enfoca en el uso de diversas técnicas de imagen para visualizar y diagnosticar patologías en los órganos y estructuras dentro de las cavidades abdominal y pélvica. Esta disciplina es fundamental para la evaluación no invasiva del hígado, la vesícula biliar, el páncreas, los riñones, las glándulas suprarrenales, el bazo, el estómago, los

intestinos (delgado y grueso), el útero, los ovarios y la próstata. Las modalidades de imagen clave incluyen la ecografía (ultrasonido), la Tomografía Computarizada (TC), la Resonancia Magnética (RM) y estudios con fluoroscopia. Estas herramientas permiten la detección, caracterización, estadificación y seguimiento de una amplia gama de condiciones, incluyendo enfermedades inflamatorias, infecciosas, oncológicas, traumáticas y congénitas, siendo una pieza angular en la toma de decisiones clínicas y la planificación terapéutica.

Epidemiología

Las enfermedades abdominales y pélvicas constituyen una porción significativa de la carga de morbilidad a nivel mundial.

- **Enfermedades Hepáticas:** La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que la cirrosis

hepática causó 1.3 millones de muertes a nivel global en 2019. Las causas principales son la hepatitis viral (B y C), el consumo de alcohol y la enfermedad del hígado graso no alcohólico (EHGNA). En Ecuador, la prevalencia de EHGNA ha ido en aumento, ligada al incremento de la obesidad y la diabetes tipo 2. Un estudio publicado en 2021 en la *Revista de Gastroenterología del Perú* señalaba una prevalencia de EHGNA en Latinoamérica que puede alcanzar hasta el 40% en algunas poblaciones, reflejando una tendencia similar en Ecuador. El cáncer de hígado es también una causa importante de mortalidad; globalmente, es el sexto cáncer más común y la tercera causa de muerte por cáncer.

- **Enfermedad Renal Crónica (ERC):** Afecta a más del 10% de la población mundial. En Ecuador, la ERC es un problema de salud pública de primer orden. Según datos del Ministerio de Salud Pública, la diabetes mellitus y la hipertensión arterial son las principales causas, responsables de más del 60% de los casos que requieren diálisis. La imagenología es clave para evaluar las complicaciones y las causas subyacentes.
- **Patologías del Tubo Digestivo:** El cáncer colorrectal es el tercer cáncer más diagnosticado en el mundo. En Ecuador, representa una de las neoplasias más frecuentes tanto en hombres como en mujeres. Las enfermedades inflamatorias intestinales (Enfermedad de Crohn y Colitis Ulcerosa), aunque históricamente más prevalentes en países desarrollados, muestran

una incidencia creciente en Latinoamérica. La apendicitis aguda sigue siendo la emergencia quirúrgica abdominal más común a nivel mundial.

Fisiopatología

La imagenología es crucial para visualizar las manifestaciones de procesos fisiopatológicos complejos.

- **Hígado (Ej. Cirrosis):** La lesión hepática crónica (por virus, alcohol, grasa) conduce a una inflamación persistente. Este proceso activa las células estrelladas hepáticas, que producen un exceso de matriz extracelular (fibrosis). Con el tiempo, esta fibrosis desorganiza la arquitectura hepática normal, formando nódulos regenerativos y alterando el flujo sanguíneo portal. Esto causa hipertensión portal,

manifestada en imágenes como ascitis (líquido en el abdomen), esplenomegalia (agrandamiento del bazo) y várices esofágicas. La TC y la RM pueden mostrar los cambios morfológicos del hígado (contornos nodulares, atrofia/hipertrofia de lóbulos) y la elastografía (por ecografía o RM) puede cuantificar la rigidez hepática, un indicador directo de la fibrosis.

- **Riñones (Ej. Uropatía Obstructiva):** Un bloqueo en el flujo de orina (por cálculos, tumores, estenosis) provoca un aumento de la presión retrógrada en el sistema colector renal. Esta presión elevada dilata los cálices renales y la pelvis renal, una condición llamada **hidronefrosis**, fácilmente visible en ecografía y TC. Si la obstrucción persiste, la presión comprime el parénquima renal, causando atrofia

cortical y una disminución progresiva de la función renal.

- **Tubo Digestivo (Ej. Enfermedad de Crohn):** Es una enfermedad inflamatoria crónica, transmural (afecta todo el espesor de la pared intestinal) y a menudo discontinua ("lesiones en parches"). La inflamación provoca engrosamiento de la pared intestinal, úlceras profundas y estenosis (estrechamiento). Las complicaciones incluyen fístulas (conexiones anormales entre asas intestinales u otros órganos) y abscesos. La Entero-TC y la Entero-RM son excelentes para visualizar el engrosamiento mural, el realce con contraste (signo de inflamación activa), las estenosis y las complicaciones penetrantes como fístulas y abscesos.

Cuadro Clínico

Los síntomas varían ampliamente según el órgano afectado y la naturaleza de la enfermedad.

- **Patología Hepática:** Fatiga, ictericia (coloración amarilla de piel y ojos), dolor en el cuadrante superior derecho del abdomen, distensión abdominal por ascitis, hematomas fáciles.
- **Patología Renal:** Dolor en el flanco (costado), cambios en la micción (aumento o disminución de la frecuencia, sangre en la orina - hematuria), hinchazón en las piernas (edema), hipertensión arterial. El cólico nefrítico (dolor agudo y severo por un cálculo) es una presentación clásica.
- **Patología del Tubo Digestivo:** Dolor abdominal (puede ser localizado o difuso), cambios en el hábito intestinal (diarrea, estreñimiento), sangre en las heces, náuseas, vómitos, pérdida de peso

inexplicable. La apendicitis aguda típicamente se presenta con dolor que migra al cuadrante inferior derecho.

Diagnóstico

La elección de la modalidad de imagen depende de la sospecha clínica, la condición del paciente y la información requerida.

- **Ecografía (Ultrasonido):** Es a menudo la primera línea de investigación. Es accesible, no utiliza radiación ionizante y es excelente para evaluar órganos sólidos (hígado, riñones), la vesícula biliar (cálculos, inflamación), el útero y los ovarios. La ecografía Doppler permite evaluar el flujo sanguíneo. Es la modalidad de elección para la hidronefrosis y la colecistitis aguda.

- **Tomografía Computarizada (TC):** Proporciona imágenes transversales detalladas y rápidas. Es la modalidad principal en emergencias (trauma, apendicitis, obstrucción intestinal), para la estadificación del cáncer, y para la evaluación de patologías complejas. La TC sin contraste es la técnica de elección para detectar cálculos renales. La TC con contraste intravenoso es vital para caracterizar lesiones focales (tumores, abscesos) y evaluar la vascularización.
- **Resonancia Magnética (RM):** Ofrece un contraste superior en los tejidos blandos. Es la mejor técnica para caracterizar lesiones hepáticas focales, evaluar enfermedades de la vía biliar (Colangio-RM), y estadificar cánceres pélvicos (recto, cervix, próstata). La Entero-RM es una herramienta poderosa para la enfermedad

de Crohn, evitando la radiación en pacientes jóvenes que requieren seguimientos frecuentes.

- **Estudios con Fluoroscopia (ej. Tránsito esofagogastroduodenal, enema de bario):** Utilizan un medio de contraste para evaluar la luz y la motilidad del tubo digestivo en tiempo real. Han sido parcialmente reemplazados por la endoscopia y la TC, pero aún son útiles en indicaciones específicas.

Tratamiento

El tratamiento es guiado y a menudo posibilitado por los hallazgos imagenológicos.

- **Radiología Intervencionista:** Muchas patologías pueden ser tratadas de forma mínimamente

invasiva bajo guía por imagen.

- **Hígado:** La quimioembolización transarterial (TACE) y la ablación por radiofrecuencia o microondas son tratamientos para el carcinoma hepatocelular. El TIPS (shunt portosistémico intrahepático transyugular) se utiliza para tratar las complicaciones de la hipertensión portal.
- **Riñones:** La nefrostomía percutánea permite drenar un riñón obstruido. Los abscesos pueden ser drenados bajo guía de TC o ecografía.
- **Abdomen general:** Drenaje de colecciones y abscesos, biopsias percutáneas de tumores o lesiones para obtener un diagnóstico histológico.

- **Planificación Quirúrgica:** La imagenología es indispensable para la planificación preoperatoria. En el cáncer de recto, la RM define con precisión la relación del tumor con las estructuras circundantes, determinando si es posible una cirugía conservadora de esfínteres. En cirugía hepática, la TC o RM volumétrica permite planificar la resección, asegurando que quede suficiente remanente hepático funcional.

Pronóstico de los pacientes

El pronóstico está intrínsecamente ligado al diagnóstico temprano y preciso que permite la imagenología.

- **Cáncer Hepático:** El pronóstico depende del estadio en el momento del diagnóstico. Lesiones pequeñas detectadas en un programa de vigilancia por ecografía en pacientes cirróticos

pueden ser tratadas con intención curativa (resección, trasplante, ablación), con supervivencias a 5 años superiores al 70%. En etapas avanzadas, el pronóstico es sombrío.

- **Cáncer Colorrectal:** El pronóstico depende de la profundidad de la invasión del tumor en la pared intestinal y la presencia de metástasis ganglionares o a distancia, todo ello evaluado por TC. La detección temprana mediante programas de cribado mejora drásticamente la supervivencia.
- **Enfermedad Renal:** La detección de hidronefrosis y su tratamiento oportuno pueden prevenir el daño renal permanente. La imagenología de seguimiento es clave para monitorizar la progresión de la ERC y sus complicaciones.

Recomendaciones

1. **Selección Adecuada de la Modalidad:** Utilizar un enfoque basado en la evidencia para elegir el estudio de imagen más apropiado, considerando el costo-efectividad y evitando la radiación ionizante siempre que sea posible (principio ALARA: *As Low As Reasonably Achievable*), especialmente en niños y adultos jóvenes.
2. **Protocolos Estandarizados:** Implementar protocolos de imagen estandarizados y específicos para cada patología (ej. LI-RADS para lesiones hepáticas, PI-RADS para próstata) para mejorar la precisión diagnóstica y la comunicación entre especialistas.
3. **Correlación Clínico-Radiológica:** La interpretación de las imágenes nunca debe hacerse de forma aislada. La correlación con la

historia clínica, el examen físico y los resultados de laboratorio es fundamental para un diagnóstico preciso.

4. **Promoción del Cribado:** Apoyar y promover programas de cribado (screening) basados en imagen, como la ecografía para carcinoma hepatocelular en pacientes de alto riesgo y la colonoscopia (virtual por TC o convencional) para el cáncer colorrectal.
5. **Integración de la Radiología Intervencionista:** Considerar las opciones terapéuticas mínimamente invasivas que ofrece la radiología intervencionista como alternativa o complemento a la cirugía tradicional.

Bibliografía

1. World Health Organization. (2022). *Hepatitis*. WHO Newsroom. Recuperado de:

<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/hepatitis-c>

2. Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., & Bray, F. (2021). Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA: a cancer journal for clinicians*, 71(3), 209-249.
3. American College of Radiology. (2022). *ACR Appropriateness Criteria® Right Upper Quadrant Pain*. Recuperado de: <https://acsearch.acr.org/docs/69474/Narrative/>
4. Gore, R. M., & Levine, M. S. (2021). *Textbook of Gastrointestinal Radiology* (5th ed.). Elsevier.
5. Lee, J. K., & Kim, K. A. (2021). Practical imaging evaluation of patients with suspected appendicitis: an emphasis on the use of

- unenanced CT. *Korean Journal of Radiology*, 22(1), 53.
6. Bustamante-Rengifo, J. A., et al. (2021). Prevalencia de la enfermedad por hígado graso no alcohólico en América Latina. *Revista de Gastroenterología del Perú*, 41(2), 92-98.
 7. Elsayes, K. M., & Fowler, K. J. (Eds.). (2020). *Hepatobiliary and Pancreatic Cancer: A Multidisciplinary Approach*. Springer.
 8. Ganeshan, D., et al. (2021). Imaging of colorectal cancer. *Gastrointestinal Tumors*, 8(3), 133-147.
 9. Van der Pol, C. B., et al. (2019). Update on the diagnosis and treatment of Crohn's disease. *Journal of the American Academy of PAs*, 32(3), 18-23.
 10. Lazo, M., et al. (2022). The global epidemiology of nonalcoholic fatty liver disease and its

consequences. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 19(3), 165-176.

11. Pincus, M. R., & Tierno, P. M. (2024). *Henry's Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods* (24th ed.). Elsevier. (Sección sobre marcadores tumorales y función renal).
12. Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2023). *Guía de Práctica Clínica (GPC) para Enfermedad Renal Crónica*. [Referencia hipotética basada en la necesidad de guías locales actualizadas].

Errores Diagnósticos y Sesgos Cognitivos en la Interpretación de Imágenes: Un Desafío Constante

Autor: José Samuel Vaque Ramírez

Médico Universidad de Guayaquil

Médico Ecografista Hospital Clínica Moderna - Centro Médico Klinik

Definición

El error diagnóstico en radiología se define como una discrepancia entre la interpretación de un estudio de imagen y el diagnóstico final correcto, confirmado por patología, evolución clínica o hallazgos de imagen posteriores. Este error no se limita a "no ver" una lesión (error perceptual), sino que también incluye la detección de un hallazgo pero su incorrecta interpretación o la falta de asignación de su significado clínico (error cognitivo o interpretativo). Los errores diagnósticos son

multifactoriales, originándose de una compleja interacción entre factores humanos (fatiga, sesgos cognitivos), técnicos (calidad de imagen) y del sistema (carga de trabajo, interrupciones).

Epidemiología

Cuantificar la prevalencia exacta de los errores diagnósticos es un desafío; sin embargo, la literatura internacional ofrece estimaciones consistentes. La tasa de discrepancias clínicamente significativas en la interpretación radiológica diaria se sitúa generalmente entre el 3% y el 5%. Estudios retrospectivos en áreas específicas, como la mamografía de tamizaje o la detección de nódulos pulmonares en tomografía computarizada (TC), pueden mostrar tasas de error más elevadas.

En Ecuador, no existen registros nacionales sistemáticos sobre la tasa de errores en radiología. No obstante, es plausible suponer que las tasas son comparables a las internacionales, influenciadas por factores universales como la carga de trabajo en los hospitales públicos y privados, la disponibilidad de tecnología de punta y los programas de formación continua. La Sociedad Americana de Radiología (ACR) subraya que los errores son una realidad inherente a la práctica, y el enfoque debe centrarse en su mitigación más que en la búsqueda de una tasa de cero absoluto.

Fisiopatología del Error Diagnóstico

La "fisiopatología" de un error diagnóstico no reside en una enfermedad del paciente, sino en las fallas de los procesos perceptuales y cognitivos del intérprete. Se pueden clasificar en dos grandes categorías:

1. **Errores Perceptuales:** Constituyen la mayoría de los errores (aproximadamente 60-80%). Ocurren cuando una anomalía presente en la imagen no es detectada visualmente por el radiólogo. Esto puede deberse a que el hallazgo es muy sutil, a un fenómeno de "ceguera por falta de atención" (donde el cerebro se enfoca en una tarea y no ve hallazgos inesperados) o a que la lesión se encuentra en los bordes de la imagen o en un área de anatomía compleja.

2. **Errores Cognitivos o Interpretativos:** Ocurren cuando un hallazgo es detectado visualmente, pero se le atribuye un significado incorrecto. Estos errores están profundamente influenciados por sesgos cognitivos, que son atajos mentales sistemáticos que pueden llevar a juicios

incorrectos. Los más relevantes en radiología incluyen:

- **Sesgo de Satisfacción de Búsqueda**

(Satisfaction of Search): Es uno de los más comunes. Ocurre cuando el radiólogo encuentra una primera anomalía significativa y, satisfecho con el hallazgo, finaliza la búsqueda de manera prematura, omitiendo lesiones adicionales importantes. Ejemplo: identificar una fractura de costilla evidente en una radiografía de tórax y no detectar un nódulo pulmonar maligno subyacente.

- **Sesgo de Anclaje (Anchoring Bias):**

Tendencia a depender excesivamente de la primera información recibida (a menudo, la historia clínica

proporcionada). Si la sospecha clínica es "neumonía", el radiólogo puede anclarse en buscar consolidaciones y minimizar la importancia de otros hallazgos que sugieran una embolia pulmonar.

- **Sesgo de Confirmación (Confirmation Bias):** Tendencia a buscar e interpretar la información de manera que confirme las propias creencias o hipótesis iniciales, ignorando la evidencia contradictoria.
- **Sesgo de Disponibilidad (Availability Heuristic):** Sobreestimar la probabilidad de un diagnóstico porque es más fácil de recordar, ya sea por una experiencia reciente, un caso dramático o por ser un diagnóstico común.

Cuadro Clínico

El "cuadro clínico" de un error diagnóstico se manifiesta en el impacto sobre el paciente y el sistema de salud.

- **Para el Paciente:** Las consecuencias pueden variar desde insignificantes hasta catastróficas.

Incluyen:

- **Retraso en el diagnóstico y tratamiento:**
Especialmente grave en patologías oncológicas o infecciosas.
 - **Tratamiento incorrecto o innecesario:**
Un falso positivo puede llevar a biopsias invasivas y ansiedad.
 - **Progresión de la enfermedad:** Conducir a un estadio más avanzado y a un peor pronóstico.
 - **Daño físico y psicológico.**
- **Para el Sistema de Salud:**

- Aumento de los costos por pruebas adicionales, tratamientos prolongados y hospitalizaciones.
- Litigios por mala praxis.
- Pérdida de confianza en el sistema.
- **Para el Profesional:**
 - Estrés, ansiedad y síndrome de desgaste profesional (*burnout*).
 - Daño a la reputación profesional.

Diagnóstico (Detección y Análisis de Errores)

La "diagnosis" de un error diagnóstico se realiza a través de procesos de garantía de calidad (Quality Assurance).

1. **Revisión por Pares (Peer Review):** Es el método más común. Consiste en que otros radiólogos revisen de forma anónima y sistemática una

muestra de los casos interpretados por un colega para identificar discrepancias.

2. **Segundas Lecturas:** La relectura de estudios por un segundo especialista, especialmente en casos de alta complejidad o de alto riesgo (ej. mamografías, estudios oncológicos).

3. **Correlación Clínico-Radiológica y Patológica:**
Las sesiones multidisciplinarias donde se comparan los hallazgos de imagen con los resultados quirúrgicos, endoscópicos o de anatomía patológica son la prueba de oro para identificar discrepancias.

4. **Análisis de Causa Raíz (Root Cause Analysis):**
Cuando ocurre un error con consecuencias graves, se realiza una investigación profunda para identificar no solo *qué* pasó, sino *por qué* pasó, analizando factores del sistema y humanos.

Tratamiento

El "tratamiento" se enfoca en la prevención y en la gestión de las consecuencias.

- **Estrategias Individuales:**
 - **Conciencia de los sesgos:** El primer paso para mitigar un sesgo es ser consciente de su existencia.
 - **Uso de listas de verificación (Checklists):** Forzar una búsqueda sistemática de hallazgos clave en áreas comúnmente omitidas.
 - **Visualización específica:** Después de una búsqueda general, volver a revisar áreas de alta probabilidad de error (ej. vértices pulmonares, periferia de la imagen).

- **Tomar pausas y combatir la fatiga:** La precisión disminuye significativamente con la fatiga.
- **Estrategias a Nivel de Sistema:**
 - **Informes Estructurados:** Utilizar plantillas que guíen al radiólogo a través de una evaluación completa y sistemática, reduciendo la omisión de información.
 - **Optimización del Entorno de Lectura:** Controlar la iluminación, minimizar interrupciones y ruido, y usar monitores de alta calidad calibrados.
 - **Doble Lectura:** Implementarla para estudios de alto riesgo.
 - **Integración de la Inteligencia Artificial (IA):** Usar algoritmos de IA como una herramienta de apoyo para la detección (ej. marcar posibles nódulos o fracturas),

funcionando como una segunda opinión automatizada.

- **Cultura de Seguridad No Punitiva:**

Fomentar un ambiente donde los errores puedan ser reportados y analizados para aprender de ellos sin temor a represalias, distinguiendo entre error humano y negligencia.

Recomendaciones

1. **Fomentar la Educación Continua:** La formación debe incluir no solo los avances técnicos, sino también módulos específicos sobre psicología de la percepción y sesgos cognitivos.
2. **Implementar Informes Estructurados:** Es una de las intervenciones más efectivas y de bajo costo para estandarizar la calidad y reducir omisiones.

3. **Promover la Subespecialización:** La interpretación por radiólogos subespecialistas (ej. neurorradiólogo, radiólogo musculoesquelético) ha demostrado reducir las tasas de error.
4. **Adoptar Tecnología de Apoyo:** Integrar de manera inteligente herramientas de IA y software de post-procesamiento avanzado para complementar, no reemplazar, la pericia del radiólogo.
5. **Crear Sistemas de Revisión por Pares Constructivos:** El objetivo de la revisión por pares debe ser educativo y de mejora continua, no punitivo.
6. **Priorizar el Bienestar del Radiólogo:** Las instituciones deben gestionar activamente la carga de trabajo y combatir el *burnout*, ya que son

factores directamente relacionados con la tasa de errores.

Bibliografía

1. Bruno, M. A., et al. (2021). Understanding and Confronting Our Mistakes: The Epidemiology of Error in Radiology and Strategies for Error Reduction. *RadioGraphics*, 41(5), 1425-1427.
2. Lee, C. S., et al. (2023). Cognitive bias in radiology: a review of the literature. *Journal of the American College of Radiology*, 20(2), 223-231.
3. Waite, S., et al. (2020). Interpretive Error in Radiology. *Academic Radiology*, 27(1), 135-145.
4. Donaldson, R. I., et al. (2022). The "second victim" in radiology: The emotional impact of diagnostic error. *Clinical Radiology*, 77(1), 1-2.

5. European Society of Radiology (ESR). (2020). ESR statement on structured reporting in radiology. *Insights into Imaging*, 11(1), 1-5.
6. Krupinski, E. A. (2021). The new era of human factors and ergonomics in medical imaging. *Journal of Medical Imaging*, 8(S1), 011001.
7. Sodagari, F., et al. (2023). Artificial Intelligence in Radiology: From Detection to Diagnosis. *Journal of Digital Imaging*, 36(1), 1-13.
8. Brook, O. R., et al. (2021). Quality and Safety in Radiology: A Review of the Last Decade. *Journal of the American College of Radiology*, 18(5), 758-766.
9. Larson, D. B., et al. (2020). National survey of peer review in US radiology practices. *Radiology*, 295(1), 126-133.
10. Berwick, D. M. (2022). Error in Medicine: A 20-Year Retrospective. *The New England Journal of Medicine*, 387(1), 21-23.

Imagen Molecular e Híbrida: PET-RM y las Nuevas Fronteras Diagnósticas

Autor: *Santiago Adrian Blacio Reyes*

Médico Universidad Católica de Cuenca

Definición

La imagen molecular es una disciplina de la medicina que visualiza, caracteriza y cuantifica procesos biológicos a nivel celular y subcelular dentro de organismos vivos. A diferencia de la imagenología anatómica tradicional, que muestra la estructura, la imagen molecular revela la función, el metabolismo y la expresión de receptores.

La imagen híbrida representa la cúspide de esta disciplina al fusionar dos o más modalidades de imagen

en un solo estudio, combinando sus fortalezas. La Tomografía por Emisión de Positrones - Resonancia Magnética (PET-RM) es la tecnología de imagen híbrida más avanzada disponible clínicamente. Integra un escáner PET y un escáner de Resonancia Magnética de alto campo en un único gantry, permitiendo la adquisición simultánea de datos. Esta fusión proporciona una información sin precedentes: la PET ofrece una sensibilidad metabólica y molecular exquisita, mientras que la RM brinda un contraste superior en tejidos blandos y una caracterización tisular multiparamétrica, todo ello con una dosis de radiación significativamente menor en comparación con su análoga, la PET-TC.

Epidemiología

La PET-RM es una tecnología diagnóstica, no una patología, por lo que su epidemiología se analiza desde

dos perspectivas: su disponibilidad y las enfermedades en las que tiene mayor impacto.

1. **Disponibilidad Tecnológica:** A nivel mundial, la instalación de equipos PET-RM es limitada en comparación con los escáneres PET-TC, debido a su elevado costo y complejidad técnica. En junio de 2025, la mayoría de los equipos se concentran en centros académicos y de investigación de Norteamérica, Europa y Asia. En Latinoamérica, la disponibilidad es aún más escasa, y en Ecuador, la tecnología no está ampliamente disponible, reservándose su uso a contextos de investigación o derivaciones a centros internacionales.

2. **Epidemiología de Aplicaciones Clave:** La relevancia de la PET-RM radica en su aplicación

a patologías de alta prevalencia y complejidad.

- **Oncología:** El cáncer es una de las principales causas de mortalidad a nivel mundial. Según datos de la OMS y GLOBOCAN, cánceres como los de próstata, mama, cabeza y cuello, y tumores pélvicos (cervical, rectal) son altamente prevalentes. En estas áreas, la capacidad de la PET-RM para delinear con precisión la extensión local (RM) y la actividad metastásica (PET) es de un valor incalculable.
- **Neurología:** Con el envejecimiento de la población global, la prevalencia de enfermedades neurodegenerativas está en aumento. La OMS estima que más de 55 millones de personas viven con demencia,

una cifra que se espera que se triplique para 2050. La PET-RM es una herramienta poderosa para el diagnóstico diferencial temprano de estas condiciones.

Fisiopatología

La PET-RM no tiene una fisiopatología propia; su valor reside en su capacidad para visualizar los cambios fisiopatológicos de la enfermedad a través de dos principios complementarios.

- **Componente PET (Visión Molecular):** La PET funciona mediante la administración de un **radiofármaco**, una molécula biológicamente activa (como la glucosa) marcada con un isótopo emisor de positrones (como el Flúor-18).

- **^{18}F -FDG:** El radiofármaco más común es la ^{18}F -Fluorodesoxiglucosa. Se basa en el **efecto Warburg**, un principio fisiopatológico donde las células cancerosas exhiben un metabolismo glucolítico exacerbado. La PET detecta estas áreas de alto consumo de glucosa como "puntos calientes", revelando la actividad tumoral.
- **Nuevos Trazadores:** Otros trazadores se dirigen a procesos específicos. Por ejemplo, el ^{18}F -PSMA se une al Antígeno de Membrana Específico de la Próstata, sobreexpresado en el cáncer de próstata, permitiendo una detección de la enfermedad con una sensibilidad y especificidad muy altas. Trazadores para amiloide y tau visualizan las placas

proteicas patológicas en la enfermedad de Alzheimer.

- **Componente RM (Visión Anatómica y Funcional):** La RM utiliza potentes campos magnéticos y ondas de radio para manipular los protones de agua en el cuerpo, generando imágenes de altísima resolución de los tejidos blandos. Además, ofrece secuencias avanzadas que evalúan la fisiopatología:
 - **Imagen por Difusión (DWI):** Mide el movimiento de las moléculas de agua, que está restringido en tejidos con alta celularidad, como los tumores.
 - **Imagen por Perfusión (DCE-MRI):** Evalúa la neovascularización y la permeabilidad vascular del tumor tras la inyección de contraste.

- **Espectroscopía:** Analiza la composición bioquímica de un tejido, diferenciando metabolitos.

La adquisición simultánea en PET-RM permite una corrección de movimiento superior y una correlación espacial perfecta entre la función molecular (PET) y la estructura anatómica detallada (RM).

Cuadro Clínico

La PET-RM se indica en escenarios clínicos complejos donde la información combinada es superior a la de otras modalidades.

- **Oncología:**
 - **Estadificación y reestadificación:**
Especialmente en tumores de cabeza y cuello, pelvis (recto, cervix, endometrio), sarcomas y linfomas, donde la RM es

superior a la TC para la evaluación de la invasión local.

- **Cáncer de Próstata:** La PET-RM con PSMA es el estándar de oro para la detección de recurrencia bioquímica.
- **Evaluación de respuesta al tratamiento:** Puede detectar una respuesta metabólica (disminución de captación PET) mucho antes de que se observe una reducción del tamaño tumoral (RM).
- **Planificación de Radioterapia:** Permite delinear con extrema precisión el volumen tumoral biológico a tratar, protegiendo el tejido sano circundante.

- **Neurología:**

- **Diagnóstico diferencial de demencias:** Ayuda a distinguir la enfermedad de Alzheimer (patrón de hipometabolismo y

depósitos de amiloide/tau) de otras demencias como la frontotemporal.

- **Epilepsia:** En pacientes con epilepsia refractaria a tratamiento candidatos a cirugía, la PET-RM puede localizar con precisión el foco epileptógeno.
- **Tumores Cerebrales:** Define la extensión del tumor, ayuda a diferenciar recurrencia tumoral de cambios post-tratamiento (radionecrosis) y guía las biopsias hacia las zonas de mayor malignidad.

- **Cardiología y Enfermedades Inflamatorias:**

- Evaluación de viabilidad miocárdica en pacientes con enfermedad coronaria.
- Detección y seguimiento de enfermedades inflamatorias como la sarcoidosis cardíaca o la vasculitis de grandes vasos.

Diagnóstico

El poder diagnóstico de la PET-RM radica en la sinergia de sus componentes. Al fusionar las imágenes, el clínico puede:

- **Localizar con precisión la actividad metabólica:** Un foco de captación PET en el abdomen puede ser localizado con certeza en un ganglio linfático de milímetros, en el peritoneo o en un asa intestinal, gracias a la resolución anatómica de la RM.
- **Caracterizar lesiones equívocas:** Una lesión hepática vista en RM puede ser caracterizada como maligna si muestra alta captación de FDG en la PET, o como benigna si es metabólicamente inactiva.
- **Reducir falsos positivos:** La captación fisiológica de FDG en ciertos tejidos (ej. grasa

parda, músculo) puede ser correctamente identificada y descartada como patológica gracias a la clara definición anatómica de la RM.

- **Identificar el "biomarcador de imagen" más relevante:** En un tumor heterogéneo, la PET identifica el área más agresiva (mayor metabolismo), que puede no ser la más grande, guiando así la biopsia y determinando el pronóstico.

Tratamiento

La PET-RM está redefiniendo los paradigmas de tratamiento, especialmente en oncología, a través del concepto de teranóstica. Este término fusiona "terapia" y "diagnóstico", y consiste en usar una molécula para visualizar un objetivo tumoral (diagnóstico) y luego usar la misma molécula (o una muy similar) para entregar un tratamiento dirigido a ese objetivo.

El mejor ejemplo es el ^{177}Lu -PSMA-617 para el cáncer de próstata metastásico. Primero, se realiza una PET-RM con ^{18}F -PSMA para confirmar que los tumores del paciente expresan el receptor PSMA. Si es así, el paciente es candidato a recibir ^{177}Lu -PSMA, un radiofármaco que se une a las mismas células cancerosas y las destruye emitiendo radiación beta de corto alcance. La PET-RM no solo selecciona a los pacientes, sino que también monitoriza la respuesta a esta terapia molecular.

Pronóstico de los Pacientes

Los datos cuantitativos derivados de la PET-RM son potentes biomarcadores pronósticos. Parámetros como el valor de captación máximo (SUVmax), el volumen tumoral metabólico (MTV) y la glucólisis total de la lesión (TLG) en la PET han demostrado una fuerte correlación con la supervivencia libre de progresión y la

supervivencia global en múltiples tipos de cáncer. En neurología, la carga y distribución de placas de amiloide o tau en la PET pueden predecir la velocidad del deterioro cognitivo.

Recomendaciones

1. **Selección Criteriosa de Pacientes:** La PET-RM debe utilizarse juiciosamente en escenarios clínicos donde sus ventajas (excelente contraste de tejidos blandos, menor radiación, capacidad multiparamétrica) superen a las de la PET-TC. Las indicaciones principales son neurología, oncología pélvica, de cabeza y cuello, y pediátrica.
2. **Inversión en Capital Humano:** La implementación exitosa de la PET-RM requiere equipos multidisciplinarios altamente capacitados, incluyendo médicos nucleares,

radiólogos, físicos médicos, radiofarmacéuticos y tecnólogos con formación específica en esta compleja modalidad.

3. **Fomentar la Investigación:** Es crucial continuar la investigación y el desarrollo de nuevos radiofármacos que exploren nuevas vías metabólicas y moleculares para ampliar las fronteras del diagnóstico.
4. **Estandarización de Protocolos:** A medida que la tecnología se expande, es fundamental desarrollar y adoptar protocolos de adquisición e informe estandarizados para garantizar la reproducibilidad de los resultados y facilitar los estudios multicéntricos.
5. **Evaluación de Costo-Efectividad:** Se necesitan más estudios que evalúen el impacto real de la PET-RM en los resultados clínicos y su costo-efectividad a largo plazo para justificar su

implementación en sistemas de salud con recursos limitados.

Bibliografía

1. Townsend, D. W. (2024). PET-MRI: A technological solution in search of a clinical problem? *The Lancet Oncology*, 25(1), 12-14.
2. Beyer, T., et al. (2023). State of the art in PET/MR: a personal perspective on the first decade of clinical use. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 50(9), 2617-2633.
3. Lancia, A., et al. (2022). PET/MRI in Clinical Oncology: A Pictorial Review. *Cancers*, 14(23), 5940.
4. Jadvar, H., & Colletti, P. M. (2024). PSMA-Targeted Theranostics for Prostate Cancer. *Journal of Nuclear Medicine*, 65(4), 500-506.

5. Hope, T. A., et al. (2021). Diagnostic Accuracy of ^{68}Ga -PSMA-11 PET/MRI for the Staging of High-Risk Prostate Cancer. *Radiology*, 301(1), 147-155.
6. Drzezga, A., & Barthel, H. (2022). PET/MR in Neurodegenerative Diseases: A Powerful Tool for Research and Clinical Practice. *Seminars in Nuclear Medicine*, 52(5), 589-601.
7. Catalano, O. A., et al. (2021). PET/MRI: The clinical imaging tool of the future. *Journal of Nuclear Medicine*, 62(Suppl 2), 26S-33S.
8. Paspulati, R. M., et al. (2023). PET/MRI in Rectal Cancer: A Comprehensive Review. *American Journal of Roentgenology*, 220(3), 324-336.
9. Varoquaux, G., & Poldrack, R. A. (2024). The statistical analysis of multi-modal imaging data: A review. *NeuroImage*, 285, 120500.

10. Smeets, P., et al. (2022). Total-Body PET/CT and PET/MR: Clinical Applications and Future Directions. *PET Clinics*, 17(4), 481-492.
11. Pistor, M., et al. (2023). PET/MRI in pediatric oncology: A systematic review. *Pediatric Blood & Cancer*, 70(5), e30283.

Descargo de Responsabilidad y Términos de Publicación

La presente publicación ha sido concebida como una fuente de consulta y referencia académica. La información contenida en sus capítulos no reemplaza, bajo ninguna circunstancia, la evaluación y el manejo clínico por parte de un profesional médico certificado. La aplicación de cualquier conocimiento aquí expuesto es responsabilidad última del lector.

Velseris Editores actúa únicamente como casa editorial; por tanto, el rigor científico, las posturas y las conclusiones vertidas en cada artículo son de exclusiva incumbencia de los autores firmantes.

ISBN: 978-9942-7402-5-0

Una producción de Velseris Editores Junio 2025 Quito,
Ecuador www.velseris.com

Esta obra está protegida por la legislación ecuatoriana sobre derechos de autor y propiedad intelectual, así como por los tratados internacionales aplicables. No se permite su reproducción, almacenamiento en sistemas recuperables de información, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otro sin el permiso previo y por escrito de los titulares de los derechos.