

TAC, RMN y PET en enfermedades torácicas

J.D. García Jiménez, F.L. Gil Muñoz

INTRODUCCIÓN

La mayoría de los procesos del tórax van a precisar del apoyo diagnóstico de una técnica radiológica para su valoración. Estas son un componente fundamental en la evaluación de las enfermedades torácicas. La radiografía de tórax es la prueba radiológica fundamental en el diagnóstico inicial por su bajo coste, fácil realización y relativa buena sensibilidad. Aporta información y nos ayuda a decidir si son necesarias otras técnicas radiológicas. La ecografía torácica (ET), se desarrollará ampliamente en otro tema del Manual y su creciente introducción en el campo de la neumología obliga a que la consideremos someramente en este capítulo. Describiremos aquí otras técnicas avanzadas de diagnóstico por imagen en las enfermedades torácicas, como son: la tomografía computarizada (TC), la resonancia magnética (RM) y la tomografía por emisión de positrones (PET).

ECOGRAFÍA TORÁCICA

Introducción

Durante años el pulmón se había considerado una zona ciega al estudio con ultrasonidos debido a la gran presencia de artefactos en la exploración pulmonar. Lichtenstein⁽¹⁾ aporta una nueva perspectiva: es precisamente el estudio de dichos artefactos sobre los que se apoyará el diagnóstico de la enfermedad pulmonar.

La ET es útil en la valoración de enfermedades del parénquima pulmonar periférico, pleura, pared torácica,

diafragma y mediastino, y también es de gran utilidad como guía de procedimientos intervencionistas diagnósticos y terapéuticos⁽²⁾.

Anatomía normal

La pared torácica se ve como una serie de capas de tejidos blandos. Las más superficiales, ecogénicas, corresponden a la piel, y las inmediatamente inferiores, hipoeoicas, al tejido celular subcutáneo y los músculos intercostales⁽³⁾. Con la sonda ecográfica en posición longitudinal se observan las costillas, que se ven como unas estructuras curvilíneas, ecogénicas con sombra acústica posterior, y, entre ellas, aproximadamente a 0.5cm por debajo de la línea costal, la línea pleural, que es una banda ecogénica, de hasta 2 mm de grosor. Durante los movimientos respiratorios, esta línea tiene un movimiento ondulante hacia delante y atrás respecto la pared torácica, que representa el movimiento de la pleura visceral con la parietal, conocido como el signo de "deslizamiento pulmonar" (*lung sliding*) o "signo del planeo" (*gliding sign*)⁽⁴⁾.

El hecho de que los ultrasonidos sean atenuados por el aire y, a su vez, se reflejen por la gran diferencia de impedancia acústica en la interfase pleura-pulmón, hace que el parénquima pulmonar normal no sea visible por debajo de la pleura⁽⁵⁾. La diferencia de impedancia acústica da lugar a dos artefactos característicos:

a) Artefacto de reverberación o "líneas A": Se trata de una imagen horizontal formada por líneas hiper-ecogénicas, paralelas equidistantes, situadas por

debajo de la línea pleural, que representan la reverberación del sonido sobre esta.

- b) Artefacto en cola de cometa o “líneas B”: Es una imagen vertical originada en la superficie pleural y que se extiende por el parénquima pulmonar hasta el fondo de la pantalla. Se debe a la reflexión del haz de ultrasonidos al encontrar un área intersticial engrosada, por la gran diferencia de impedancia acústica entre el aire y el agua existente en los septos interlobulillares engrosados por edema o fibrosis.

Debe recordarse que: los hallazgos ecográficos en el pulmón normal son el signo del “deslizamiento pulmonar”, la línea pleural y las líneas A y B.

Indicaciones

Las principales indicaciones de la ET se recogen en la Tabla 1.

1. Enfermedad pleural

Es en la enfermedad pleural donde tradicionalmente la ET ha tenido mayor difusión⁽⁶⁾, en especial en el diagnóstico y la punción del derrame pleural.

Derrame pleural

La ecografía es más precisa (sensibilidad del 100% y especificidad del 99,7%) que la radiografía convencional para detectar derrames pleurales, ya que puede visualizar a partir de 5 ml de líquido.

El aspecto ecográfico de un derrame pleural depende de su naturaleza, causa y cronicidad. Se caracteriza por la desaparición del signo de deslizamiento pulmonar, está localizado en áreas declives del tórax y se visualiza como una cámara, generalmente anecoica, limitada inferiormente por el diafragma, en la superficie por la pleura parietal y, en la profundidad, por la pleura visceral.

Por sus características ecográficas, los derrames pueden dividirse según presenten ecos internos, septos (gruesos o finos y móviles) y/o modularidad pleural, o sean totalmente anecogénicos⁽²⁾. La presencia de ecos, septos o nódulos permite catalogarlo de exudado.

Engrosamientos pleurales

Se visualizan como una banda hipoecoica gruesa superficial a la interfase pleura-pulmón. Los engrosamientos pleurales pueden ser secundarios a una

TABLA 1. Indicaciones más frecuentes de la ecografía en patología torácica.	
Enfermedad pleural	
• Derrame pleural • Engrosamientos pleurales • Masas pleurales • Neumotórax	
Enfermedad pulmonar	
• Consolidación pulmonar • Neumonía • Atelectasia • Absceso pulmonar • Neoplasia • Infarto pulmonar • Contusión • Tromboembolismo pulmonar • Enfermedad pulmonar intersticial	
Pared torácica	
• Masas • Adenopatías • Costillas • Esternón	
Mediastino	

pleuritis o corresponder a placas pleurales. La pleuritis se manifiesta como una interrupción de la línea pleural con engrosamiento irregular de la pleura visceral. Por su parte, las placas pleurales relacionadas con la exposición al asbesto se manifiestan como engrosamientos hipoecogénicos, con amplia sombra acústica posterior si están calcificados⁽⁷⁾.

Masas pleurales

Las neoplasias pleurales benignas (lipoma, schwannoma, condroma, tumor fibroso localizado benigno) son poco frecuentes y solo representan el 5% de los tumores pleurales. Se trata de lesiones bien delimitadas y moderadamente ecogénicas, que pueden presentar un discreto derrame pleural.

Las masas malignas de la pleura incluyen el mesotelioma, el linfoma y las metástasis. Ecográficamente, el mesotelioma se manifiesta como un engrosamiento irregular, a veces nodular, asociado a importante derrame pleural⁽⁸⁾. Los depósitos subpleurales linfomatosos son infiltrados hipoecoicos en forma de cuña. Las metástasis ecográficamente se manifiestan en forma de nódulos de tamaño superior a 5 mm en la pleura parietal y por lo general se acompañan de derrame pleural⁽⁷⁾.

Neumotórax

Se manifiesta mediante la ausencia de artefactos de cola de cometa⁽⁹⁾ y de deslizamiento pulmonar, la existencia de reverberaciones lineales posteriores exageradas y de las imágenes de punto de pulmón (*lung point*)⁽¹⁰⁾, que representa la transición entre el aire del neumotórax y el del parénquima pulmonar normal.

2. Enfermedad pulmonar Consolidación pulmonar

La consolidación pulmonar se observa como una estructura tisular difusamente hipoeoica (iso/hipoeoica al hígado), limitada por la línea pulmonar y, en la profundidad, por un borde irregular en conexión con el pulmón aireado. Puede tratarse de:

- *Neumonía*: en fases iniciales el pulmón se muestra difusamente ecogénico, con un aspecto ecográfico similar al del hígado con márgenes irregulares y, a menudo, imágenes lineales ramificadas hiperecogénicas en su interior, que corresponden a broncograma aéreo⁽¹¹⁾. En fases más avanzadas, y tras tratamiento antibiótico, las consolidaciones neumónicas muestran múltiples imágenes aéreas en su interior que traducen curación del parénquima pulmonar con progresiva aireación.
- *Atelectasia*: un problema importante en radiología es distinguir entre atelectasia obstructiva y atelectasia pasiva por derrame pleural. En las atelectasias pasivas se pueden evidenciar: moderado derrame pleural, consolidación del parénquima pulmonar de morfología triangular, márgenes irregulares con el parénquima pulmonar aireado y reventilación parcial durante la inspiración o después de la toracocentesis. En las atelectasias obstructivas la ecografía muestra: escaso derrame pleural, consolidación hipoeocogénica del parénquima, lesiones focales, broncograma líquido, lesión central obstructiva y ausencia de reventilación durante la inspiración.
- *Absceso pulmonar*: es una imagen nodular/ovalada de bordes bien/mal definidos, paredes gruesas, irregulares y ecogénicas, una cavidad central hipoeocogénica y, contenido anecoico, con ecos y septos internos, ecos por gas o un nivel hidroaéreo en la cavidad.
- *Neoplasia*: únicamente pueden evaluarse mediante ecografía las neoplasias que presentan contacto pleural. Generalmente es una masa

hipoeoica de bordes bien definidos, que suele presentar refuerzo acústico posterior.

- *Infarto pulmonar*: las áreas de infarto pulmonar pueden identificarse en la ecografía como lesiones hipoeocogénicas de morfología triangular con base periférica. En fases iniciales sus límites son mal definidos, pero con el tiempo se delimitan mejor; también pueden visualizarse un bronquiolo en disposición central, como una imagen hiperecogénica lineal, y el vaso aferente congestivo⁽¹²⁾.
- *Contusión*: hay una pérdida del movimiento pleural, múltiples líneas B (enfermedad pulmonar intersticial) y una lesión parenquimatosa periférica constituido por imágenes hipoeoicas subpleurales de las que pueden emerger líneas B.

Tromboembolismo pulmonar

Es característica una mayoría de líneas A en la pared torácica anterolateral sin líneas B.

Enfermedad pulmonar intersticial

Ecográficamente se caracteriza por el incremento de líneas B en la superficie pleural, que pasan a denominarse patrón B o cohetes (*rockets*). Cuanto mayor es la pérdida de aireación pulmonar, mayor es el número de líneas B, y su intensidad se incrementa con los movimientos respiratorios.

3. Pared torácica Masas

La ecografía es sensible, pero muy inespecífica, para la detección de masas en la pared torácica. Por lo tanto, su papel en el estudio de estas masas queda relegado a la detección de la misma⁽¹³⁾.

Adenopatías

La ecografía es muy útil en la detección y caracterización de adenopatías, especialmente en la axila y fosa supraclavicular⁽¹⁴⁾. En cuanto a la caracterización de dichas adenopatías, permite distinguir ganglios reactivos de aquellos que presentan infiltración neoplásica.

Costillas y esternón

La ecografía es útil en la detección de fracturas costales y esternón. La aparición del fenómeno de la chimenea (*chimney phenomenon*) permite diagnosticar las fracturas en que no existe desplazamiento de

los bordes. Este fenómeno consiste en la presencia de reverberaciones posteriores en el punto de fractura.

Diafragma

La exploración ecográfica del diafragma es dificultosa y, en condiciones normales, se realiza a través del abdomen. La exploración en tiempo real permite la visualización del movimiento del diafragma y su cuantificación⁽¹⁵⁾.

4. Mediastino

Aproximadamente el 75% de las masas del mediastino se encuentran en los compartimentos anterior y medio. Estos espacios son accesibles mediante ecografía, hecho que permite estudiar dichas masas mediastínicas y valorar la infiltración de vasos o la naturaleza quística de las lesiones.

TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA

Introducción

La imagen obtenida por TC se introdujo en 1972. Posteriormente, su aplicación a la medicina le permitió a Sir Godfrey Hounsfield y A. Cormack obtener el Premio Nobel de Medicina en 1979.

El paciente se sitúa en una camilla rodeado por un arco emisor y detector. Los impulsos generados durante el movimiento del arco pueden ser helicoidales o circulares, generando así los diferentes tipos de TC (helicoidal, circular, axial, etc.). Estas señales se convierten, transforman y digitalizan mediante complejos algoritmos matemáticos en imágenes⁽¹⁶⁾. A cada valor de atenuación es asignado un píxel de imagen. Expresado en unidades Hounsfield (H), las señales obtenidas son proporcionales a la atenuación del rayo en los tejidos, cuya escala va desde 0 para el agua, (-)1.000 para el aire hasta (+)1.000 para el calcio y el metal.

Ha habido una gran evolución en el desarrollo tecnológico de la TC. La principal ventaja es la reducción del tiempo de adquisición de corte. La TC convencional se basa en la obtención de secciones contiguas del organismo, haciendo avanzar progresivamente al paciente que se encuentra en decúbito supino en una camilla. Durante la rotación del tubo, el paciente y la camilla permanecen inmóviles y, tras un recorrido de 360°, la camilla avanza el equivalente al grosor del corte programado⁽¹⁷⁾.

Las TC usadas en la mayoría de instituciones son helicoidales (espirales o volumétricas). Su funciona-

miento consiste en la inclusión en el equipo de varias filas de detectores y canales de información por cada rotación del *gantry*. La TC helicoidal adquiere los datos por el sistema durante la rotación continua del tubo de rayos X, mientras se produce un desplazamiento longitudinal simultáneo de la mesa con el paciente, a una velocidad constante. Esto permite la reconstrucción de entre 800 a 1.500 imágenes en una rotación de 360° alrededor del paciente. Las ventajas son: reducción de artefactos en relación al movimiento y mejoras en imágenes angiovasculares ampliando zonas de estudio torácico bi-tridimensionales en el tiempo de una sola respiración.

Los parámetros establecidos por el operador son varios, por ejemplo el grosor de los cortes, denominado colimación. Según la zona examinada será de: mediastino 2,5 mm, parénquima pulmonar 1,25 mm, y entre 1-1,25 mm para angioTC, la tomografía computarizada de alta resolución (TCAR) y pequeños nódulos pulmonares.

Patrones pulmonares visibles en la TC

El pulmón normal tiene una atenuación aproximada -700 a -900 H. Obtenemos aumento de la opacidad en: nódulos (opacidades localizadas), consolidaciones (opacidad de parénquima que oscurece vasos y bronquios) e imágenes en vidrio deslustrado (opacidad difusa que no oscurece los vasos y vía aérea). La opacidad disminuida puede ser focal o difusa: quistes, enfisema y bullas-*blebs*. La atenuación en mosaico nuestra regiones opacas y radiolucientes alternantes en el parénquima, con tamaños de los vasos diferentes.

La distribución craneal/caudal o central/periférica nos ayudará en el diagnóstico diferencial: central (sugiere enfermedad relacionada con árbol broncovascular), periférica (aparece en situaciones agudas como infartos pulmonares, émbolos, aspiraciones y en subagudas-crónicas, como neumonías eosinófilas, organizada, fibrosis). En lóbulos superiores se relaciona con enfermedades de vía aérea central y perilinfáticas (tipo sarcoidosis, tuberculosis, histiocitosis). En lóbulos inferiores suelen ser procesos fibróticos y otros dependientes de la gravedad (aspiración y enfermedades hematológicas).

Indicaciones y aplicaciones de la TC

La TC es la segunda técnica radiológica utilizada en el diagnóstico y seguimiento de las patologías relacionadas con el tórax. Las principales indicaciones de la TC en patología torácica se recogen en la tabla 2.

TABLA 2. Indicaciones de la TC en patología torácica.	
Parénquima pulmonar	- Sospecha clínica con radiografía de tórax normal - Lesión focal - Lesión focal nodular: - Lesión no determinada: diferenciación benigno-maligno y tipificación - Carcinoma de pulmón: diagnóstico, estadificación y control tras tratamiento - Detección de metástasis - Lesión focal no nodular: - Estudio de atelectasias - Valoración de abscesificación y cavitación de neumonías - Bronquiectasias - Evaluación de lesiones parenquimatosas ocultas por derrame pleural o mal visualizadas en la radiografía de tórax - Evaluación del trasplante pulmonar - Enfermedad difusa pulmonar: principal indicación de TCAR - Caracterización de lesiones pulmonares en paciente ingresado en UCI - Diagnóstico de TEP (indicación angioTC)
Mediastino	- Anomalías vasculares: patología aórtica y vasos aberrantes (indicación angio TC). - Síndrome de vena cava superior - Patología inflamatoria - Mediastinitis y perforación esofágica - Osteomielitis y espondilodiscitis vertebral - Neoplasias - Tumores primarios, linfoma, carcinoma de esófago y metástasis - Diagnóstico, estadificación y control tras tratamiento - Traumatismos torácicos - Estudio de estenosis traqueal - Búsqueda de lesiones - Timoma en miastenia gravis - Adenopatías en sarcoidosis - Extensión mediastínica del bocio - Tumores mediastínicos o pulmonares en parálisis recurrencial
Pleura	- Estudio de derrames pleurales y derrames loculados - Diagnóstico de empiema - Diagnóstico y extensión de tumores pleurales y enfermedad metastásica - Diagnóstico y extensión de patología pleural secundaria a asbesto
Diafragma y pared torácica	- Patología inflamatoria, tumoral y traumatismos - Abscesos subfrénicos - Hernias diafragmáticas
TABLA 3. TCAR utilidad e indicaciones clínicas.	
Utilidad	- Pacientes asintomáticos con radiografía normal - Pacientes con hallazgos patológicos en la radiografía mejorando la exactitud del diagnóstico - Decidir qué técnica y dónde realizar una biopsia pulmonar - Pacientes con radiografías poco valorables nos ayuda a establecer o excluir un diagnóstico
Indicaciones	- Enfermedad pulmonar infiltrativa crónica - Enfermedad parenquimatosa pulmonar focal (nódulo pulmonar solitario) - Enfermedad de la vía aérea focal o difusa (bronquiectasias, enfisema) - Pacientes inmunocomprometidos (toxicidad, drogas, aspergilosis, <i>Pneumocystis</i>)

1. TCAR

TCAR es una técnica que permite el estudio de la anatomía del parénquima pulmonar (Tabla 3). Utiliza un algoritmo de reconstrucción de alta frecuencia espacial. Los cortes obtenidos son muy finos, de 0.625-2 mm, lo que permite, por ejemplo, estudiar septos interlobulillares⁽¹⁸⁾ y el grosor de la arteria pulmonar.

En la TCAR podemos observar diferentes manifestaciones:

- Nódulos.** Destacan tres presentaciones: difusos (metástasis hematógenas, tuberculosis miliar e infecciones fúngicas), perilinfáticos (sarcoidosis, silicosis, neumoconiosis y linfangitis) y centrolobulillares (distribuidos como *tree in bud* en bronquiolitis o aspiración, o verdadero centrolobulillar como en las vasculitis).
- Opacidades reticulares/lineales y en panal de abeja.** Observamos *a) engrosamiento septal interlobulillar.* Opacidades lineales o poligonales en intervalos de 1-2,5 cm, Suelen presentarse en la periferia de ápex o bases. Se produce por la infiltración o congestión de estructuras en la periferia (edema pulmonar, hemorragia, infección, neumoconiosis, sarcoidosis). *b) Engrosamiento septo intralobulillar.* Son líneas irregulares entre la periferia pulmonar y septo interlobulillar (enfermedades intersticiales como FPI). *c) Panal de abeja.* Son lesiones quísticas asociadas a engrosamiento de septo intra/interlobulillar, provocando distorsión árbol bronquial (fibrosis avanzada). *d) Bronquiec-*

tasias/bronquiolectasias. Aumento del diámetro de la vía aérea respecto a las arterias adyacentes (fibrosis quística, infección crónica).

La TCAR tiene una sensibilidad del 95% y una especificidad cercana al 100%, aportando más información que la radiografía y la TC convencional⁽¹⁹⁾.

En la mitad de los casos podemos dar un diagnóstico de certeza y en el 95%, una aproximación correcta. La información aportada por TCAR es abundantísima, siendo de gran interés para realizar un diagnóstico definitivo.

2. Nódulo pulmonar solitario

En la valoración del nódulo pulmonar solitario (NPS) es esencial la utilización de TC⁽²⁰⁾ como medio diagnóstico de primera línea. Detecta nódulos menores de 4 mm, los cuales tienen una probabilidad de malignidad inferior al 1%. Tras la realización de la TC más de un 20% de los casos de sospecha de NPS visualizados en la radiografía de tórax son artefactos, lesiones pleurales o de pared torácica. El estudio del realce o captación de contraste demostró una sensibilidad del 98% para malignidad con un punto de corte de 15 UH de incremento, y una especificidad del 58%. La toma de decisiones sobre el manejo del NPS se realizará en base a la probabilidad de malignidad y las características radiológicas del NPS (tamaño, solido-subsólido)⁽²¹⁾.

El uso de TC de baja radiación es efectiva, reduce la mortalidad de cáncer de pulmón, además de ser útil en el seguimiento de pacientes seleccionados.

3. Estadíaje del cáncer de pulmón

La realización de un estadíaje con exactitud es fundamental para iniciar un correcto abordaje terapéutico⁽²²⁾.

La utilización de contraste intravenoso es imprescindible para identificar estructuras ganglionares y valorar la potencial invasión linfática. La realización de esta técnica nos proporciona una clasificación TMN del tumor⁽²³⁾. La TC es la mejor técnica para valorar el estadio T y esclarecer si hay invasión de estructuras como la pleura/pericardio, pared torácica y mediastino. La sensibilidad y especificidad de la TC en la clasificación N es del 57 y 82%, respectivamente. En la actualidad la utilización del PET complementa la estratificación ganglionar definitiva. Para la determinación de estadio M, la TC nos es de ayuda en la identificación de las

metástasis en hígado, suprarrenales, óseas y cerebro, sobre todo si no se dispone de PET.

4. Tromboembolismo pulmonar

La utilización de la TC multidetectora para la realización de angioTC pulmonar es en la actualidad el método de elección para el diagnóstico de tromboembolismo pulmonar (TEP). En su ausencia, nos orientará de diagnósticos alternativos hasta en un tercio de los casos. La sensibilidad y la especificidad de esta técnica están influenciadas por la probabilidad clínica de TEP y de la determinación de D-dímero. La sensibilidad de la angioTC es del 83%, la especificidad del 96% y el valor predictivo positivo del 86%⁽²⁴⁾. Además de diagnosticar/descartar el TEP, podemos obtener un pronóstico mediante la valoración del tamaño y movimiento del ventrículo derecho.

5. TC y corazón

La utilización de TC sincronizada con el ECG está siendo la modalidad de elección para enfermedad coronaria y estructuras cardíacas. La exactitud diagnóstica de esta técnica en el diagnóstico de la disección de aorta es elevada⁽²⁵⁾. Permite ver la afectación de la íntima, los vasos afectados por la disección y el empeoramiento de la perfusión de los diferentes órganos afectados.

6. En patología pleural

La TC detecta el engrosamiento o nódulos pleurales secundarios a procesos inflamatorios como empiemas y lesiones malignas (mesotelioma/metástasis). Visualiza el derrame pleural incluso inferior a 10 ml. Gracias a la atenuación sabremos que se trata de un trasudado (menos 8-10 H). En caso de ser empiema o exudado, la atenuación es más elevada que el agua. Distingue entre absceso y empiema simple o loculado. Además, visualiza pequeños neumotórax en decúbito.

RESONANCIA MAGNÉTICA (RM)

Introducción

La utilización de la RM en las enfermedades torácicas se ha dirigido al estudio y diagnóstico de enfermedades del corazón, mediastino, pleura y pared torácica⁽²⁶⁾.

La RM se genera por la magnetización de los tejidos blandos del paciente tras aplicar un campo

magnético externo mediante un pulso de ondas de radiofrecuencia. El núcleo atómico posee un momento magnético que depende del número de protones y neutrones de ese átomo. El hidrógeno es el protón más numeroso en los tejidos del cuerpo y es usado para generar una imagen de RM. Los tejidos orgánicos tienen protones, en especial el agua y las cadenas de triglicérido. Explicaremos de una forma simple el mecanismo: sometemos a un campo magnético externo a los protones mediante un pulso de radiación electromagnética (no ionizante). Estos se alinearán en la misma dirección o, al contrario, al campo magnético de mayor energía. Posteriormente, se producirá una relajación o vuelta a su estado magnético habitual. La medición del tiempo de relajación nos da un vector magnético longitudinal o T1 y un vector magnético transversal o T2 que se transformarán en diferentes tipos de imágenes mediante un complejo algoritmo matemático. El gadolinio es el contraste usado en la RM. No es nefrotóxico, aunque debe ser administrado con precaución.

Aplicaciones clínicas

El tórax es la región que más dificultades presenta en el estudio mediante RM. Hay una limitación debida a una pérdida de señal por la interacción de los movimientos cardiorrespiratorios y por la falta de homogeneidad de la interfase producida por los tejidos y el aire en los pulmones. Esto se está solucionando con mejoras en el *hardware* y en la generación de pulsos de frecuencia. Las indicaciones se exponen en la tabla 4.

1. Pared torácica y diafragma

Es una excelente herramienta para valorar los tumores e infecciones de la pared torácica y la infiltración de tumores intratorácicos en pared torácica y diafragma. En fase T2 la infiltración de origen tumoral de tejidos blandos se diferencia muy bien de grasa o músculo. Gracias a las secuencias echo 3D se consigue visualizar la invasión vascular.

2. Pleura

La patología pleural es bien valorada por la RM. Incluso mejora la TC en la valoración de infiltración por lesiones pleurales en estructuras contiguas. Es de especial ayuda en el mesotelioma, gracias a la visualización de su extensión en los planos sagitales y

TABLA 4. Indicaciones clínicas de uso de RM cardíaca.

Miocardiopatías

- Diferenciar entre enfermedades isquémicas cardíacas
- Miocarditis aguda
- Miocardiopatía: hipetrófica y arritmogénica
- Sarcoidosis cardíaca
- Amiloidosis cardíaca
- Siderosis miocárdica

Estructuras intra/extracardiacas

- Masas cardíacas: tumores benignos/malignos, trombos
- Patología pericárdica
- Estructuras vasculares: aorta, arterias/venas pulmonares

Enfermedad isquémica cardíaca

- Diferenciar de patología cardíaca no isquémica
- Síndrome coronario agudo
- Viabilidad miocárdica
- Remodelado/cicatriz
- Test de estrés

Anomalías de estructuras cardíacas

Tomada de Med Clin North Am. 2015; 99: 849-61.

coronales⁽²⁷⁾. Potencialmente puede ayudarnos a diferenciar entre los diferentes tipos de derrames pleurales, distinguiendo exudado de trasudado y hemotórax. Para la valoración de calcificaciones pleurales es mejor la TC.

3. Mediastino

La capacidad de analizar las diferentes estaciones ganglionares mediastínicas en los cortes sagitales y coronales hace que la RM consiga una buena estimación, al menos, equivalente a la realizada por TC. Ambos están siendo desbancados por el PET a la hora de realizar una estadificación⁽²⁸⁾. En la valoración de los tumores sólidos del mediastino la pérdida de señal del flujo sanguíneo permite distinguir el tumor sólido de los vasos sanguíneos.

4. Enfermedades del parénquima pulmonar y neoplasias del pulmón

El uso de la RM en el estudio de las patologías con afectación del parénquima pulmonar es escaso. En casos de patología intersticial puede ayudar a distinguir áreas de enfermedad activa de áreas inactivas/fibrosis⁽²⁹⁾. Su uso conjunto a la inhalación de helio/xenón hiperpolarizado ha servido para el estudio de

ventilación en asma y EPOC. En algunos casos puede ser una técnica complementaria en el diagnóstico de enfisema.

El manejo de RM en la neoplasia de pulmón juega un papel secundario. Es útil en caso de tumores apicales y en aquellos en los que hay duda de si existe infiltración de pared torácica, diafragma, mediastino y pleura. Es una opción a considerar en casos de alergia a contrastes yodados usados para TC.

5. Patología cardiovascular

El uso de la RM en el estudio del TEP queda relegado a la presencia de alergia a contrastes yodados y embarazadas. Los resultados en la detección de TEP son comparables a la TC. La dilatación de arteria pulmonar es sugestivo de hipertensión pulmonar.

Para el estudio de la enfermedad aórtica se utiliza como método diagnóstico en caso de alergia al contraste yodado en TC. La RM es una técnica útil para el diagnóstico de disección aórtica, hematoma intramural y úlceras perforantes de la aorta. Presenta una alta sensibilidad (95-100%) y una alta especificidad (94-98%). El inconveniente es la duración de la técnica (más de 30 minutos) realizada en pacientes inestables. La TC multicorte está siendo prioritaria en estos casos.

Para la valoración de las enfermedades cardiovasculares⁽³⁰⁾ es una herramienta interesante. Proporciona parámetros morfológicos (volúmenes ventriculares, presencia y extensión de necrosis miocárdica y obstrucción microvascular) y funcionales (función global y segmentaria, isquemia) en la misma exploración⁽³¹⁾.

Al poder analizar la estructura cardíaca y valorar su función nos informa de la existencia de miocardiopatía hipertrófica, miocardiopatía dilatada, miocardiopatía restrictiva, pericarditis constrictiva y de la displasia arritmogénica del ventrículo derecho. Es útil en estudios de provocación de isquemia miocárdica. Estudio de necrosis y viabilidad miocárdica.

En la cardiopatía congénita es recomendable para el seguimiento posquirúrgico de los pacientes y para detectar anomalías no detectadas previamente.

Los trombos intramurales son distinguibles de las tumoraciones cardíacas gracias a la realización de RM con gadolinio. Los trombos no muestran captación.

La patología pericárdica es estudiada habitualmente mediante ecocardiografía. La RM constituye un apoyo importante en la diferenciación de masas focales, engrosamiento, derrame pericárdico loculado

TABLA 5. Indicaciones plenamente justificadas de la PET en las enfermedades torácicas.
Diagnóstico
• Caracterización del nódulo pulmonar solitario
Estadificación
• Cáncer de pulmón primario • Linfoma maligno
Monitorización de la respuesta al tratamiento
• Linfoma maligno
Detección en caso de sospecha razonable de recidiva
• Cáncer de pulmón primario • Linfoma maligno

Tomada de Medicine. 2009; 10: 1710-2.

o complejo. Así, también es de ayuda para los casos de pericarditis constrictiva.

TOMOGRAFÍA POR EMISIÓN DE POSITRONES

Introducción

La PET es una técnica diagnóstica de Medicina Nuclear, no invasiva, que permite obtener una imagen funcional de la actividad metabólica tisular. Requiere la inyección previa de un radiotrazador emisor de positrones, siendo la flúor-desoxi-glucosa F-18 (¹⁸FDG) el más utilizado en la práctica clínica actual. La ¹⁸FDG es un análogo de la glucosa con la que compite utilizando los mismos mecanismos de transporte. En la célula neoplásica hay una mayor concentración de glucosa, lo suficientemente alta como para detectar la lesión tumoral por la PET.

Actualmente se realiza una combinación de dos técnicas: PET-TC en un mismo dispositivo, lo que aporta, a su vez, una información funcional y otra anatómica. Con la combinación de ambas técnicas se han aumentado de entre un 20-40% los casos con diagnóstico definitivo.

Indicaciones en las enfermedades del tórax

Actualmente las indicaciones de ficha técnica de la PET en la enfermedad torácica que están plenamente justificada son las aprobadas en el Real Decreto 1030/2006 (Tabla 5).

TABLA 6. Recomendaciones del manejo del nódulo pulmonar solitario según la información obtenida en la PET-TC.

Hallazgo en PET	Hallazgo en TC	Recomendación
FDG-	Benignidad	Alta probabilidad de benignidad. Control
FDG+	Malignidad	Alta probabilidad de malignidad
FDG-	Malignidad	Alta probabilidad de malignidad
FDG+	Benignidad	Confirmar los hallazgos PET
FDG+	Infección/inflamación	Alta probabilidad de benignidad. Confirmar hallazgo PET
FDG+	Sin evidencia de lesión	Artefacto por movimiento/microembolia postinyección

FDG: flúorodesoxiglucosa.
 Tomada de Arch Bronconeumol. 2007; 43: 562-72.

La utilidad de la PET se basa en la capacidad de discriminar las lesiones benignas de las malignas. El valor de este test reside en su alto valor predictivo negativo, lo que permite excluir con seguridad la malignidad en los casos en que no se observe esta captación. La captación se obtiene mediante el cálculo del valor de captación estandarizado (SUV), así pues, un SUV superior a 2,5 plantea la posibilidad de una enfermedad maligna.

1. Caracterización del nódulo pulmonar solitario

El NPS se define como aquella lesión radiológica opaca que mide entre 8 mm y 3 cm de diámetro rodeado de tejido pulmonar normal. Es la manifestación más común del cáncer pulmonar en pacientes asintomáticos.

Para una adecuada valoración del NPS es necesario conocer las causas más frecuentes de falsos positivos, como son las enfermedades inflamatorias/infecciosas (tuberculosis, histoplasmosis, sarcoidosis, aspergilosis, etc.), el TEP y los artefactos inherentes a la prueba. También se han de conocer las causas más frecuentes de falsos negativos como: lesiones de pequeño tamaño (límite de resolución entre 6 y 10 mm) o con bajo grado de malignidad (tumores carcinoides, broncoalveolares y mucinosos).

La PET es más precisa que la TC para la detección de lesiones malignas de al menos 1 cm, se estima un 96% de sensibilidad, un 79% de especificidad y una precisión del 91%⁽³²⁾.

En un análisis de costes, la PET es más coste-efectiva cuando se realiza en lesiones con baja-moderada

probabilidad pretest de malignidad y en nódulos indeterminados en TC⁽³³⁾. Maldonado y cols.⁽³⁴⁾, en 2007, detallan las recomendaciones de manejo del NPS según la información obtenida en la PET-TC (Tabla 6).

2. Carcinoma broncogénico

Una estadificación precisa del cáncer de pulmón es fundamental para la optimización del enfoque del tratamiento a utilizar, ya sea por intención curativa o paliativa y, en particular, para seleccionar a los pacientes que pueden beneficiarse de la resección quirúrgica⁽³⁵⁾. La PET nos informa de la estadificación de tumor, la estadificación ganglionar, la existencia de metástasis y nos alerta, por tanto, del pronóstico. Nos permite valorar la respuesta al tratamiento, así como la existencia de tumor residual o recurrente. Ayuda a planificar la radioterapia en el caso de ser necesaria^(36,37).

Existen 4 situaciones en las que las imágenes de PET-TC pueden ser imprescindibles para una correcta estadificación T⁽³⁵⁾: a) cuando existe pulmón consolidado o colapsado distal al tumor; b) para la valoración de los nódulos satélites; c) para la evaluación de la posible afectación pleural; y d) para la selección adecuada del lugar donde realizar la toma de muestras.

BIBLIOGRAFÍA

1. Lichtenstein D, Mézière G, Biderman P, et al. The comet-ail artifact. An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. Am J Respir Crit Care Med. 1997; 156: 1640-6.
2. Vollmer I, Gayete A. Revisión: ET. Arch Bronconeumol. 2010; 46: 27-34.
3. Chira R, Chira A, Mircea PA. Thoracic wall ultrasonography-normal and pathological findings. Pictorial essay. Med Ultrason. 2011; 13: 228-33.

4. Colmenero M, García-Delgado M, Navarrete I, et al. Utilidad de la ecografía pulmonar en la unidad de medicina intensiva. *Med Intensiva*. 2010; 34: 620-8.
5. Gallego Gómez MP, García Benedito P, Pereira Boo D, et al. Radiología en imágenes: La ET en la enfermedad pleuro-pulmonar. *Radiología*. 2014; 56: 52-60.
6. Lichtenstein DA. Ultrasound in the management of thoracic disease. *Crit Care Med*. 2007; 35 (Suppl): S250-61.
7. Wernecke K. Ultrasound study of the pleura. *Eur Radiol*. 2000; 10: 1515-23.
8. Herth F. Diagnosis and staging of mesothelioma transthoracic ultrasound. *Lung Cancer*. 2004; 45 (Suppl): 63-7.
9. Lichtenstein DA, Mezière G, Biderman P, et al. The comet-tail artifact: an ultrasound sign ruling out pneumothorax. *Intensive Care Med*. 1999; 25: 383-8.
10. Lichtenstein DA, Mezière G, Biderman P, et al. The "lung point": an ultrasound sign specific to pneumothorax. *Intensive Care Med*. 2000; 26: 1434-40.
11. Targhetta R, Chavagneux R, Bourgeois JM, et al. Sonographic approach to diagnosing pulmonary consolidation. *J Ultrasound Med*. 1992; 11: 667-72.
12. Lichtenstein D, Loubières Y, Reissing A, et al. Lung sonography in pulmonary embolism. *Chest*. 2003; 123: 2154-5.
13. Coley BD. Pediatric chest ultrasound. *Radiol Clin N Am*. 2005; 43: 405-18.
14. Herth FJF, Becker HD. Transthoracic ultrasound. *Respiration*. 2003; 70: 87-94.
15. Gerscovich E, Cronan M, McGahan J, et al. Ultrasonographic evaluation of diaphragmatic motion. *J Ultrasound Med*. 2001; 20: 597-604.
16. McCollough CH, Morin RL. The technical design and performance of ultrafast computed tomography. *Radiol Clin North Am*. 1994; 32: 521-36.
17. Martínez Moya M, Serrano Gotarredona P, Fernández Cruz J. Principios, técnicas, indicaciones y estrategias de TC y RM de tórax. En: Fernández Cruz J, Moreno Cayetano I, eds. *Diagnóstico por imagen del tórax: Tomografía Computarizada y Resonancia Magnética*. 1ª ed. Barcelona: Caduceo Ediciones; 2006. p. 19-75.
18. Webb WR, Müller NL, Naidich DP. Anatomía pulmonar normal. En: Webb WR, Müller NL, Naidich DP, eds. *High-Resolution CT of the lung*. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams-Wilkins; 2003. p. 49-693. bis Kazerooni EA. High-resolution CT of the lungs. *AJR Am J Roentgenol* 2001; 177: 501-19.
19. Muller NL. Clinical value of high-resolution CT in chronic diffuse lung disease. *AJR Am J Roentgenol*. 1991; 157: 1163-70.
20. Alpert JB, Lowry C, Ko JP. Imaging the solitary pulmonary nodule. *Clin Chest Med*. 2015; 36: 161-78.
21. Álvarez C. Normativa sobre el manejo del nódulo pulmonar solitario. Madrid: Ed. Respira; 2014.
22. De Groot P, Carter B, Betancourt S, et al. Staging of lung cancer. *Clin Chest Med*. 2015; 36: 179-96.
23. Silvestri GA, Gonzalez AV, Jantz MA, et al. Methods for staging non-small cell lung cancer: diagnosis and management of lung cancer, 3rd ed. American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines. *Chest*. 2013; 143(Suppl 5): e211S-50S.
24. Stein PD, Hull RD. Multidetector computed tomography for the diagnosis of acute pulmonary embolism. *Curr Opin Pulm Med*. 2007; 13: 384-8.
25. Wolak A, Gransar H, Thomson LE, et al. Aortic size assessment by noncontrast cardiac computed tomography: normal limits by age, gender, and body surface area. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2008; 12: 200-9.
26. Bittner RC, Felix R. Magnetic resonance imaging of the chest. *State of Art. Eur Respir J*. 1998; 11: 1392-404.
27. Patz EF Jr, Shaffer K, Piwnica-Worms DR, et al. Malignant pleural mesothelioma: value of CT and MR imaging in predicting resectability. *Am J Roentgenol* 1992; 159: 961-6.
28. Pieterman RM, Van Putten JW, Meuzelaar JJ, et al. Preoperative staging of non-small-cell lung cancer with positron-emission tomography. *N Engl J Med*. 2000; 343: 254-61.
29. Müller NL, Mayo JR, Zwirerich CV. Value of MR imaging in the evaluation of chronic infiltrative lung diseases: comparison with CT. *AJR Am J Roentgenol*. 1992; 158:1205-9.
30. Pfeiffer MP, Biederman RW. Cardiac MRI. A general overview with emphasis on current use and indications. *Med Clin North Am*. 2015; 99: 849-61.
31. Lorenz CH, Walker ES, Morgan VL, et al. Normal human right and left ventricular mass, systolic function, and gender differences by cine magnetic resonance imaging. *J Cardiovasc Magn Reson*. 1999; 1: 7-21
32. Vansteenkiste JF, Stroobants SS. PET scan in lung cancer: current recommendations and innovation. *J Thorac Oncol* 2006; 1: 71-3.
33. Gould MK. Cost effectiveness of Positron Emission Tomography for characterizing pulmonary nodules. *PET Clin* 1. 2006: 339-46.
34. Maldonado A, González-Alenda FJ, Alonso M, Sierra JM. Utilidad de la tomografía por emisión de positrones-tomografía computarizada (PET-TC) en neumología. *Arch Bronconeumol*. 2007; 43: 562-72.
35. Vilstrup MH, Torigian DA. [18F]Fluorodeoxyglucose PET in thoracic malignancies. *PET Clin*. 2014; 9: 391-420.
36. Teague SD, Conces DJ. Diagnosis of lung cancer: perspective of a pulmonary radiologist. *PET Clin*. 2006; 1: 289-300.
37. Akhurst T, MacManus M, Franz CR, et al. Lung Cancer. *PET Clin*. 2015; 10: 147-58.