

CAPÍTULO 30 - INDICACIONES Y VALORACIÓN DE MEDICINA NUCLEAR

Autores: Pablo Corrales Álvarez Eduardo Nuñez Carrasco

Coordinador: Heriberto Álvarez Alcocer

Hospital Universitario Nuestra Señora de Candelaria (Santa Cruz de Tenerife)

1.- INTRODUCCIÓN

La gammagrafía ósea, ya sea planar o con técnica SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) es uno de los principales métodos diagnósticos en las lesiones del aparato musculoesquelético. En ocasiones y debido a su carácter funcional se necesita añadir exámenes más específicos (diagnóstico de infección asociada a prótesis u otros dispositivos), como el estudio con Galio-67 o, con leucocitos marcados (con ^{111}In , con $^{99\text{m}}\text{Tc}$, o con fragmentos de inmunoglobulina unidos a $^{99\text{m}}\text{Tc}$).

La sensibilidad, facilidad y seguridad en su realización, la han hecho una prueba diagnóstica altamente solicitada. Muchos procesos patológicos (tumores, inflamatorios, infecciosos, traumáticos, etc.) producen cambios gammagráficos. La especificidad puede resultar en ocasiones limitada, pero existen algunos patrones que claramente orientan a una patología u otra. Este aspecto negativo que puede ser su elevada sensibilidad, se transforma en positivo si se requiere un alto valor predictivo negativo (1).

Además, la introducción de los estudios SPECT y SPECT-TC ó SPECT-RM ha contribuido a mejorar la especificidad y la seguridad diagnóstica. Por otro lado, la interpretación del examen en el contexto clínico y en conjunto con otras pruebas permite un excelente rendimiento diagnóstico. Por ejemplo un paciente febril, sin antecedentes traumáticos y con dolor localizado, tiene una alta posibilidad de tener una osteomielitis si se demuestra una actividad osteoblástica patológica focal en la gammagrafía con una alteración de similares características en las fases precoces.

Son pruebas diagnósticas seguras, los pacientes apenas corren riesgos, no son dolorosas, se toleran bien y tienen una buena relación costo-beneficio.

La dosis de radiación efectiva predicha en sujetos sanos después de la administración de una dosis estándar de $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -fosfonatos (según ICRP no. 80) es de 0.0057mSv/MBq administrado. En niños se baja la dosis según recomendación de la EANM para ser consecuente con los principios ALARA, obteniendo estudios diagnósticos con dosis efectivas menores de 1mSv (1).

2.- FÁRMACOS

La gammagrafía ósea es la exploración de Medicina Nuclear más usada en la práctica clínica asistencial. A diferencia de las técnicas radiológicas convencionales la gammagrafía ósea no sólo ofrece una imagen anatómica, sino que además representa una imagen funcional que proporciona información sobre el metabolismo óseo. Actualmente se emplea en múltiples patologías, especialmente debido a su alta sensibilidad.

La gammagrafía ósea se representa muestra la distribución del radiofármaco. Esta sustancia consta de una molécula

diseñada y sintetizada para que se comporte de una manera determinada (fármaco) y que es marcada con un isótopo radioactivo que emite una radiación gamma. De esta manera se puede ver qué sucede con el radiofármaco, al detectar la radiación gamma del isótopo unido al fármaco. La radiación emitida puede ser detectada desde el exterior mediante equipos especialmente diseñados para ello, las gammacámaras.

Los rastreos fotográficos que se realizan pueden ser obtenidos en múltiples proyecciones, incluyendo todo el cuerpo o sólo aquellas partes solicitadas. Estos pueden ser de tipo planar o de tipo tomográfico en tres dimensiones (SPECT, SPECT-TC, SPECT-RMN), así como estáticos o dinámicos (serie de imágenes a lo largo del tiempo).

2.1. Fármacos

El radioisótopo más utilizado para la realización de la gammagrafía ósea y de la mayor parte de las exploraciones de Medicina Nuclear es el tecnecio-99 metaestable ($^{99\text{m}}\text{Tc}$). Este radiotrazador se une a un compuesto difosfonado que se fija en los huesos mediante quimioabsorción a los cristales de hidroxiapatita y constituye el radiofármaco que se administra al paciente. En algunos procesos determinados se utilizan radiotrazadores específicos, como el citrato de Galio 67 (^{67}Ga) o los leucocitos marcados con HMPAO $^{99\text{m}}\text{Tc}$ o con ^{111}In -Oxima.

La gammagrafía ósea en adultos se realiza tras la administración intravenosa de $740\text{-}1100\text{MBq}$ ($20\text{-}30\text{mCi}$) de $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -difosfonatos. El $^{99\text{m}}\text{Tc}$ tiene una vida media de 6 horas por lo que en 24 horas prácticamente se ha eliminado, contribuyendo este hecho a una menor irradiación del paciente. El compuesto es absorbido por la masa ósea en razón directamente proporcional a su actividad osteoblástica y a la vascularización ósea. Por ello, todos aquellos procesos que produzcan una reacción osteoblástica, serán precozmente detectados, independientemente de su naturaleza.

- **Difosfonatos unidos a $^{99\text{m}}\text{Tc}$:** Los radiofármacos habitualmente usados para el rastreo óseo.
- **Galio 67:** El citrato de galio 67 se utiliza con frecuencia para diagnosticar infecciones y procesos inflamatorios en huesos y articulaciones, principalmente en el esqueleto axial. Desde la irrupción de los estudios con leucocitos y el PET ha pasado a un segundo plano.
- **Marcaje de leucocitos autólogos:** Tras la extracción de sangre al paciente, se separan los leucocitos para posterior reinyección pero marcados con $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO o ^{111}In -Oxima/Tropolona. Se mostró como una técnica específica para detectar procesos infecciosos agudos. Su sensibilidad oscila entre un 75% y 90% y su especificidad está en torno al 91%.

- **Coloides:** Las partículas de coloide de albúmina sérica humana marcadas con ^{99m}Tc se usan como agente de imagen para la médula ósea.
- **Inmunoglobulinas y fragmentos de Ig:** las IgG policlonales humanas radiomarcadas con indio 111 o con ^{99m}Tc se han empleado también para el diagnóstico de infección. Estas inmunoglobulinas marcadas se unían a los receptores Fc expresados por las células implicadas en la respuesta inflamatoria. Las inmunoglobulinas policlonales tienen varias ventajas como su disponibilidad en formato "kit" y el hecho de no requerir marcaje in vitro, es decir, no se requiere extracción de sangre del paciente.
- **Péptidos quimiotácticos:** los péptidos quimiotácticos son producidos por las bacterias, uniéndose con alta afinidad a los receptores de la membrana celular de los leucocitos polimorfonucleares y fagocitos mononucleares, estimulando la quimiotaxis. En lugar de emplear el péptido nativo se han usado análogos sintéticos que permiten el radiomarcaje con los péptidos marcados se usan para el diagnóstico de las infecciones.
- **^{201}Tl y ^{99m}Tc -MIBI:** Estos radiotrazadores se utilizaban antes de la irrupción del PET en el estudio de la patología tumoral para diferenciar los procesos benignos de los malignos y evaluar los resultados del tratamiento.

2.2. Procedimientos, fases y técnicas

El rastreo óseo isotópico con gammacámara se realiza habitualmente en cuatro fases:

- **Primera fase o angiograma con radionúclidos:** Requiere administrar el radiofármaco con el paciente en la gammacámara. Se obtienen imágenes cada dos o tres segundos durante el primer minuto que muestran las imágenes del trazador distribuido por los vasos sanguíneos.
- **Segunda fase o rastreo de "pool" vascular:** Entre el primer y tercer minuto tras la inyección del radiofármaco se detecta actividad a nivel del espacio vascular y extracelular (partes blandas) antes de ser captado por el hueso.
- **Tercera fase o rastreo óseo estático:** Se adquieren las imágenes necesarias después de esperar dos-tres horas tras la inyección del radiofármaco y revela la distribución del radiofármaco en el hueso. Cada radiofármaco necesita un tiempo diferente para llegar a su equilibrio, aunque todos ellos ofrecen una imagen superponible.
- **Cuarta fase:** imagen estática a las 24 horas de inyectar el radiofármaco.

En lo que se refiere a la técnica en sí, básicamente el examen de la gammagrafía ósea consiste en:

- **Gammagrafía planar:** Adquisición de una en dos dimensiones estática. Puede ser de un hueso-articulación, o de cuerpo completo.
- **Gammagrafía planar dinámica:** Fase de llegada arterial del radiofármaco al tejido diana.
- **SPECT:** Consiste en la adquisición volumétrica de un sector del cuerpo. A diferencia de las imágenes planas (planares), la SPECT proporciona una resolución de contraste aumentada. El principal beneficio de la SPECT es la mejora de la sensibilidad de la detección

lesional, así como de la localización anatómica, consiguiendo una mejor seguridad diagnóstica. La SPECT ósea ha probado ser especialmente útil para la detección de lesiones en estructuras anatómicas grandes y complejas, en las que permite eliminar la actividad supra y subyacente de las áreas de interés. La mayor utilidad de esta técnica se obtiene en la columna, sobre todo en la columna lumbosacra, donde aumenta la posibilidad de detección de lesiones y mejora la localización, por ejemplo, en el síndrome facetario o en la espondilosis. La reciente irrupción de los equipos híbridos SPECT-TC, así como del software de fusión de imágenes con TC o RMN ha permitido aumentar aún más la seguridad diagnóstica y facilitar enormemente la localización de las lesiones con actividad metabólica (2) (Figura 1).



Figura 1. SPECT TC (baja dosis) tras la administración de ^{99m}Tc -HMDP de un paciente con prótesis de cadera, en la que se identifica con precisión el punto de aflojamiento de la PTC derecha.

2.3. Indicaciones

Dividiremos las indicaciones de la gammagrafía ósea en diversos bloques para así facilitar su estudio y comprensión. Los cambios en la gammagrafía ósea se producen cada vez que hay un aumento en el flujo de sangre a una lesión, o si existe una alteración en la actividad osteoblástica. Por esta razón, imágenes de gammagrafía ósea también revelan anomalías en enfermedades no neoplásicas, tales como:

2.3.1. Detección precoz de una fractura

Antes de las 72 horas, prácticamente todas las fracturas presentan alteraciones gammagráficas, incluso en pacientes ancianos. La apariencia de las fracturas está directamente relacionada con el estadio de curación y se modifica según el tamaño de la fractura y el hueso afectado. Es básico conocer el tiempo de evolución ya que según el estadio cambia el patrón gammagráfico, cada una de las fases del estudio gammagráfico se normaliza transcurrido un periodo diferente si no hay complicaciones en la curación de la fractura. En fracturas de escafoides por ejemplo la sensibilidad y especificidad estimada era de 97.8% and 93.5%

para la gammagrafía ósea en algunas series, variando en otras a 100% y 90% respectivamente (3).

- **Detección de fracturas ocultas:** Las fracturas de estrés (o por fatiga) están causadas por zonas focales de resorción ósea que se producen como respuesta al estrés, con un debilitamiento final del hueso que ocasiona la fractura. Pueden dividirse en tres tipos:

a) Fracturas por fatiga, debidas a un estrés excesivo sobre un hueso normal (típica de deportistas). La localización depende del deporte o actividad y del tipo de estrés presente. En los corredores, la localización más frecuente es la diáfisis tibial, seguida de la diáfisis de los metatarsianos. En las fracturas de estrés la gammagrafía es positiva desde el inicio del cuadro doloroso (7) (Figura 2).



Figura 2. En el caso de la imagen, se realizó un estudio en dos fases tras administrar i.v. de ^{99m}Tc -MDP. Se observa un aumento lineal de captación localizado en las corticales anterior y posterior de ambas tibiae, que indican imagen de "Shin Splints". Además, se ve una captación patológica fusiforme en la cortical posterior de la tibia izquierda, que gammagraficamente indica una fractura de estrés (7).

- b) Fracturas por insuficiencia, debidas al estrés sobre un hueso debilitado (enfermedades óseas metabólicas). Las fracturas por insuficiencia sacras son una causa de dolor debilitante en los ancianos. Se asocia con enfermedades tales como procesos de osteoporosis, cáncer e inmunológicas. La gammagrafía ósea es junto con la resonancia magnética el estudio de imagen con mayor sensibilidad para la detección de la insuficiencia sacra, aportando además el estudio gammagráfico la posibilidad de estudiar el cuerpo completo en un solo estudio sin añadir dosis extra de radiación (con una única inyección se estudia el cuerpo completo) (4) (Figura 3).
- c) Fracturas patológicas secundarias a neoplasias.

2.3.2. Detección de la pseudoartrosis

El grado de captación de la gammagrafía ósea en los extremos óseos indica la capacidad para responder al proceso de curación de la fractura.

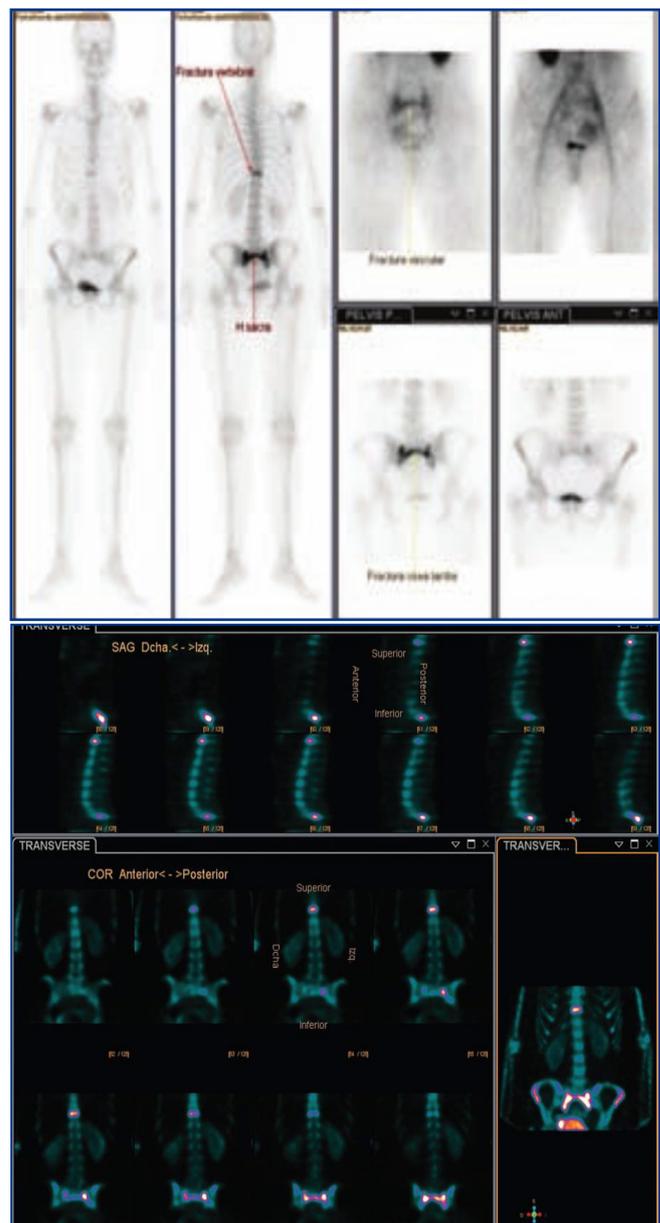


Figura 3. La imagen expuesta es un estudio gammagráfico en dos fases e imagen SPECT en el que se comprueba un patrón en "H" compatible con fractura sacra tanto en la fase vascular como en la fase ósea tardía y otra hipercaptación lineal en D11 compatible con fractura dorsal cuya existencia no se sospechaba.

2.3.3. Estudio de entesopatías

La gammagrafía ósea es útil en la fase aguda, cuando suele apreciarse un estudio radiológico normal.

2.3.4. Síndrome facetario y espondilólisis

De manera característica se aprecia captación aumentada en los sectores posteriores del cuerpo vertebral. La espondilólisis se manifiesta además como microtraumatismos mantenidos.

2.3.5. Fractura por aplastamiento

En pacientes con fracturas vertebrales puede diferenciar procesos agudos o crónicos.

2.3.6. Infecciones musculoesqueléticas

La gammagrafía ósea de tres fases con ^{99m}Tc-fosfonatos es un estudio importante para el diagnóstico de la infección musculoesquelética. En los pacientes con sospecha de infección, la utilización de las imágenes en fase precoz permite diagnosticar la celulitis y diferenciarla de la osteomielitis y la artritis séptica. La celulitis muestra una hiperactividad en las fases precoces (primera y segunda) y sin captación o hipocaptación en la fase tardía. Cuando el diagnóstico es incierto se puede recurrir a la cuarta fase a las 24 horas de administrar el trazador. En esta fase, si se trata de una celulitis, no debe existir trazador en el hueso, mientras que en la osteomielitis está presente.

La osteomielitis/artritis séptica cursa con una hipercaptación del trazador en el interior del hueso en las tres/cuatro fases. No obstante este patrón no es específico de la osteomielitis, pudiéndose ver en otras patologías como en las fracturas en fase aguda y en los tumores.

El rastreo con ⁶⁷Ga tiene una buena precisión para el diagnóstico de la infección musculoesquelética de bajo grado, incluidas las infecciones protésicas articulares; sin embargo, los leucocitos marcados se han asociado a mejores resultados y menor dosis de radiación.

Actualmente, el método más empleado para valorar las infecciones musculoesqueléticas es el estudio con leucocitos marcados con ^{99m}Tc o con fragmentos de inmunoglobulina.

2.3.7. Enfermedades metabólicas

Diversos trastornos metabólicos se han asociado con un aumento del recambio óseo (osteomalacia, hiperparatiroidismo y osteodistrofia renal). En una gammagrafía ósea con radionúclidos, el aumento de la resorción de hueso no causa por sí mismo un incremento en la captación, pero normalmente la resorción ósea se acompaña de formación de hueso por parte de los osteoblastos que sí provoca un aumento en la captación. En relación con la detección de la osteomalacia, la osteodistrofia renal y, en menor grado, el hiperparatiroidismo primario, se ha demostrado que la gammagrafía ósea es un estudio más sensible que la radiografía; sin embargo en los pacientes con osteoporosis sin fractura es inútil. Para diagnosticar y seguir la osteoporosis es mejor realizar un estudio densitométrico DEXA (5).

- **Osteoporosis generalizada:** la gammagrafía ósea no debe utilizarse para medir la densidad del hueso. La gammagrafía ósea puede ser positiva antes de la visualización de un colapso del cuerpo vertebral en la radiografía. Si la gammagrafía es normal en presencia de una fractura por compresión visible en las radiografías convencionales, puede afirmarse que la fractura no es reciente.
- **Osteoporosis difusa:** el desuso puede causar alteración del recambio óseo y la aparición de una gammagrafía ósea anormal.

- **Osteoporosis transitoria:** la osteoporosis transitoria de cadera (también denominada “síndrome de edema medular transitorio”) se caracteriza por la existencia de una acusada hipercaptación en la cabeza, cuello femoral y hasta la zona intertrocanterea o la región metafisaria proximal del fémur.
- **Enfermedad de Paget:** la enfermedad de Paget causa un aumento del recambio óseo, con actividad osteoblástica y osteoclástica intensa e hipervascularización (5).

2.3.8. Prótesis articulares dolorosas

Las técnicas de medicina nuclear son útiles para hallar la causa del dolor, principalmente aflojamientos sépticos y asépticos y fracturas periprotésicas no detectadas con otras técnicas radiológicas. Es importante conocer el patrón de normalidad tras la colocación de una prótesis.

En los pacientes con prótesis total de rodilla asintomáticos puede apreciarse una hipercaptación, sobre todo a nivel del componente tibial.

En las prótesis de cadera dolorosas el hallazgo de una hipercaptación focal en el extremo de la diáfisis femoral y en ambos trocánteres indica el desprendimiento mecánico, mientras que una hipercaptación difusa orienta hacia una infección. Para el diagnóstico de la infección de las prótesis articulares se ha utilizado también el estudio combinado con ^{99m}Tc-coloides y ^{99m}Tc-leucocitos (con HMPAO o inmunoglobulinas). Si el estudio es normal puede descartarse la presencia de infección. Actualmente son más utilizadas las pruebas realizadas con leucocitos marcados, ya que tienen una mayor sensibilidad para el diagnóstico de esta complicación.

2.3.9. Enfermedad avascular ósea

Se ha demostrado que en la detección de la osteonecrosis la gammagrafía ósea es más sensible que la radiografía, siendo ambas técnicas superadas a su vez por la resonancia magnética. El hallazgo característico es una zona avascular en las etapas precoces. El examen es específico en esta etapa, lo cual no ocurre en la etapa reparativa, ya que en esta fase se aprecia un aumento de captación, que puede encontrarse en otros procesos.

2.3.10. Síndrome de dolor regional complejo (SDRC)

En la gammagrafía ósea, el SDRC presenta tres estadios que se corresponden aproximadamente con tres fases clínicas (6):

- **Estadio 1 (inflamación):** fase caracterizada por la presencia de signos inflamatorios. En las fases precoces se observa aumento de la vascularización. En las etapas tardías hay una hipercaptación en la zona afectada.
- **Estadio 2 (distrofia):** presencia de dolor urente y pulsátil, impotencia funcional y engrosamiento cutáneo. En las fases precoces no se observa alteración en las imágenes gammagráficas. En las fases tardías hay hipercaptación.
- **Estadio 3 (atrofia):** hipotermia cutánea, rigidez articular y contracturas. Existe hipocaptación en las fases precoces, mientras que en las fases tardías se observa una captación normal o baja.

La gammagrafía también se ha demostrado capaz de diagnosticar el SDRC en edades pediátricas, siendo en este grupo de edad relativamente frecuente un patrón invertido (artículo crística) (Figura 4).



Figura 4. Típica imagen de paciente que presenta un SDRC gammagráfico en fase aguda, con depósito aumentado en todas las fases del estudio periarticular difuso en la extremidad superior izquierda (círculos), que coexiste con una fractura de escafoides aguda (3).

2.3.11. Síndrome del niño maltratado

La gammagrafía aporta la posibilidad de detección tanto de lesiones nuevas como antiguas (hasta 9- 12 meses) ya que en la etapa reparativa de golpes y/o fracturas, se produce una reacción osteoblástica.

2.3.12. Dolores óseos generalizados o localizados sin causa conocida y sin hallazgos radiológicos

El estudio gammagráfico detecta alteraciones más precoces que el estudio radiológico convencional se pretende descartar en estos casos la presencia de metástasis múltiples u otra alteración ósea.

2.3.13. Lesiones tumorales primarias

Patrones en los que suelen verse los tumores benignos más frecuentes son:

- **Adamantinoma:** Captación moderada de radiotrazador.
- **Quiste óseo aneurismático:** Intensa captación del trazador con anillo periférico. La fase precoz no necesariamente ha de ser positiva.
- **Quiste óseo:** Isocaptación respecto al hueso normal. Cuando se complica (rotura,..) se positiviza.
- **Islote óseo:** Captación normal o ligeramente positiva.
- **Condrolastoma:** Presenta captación en ocasiones moderada.
- **Desmoide cortical:** Isocaptante o levemente positivo.
- **Encondroma:** Isocaptante o levemente positivo. Si se maligniza cambia el patrón de depósito del trazador. Conviene realizar un rastreo para buscar afectación múltiple.

- **Defecto fibroso cortical:** Isocaptante o levemente positivo.
- **Displasia fibrosa:** Intensa captación del trazador.
- **Tumor de células gigantes:** Intensa captación del trazador en todas las fases del estudio. Presenta apariencia de donut y con cierta frecuencia la región adyacente tiene depósito del trazador.
- Hemangioma; Exóstosis múltiple hereditaria; Encondromatosis múltiple; Miositis osificante: Variable.
- **Osteoblastoma:** Intensa captación del trazador.
- **Osteoma osteoide:** Intensa captación del trazador habitualmente en todas las fases. Se puede recurrir a cirugía radiodirigida con sonda para resección dirigida del nidus.

La apariencia de los tumores malignos más frecuentes en general, muestran una alta captación. La gammagrafía ósea está indicada para evaluar la extensión de la enfermedad y la detección de metástasis. La monitorización de la respuesta a la terapia hoy en día se debe realizar con estudio PET administrando 18F-FDG.

2.3.14. Metástasis

La gammagrafía ósea es el estudio de elección para evaluar las metástasis óseas (a excepción del mieloma múltiple). La gammagrafía ósea proporciona información sobre la presencia, la localización, la extensión y la respuesta al tratamiento de las metástasis óseas; permite la evaluación de signos radiológicos equívocos y ofrece una excelente guía para elegir el lugar de biopsia.

Por regla general puede considerarse que las lesiones óseas blásticas, líticas y mixtas muestran en la gammagrafía ósea un aumento de la captación. En las lesiones líticas generalmente la resorción osteoclástica causada por el tumor continúa con una respuesta de reparación osteoblástica. Si esta respuesta no se produce, la lesión aparecerá como "fría" o fotopénica. Con la excepción del mieloma múltiple y de algunos tumores anaplásicos muy agresivos, la mayoría de tumores metastásicos o multifocales se asocian con respuesta reparativa.

Las lesiones metastásicas que son positivas en la gammagrafía ósea y generan dolor al paciente, son susceptibles de ser tratadas con radiofármacos similares a los utilizados para la gammagrafía ósea pero cuyos isótopos radioactivos que emiten partículas beta.

3.- PET. TOMOGRAFÍA DE EMISIÓN DE POSITRONES

3.1. PET con 18F-FDG

Desde la irrupción de la técnica PET con 18F-FDG y su disponibilidad, se ha podido comprobar que los criterios únicamente morfológicos para valoración de sarcomas tanto óseos como de partes blandas se han visto superados. La progresiva utilización de esta técnica, nos ha permitido descubrir que en el inicio y diagnóstico del paciente, ayuda a:

- Encontrar el punto con mayor metabolismo y dirigir en la biopsia.
- Diferenciar entre tumores de alto y bajo grado.
- Estadiaje correcto N y M.

Además, se ha comprobado ya que en la respuesta al tratamiento puede hacer una contribución significativa a la atención de los pacientes del sarcoma en la identificación de respuestas clínicamente relevantes, o la falta del mismo y, por lo tanto no proporciona información predictiva de la evolución del paciente.

Se ha encontrado también que la glucólisis total en una lesión medido mediante 18F-FDG PET / CT es un factor que predice de manera fiable el pronóstico en el sarcoma de tejidos blandos.

Realizar un PET tras el segundo o tercer ciclo de quimioterapia nos ayudará a optimizar las herramientas terapéuticas de las que disponemos en cada caso. Así mismo, la realización de otro estudio para valoración del final del tratamiento nos señala el grado de respuesta.

Afortunadamente, los sarcomas son una forma poco frecuente de cáncer en la población, pero afecta a cualquier edad y en conjunto afecta a un gran número de personas. En la actualidad, el tratamiento de los tumores más agresivos de alto grado y de las recidivas de tumores de bajo grado todavía suele dar lugar a resultados poco deseables.

Los futuros ensayos clínicos para pacientes con sarcoma, acabarán demostrando como en otras patologías tumorales la eficacia de nuevas combinaciones de tratamientos. Estos pacientes se verán beneficiados de la incorporación del PET con FDG como suministrador de información de respuesta que ya han obtenido pacientes con otros tipos de cáncer.

Para cada paciente individual, la PET con 18F-FDG proporciona información crítica de la respuesta al tratamiento, y de la planificación del tratamiento (Figura 5).

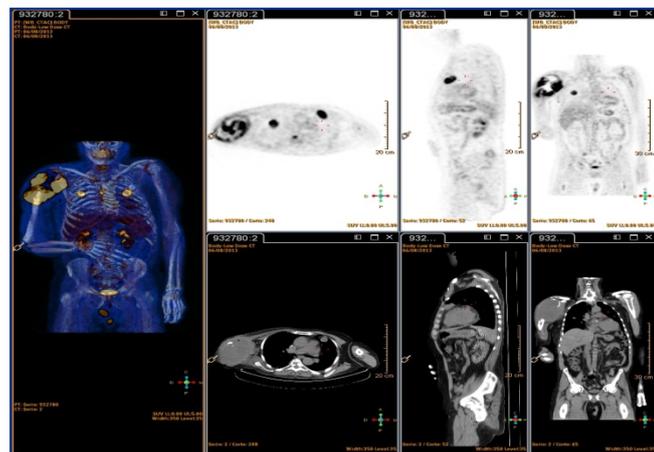


Figura 5. PET con 18F-FDG en el que se observa la existencia de un sarcoma humeral derecho y afectación diseminada a distancia.

3.2. PET con 18F-fluoruro sódico

La conveniencia de la imagen PET con 18F - fluoruro es innegable, tanto por su marcaje favorable, características técnicas (alta calidad de imagen) y un examen corto que conduce a una mayor comodidad del paciente. Dependiendo de la actividad administrada, la dosis de

radiación a los pacientes es aproximadamente comparable con la gammagrafía convencional utilizando. Además de la patología maligna esquelética en la última década se ha investigado en una variedad de trastornos musculoesqueléticos no oncológicos (8):

- Osteonecrosis de la mandíbula en pacientes tratados con bifosfonatos;
- Estudios de cambios postquirúrgicos, incluyendo pacientes después de cirugía de prótesis de rodilla y de cadera;
- Se analizó la imagen del esqueleto axial incluyendo pacientes con espondilitis anquilosante y la enfermedad de Paget , así como pacientes después de cirugía de la columna , incluida la evaluación de material de osteosíntesis y la cirugía de fusión;
- Utilización en maltrato y abuso de menores;
- Valoración de aloinjertos óseos (9).

3.3. Otros trazadores PET

Constantemente surgen nuevos trazadores moleculares PET:

- Análogos de la somatostatina marcados con ⁶⁸Ga y ¹⁸F-DOPA en la evaluación de paraganglioma.
- Supervisión de la respuesta de un tumor a la quimioterapia usando PET con un aminoácido artificial, O-[18F] fluorometil-L-tirosina ([18F] FMT), al valorar la actividad proliferativa después de quimioterapia contra el cáncer usando PET.
- La Timidina marcada con ¹⁸F permite imágenes que valoran proliferación celular.
- Estudio de hipoxia tumoral utilizando el 2-nitroimidazol 18F-EF5.
- [18F]-3-fluoro-alfa-metil-tirosina(18F-FAMT) altamente específica para malignidad en metástasis óseas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Van der Wall H, Murray IPC. Bone scintigraphy in trauma. En: Ell PJ, Gambhir SS (Ed). Nuclear Medicine in Clinical Diagnosis and Treatment. Vol. 1. Third edition. London:Churchill Livingstone 2005: 709-720
2. Hirschmann MT, Davda K, Rasch H, Arnold MP, Friederich NF. Clinical value of combined single photon emission computerized tomography and conventional computer tomography (SPECT/CT) in sports medicine. Sports Med Arthrosc 2011 Jun; 19 (2): 174-81
3. Yin ZG, Zhang JB, Kan SL, Wang XG. Diagnostic accuracy of imaging modalities for suspected scaphoid fractures: meta-analysis combined with latent class analysis. J Bone Joint Surg Br. 2012 Aug;94(8):1077-85.
4. Muñoz Iglesias J, Uña Gorospe JA, Sequera Rahola M de, Allende Riera A, Cárdenas Negro C, Martínez Gimeno E, Cabello García D. Aportación de la gammagrafía ósea en dos fases ante la evolución tórpida de un traumatismo laboral. ISSN 1699-5031. Rev. SEMST 2012; 7(4): 193-196.
5. Riancho Moral J.A, González Macías J. Manual práctico de osteoporosis y enfermedades del metabolismo

mineral. En: Carril J.M, Banzo J.I. Gammagrafía ósea. Santander. Jarpyo editores. 2004;93-8

6. Alvarez González CE, Uña Gorospe JA, Perera Romero C, Santana Borbones A, Rodríguez Palmero MA. Pediatric reflex sympathetic dystrophy. Rev Esp Med Nucl. 2004 Sep-Oct;23(5):358.
7. Uña Gorospe, Jon Andoni; Isla Gallego, Concepción; Santana Borbones, Aránzazu. et al. Lesiones óseas por sobrecarga: shin splint y fractura de estrés. Alasbimn Journal 7(28): April 2005. Article N° AJ28-2.
8. Fischer DR. Musculoskeletal imaging using Fluoride PET. Semin NuclMed 43:427-433.
9. Vicario Espinosa C. Los aloinjertos óseos en Cirugía Ortopédica y Traumatología (II). Patología del Aparato Locomotor, 2004; 2 (4): 263-287.