

Procedimientos en Medicina Nuclear

## Tomografía por emisión de positrones de cuerpo completo (PET/TAC) con $^{18}\text{F}$ -fluorodesoxiglucosa

Positron Emission Tomography/Computed Tomography with  $^{18}\text{F}$ -FDG

J.R. García Garzón\*, A. Rodríguez y A. Cabrera

Grupo de Trabajo PET. Comité de Procedimientos de la SEMN\*

### Nombre del procedimiento

Tomografía por emisión de positrones de cuerpo entero con corrección radiológica (PET-TAC con  $^{18}\text{F}$ -fluorodesoxiglucosa).

### Propósito

El propósito de esta guía es asistir a los médicos nucleares, diplomados en enfermería y técnicos superiores en diagnóstico por la imagen sobre la realización, la interpretación y la redacción de informes de los resultados de los estudios PET-TAC con  $^{18}\text{F}$ -FDG en los pacientes oncológicos, pediátricos y adultos.

Este protocolo normalizado es similar al estándar de PET, con la salvedad que las fuentes de transmisión incorporadas a los tomógrafos convencionales ( $^{68}\text{Ge}$  o  $^{137}\text{Cs}$ ) son sustituidas por fuentes de rayos X del TAC. En la actualidad, aún no se puede estandarizar el uso de la TAC, que depende de la idiosincrasia de cada servicio.

### Información previa y definiciones

La PET es una técnica de imagen tomográfica de medicina nuclear que obtiene imágenes de la distribución de un trazador en los tejidos. La imagen es generada por la detección de fotones de aniquilación tras la introducción corporal de un radionúclido que decae y emite positrones.

Radiofármaco: 2-flúor-2-desoxi-D-glucosa- $^{18}\text{F}$  (FDG). El radionúclido  $^{18}\text{F}$  tiene un período de semidesintegración de 110 min, es emisor de positrones, de 2,4 mm de frenado en agua, que produce, por aniquilación, pares de fotones de 511 KeV.

La PET con  $^{18}\text{F}$ -FDG es una técnica de imagen tomográfica que usa análogos marcados radiactivamente de glucosa. Este trazador muestra captación fisiológica variable en distintos tejidos, pero su utilidad está derivada de su elevada actividad en múltiples procesos oncológicos, por lo que la PET con  $^{18}\text{F}$ -FDG es un método con gran sensibilidad en detección, estadificación y monitorización de los efectos terapéuticos de los procesos neoplásicos.

La TAC es una técnica tomográfica de imagen que usa un haz de rayos X para producir imágenes anatómicas. La información morfológica se utiliza para localizar la extensión de los procesos oncológicos. En

los estudios PET-TAC sirve también para el cálculo de la corrección por atenuación, por lo que se puede realizar a baja dosis y en respiración suave, si bien en estas condiciones se limita su utilidad diagnóstica<sup>1-3</sup>.

### Definiciones

- Una cámara PET-TAC es un sistema integrado que contiene un equipo TC y un equipo PET y es capaz de obtener ambas exploraciones sin necesidad de movilizar al paciente de la camilla.
- Las imágenes de PET se reconstruyen con la imagen de transmisión de TAC para su corrección por atenuación.
- El registro de la exploración PET-TAC es el proceso de alineación de las imágenes de PET y TAC para el análisis de la fusión.
- La fusión PET-TAC se realiza en un *display* que combina ambas imágenes.
- La adquisición del PET/TAC incluye el cuerpo completo (desde el lóbulo de la oreja hasta el tercio medio del muslo) y las imágenes selectivas.

### Principales indicaciones

1. Diferenciación entre lesiones benignas y malignas.
  2. Búsqueda de tumores primarios desconocidos, ante síndromes paraneoplásicos y metástasis.
  3. Estadificación de procesos oncológicos conocidos.
  4. Monitorización de la terapia oncológica.
  5. Diferenciación entre la recurrencia tumoral y los cambios tras el tratamiento, ante exploraciones complementarias indeterminadas.
  6. Determinar la recidiva tumoral ante elevación de marcadores tumorales.
  7. Selección de la localización de la región tumoral para realizar biopsia.
  8. Guía para planificar la radioterapia.
- La PET-TAC con  $^{18}\text{F}$ -FDG no es igualmente eficaz en todos los procesos oncológicos y para ellos hay otros trazadores disponibles. La literatura médica concerniente a sus aplicaciones continúa en desarrollo.

### Procedimiento

#### Preparación del paciente

El objetivo principal es minimizar la captación del trazador en los tejidos normales, como el corazón y los músculos, mientras que se mantiene la captación en los tejidos neoplásicos. El siguiente protocolo es el comúnmente utilizado:

\*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: jrgarcia@catir.es (J.R. García Garzón).

**Contraindicaciones.** Contraindicado en el embarazo. Requiere la suspensión de la lactancia (24 h). La insuficiencia renal no es una contraindicación, pero puede disminuir la calidad de la imagen si es importante.

**Antes de la llegada.** Los pacientes deben estar en ayunas de 4-6 h para evitar la inhibición competitiva de la glucosa endógena y reducir las concentraciones séricas de insulina. Los fluidos intravenosos y la alimentación parenteral también deben obviarse en ese período. Se debe evitar, durante las 24 h previas, la realización de ejercicio físico para disminuir la captación muscular. Se recomienda la hidratación oral con agua para disminuir la tasa de dosis sobre el sistema urinario y favorecer su eliminación fisiológica.

**Antes de la inyección.** Se debe verificar la concentración sanguínea de glucosa antes de administrar el trazador, puesto que un estado de hiperglucemia aumenta la captación miocárdica y muscular de la  $^{18}\text{F}$ -FDG, con lo que se reduce la actividad en los procesos tumorales. En pacientes diabéticos o con glucemias elevadas ( $> 180$  mg/dl), se recomienda tomar medidas para normalizar sus cifras. Entre ellas, la más frecuente es la administración de insulina. Se puede administrar un contraste gastrointestinal intraluminal para la correcta visualización del tracto gastrointestinal, si es necesario clínicamente y no hay contraindicación médica<sup>4</sup>.

#### Historia clínica

Debe incluir el tipo y la localización de la neoplasia, las fechas del diagnóstico y el tratamiento (resultados de las biopsias, cirugía, radioterapia, quimioterapia, administración de estimulantes de la médula ósea y esteroides), así como la medicación actual. Se debe anotar talla y peso.

#### Inyección de FDG

1. Radiofármaco: 2-flúor-2-desoxi-D-glucosa- $^{18}\text{F}$  (FDG).

2. Dosis: entre 2 y 10 MBq/kg, según el tipo de instrumento empleado para la tomografía. En niños, se aplicará un factor de corrección de la actividad administrada respecto al adulto estándar según Paediatric Task Group de la European Association of Nuclear Medicine.

3. Administración: vía intravenosa. Se recomienda canalizar una vena periférica y realizar lavado con suero fisiológico (5-10 ml) antes y después de la inyección de FDG para asegurar la correcta administración. Se debe inyectar en el brazo contrario al sitio de la lesión, puesto que podría retenerse el trazador en la vía o aparecer un ganglio, por extravasación parcial. Se evitará la administración a través de catéteres y dispositivos permanentes.

4. Fase de incorporación: las imágenes se deben iniciar al menos 45 min tras la inyección del trazador. Para las imágenes de cuerpo completo, el paciente debe estar recostado para evitar la captación muscular. Para las imágenes cerebrales, los pacientes deben, además, estar en reposo sensoriomotor y con ojos cerrados en los minutos antes y durante la fase de incorporación del trazador. Para una distribución óptima de la  $^{18}\text{F}$ -FDG algunos servicios efectúan imágenes tardías, entre 60 y 90 min<sup>1-7</sup>.

#### Precauciones

No se han descrito fenómenos de intolerancia ni reacciones anafilácticas a la  $^{18}\text{F}$ -FDG.

#### Dosimetría

Con los estudios de PET-TAC la dosis de radiación al paciente es la combinación de la dosis del radiofármaco de la PET y la TAC.

La dosis de la TAC es muy variable dependiendo de las aplicaciones, los protocolos y sistemas, por lo que se puede reducir la radiación, optimizando la dosimetría. El intervalo de la dosis efectiva es de 5-

**Tabla 1**

Dosis absorbida por unidad de actividad administrada (mGy/MBq)

Órganos	Adulto	15 años	5 años
Adrenales	0,012	0,015	0,038
Vejiga	0,16	0,21	0,32
Hueso	0,011	0,014	0,035
Cerebro	0,028	0,028	0,034
Mama	0,0086	0,011	0,029
Vesícula biliar	0,012	0,015	0,035
Estómago	0,011	0,014	0,036
Intestino delgado	0,013	0,017	0,041
Colon	0,013	0,017	0,04
Corazón	0,062	0,081	0,02
Riñones	0,021	0,025	0,054
Hígado	0,011	0,014	0,037
Pulmón	0,01	0,014	0,034
Músculos	0,011	0,014	0,034
Esófago	0,011	0,015	0,035
Ovarios	0,015	0,02	0,044
Páncreas	0,012	0,016	0,04
Médula ósea	0,011	0,014	0,032
Piel	0,0083	0,01	0,027
Bazo	0,011	0,014	0,036
Testículos	0,012	0,016	0,038
Timo	0,011	0,015	0,035
Tiroides	0,01	0,013	0,035
Útero	0,021	0,026	0,055
Resto de los órganos	0,011	0,014	0,034
Dosis efectiva (mSv/MBq)	0,019	0,025	0,05

Fuente: Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals, ICRP-80 (1997)

80 mSv (0,5-80 rem), pero hay que calcularlo para cada sistema y para cada protocolo.

En especial, en la población pediátrica hay que intentar minimizar la dosimetría de la exploración. En la tabla 1 se resumen los datos de dosis efectiva/MBq administrada y dosis absorbida en diferentes órganos/MBq para  $^{18}\text{F}$ -FDG.

#### Adquisición de las imágenes

1. Instrumentación. Tomógrafos híbridos (PET-TAC) y cristales de BGO, LSO o GSO. En el mercado hay equipos que combinan diferentes números de coronas y cristales detectores.

2. Campo de estudio, preposicionamiento y preparación preadquisición:

– Los pacientes deben vaciar la vejiga antes de la adquisición de las imágenes para limitar la radiación en el sistema urinario.

– Se deben retirar los objetos metálicos, cuando sea posible.

– Para realizar el estudio en condiciones óptimas los brazos deben estar elevados encima de la cabeza, y evitar artefactos en la imagen de TAC. No obstante, esta posición en ocasiones no es bien tolerada por los pacientes.

– Para los estudios de cuerpo completo se recomienda la adquisición comprendida entre la base del cráneo y el tercio proximal del muslo.

– Para los tumores que tienen afinidad por el cuero cabelludo, calota o cerebro, se debe estudiar estas regiones.

– Imágenes selectivas adicionales, para la valoración regional de la localización tumoral (NPS, evaluación hiliar en el cáncer de pulmón, tumores de cabeza y cuello, monitorización de la terapia en el cáncer avanzado de mama), evitar los movimientos del paciente, y efectuarlas en las mejores condiciones (brazos al lado del cuerpo en la imagen cervicofacial, decúbito prono en el cáncer de mama). En estas ocasiones, al realizar estas imágenes tras efectuar la de cuerpo completo, hay un aumento de la relación tumor/fondo.

– Generalmente se realiza la adquisición de las imágenes mediante movimiento de la camilla a través del campo de detección, hasta completar la región a examinar. El campo de detección axial suele

medir 15-25 cm. Suelen ser necesarios 5-10 movimientos de la camilla para un cuerpo completo, con una duración para cada movimiento de 3-5 min.

3. Protocolo de TAC. La TAC tiene varias funciones. Dos de ellas son fundamentales: corrección de atenuación y localización de las lesiones hipermetabólicas. Además puede tener una finalidad diagnóstica.

– Si la TAC es sólo para corrección de atenuación, se realiza con un bajo miliamperaje para reducir la dosis de radiación.

– El uso de contraste intraluminal proporciona una adecuada visualización del tracto gastrointestinal. El agente puede ser un contraste positivo (como el bario diluido) o un contraste negativo (como el agua). La elevada concentración de bario resulta en un artefacto de atenuación con una significativa sobrestimación de la concentración de la  $^{18}\text{F}$ -FDG, por ello su dilución es necesaria para minimizar la calidad de la imagen de PET.

– En ocasiones pueden ser necesarias exploraciones adicionales de TAC diagnósticas, con administración de contraste intravenoso, que actualmente dependen de la idiosincrasia de cada servicio. Si la TAC se efectúa con utilidad diagnóstica, se realiza una modulación de la corriente del tubo<sup>8-12</sup>.

*Adquisición de un topograma.* El primer paso de una adquisición en un equipo PET-TAC es la realización de un topograma. Esta imagen se obtiene con el tubo de rayos X fijo en una posición, que suele ser anterior, aunque también puede ser posterior, lateral o en una orientación intermedia. Esta adquisición se realiza con un movimiento continuo de la camilla en un intervalo predeterminado, con el fin de obtener una imagen anatómica de referencia en la que se aprecian las distintas estructuras y sobre la que el operador definirá la extensión axial del estudio PET-TAC. Una vez determinados los límites de la exploración, se deberá ajustar los campos de adquisición de ambos (PET y TAC), de modo que la adquisición de TAC (con movimiento continuo de la camilla) coincida en extensión con la adquisición de PET (con movimiento discreto de la camilla). Según el modelo de tomógrafo PET-TAC, los campos de visión y, en consecuencia, de formación de las imágenes de TAC y PET pueden ser distintos (50 cm para la TAC y 60 para la PET). En esta situación, es importante verificar que todas las partes del cuerpo queden dentro de la imagen con menor campo de visión, normalmente la TAC. Si esta situación no se corrige, reposicionando al paciente, se podrán generar artefactos de «truncación» en las imágenes reconstruidas.

*Adquisición de la TAC.* Ésta se realiza de manera estándar con la introducción del protocolo específico de respiración durante la adquisición de TAC para hacer coincidir, de la mejor manera, la imagen de TAC con la de PET, que se adquiere con el paciente respirando normalmente, por lo que se reduce su capacidad diagnóstica. La duración de la adquisición de TAC depende de varios parámetros: extensión de la zona explorada, número de coronas del equipo, velocidad de rotación del tubo y de traslación de la camilla. Así, para un estudio de cuerpo entero, la duración suele ser menor de 1 min; así se reduce considerablemente el tiempo dedicado al estudio de transmisión respecto a la utilización de fuentes de  $^{68}\text{Ge}$ , que es de unos 20-30 min.

4. Protocolo de imagen de emisión de PET. Una vez finalizado el estudio de TAC, la camilla se desplaza para posicionar al paciente en el campo de visión del tomógrafo PET. El operador determina el momento del inicio de la exploración, así como la dirección de la camilla durante la exploración, que será caudocraneal cuando se quiera disminuir el artefacto producido por la acumulación del radiofármaco en la vejiga. El estudio de emisión de «cuerpo entero» se realiza adquiriendo los sinogramas o proyecciones en las diversas posiciones de la camilla que cubren el campo explorado por la TAC. El tiempo de adquisición por posición de camilla y el intervalo explorado determinan el tiempo total de adquisición del estudio de emisión PET que, según los equipos (posibilidad de 2D o 3D), puede oscilar entre 15 y 35 min.

## Maniobras adicionales

La intensa actividad en la vejiga urinaria degrada la calidad de la imagen y puede dificultar la interpretación de los hallazgos en la pelvis. La hidratación y la administración de diurético pueden usarse para reducir la actividad urinaria de la vejiga. La cateterización de la vejiga, con dilución de agua, puede ser útil en la valoración de las paredes vesicales.

Mantener al paciente en una habitación con ambiente cálido durante la fase de incorporación, entre 30 y 60 min, minimiza la actividad en grasa parda. En estas ocasiones la utilización de miorrelajantes musculares, bloqueadores beta o una manta térmica permite disminuir esta captación. Estas maniobras, asimismo, reducen la captación muscular.

Los artefactos producidos por los movimientos respiratorios son especialmente importantes en la localización de las lesiones en las bases pulmonares y en la cúpula hepática. Por ello, dependiendo de la idiosincrasia de cada servicio, se puede realizar una TAC torácica adicional inspiratoria para la evaluación de los micronódulos pulmonares.

La realización de imágenes tardías de PET permite mejorar la relación lesión/fondo, con lo que puede facilitar la interpretación de los estudios.

## Procesado

### 1. Reconstrucción PET.

Los datos de la emisión PET consisten en una serie de eventos a lo largo de líneas de respuesta entre pares de electrones. Los datos de emisión deben ser corregidos por la eficiencia del detector (normalización) o el tiempo muerto del sistema, las coincidencias aleatorizadas y el mapa de no uniformidad, así como la atenuación y la dispersión (*scatter*) que son determinadas a partir de las imágenes de la TAC. Algunas de estas correcciones, como la atenuación, pueden incorporarse directamente en el proceso de reconstrucción.

Los equipos con septos retractables pueden adquirir en modo 2D o 3D, mientras que los que no tienen septos sólo pueden adquirir en modo 3D. Los datos adquiridos en modo 3D pueden convertirse en datos 2D y reconstruirse con un algoritmo 2D o con un algoritmo completo 3D.

Actualmente, la reconstrucción iterativa está disponible clínicamente en los dos modos, y prácticamente ha reemplazado a la retroproyección filtrada. Para un determinado algoritmo, los parámetros apropiados de reconstrucción dependen del modo de adquisición, del tipo del equipo y de las funciones de imagen. Con los equipos actuales PET-TAC, los parámetros estándar suelen ser una matriz de  $512 \times 512$  y unos parámetros de reconstrucción de 2 iteraciones y 8 subsets.

El método de semicuantificación utilizado (Standard Uptake Value, SUV) se basa en la radiación de la lesión en la imagen corregida por atenuación y la normalización por la dosis administrada y el peso corporal (o la superficie corporal). Típicamente en su valoración se utiliza el valor de SUV máximo. No obstante, depende de múltiples factores, por lo que su reproducibilidad varía si se cambian los equipos, los tiempos, los algoritmos de reconstrucción, el mapa de atenuación, el tamaño de las regiones de interés y la captación fisiológica. Por ello, se ha propuesto una estimación que se base en la relación entre la captación de la  $^{18}\text{F}$ -FDG en el tumor y una estructura de referencia (mediastino, hígado). Para realizar estudios comparativos, el SUV de ambos estudios deben haberse realizado en iguales tiempos.

### 2. Reconstrucción de la TAC.

Los sinogramas TAC se reconstruyen por retroproyección filtrada de cuerpo completo y estos datos se usan para la corrección de atenuación de los datos de la emisión de la PET.

Para la interpretación de la TAC se requiere la aplicación de un *zoom* apropiado, grosor de corte y solapamiento, así como la modificación de algoritmos de reconstrucción de las diferentes regiones del estudio.

La retroproyección filtrada puede ser en 2D tras una TAC espiral de una región del cuerpo realizada en un plano axial o por un *fully* 3D, que permite ajustar la resolución espacial y el ruido, la filtración longitudinal (a lo largo del eje z).

Dado que los volúmenes TAC actualmente son cercanos al isotropismo, se prefiere reorientar en coronal, sagital o incluso con *displays* curvos. Técnicas avanzadas de *display*, como el *volume render* se pueden aplicar al volumen completo o a una sección. De forma sistemática, también se utilizan algoritmos de segmentación automáticos o semiautomáticos órgano-específicos.

### 3. Display.

Se considera una buena práctica archivar las reconstrucciones, con y sin atenuación, para resolver potenciales artefactos derivados de la corrección de atenuación generados por la TAC.

Respecto al sistema PET-TAC, típicamente, los paquetes de *software* proporcionan imágenes de TAC registradas o alineadas. Las imágenes en tres cortes de la PET con <sup>18</sup>F-FDG, las imágenes volumétricas en modo cine 3D y las imágenes de fusión en los tres planos.

### Criterios de interpretación

En primer lugar, se realizará una valoración visual. Se estimarán la distribución fisiológica de la FDG y las variantes de la normalidad. Se considerará como lesión todo aumento de la captación de FDG en relación con el tejido circundante y/o región homóloga y que no se corresponda con captación fisiológica.

Opcionalmente se realizará estudio semicuantitativo mediante determinación de los índices SUV de cada lesión observada, considerando el SUV como la captación de la región de interés (ROI) en MBq/ml en relación con la dosis inyectada y el peso corporal en gramos. Para la mayoría de los tumores, se ha descrito como umbral entre benignidad y malignidad un SUV de 2,5-3. Estos datos se refieren al estudio PET en que se realiza el mapeo de atenuación con fuentes isotópicas (<sup>68</sup>Ge o <sup>137</sup>Cs); sin embargo, se ha observado que las imágenes con corrección de TAC presentan una captación significativamente mayor que las obtenidas con fuente isotópica y, por lo tanto, debe tenerse en cuenta este hecho en la interpretación del SUV para el diagnóstico de malignidad. Este fenómeno es menos crítico cuando se utiliza el SUV para la monitorización de la respuesta terapéutica, al asumirse su valor relativo y su valoración evolutiva.

La captación fisiológica de <sup>18</sup>F-FDG se observa en tejidos viables, incluidos cerebro, miocardio, mama, hígado, bazo, estómago, intestino, riñones y vejiga, músculo, tejido linfóide, médula ósea, glándulas salivales, timo, útero, ovarios, testículos y grasa parda.

Para estudios de cuerpo completo, la <sup>18</sup>F-FDG es poco sensible en la detección de las metástasis cerebrales, debido a la elevada captación fisiológica en la sustancia gris.

La elevada captación de <sup>18</sup>F-FDG se observa en los procesos neoplásicos, pero también en el tejido de granulación (heridas), las infecciones y otros procesos inflamatorios.

En la diferenciación entre lesiones benignas o malignas, los patrones de captación de <sup>18</sup>F-FDG y los hallazgos específicos de la TAC son útiles valorados con la correlación de la historia clínica, el examen físico y otras técnicas de imagen.

En la evaluación de la terapia es especialmente necesario realizar una estimación semicuantitativa (SUV)<sup>1-13</sup>.

### Informe

1. Identificación del procedimiento.
2. Información clínica:
  - Indicación del estudio.
  - Historia clínica relevante.
  - Información necesaria para facturación (donde proceda).
3. Descripción del procedimiento y el protocolo de imagen:

- Radiofármaco, incluidos la actividad administrada, la vía de administración y el tiempo de incorporación de la <sup>18</sup>F-FDG.

- Concentración basal de glucosa, cuando proceda porque se sospeche interferencia.

- Administración de otros fármacos y procedimientos realizados (furosemida, sondaje retrógrado, manta eléctrica, relajantes musculares, antiálgicos).

- Procedimiento de sedación: resumen descriptivo del procedimiento, tipo de medicación y tiempo de sedación en relación con la administración del trazador y el estado del paciente en la conclusión del estudio.

#### 4. Campo de estudio y posicionamiento del paciente:

- Cuerpo completo o área selectiva, posición de los brazos.

- Protocolo de transmisión de TAC.

- Protocolo de emisión de PET.

#### 5. Descripción de los hallazgos:

- Calidad del estudio. Por ejemplo, limitación por movimientos, captación muscular o hiperglucemia.

- Descripción de la extensión y la intensidad de la captación de <sup>18</sup>F-FDG (en relación con la captación de los tejidos normales), valorando su correcta localización y los hallazgos morfológicos relevantes en la TAC y en las imágenes de fusión. La estimación de la intensidad de la captación de la <sup>18</sup>F-FDG puede ser proporcionada por el SUV. Sin embargo, la intensidad de la captación puede describirse como leve, moderada o intensa en relación con una captación de fondo, como el parénquima hepático normal. Los informes integrados PET-TAC deben incluir todos los hallazgos incidentales de las imágenes de TAC que son relevantes para el cuidado de los pacientes.

- Limitaciones. Se deberá identificar los factores que limitan la sensibilidad y la especificidad de la prueba (lesiones pequeñas o procesos inflamatorios).

- Respuesta al clínico. Se debe reflejar en el informe las respuestas a las preguntas clínicas pertinentes.

- Datos comparativos. Se debe tener en cuenta los hallazgos con el resto de las exploraciones complementarias. Cuando el estudio PET-TAC se realiza para monitorizar la terapia, se debe comparar la extensión y la intensidad de la captación con los estudios previos, y concluir el informe utilizando la terminología publicada por la European Organization for Research and Treatment of Cancer (EORTC), como progresión tumoral, enfermedad metabólica estable, respuesta parcial metabólica o respuesta completa metabólica, si bien aún no se han validado estos criterios en los diferentes tipos tumorales.

#### 6. Impresión (conclusión o diagnóstico).

- Si es posible, se requiere dar un diagnóstico preciso.

- Cuando es apropiado, se debe realizar un diagnóstico diferencial.

- Cuando es apropiado, se debe indicar un seguimiento o una exploración complementaria para confirmar la impresión clínica.

### Control de calidad

Si bien este apartado compete a radiofísica, someramente debe realizarse el control de calidad en los siguientes aspectos:

1. Del radiofármaco.

2. Especificaciones de instrumentación.

El control de calidad del equipo debe incorporar procedimientos de TAC y PET.

Los de TAC deben incluir calibraciones de aire y agua en unidades Hounsfield para un intervalo de kilovoltios.

Los de la PET deben incluir medidas de calibración de la actividad en fantoms con concentraciones conocidas, generalmente como función de una posición axial dentro del campo del escáner. También se debe realizar un control diario de la estabilidad de los detectores individuales para identificar fallos o pérdidas en los detectores.

Adicionalmente, para los equipos PET-TAC se debe realizar un control de la alineación entre la TAC y la PET de forma periódica. Como el alineamiento del *gantry* se debe determinar cualquier *offset*



entre la TAC y la PET para incorporarla en las imágenes de fusión que permita el alineamiento adecuado.

### 3. Procedimientos de emergencia.

Los equipos de medicación y reanimación deben estar disponibles rápidamente para tratar posibles reacciones adversas al contraste.

## Fuentes de error

Otros procesos que no son tumorales pueden ser causa de falsos positivos o falsos negativos. La siguiente lista, aunque no completa, incluye las causas más comunes<sup>8</sup>.

### Falsos positivos

*Captación fisiológica que puede causar interpretación de falso positivo*

Glándulas salivales y tejido linfático de cabeza y cuello.

Tiroides.

Grasa parda.

Timo, especialmente en niños.

Mamas lactantes.

Aréola.

Actividad muscular (cuello, paravertebral, hiperglucemia).

Gastrointestinal (esófago, estómago, intestino).

Tracto urinario (excreción de <sup>18</sup>F-FDG).

Tracto genital femenino (útero en menstruación).

### Procesos inflamatorios

Poscirugía (inflamación, infección, hematoma).

Biopsia.

Tras radiación (neumonitis rádica).

Posquimioterapia.

Enfermedades infecciosas locales, especialmente procesos granulomatosos (sarcoidosis, enfermedades fúngicas, enfermedades micobacterianas).

Sitio de ostomía (tráquea o colon) y tubos de drenaje.

Sitio de inyección.

Tiroiditis.

Esofagitis, gastritis, enfermedad inflamatoria intestinal.

Pancreatitis aguda y ocasionalmente crónica.

Osteomielitis, sitios de fractura recientes o prótesis articulares.

Linfadenitis.

### Neoplasias benignas

Adenoma pituitario.

Adenoma adrenal.

Adenoma folicular tiroideo.

Tumores de glándulas salivales (tumor de Warthin o adenoma pleomórfico).

Pólipos adenomatosos colónicos y adenomas vellosos.

Tecoma ovárico y cistoadenoma.

Tumor de células gigantes.

Quieste aneurismático óseo.

*Hiperplasia o displasia*

### Enfermedad de Graves

Enfermedad de Cushing.

Hiperplasia de médula ósea (anemia o terapia con citocina).

Rebote tímico tras quimioterapia.

Displasia fibrosa.

Enfermedad de Paget.

### Miocardio hibernado

*Artefactos*

Fallos en el registro entre la PET y la TAC. En estos casos se debe valorar las imágenes no corregidas y las de fusión para identificar los artefactos de corrección de atenuación.

## Falsos negativos

Pequeño tamaño (< 2 veces la resolución del sistema).

Necrosis tumoral.

Quimioterapia o radioterapia reciente.

Terapia esteroidea de alta dosis.

Hiperglucemia e hiperinsulinemia.

Tumores de bajo grado (sarcomas, linfomas, tumores cerebrales).

Tumores con componente mucinoso.

Algunos hepatocarcinomas, especialmente los bien diferenciados.

Algunos tumores genitourinarios, especialmente los bien diferenciados.

Carcinoma de próstata, especialmente el bien diferenciado.

Algunos tumores neuroendocrinos, especialmente los bien diferenciados.

Algunos carcinomas tiroideos, especialmente los bien diferenciados.

Algunos carcinomas bronquioloalveolares.

Algunos carcinomas lobulares de mama.

Algunas metástasis óseas, especialmente las blásticas.

Algunos osteosarcomas.

## Advertencia

La Sociedad Española de Medicina Nuclear ha confeccionado este procedimiento para que sirva de guía en la elaboración de los protocolos que cada servicio debe poseer.

Debe entenderse que la forma de actuación que se recomienda no es exclusiva y, por lo tanto, puede que otras, razonablemente aplicadas, puedan conseguir los mismos resultados.

La gran variación en medios técnicos con los que pueden estar dotados los distintos servicios impide una mayor precisión en la descripción técnica del procedimiento.

## Bibliografía

- Shelbert H, Hoh C, Royal H, et al. Procedure guideline for tumor imaging using fluorine-18-FDG. J Nucl Med. 1998;39:1302-95.
- Cronin V, Galantowicz P, Nabi HA. Development of oncology protocol using Fluorine-18-FDG; One center's experience. J Nucl Med Technol. 1997;25:66-9.
- Shiepers C, Hoh CK. Positron emission tomography as diagnostic tool in oncology. Eur Radiol. 1998;8:1481-94.
- Martí-Climent JM, García Velloso MJ, Serra P, et al. Tomografía por emisión de positrones con un equipo PET/TC. Rev Esp Med Nucl. 2005;24:60-79.
- Delbeke D, Coleman RE, Guiberteau MJ, Brown ML, Royal HD, Siegel BA, et al. Procedure Guideline for Tumor Imaging with 18F-FDG PET/CT. J Nucl Med. 2006;47:885-95.
- Blodgett TM, McCook BM, Federle MP. Positron emission tomography/computed tomography: protocol issues and options. Sem Nucl Med. 2006;36:157-68.
- Manning K, Tepfer B, Goldklang G, Loyd R, Garimella P, Halkar R. Clinical practice guidelines for the utilization of positron emission tomography/computed tomography imaging in selected oncologic applications: suggestions from a Provider Group. Mol Imaging Biol. 2007;9:324-32.
- Lesiure GP, Vesselle HJ, Faulhaber PF, O'Donnell JK, Adler LP, Miraldi F. Technical improvement in fluorine-18-FDG imaging of the abdomen and pelvis. J Nucl Med Technol. 1997;25:115-9.
- Beyer T, Antoch G, Blodgett T, Freudenberg LF, Akhurst T, Mueller S. Dual-modality PET/CT imaging: the effect of respiratory motion on combined image quality in clinical oncology. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2003;30:588-96.
- Goerres GW, Kamel E, Heidelberg TN, Schwitzer MR, Burger C, Von Schulthess GK. PET-CT image co-registration in the thorax: influence of respiration. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2002;29:351-60.
- Wong TZ, Paulson EK, Nelson RC, Patz EF, Coleman RE. Practical approach to diagnostic CT combined with PET. AJR Am J Roentgenol. 2007;188:622-9.
- Kuehl H, Veit P, Rosenbaum SJ, Bockisch A, Antoch G. Can PET/CT replace separate diagnostic CT for cancer imaging? Optimizing CT protocols for imaging cancers of the chest and abdomen. J Nucl Med. 2007;48:S45-57.
- Juwaid ME, Stroobants S, Hoekstra OS, Mottaghy FM, Dietlein M, Guermazi A, et al. Use of positron emission tomography for response assessment of lymphoma: consensus of the Imaging Subcommittee of International Harmonization Project in Lymphoma. JCO. 2007;25:1-8.