

**Técnico Superior
en Imagen para
el Diagnóstico y
Medicina Nuclear**

Técnicas de imagen por medicina nuclear

Coordinadoras

Mercedes Mitjavila

Casanovas

Concepción González

Hernando



ARÁN

Autores

Coordinadoras

Mercedes Mitjavila Casanovas

Licenciada en Medicina y Cirugía General por la Universidad de Alcalá de Henares (Madrid). Especialista en Medicina Nuclear. Doctora en Medicina y Cirugía General por la Universidad de Alcalá de Henares. Diplomada en la subespecialidad de Cardiología Nuclear.

Jefa de Servicio de Medicina Nuclear. Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda, Madrid.

Concepción González Hernando

Doctora en Medicina. Jefa de Servicio de Radiodiagnóstico. Hospital Puerta de Hierro Majadahonda. Madrid

Profesora en la Facultad de Medicina. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid

Jefa de estudios de Escuela de Formación de Técnicos Superiores en Imagen para el Diagnóstico. Hospital Puerta de Hierro Majadahonda. Madrid

Radióloga del Grupo Hospitales de Madrid. Madrid

Autores

Lina García Cañamaque

Médico especialista en Medicina Nuclear. Hospital Madrid Sanchinarro

Francisca García García

Técnico en Medicina Nuclear. Servicio de Medicina Nuclear del Hospital Universitario Puerta de Hierro de Majadahonda. Madrid

Susana Kabdur Gómez de Segura

Técnico en Medicina Nuclear. Departamento de Imagen, Unidad de Medicina Nuclear del Hospital Universitario Fundación Alcorcón. Madrid

M.^a del Carmen Macías Gutiérrez

Técnico en Medicina Nuclear. Servicio de Medicina Nuclear del Hospital Universitario de Getafe. Madrid

Aránzazu Ordovás Oromendía

Técnico en Medicina Nuclear. Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda, Madrid

Ana Belén Redondo Miguel

Técnico en Medicina Nuclear. Servicio de Medicina Nuclear del Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda. Madrid

José Antonio Sánchez Seseña

Técnico en Medicina Nuclear. Hospital Madrid Sanchinarro. Madrid

Clara Isabel Romero Carrasco

Técnico Superior en Diagnóstico por Imagen. Departamento de Imagen. Unidad de Medicina Nuclear del Hospital Universitario Fundación Alcorcón. Madrid

Mario Vacas Jerez

Técnico en Medicina Nuclear. Servicio de Medicina Nuclear del Hospital Universitario La Paz. Madrid

Francisco Vázquez González

Técnico en Medicina Nuclear en Elekta Medical, S.A. Madrid

Índice

Capítulo 1

Definición del campo de actuación de la medicina nuclear	15
1. Fundamentos fisicotécnicos de las aplicaciones clínicas de medicina nuclear..	16
2. Estructura y funcionamiento de un servicio de medicina nuclear.....	21
3. Funciones del Técnico Superior en Imagen para el Diagnóstico.....	27

Capítulo 2

Determinación de los parámetros de funcionamiento de los equipos de adquisición de imágenes	35
1. Fundamentos fisicotécnicos de los equipos	36
2. La gammacámara.....	39
3. Equipos para PET	45
4. Equipos híbridos.....	50
5. Sondas para cirugía radioguiada.....	52

Capítulo 3

Mantenimiento de los equipos y del material de la sala de exploración	61
1. Equipamiento de la sala	62
2. Materiales de la sala	64

3. Protocolos de puesta en marcha de los equipos: actividades de mantenimiento de equipos, accesorios y periféricos.....	67
4. Protocolos de protección radiológica	72
5. Documentación relativa al mantenimiento y reposición de fuentes	74
6. Cierre de la instalación	75

Capítulo 4

Aplicación de protocolos en la realización de exploraciones en medicina nuclear	85
1. Estudios isotópicos del sistema musculoesquelético.....	86
2. Estudios isotópicos en cardiología	95
3. Estudios isotópicos vasculares y linfáticos	109
4. Estudios isotópicos en neumología.....	113
5. Estudios isotópicos en endocrinología	118
6. Estudios isotópicos en patología digestiva.....	131
7. Estudios isotópicos en patología hepato-biliar y esplénica.....	145
8. Estudios isotópicos en nefrourología	153
9. Estudios isotópicos en neurología.....	160
10. Estudios isotópicos con sonda para cirugía radioguiada	167
11. Estudios isotópicos en oncología.....	174
12. Terapia metabólica en medicina nuclear	177
13. Estudios de tomografía por emisión de positrones	187

Capítulo 5

Descripción del proceso de registro de imagen en medicina nuclear	201
1. La imagen y el estudio normal.....	202
2. Parámetros de calidad de la imagen	205
3. Artefactos	209
4. Parámetros principales en la adquisición y su influencia en la calidad de imagen	211
5. Cuantificación de las imágenes.....	215
6. Proceso de las imágenes en 2D y 3D: reconstrucción tomográfica en la obtención de los cortes tomográficos y de las imágenes tridimensionales....	219
7. Tomografía por emisión de positrones (PET)	221
8. Archivo de imágenes	226

Capítulo 6

Valoración de la calidad de imagen en exploraciones de medicina nuclear...	237
1. Estudios isotópicos del sistema musculoesquelético.....	239
2. Estudios isotópicos en cardiología y patología vascular	242
3. Estudios isotópicos en neumología.....	245
4. Estudios isotópicos en endocrinología	247

5. Estudios isotópicos en nefrourología	249
6. Estudios isotópicos en patología digestiva, hepatoesplénica y biliar	252
7. Estudios isotópicos en patología infecciosa e inflamatoria	254
8. Estudios isotópicos en oncología	255
9. Estudios isotópicos en cirugía radioguiada.....	256
10. Estudios isotópicos en neurología	257
11. Estudios con tomografía por emisión de positrones.....	259
Soluciones “Evalúate tú mismo”	268

capítulo

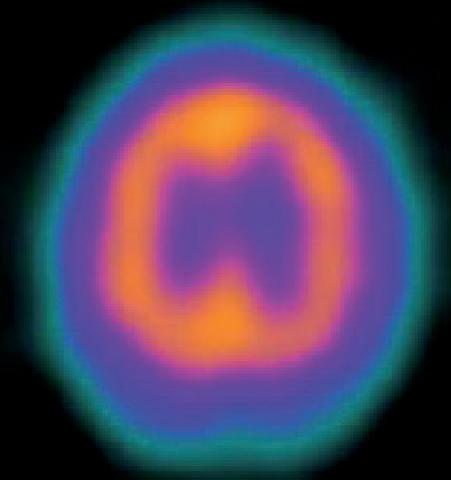
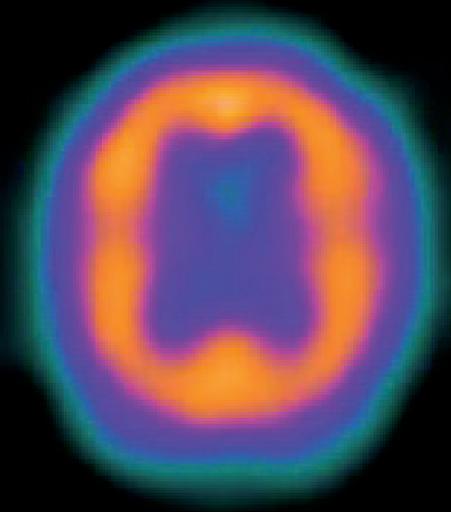
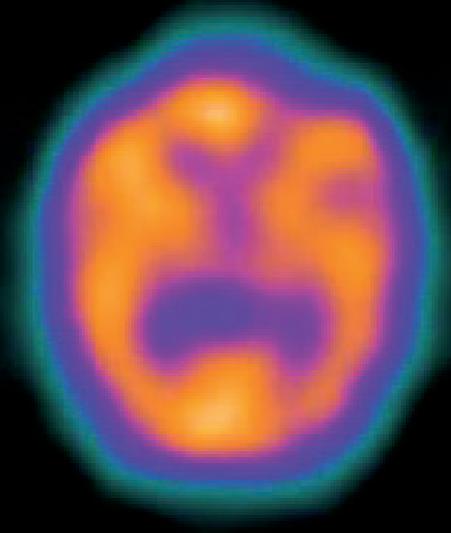
6

VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE IMAGEN EN EXPLORACIONES DE MEDICINA NUCLEAR

Lina García Cañamaque

Sumario

1. Estudios isotópicos del sistema musculoesquelético
2. Estudios isotópicos en cardiología y patología vascular
3. Estudios isotópicos en neumología
4. Estudios isotópicos en endocrinología
5. Estudios isotópicos en nefrourología
6. Estudios isotópicos en patología digestiva, hepatoesplénica y biliar
7. Estudios isotópicos en patología infecciosa e inflamatoria
8. Estudios isotópicos en oncología
9. Estudios isotópicos en cirugía radioguiada
10. Estudios isotópicos en neurología
11. Estudios con tomografía por emisión de positrones



La **calidad de la imagen** debe responder a unos estándares establecidos para ser diagnóstica, puesto que el objetivo de un servicio de medicina nuclear es mantener una **alta fiabilidad diagnóstica**. La calidad de la imagen en las pruebas de medicina nuclear se mide por parámetros cuantitativos, pero sobre todo cualitativos.

El primer paso para obtener una buena calidad de imagen es la capacidad del sistema de imagen para **detectar diferencias de captación del radiotrazador** entre una zona de interés y la captación de fondo. Por lo tanto, una imagen de alta calidad es aquella que permite ver este **contraste** para lograr un diagnóstico correcto.

Las imágenes están influidas por varios aspectos tecnológicos, operativos, y otros relacionados con las características y patología del paciente.

Podemos dividir los **factores que influyen en la calidad final de la imagen** en:

- ▶ **Factores que influyen en la adquisición.** Para conseguir una buena calidad de imagen, se deben valorar los equipos, los radiotrazadores, el personal operativo y las características individuales de los pacientes. Cualquier fallo en esta cadena de trabajo repercutirá en la calidad de la imagen final:
 - ▶ **Control de calidad de la instrumentación.** Se deben realizar las pruebas pertinentes del equipo: pruebas de aceptación, sistemáticas y de mantenimiento.
 - ▶ **Características inherentes a la gammacámara y la tomografía por emisión de positrones (PET):**
 - ▶ La resolución espacial se puede optimizar manteniendo el detector a la menor distancia posible del paciente, misión que debe llevar a cabo el Técnico encargado de dicha prueba.
 - ▶ Selección correcta de colimador, energía, matriz adecuada, tiempo de exploración, y proyecciones que requiera el estudio.
 - ▶ **Radiofármacos administrados.** Los radiofármacos deben pasar un control de calidad antes de ser administrados al paciente. En función de algunos parámetros, entre ellos el tiempo transcurrido, los radiofármacos pueden desmarcarse, lo que directamente va a influir en la calidad de la imagen, ya que se verán órganos que, conociendo la biodistribución del trazador, no se deberían ver, lo que da lugar a una mala calidad de imagen.
 - ▶ **Personal.** La correcta administración de los radiofármacos, la colocación del paciente, una correcta adecuación de la gammacámara o la PET con cada paciente, además de la selección del programa adecuado, son factores decisivos a la hora de conseguir la imagen final.
 - ▶ **Paciente.** Existen varios factores relacionados con el paciente que influyen en la imagen final:
 - ▶ El peso: en un paciente obeso aumentará la dispersión de los fotones; por tanto, en igualdad de condiciones la imagen será de peor calidad que en un paciente de menor volumen.

Cuando vemos una imagen que no cumple los parámetros de calidad exigidos, habrá que saber qué ha ocurrido y qué posibilidades de mejorarla hay (cambiando parámetros de adquisición, retirando objetos olvidados, limpiando contaminaciones, etc.). Pongamos un ejemplo (Figura 4):

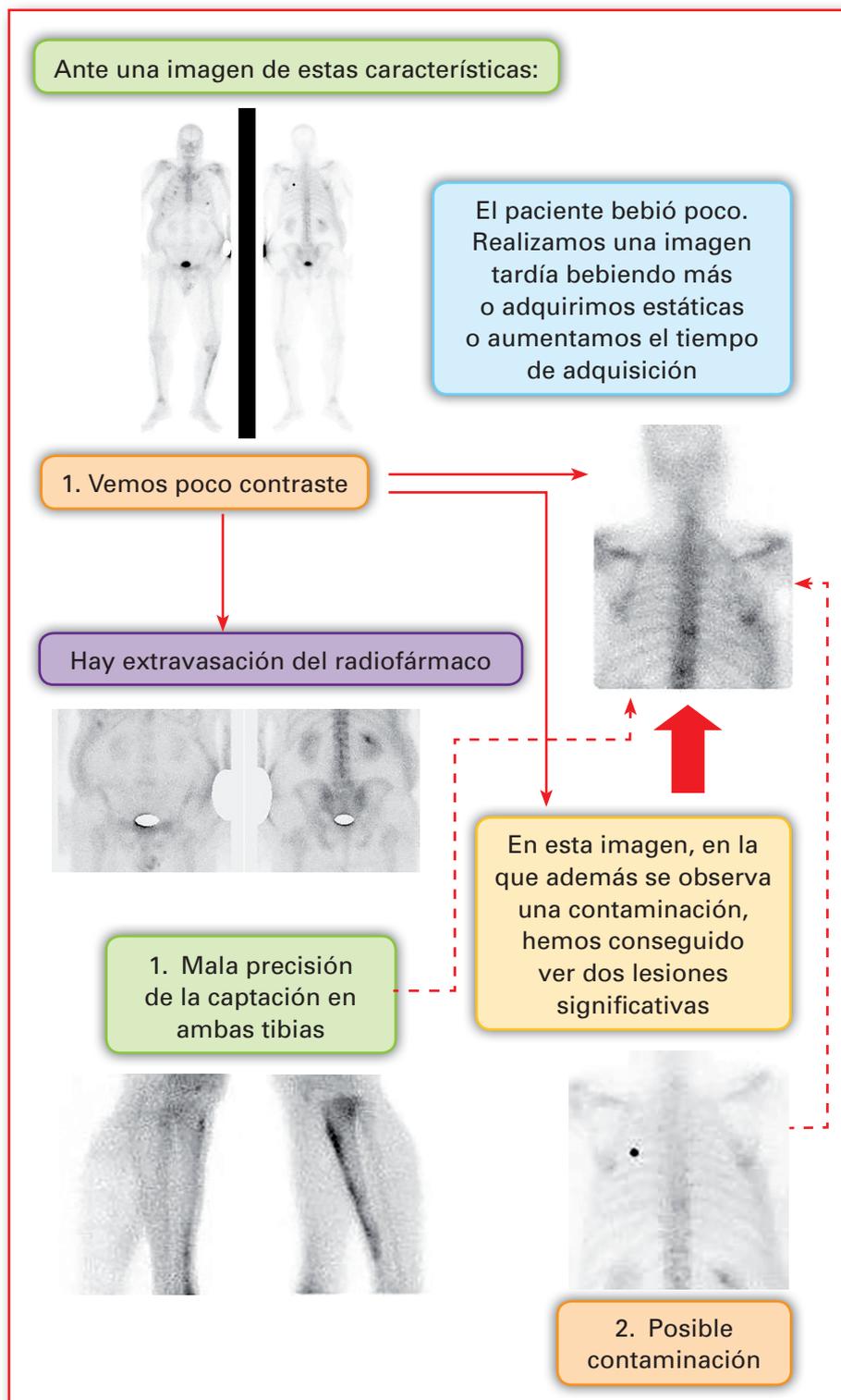


Figura 4. Esquema para analizar una imagen de baja calidad.

mientos viendo el **row-data** girando (imagen adquirida no procesada) y el sinograma para poder valorar movimientos del paciente. Si se detecta movimiento significativo, la adquisición debería repetirse (Figura 7).



Figura 7. Extravasación del radiotrazador, por lo que se visualiza depósito axilar. Actividad en vesícula biliar que puede interferir en el procesado.



Los estudios de perfusión miocárdica son estudios tomográficos en los que hay que valorar la correcta adquisición.

La reorientación en el posproceso en este tipo de estudios es obligatoria, colocando el ventrículo izquierdo en los tres ejes del espacio intentando que sean superponibles en los estudios de esfuerzo y reposo. Posteriormente, se pueden cuantificar los estudios en el eje corto obteniendo un mapa polar y así segmentar el ventrículo izquierdo según los territorios arteriales. La aparición de **artefactos de atenuación producida por los tejidos blandos** es típica en estos estudios y depende del sexo del paciente. Así, existe diferencia entre el resultado de la imágenes del SPET entre mujeres y varones, no solo por la interferencia de algunos órganos como es la mama en la mujer o un potente músculo diafragma en los hombres, sino también porque las mujeres tienen una menor masa muscular ventricular izquierda, lo que hace que exista una menor exactitud en el diagnóstico del estudio de perfusión en las mujeres respecto a los hombres.

Si se hace adquisición *gated* (sincronizada con el ciclo cardiaco), la morfología de la curva de volumen se valora de manera similar a la ventriculografía isotópica.



Las imágenes pulmonares deben ser adquiridas correctamente con los grados necesarios para valorar una imagen oblicua correcta, ya que si la angulación no es la adecuada, puede dar lugar a error en el diagnóstico de pequeños defectos subsegmentarios de perfusión.

La posición en la que se inyecta al paciente debe ser tenida en cuenta, el estudio no debe realizarse con el paciente en **sedestación**, pues se acumularía mayor dosis en las bases pulmonares, lo que interferiría en la interpretación de las imágenes.

Las imágenes pulmonares deben ser adquiridas correctamente con los grados necesarios para valorar una imagen oblicua correcta, ya que si la angulación no es la adecuada, puede dar lugar a error en el diagnóstico de pequeños defectos subsegmentarios de perfusión.

La visualización del estómago o la tiroides en el estudio confirma que el marcaje de los MAA (macroagregados de albúmina) ha sido inadecuado o ha pasado mucho tiempo desde su preparación.

Pero ¿qué ocurre si se ven otros órganos como el cerebro o los riñones? Esto daría el diagnóstico de la presencia de un **shunt** derecha-izquierda, de tal modo que el radiotrazador se “escapa” del filtro pulmonar, pasando a circulación sistémica y depositándose en los pequeños vasos de estos órganos (Figura 9).

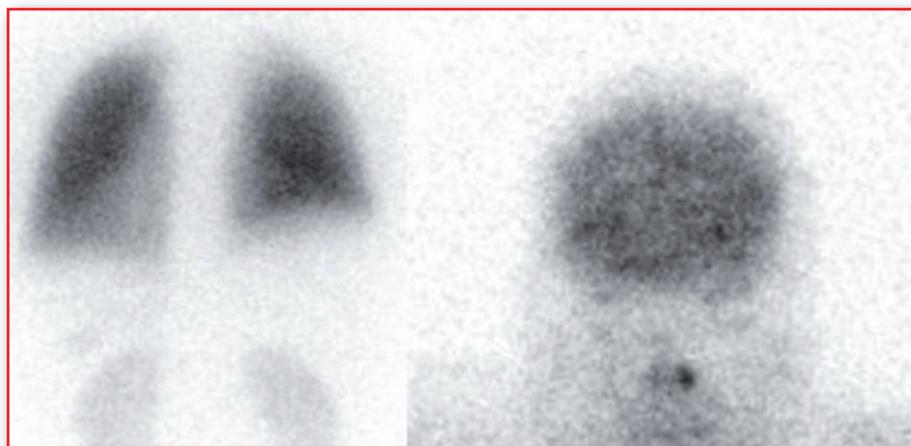


Figura 9. Estudio realizado con MAA. Shunt derecha-izquierda. Visualización del cerebro y los riñones.

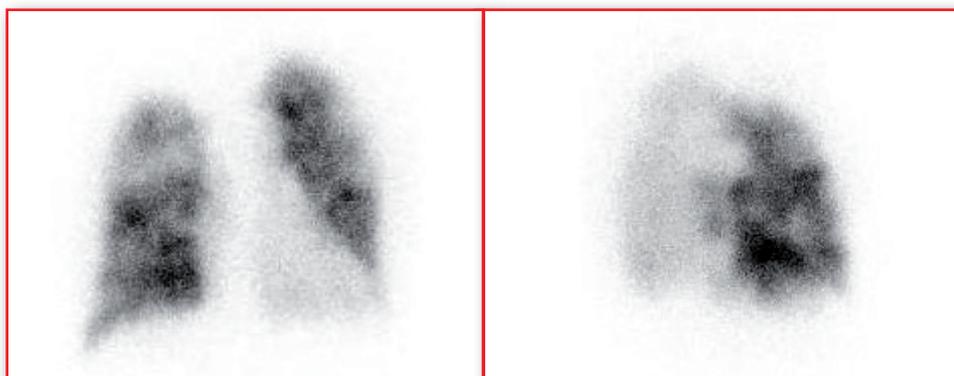


Figura 10. Zonas redondeadas de mayor intensidad en relación con aglutinación de MAA.

Una imagen con depósitos irregulares del trazador en forma de pequeños aglomerados se debe a la falta de movilización de los MAA antes de la inyección o la mezcla de los MAA con la sangre en la jeringa en el momento de su administración (Figura 10).

4.2. Gammagrafía de paratiroides

El tiempo de espera hasta adquirir la segunda imagen y que los **parámetros de adquisición en ambas imágenes**, precoz y tardía, se repitan es una de las claves para conseguir una buena imagen. Así, si en la imagen tardía se ve el tiroides completo, se sabrá que el tiempo de espera ha sido insuficiente (Figura 12).



Figura 12. Si se realizan las imágenes tardías antes del tiempo establecido, el tiroides puede no haber lavado y aún se visualizará, con lo que se dificulta la visualización de las paratiroides.

La realización de una gammagrafía tiroidea adicional en caso de dudas diagnósticas también puede ser útil para diferenciar entre un nódulo tiroideo de lavado lento de un adenoma. La adquisición con cuello en hiperextensión y el SPET (SPET-TC) en caso de glándula ectópica permiten mejorar la imagen y su localización anatómica.



La gammagrafía de médula suprarrenal es una prueba que se realiza con mucha frecuencia en niños con sospecha clínica o diagnóstico de neuroblastoma.

4.3. Gammagrafía de médula suprarrenal

La gammagrafía de médula suprarrenal es una prueba que se realiza con mucha frecuencia en niños con sospecha clínica o diagnóstico de neuroblastoma, de ahí la importancia de la colocación del paciente y la inmovilización del niño (Figura 13), ya que el estudio es un **rastreo completo**.

Se debe bloquear la captación del I-131/I-123 por el tiroides para evitar su irradiación innecesaria y su visualización durante el estudio.

Cuando vemos una imagen pulmonar con un SUV (índice semicuantitativo de captación) alto, sin reflejo anatómico, se trata de un artefacto **hot blood clot lung emboli** (Figura 25) en relación con la técnica de inyección y no con la enfermedad del paciente.

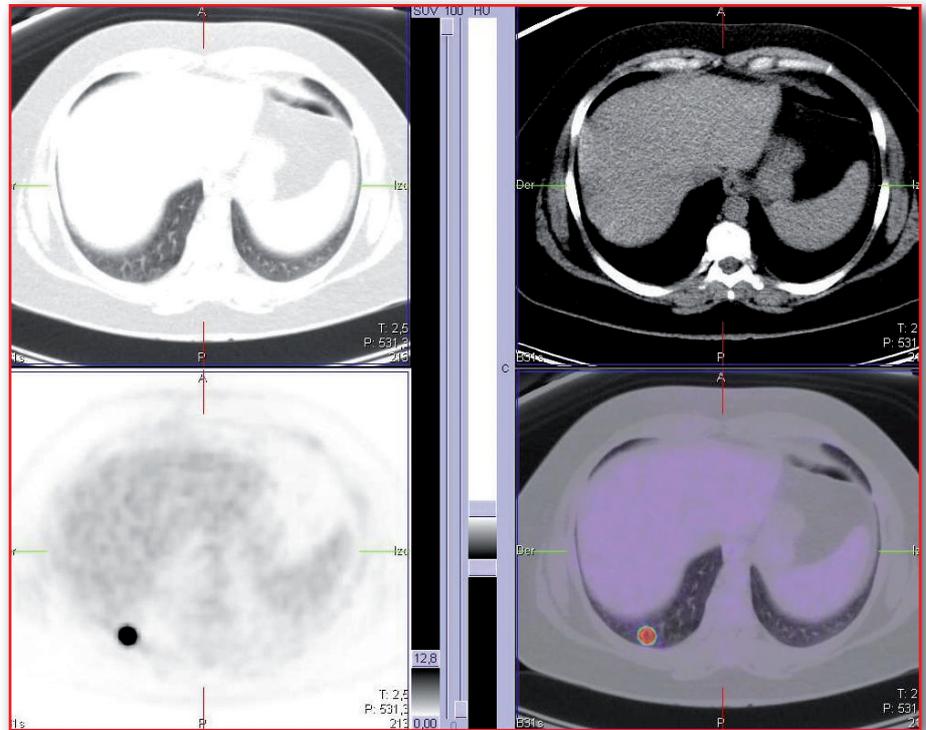


Figura 25. Foco de incremento de captación en base pulmonar derecha sin alteraciones en la TAC en relación con artefacto por la inyección.

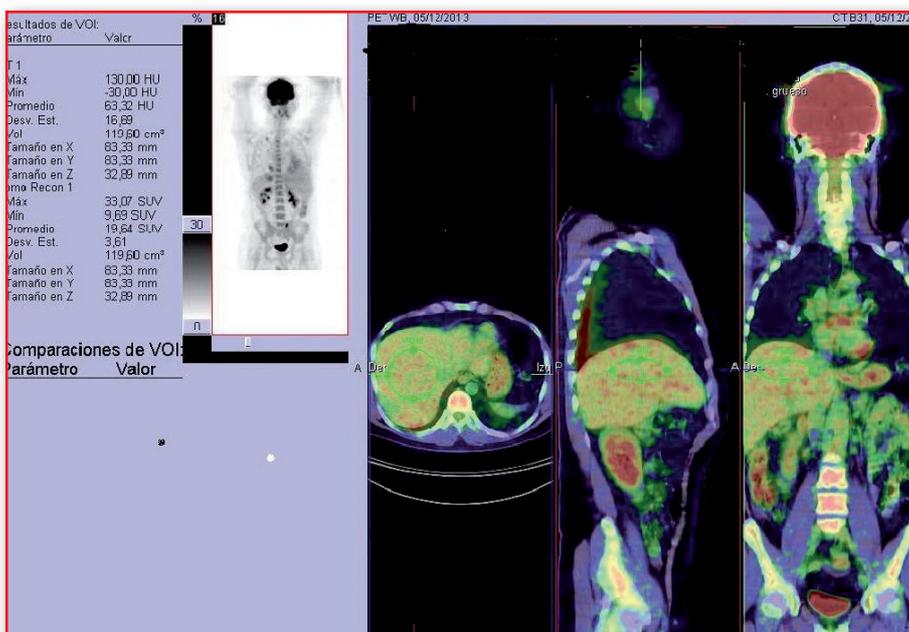


Figura 26. Paciente en el que el SUV máximo hepático era de 33,07. Al revisar la dosis inyectada y corregirla, el SUV pasó a ser 2,8, dentro de lo esperado.

En ocasiones una imagen puede parecer normal, pero al obtener el análisis semicuantitativo (SUV), la medida es incorrecta, se sale de parámetros estándares (SUV máximo hepático < 1 o > 4, por ejemplo). Entonces, habrá que revisar los parámetros que se han cargado en el tomógrafo, el peso y la dosis inyectada al paciente para localizar dónde está el error (Figura 26).

Si estas características fueran correctas, se deberá valorar la posible extravasación del radiofármaco durante la inyección.

El tomógrafo PET corrige la imagen adquirida utilizando el peso molecular de las estructuras que atraviesa.

Si existe un elevado peso molecular en una estructura (intestino por administración de bario, vías biliares con prótesis metálicas, etc.), la imagen corregida puede dar falsas hipercaptaciones, lo que puede valorarse utilizando la imagen sin corregir (Figura 27).

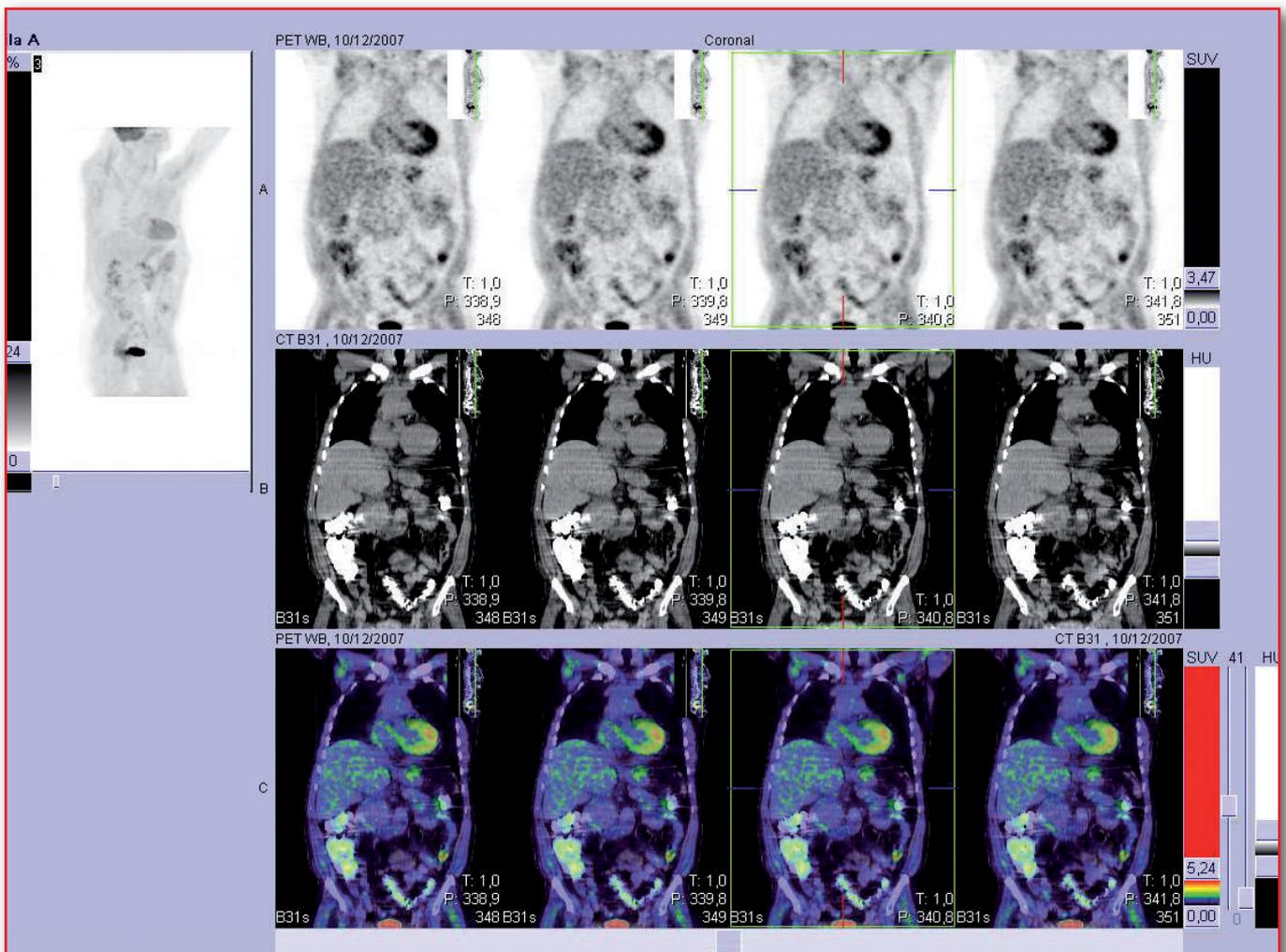


Figura 27. Artefacto secundario a la realización de un enema opaco el día anterior.

Por último, cuando se obtiene una imagen PET-TAC con importante visualización de grupos musculares, se sabrá que el control de la glucemia ha sido incorrecto, ya sea por cifras altas mal controladas o por hiperinsulinemia en el momento de producirse la inyección de la 18-fluorodesoxiglucosa (Figura 28).

RESUMEN

- ✓ Obtener una **buena calidad de imagen** en las pruebas de medicina nuclear es un gran reto porque en ella influyen todos y cada uno de los procedimientos utilizados para realizar un estudio.
- ✓ Comenzando por los **radiofármacos**, pasando por la **adquisición de imágenes** y terminando por su **procesado**, puede producirse un **fallo que afecte a la imagen final**.
- ✓ Por lo tanto, ¿cuál es la labor del Técnico? Es cierto que no dependen de él todos los posibles errores, pero sí **debe conocer todos estos pasos** para conseguir el mejor resultado en la imagen final.
- ✓ Debe confirmar que los radiofármacos han pasado sus **controles de calidad** antes de inyectarlos, debe conocer los **tiempos de espera** correctos de la pruebas, la **medicación** que hay que retirar o administrar antes de estudio, saber cómo evitar -en la medida de lo posible- errores relacionados con las características inherentes de los pacientes. Por último, debe estar familiarizado con las diferentes **máquinas** y ser capaz de elegir los **protocolos de procesado y pos-procesado** más adecuados para los diferentes estudios.

G L O S A R I O

Actividad: número de desintegraciones nucleares por segundo de una fuente radiactiva.

Adquisición estática: imagen obtenida cuando la distribución del radiofármaco es relativamente estable.

Artefacto: defecto en la imagen o datos obtenidos producto de un error en la técnica de adquisición o en la calidad instrumental. Puede llevar a errores diagnósticos.

Atenuación: reducción de la energía e intensidad de una radiación al atravesar la materia.

Calibración: procedimiento para evaluar el buen funcionamiento y estado de un aparato.

Contaminación radiactiva: presencia indeseable de sustancias radiactivas en el medioambiente, el medio material, una superficie o una persona.

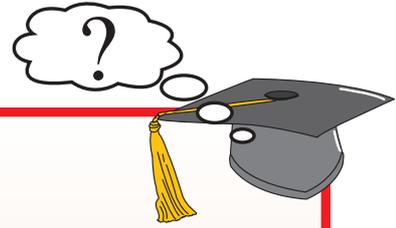
Contraste: es la capacidad de definir estructuras según la relación entre las intensidades de radiación en diferentes partes de la imagen.

Control de calidad: conjunto de procedimientos realizados para garantizar la idoneidad del radiofármaco o de la instrumentación.

Fotopico: pico máximo de absorción en la curva espectral de una radiación.

Gated: adquisición dinámica sincronizada con una señal periódica fisiológica.

Resolución espacial: capacidad que tiene un sistema de imagen para distinguir dos sucesos que se producen a corta distancia uno de otro como entidades independientes.



EJERCICIOS

- › E1. Nombra los tres factores que influyen en la calidad de imagen y enumera qué se valora en cada uno de ellos.
- › E2. Pon cinco ejemplos de cómo un Técnico en Imagen para el Diagnóstico puede influir en la calidad de la imagen.
- › E3. Explica cómo colocar a un niño para realizar cualquier prueba de medicina nuclear y a qué debemos prestar especial interés.
- › E4. Nombra tres pruebas y una consideración importante para tener en cuenta en cada una de ellas: tiempo de espera, dosis, cómo realizar la inyección, etc.
- › E5. Describe la variable principal para tener en cuenta antes de inyectar una PET y cómo evitar alteraciones de la calidad de imagen que de ella dependen.

EVALÚATE TÚ MISMO



1. ¿Cuál de estos factores no influyen en la calidad de imagen?:

- a) Los radiofármacos.
- b) El personal.
- c) Los pacientes.
- d) La dosimetría personal.

2. Los filtros elegidos influyen en:

- a) La dosis que se le inyecta al paciente.
- b) La reconstrucción de imágenes.
- c) El tiempo de espera de la prueba.
- d) El tiempo de realización de la prueba.



SOLUCIONES
EVALÚATE TÚ MISMO



http://www.aranformacion.es/_soluciones/index.asp?ID=21

