

Verifique sus conocimientos tomografía por emisión y PET con tomografía

Imma Ferrero^a, Jordi Galimany^b, Silvia Rustarazo^a y Cristina Gámez^c

^a Enfermera. Unidad PET. Institut de Diagnòstic per la Imatge (IDI). Hospital Universitario de Bellvitge. L'Hospitalet de Llobregat. Barcelona. España.

^b Enfermero. Profesor de la Escuela Universitaria de Enfermería. Universidad de Barcelona. L'Hospitalet de Llobregat. Barcelona. España.

^c Médico especialista en Medicina Nuclear y Doctora en Medicina. Unidad PET. Institut de Diagnòstic per la Imatge (IDI). Hospital Universitario de Bellvitge. L'Hospitalet de Llobregat. Barcelona. España.

INTRODUCCIÓN

La presente entrega de la serie de *Nursing* sobre las pruebas complementarias está dedicada a la tomografía por emisión de positrones o PET, acrónimo de *positron emission tomography*.

La PET es una técnica de diagnóstico por la imagen de medicina nuclear en la cual se administra al paciente un radiofármaco emisor de positrones. Este radiofármaco se incorpora a los tejidos adecuados siguiendo una vía metabólica determinada. La radiactividad emitida por esos tejidos del paciente es detectable por los equipos PET y se obtienen imágenes que proporcionan una información funcional in vivo. El radiofármaco PET más habitual es un análogo de la glucosa que se llama F-18-fluorodesoxiglucosa, conocido como FDG, el cual permite estudiar la actividad metabólica. La incorporación de la tomografía computarizada (TC) en el mismo equipo híbrido PET-TC permite obtener además la información anatómica del paciente.

En el presente artículo se describen los fundamentos físicos y fisiológicos básicos de las exploraciones PET-TC con FDG en oncología, así como los procedimientos de enfermería necesarios para el cuidado del paciente y la correcta obtención de las imágenes.

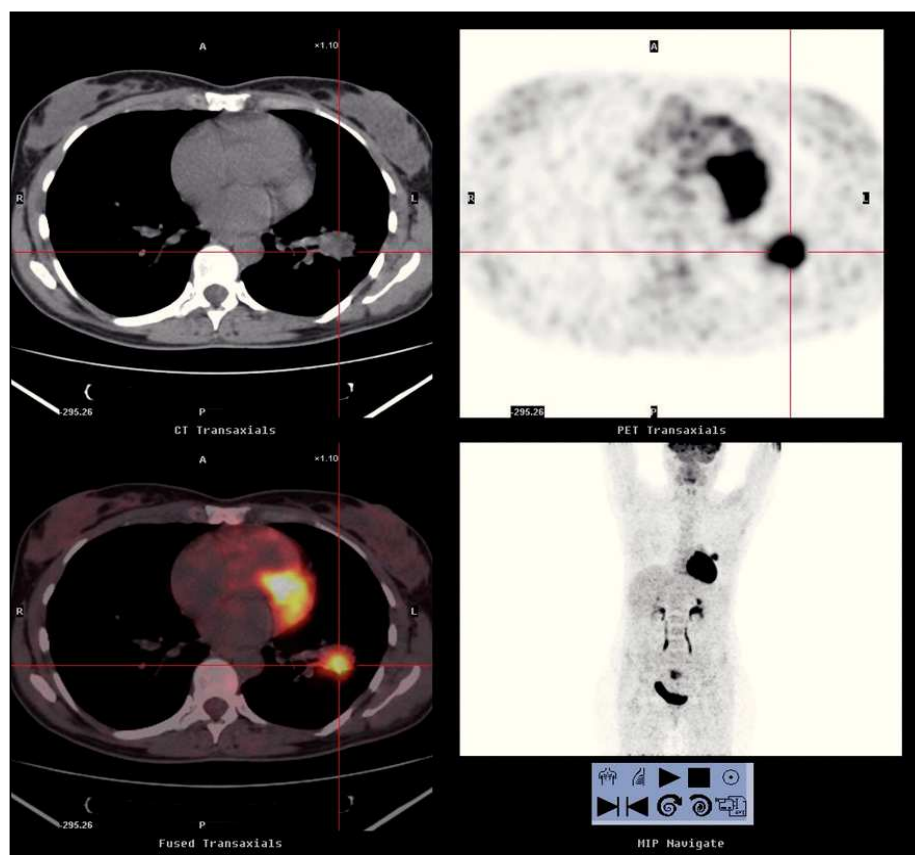
1. La exploración denominada PET-TC (figs. 1 y 2) con FDG consiste en:

- a. La obtención de imágenes PET, que aportan la información metabólica (funcional) de cómo se acumula la FDG en los distintos tejidos del paciente.
- b. La obtención de imágenes de TC, que aportan la información anatómica (morfológica) de los órganos y lesiones en el paciente.
- c. Integrar la obtención de imágenes PET y TC en el mismo equipo híbrido y mejorar el rendimiento diagnóstico.
- d. Todas las respuestas anteriores son correctas.



Figura 1

sobre medicina nuclear (2): de positrones (PET) computerizada (PET-TC)



2. El mecanismo de generación de la imagen en la modalidad diagnóstica de la PET:

- Implica la administración al paciente de un radiofármaco que sea emisor de positrones.
- Sólo necesita un tubo de rayos X para obtener la imagen.
- Consiste en la detección de la radiación procedente del paciente, mientras se desintegra el radiofármaco.
- Las respuestas a y c son correctas.

3. ¿Cuál es el radiofármaco más utilizado para la realización de una PET-TC?

- Contraste yodado.
- I-131.
- F-18-fluordesoxiglucosa (FDG).
- Gadolinio.

4. Además de la FDG, en las exploraciones PET-TC ¿puede ser necesaria la inyección de algún otro contraste?

- No, únicamente es necesaria la inyección del radiofármaco.
- En algunos casos es necesaria la inyección de contraste yodado para contrastar las imágenes de TC.
- En algunos casos se administra contraste oral para contrastar las imágenes de TC.
- Las respuestas b y c son correctas.

Figura 2

5. ¿Qué preparación previa precisa un paciente al que se realizará una exploración de PET-TC con FDG?

- a. Ayuno de 6 horas.
- b. Evitar el ejercicio físico 12 horas antes de la prueba.
- c. Hidratación, se recomendará al paciente beber agua.
- d. Todas las respuestas son correctas.

6. ¿Qué papel juega el profesional de enfermería en la programación adecuada de una exploración PET-TC con FDG?

- a. Identifica a los pacientes que requieren mayores cuidados, como por ejemplo los ingresados, niños, personas con deterioro cognitivo y personas con movilidad reducida.
- b. Coordina con la enfermería de planta, en caso de pacientes ingresados, la preparación y el horario más adecuado.
- c. Minimiza el riesgo de contaminación de la zona de trabajo y del equipo PET/TC, así como de contagio de profesionales y otros pacientes en estudios PET-TC a pacientes con patología infecciosa.
- d. Todas las respuestas anteriores son correctas.

7. La atención de enfermería al paciente sometido a un estudio PET-TC con FDG incluye:

- a. Explicación de todo el procedimiento, por lo que debe comprobar que la información oral y escrita haya sido entendida correctamente (consentimiento informado).
- b. Realización del protocolo normalizado de trabajo, que comienza con el registro del peso, altura y glucemia basal.
- c. Canalización de una vía intravenosa.
- d. Todas las respuestas anteriores son correctas.

8. ¿Puede realizarse un estudio PET-TC con FDG a un paciente diabético?

- a. Sí, no afecta a la realización de la prueba.
- b. Sí, preferiblemente con un nivel de glucemia inferior a 150 mg/dl.
- c. No, puesto que el radiofármaco lleva glucosa y podría provocarle una hiperglucemia.
- d. Ninguna de las respuestas anteriores es correcta.

9. Una vez ha concluido la exploración, ¿debe el paciente tomar algún tipo de precaución especial?

- a. No, ninguna, es un procedimiento diagnóstico similar a cualquier otro.
- b. No, aunque debe seguir unas sencillas normas de protección radiológica.
- c. Sí, puesto que el organismo emitirá radiación durante varios días debido al radiofármaco administrado.
- d. Ninguna de las respuestas anteriores es correcta.

10. Las aplicaciones diagnósticas más frecuentes de la PET-TC son:

- a. Las aplicaciones oncológicas.
- b. Las aplicaciones traumatológicas.
- c. Las aplicaciones infecciosas.
- d. Ninguna de las aplicaciones anteriores es la más frecuente.

11. La PET-TC con FDG en oncología es un procedimiento diagnóstico que:

- a. Sólo detecta tumores primarios.
- b. No existen resultados falsos positivos, es decir, lesiones que captan FDG pero que no son tumores.
- c. Sólo explora una parte del cuerpo.
- d. Todas las respuestas anteriores son incorrectas.

12. ¿Puede una mujer embarazada hacerse una PET-TC con FDG?

- a. Sí, no existe ninguna contraindicación al respecto.
- b. Sí, a baja dosis.
- c. No, está totalmente contraindicado.
- d. Sí, si se realiza en los primeros meses de gestación.

13. ¿Puede una mujer que está dando el pecho hacerse una PET-TC con FDG?

- a. No, ya que la radiación administrada a través de la FDG puede llegar a la leche materna.
- b. No, puesto que la FDG tarda varios días en eliminarse completamente del organismo.
- c. Sí, únicamente se debe tener en cuenta que durante las 24 h siguientes a la inyección de la FDG no podrá dar el pecho.
- d. Sí, ya que la FDG no llega a la leche materna.

14. ¿Se puede utilizar la técnica PET-TC con FDG en niños?

- a. Sí, aunque la técnica es muy diferente a la utilizada para adultos.
- b. Sí, aunque las dosis de radiación son inferiores que en los adultos.
- c. No, las dosis de radiación que se emplean son más perjudiciales que el valor diagnóstico que puede aportar la prueba.
- d. Las respuestas a y b son correctas.

15. En caso que un paciente deba realizarse una biopsia de una lesión, el estudio PET-TC debe realizarse:

- a. Siempre antes de la biopsia.
- b. Siempre después de la biopsia.
- c. Depende de la localización de la biopsia.
- d. Ninguna de las respuestas anteriores es correcta.

RESPUESTAS

1 d. La PET-TC es una técnica no invasiva de diagnóstico por la imagen que utiliza un equipo híbrido, que combina la PET y la TC (fig. 1). La PET detecta la radiación emitida por el paciente desde los tejidos donde se ha acumulado el radiofármaco (generalmente FDG) y proporciona información de cómo funcionan estos tejidos vivos. Tal como se describió en la entrega de *Nursing* sobre la TC, en esta modalidad diagnóstica la radiación se emite desde un tubo de rayos X del equipo, atraviesa al paciente y se detecta la atenuación de esos rayos X (mayor en estructuras duras como el hueso y prácticamente nula o muy baja en estructuras con aire como los pulmones). De esta manera se obtienen imágenes de la anatomía interna del paciente. Las imágenes son tomográficas, lo que quiere decir que son cortes del paciente, como se muestra en la figura 2: cortes torácicos axiales de TC (en negro), de PET (en gris) y de la fusión de ambos, donde la imagen PET se representa en color.

2 d. Para obtener la imagen de PET se precisa que al paciente se le haya administrado un radiofármaco. Un radiofármaco es un tipo de "contraste" con dos elementos: un fármaco o sustancia que le confiere la afinidad por

un tejido y un isótopo radiactivo que le confiere la propiedad de emitir radiación al desintegrarse. El radiofármaco PET tiene un isótopo que se desintegra emitiendo positrones. Un positrón es una antipartícula subatómica (masa nula y carga positiva), por lo que al encontrarse con un electrón cercano (otra partícula subatómica con masa nula pero carga negativa) se aniquilan, y de esta aniquilación se originan dos fotones en la misma dirección y en sentido contrario. Los fotones atraviesan al paciente y alcanzan el anillo detector de los equipos PET, constituido por cristales especiales.

3 c. El radiofármaco más utilizado es la F-18-fluordesoxiglucosa, conocida como FDG, que es un análogo de la glucosa marcado con un isótopo emisor de positrones que es el flúor-18 (F-18). Cada isótopo radiactivo se desintegra emitiendo una determinada radiación y su actividad se reduce a la mitad en un determinado tiempo, lo cual se llama periodo de semidesintegración. En el caso del F-18 este tiempo es muy corto, de tan sólo 110 min. Esto implica que el trabajo de enfermería al manejar radiofármacos marcados con F-18 deba estar perfectamente sincronizado para la preparación y administración al paciente. La FDG se administra de forma intravenosa y se incorpora a las células igual que la glucosa normal, pero en el interior queda atrapada hasta que el F-18 se desintegra. Todas las células vivas necesitan glucosa para su actividad normal, y las células tumorales, dada su mayor capacidad reproductiva, necesitan más glucosa que las células normales. Por tanto, la FDG entrará en todas las células del paciente, pero se acumulará en mayor medida en los tumores. La FDG no produce reacciones adversas. En la figura 2 se observa una masa pulmonar izquierda que capta mucha FDG y que corresponde a un tumor de pulmón.

4 d. Para la adquisición de un estudio PET-TC con FDG es imprescindible la administración de la FDG. Sin embargo, en algunos pacientes puede ser de utilidad "opacificar" algunas estructuras anatómicas en las imágenes de TC como son el intestino (con contraste oral) y los vasos (con contraste intravenoso).

Los contrastes intravenosos tienen una concentración variable de yodo y pueden producir reacciones adversas. La mayor parte de estas reacciones son leves, y la más frecuente es la sensación de calor, mientras que las reacciones alérgicas raras veces pueden ser graves.

5 d. El estado de ayunas (>6 h) facilita una mayor avidéz de las células por la FDG, de manera que los tejidos tumorales puedan captar fácilmente este radiofármaco. Las células (normales y tumorales) prefieren la glucosa normal a la FDG, y estados de hiperglucemia, como el postprandial, impedirían la incorporación de la FDG. En el caso de pacientes ingresados se debe suspender el suero glucosado y glucosalino un mínimo de 6 h antes de la prueba.

El ejercicio físico intenso provoca que los músculos necesiten gran aporte de glucosa y se debe evitar que la FDG se acumule de forma preferente en los músculos, porque podría enmascarar la captación de otros tejidos.

La hidratación, oral e intravenosa facilita la eliminación urinaria fisiológica de la FDG, lo cual disminuye la irradiación del paciente.

El paciente podrá tomar su medicación habitual, exceptuando corticoides y fármacos que contengan azúcares o derivados.

6 d. El profesional de enfermería se encarga de comprobar el estado del paciente identificando aquellas solicitudes en las que las características del paciente pueden requerir cuidados especiales. Además, debe tener en cuenta la medicación habitual del paciente y, en pacientes hospitalizados, coordina con la planta la preparación y la realización de otras pruebas coincidentes en un mismo día.

7 d. Cuando el paciente entiende y acepta que se le realice un estudio PET-TC, se comprueba la glucemia capilar y el peso. La glucemia ideal debe ser <150 mg/dl. La FDG se administra en una vía venosa periférica, con una actividad calculada según el peso del paciente (0,1-0,2 mCi/kg). Normalmente los centros disponen de salas individuales monitorizadas donde el paciente descansa

cómodo durante los 60-90 min que precisa la FDG para llegar a todas las células (periodo de incorporación). Opcionalmente, se puede administrar un miorrelajante para evitar que las captaciones musculares interfieran con la interpretación de las imágenes. Además, estas medicaciones disminuyen la ansiedad de los pacientes. En algunas ocasiones, además de la hidratación, se puede administrar un diurético a dosis bajas para aumentar la diuresis. Tras el periodo de incorporación, se insta al paciente a orinar, de manera que así se reduce la actividad en la vejiga que puede enmascarar focos pélvicos, disminuye la irradiación de la vejiga urinaria y mejora la confortabilidad del paciente mientras se adquieren las imágenes. En el equipo, el paciente se coloca en una posición cómoda, en la mayor parte de los casos en decúbito supino con los brazos arriba. Se le explicará que debe permanecer lo más quieto posible durante los movimientos de la camilla. La exploración consta de dos partes consecutivas: la adquisición de TC, que es muy rápida (dura segundos), y de PET posterior, que es más lenta, con una duración de unos 15-20 min. Tras la finalización del estudio, se verifica la correcta adquisición de las imágenes con los facultativos y, si procede, se retira la vía intravenosa al paciente.

8 b. En pacientes diabéticos se puede realizar un estudio PET-TC con FDG. A pesar de utilizar un análogo de la glucosa (FDG), la concentración es tan baja que no altera sustancialmente las cifras de glucemia. En pacientes diabéticos bien controlados, con glucemias <150 mg/dl en la preparación del paciente, no hay ninguna limitación. En los pacientes mal controlados se debe reducir la glucemia lo más posible, a veces incluso con la administración subcutánea o intravenosa de insulina, dado que la glucosa normal compite con la FDG para penetrar en las células.

9 b. Los estudios PET-TC emplean radiaciones ionizantes y durante un tiempo los pacientes son radiactivos. Sin embargo, dado el corto periodo de semidesintegración (110 min), la rápida eliminación urinaria y el hecho de que la

duración global de la prueba de casi 2 h (una media de 60-90 min de incorporación y 15-20 min de adquisición), al finalizar la exploración se puede recomendar una vida normal. Esto no compromete la salud del paciente ni la de las personas que le rodean, si bien hay que seguir unas sencillas normas de protección radiológica para minimizar la exposición a las radiaciones ionizantes.

10 a. Las aplicaciones diagnósticas más frecuentes de la PET son las oncológicas, ya que los tumores agresivos captan mucha FDG. La indicación más frecuente es la estadificación inicial del cáncer de pulmón, para comprobar la existencia de metástasis ganglionares y a distancia (fig. 2). Otros tumores estudiados por PET-TC con FDG son los linfomas, los melanomas, los cánceres de cabeza y cuello, el cáncer de esófago, el cáncer colorrectal, etc. En algunos pacientes se precisa descartar la recidiva tumoral (por ejemplo, en el cáncer de mama tratado con elevación de marcadores tumorales). Algunos pacientes con metástasis únicas son candidatos a cirugía de esas metástasis y los estudios PET-TC sirven para descartar afectación en otras localizaciones, ya que si existen la cirugía no es útil; por ejemplo, la re-estadificación de pacientes con metástasis hepáticas de cáncer colorrectal. En otros pacientes es útil para el control de la eficacia del tratamiento. Otros ámbitos más reducidos son la neurología, la cardiología y el estudio de enfermedades inflamatorio-infecciosas. En neurología se pueden estudiar demencias y epilepsias, entre otras patologías.

11 d. Se puede observar captación de FDG en las lesiones tumorales tanto primarias como metastásicas en cualquier localización. Es menos útil en el cerebro, porque este órgano ya presenta una captación fisiológica elevada. Determinadas patologías benignas –como procesos inflamatorios e infecciosos activos– pueden captar FDG y generar resultados falsos positivos.

La principal ventaja de la PET-FDG en oncología es la posibilidad de realizar estudios de cuerpo entero en un único procedimiento, lo que permite el estudio simultáneo de los distintos órganos del cuerpo, de modo que no sólo se valora el tumor primario, sino también las metástasis a distancia.


12 c. El embarazo es una contraindicación para la realización de exploraciones con PET-TC con FDG porque se utilizan radiaciones ionizantes que pueden comportar riesgo para el feto. En mujeres en edad fértil es importante comprobar la posibilidad de embarazo y anotar la fecha de la última regla. Si existe una duda razonable, se indica una prueba de embarazo en orina o en sangre, e incluso se puede demorar la exploración de PET-TC. Por otra parte, el momento del ciclo menstrual es importante para la interpretación de las imágenes: captan de forma distinta estructuras anatómicas como los ovarios, el útero y las mamas.

13 c. La FDG se excreta en la leche materna y pasaría al bebé durante las primeras horas tras la administración de FDG a la madre. Si se contempla continuar con la lactancia materna, se indicará a la madre que unos días antes de la exploración PET-TC con FDG la paciente vaya reservando y congelando leche propia, ya que tras la administración de la FDG deberá suspender la lactancia materna directa durante 24 h.

14 b. Se puede realizar un estudio PET-TC con FDG a pacientes pediátricos, siempre que el beneficio de la prueba sea superior a los riesgos (irradiación) que ésta comporta. Para minimizar la irradiación de la FDG, se aconseja siempre ajustar la dosis inyectada al peso del paciente. En el momento de la adquisición de las imágenes, se utilizan protocolos adaptados a pediatría en los cuales las dosis de radiación utilizadas son inferiores a las empleadas en adultos. La preparación previa es similar a la

de los adultos, aunque en el caso de lactantes o niños de corta edad poco colaboradores puede requerirse sedación o anestesia, aunque es preferible el sueño natural tras privación.

Durante la adquisición del estudio es imprescindible una correcta colocación e inmovilización del paciente, que puede estar acompañado por los padres, sobre todo en la parte de la adquisición PET.

15 c. Es verdad que las biopsias, sobre todo a través de procedimientos invasivos, provocan inflamación local, y por este motivo pueden provocar captación anómala de FDG en el estudio de PET. En general las biopsias deben recomendarse después de la PET. Sin embargo, el profesional de enfermería debe comprobar el contexto de la solicitud de la prueba. Por ejemplo, si se trata de un paciente con cáncer de pulmón con una lesión cerebral, la biopsia cerebral no limita la interpretación del estudio extracerebral y la PET-FDG puede aportar información del tumor primario, las adenopatías mediastínicas y las metástasis a distancia extracerebrales. 

BIBLIOGRAFÍA

- Cabrera A, García M. Tomografía por emisión de positrones (PET) en oncología clínica (parte 3). *Rev Esp Med Nuclear*. 2002;21(4):304-20.
- Cabrera A, García MJ, Gámez C, Martín J. Tomografía por emisión de positrones (PET) en oncología clínica (parte 2). *Rev Esp Med Nuclear*. 2002;21(2):131-47.
- Del Cura J, Pedraza S, Gayete A. *Radiología esencial*. 1.ª ed. Madrid: Panamericana; 2010.
- Ferrero I, Gámez C, Andía E, Liarte I, Cordero J, Albadalejo M, et al. Administración de contraste yodado en los estudios PET-TC con FDG en pacientes con patología tumoral torácica: Aspectos técnicos. *Revista Enfermería Radiológica*. 2009;6(3):119.
- Gámez C. PET. *Generalidades*. *Radiología*. 2002;44(16).

Correspondencia: Jordi Galimany Masclans
 Departament d'Infermeria de Salut Pública, Salut Mental i Materno-Infantil
 Campus de Bellvitge. Pavelló de Govern. 3ra planta.
 C/ Feixa Llarga s/n. 08907 L'Hospitalet de Llobregat.
 Barcelona. España

Correo electrónico: jordigalimany@ub.edu