

PET EN ONCOLOGÍA

A. JIMÉNEZ VICIOSO - J.L. CARRERAS - M^a J. PÉREZ CASTEJÓN

La PET es la técnica de diagnóstico por imagen más avanzada de la Medicina Nuclear. En España se introduce en noviembre de 1995, aunque su aceptación por la comunidad científica es reciente. La PET permite estudiar *in vivo* gran variedad de procesos metabólicos en tumores primarios y metastásicos en el campo de la investigación y en la práctica clínica. Numerosas publicaciones demuestran que los estudios PET con FDG son de gran utilidad y costo-eficientes en el manejo de los pacientes neoplásicos, especialmente en aquellas situaciones clínicas que plantean problemas diagnósticos difíciles de resolver con las técnicas habituales.

PET is the most advanced diagnostic imaging technique in Nuclear Medicine. It was introduced in Spain in November 1995. Its acceptance in scientific community is recent. PET permits in vivo studies of a wide variety of metabolic process in primary and metastatic tumors in investigation and in clinical practise. A hight number of publications report the utility and cost-efficiency of FDG-PET in the management of neoplastic patients, specially in clinical situations with diagnostic problems difficult to solve with usual techniques.

La Tomografía por Emisión de Positrones (PET) es una técnica de diagnóstico dentro del campo de la Medicina Nuclear. Se basa en la obtención de imágenes y mapas numéricos de la distribución en el organismo de una molécula marcada con emisores de positrones previamente administrada al paciente. Esta técnica permite estudiar *in vivo* y de forma no invasiva una gran cantidad de procesos en el ámbito metabólico o bioquímico; la información obtenida puede ser muy variable dependiendo de la molécula administrada. La PET es capaz de detectar precozmente los cambios moleculares y funcionales que suceden en numerosas enfermedades y que preceden a las alteraciones estructurales, e incluso puede identificar trazas de diversos componentes tisulares con sensibilidad picomolar, imposible de alcanzar con los otros métodos de imagen de tipo anatómico-estructural como la ecografía, tomografía computarizada (TAC) o la resonancia magnética (RM).

El desarrollo de la instrumentación PET ha sido fuertemente dependiente de otras disciplinas como la electrónica y la ingeniería informática. Poco después de la aparición del ciclotrón descrito por Lawrence en 1936, los investigadores reconocen el interés de algunos isótopos emisores de positrones para estudiar fenómenos biológicos debido a la presencia natural de sus elementos estables en moléculas orgánicas; sin embargo, en

esa época no se disponía de tecnología suficiente para poder obtener imágenes médicas. A principios de los años 50 aparecen los primeros trabajos sobre las posibilidades que ofrece la aniquilación de los positrones para generar imágenes y comienzan a desarrollarse diversos dispositivos de detección. La creación de la primera cámara de positrones por Robertson y Yamamoto data del año 1961; por entonces la electrónica era aún inadecuada para obtener una buena tasa de cuentas y no estaban disponibles los métodos de reconstrucción de imágenes. En 1975 Ter-Pogossian aplica a la PET los algoritmos de reconstrucción de imágenes seccionales descritos por Hounsfield para la TAC. A finales de los 70 aparecen en la literatura diversos trabajos sobre la utilización de la PET en oncología y algo más tarde, con el desarrollo de las cámaras de cuerpo completo a mediados de los años 80, es cuando verdaderamente comienza a difundirse esta técnica en la práctica clínica. Actualmente las cámaras PET llegan a obtener resoluciones espaciales entre 4-5 mm en todas direcciones y con tiempos de adquisición de cuerpo entero de 30 minutos. En España su introducción ha sido más tardía y por iniciativa privada: en noviembre de 1995 se monta el primer equipo PET en Madrid, y poco después un segundo en Pamplona, si bien su aceptación en la comunidad científica y las agencias de evaluación de las tecnologías sanitarias (AETS)¹ es todavía más reciente. Actualmente en España se dispone de 15 cámaras PET, 2 de ellas pertenecientes a la Administración Pública, 5 ciclotrones, y en desarrollo al menos 10 cámaras y 4 ciclotrones más.

La PET ofrece posibilidades ilimitadas en el campo de la investigación y la práctica oncológica debido principalmente a la gran diversidad de moléculas de interés biológico que se pueden marcar con isótopos emisores de positrones. Existe una gran variedad de radiotrazadores PET que proporcionan la posibilidad de estudiar, obtener imágenes y cuantificar parámetros bioquímicos y fisiológi-

cos *in vivo* de los tumores primarios y metastásicos como son: metabolismo de la glucosa, de aminoácidos, síntesis de las proteínas, flujo sanguíneo, pH, hipoxia tumoral, volumen sanguíneo, tasa de proliferación celular, expresión antigénica, génica y de receptores hormonales de membranas y cinética de citostáticos, entre otros. Si bien en la práctica clínica se utiliza como trazador habitual la ¹⁸F-Fluoro-2-desoxi-D-glucosa (FDG), debido principalmente a su amplia disponibilidad, capacidad de detectar cualquier tipo de tumor en cualquier localización y alto contraste tumor/fondo de las imágenes.

En 1979 Wolf sintetiza la FDG y se comienza a utilizar en tumores cerebrales para diferenciar necrosis/recidiva; posteriormente se aplica al estudio de otros tumores corporales. La FDG es un análogo de la glucosa que refleja la tasa de glicólisis de los tejidos y se deposita fundamentalmente en los tumores malignos. Los tumores malignos crecen rápidamente y necesitan mayor incorporación de los sustratos fundamentales para mantener su elevado consumo energético (glucosa), asegurar la síntesis proteica y permitir una rápida replicación del DNA durante la multiplicación celular.

APLICACIONES CLÍNICAS

La PET mejora la certidumbre de las decisiones del manejo del paciente, con lo que se evitan procedimientos diagnósticos múltiples más caros en su conjunto y otros más agresivos, o procedimientos terapéuticos que no ayudan al paciente, evitando así gastos innecesarios. La PET ha demostrado ser costo-eficiente en oncología si se emplea adecuadamente^{2,7}. La posibilidad de realizar estudios de cuerpo completo de forma rápida y no invasiva, consiguiendo altos valores predictivos positivos (VPP) y negativos (VPN) en la detección lesiones malignas en cualquier tipo de tejido y localización corporal, hace que sea el método idóneo de diagnóstico en oncología.

En una extensa revisión bibliográfica

recientemente realizada por nuestro equipo, numerosas publicaciones demuestran la utilidad clínica de la PET-FDG en la mayoría de las neoplasias malignas en diferentes momentos de su evolución⁸. En este artículo nos limitamos a exponer las situaciones clínicas que con mayor frecuencia presentan problemas diagnósticos que no se resuelven con las técnicas habituales y en las que la PET ofrece una gran eficacia diagnóstica, detallando los resultados en las neoplasias más representativas.

1- Diagnóstico diferencial benignidad-malignidad de lesión conocida.

En muchas ocasiones una lesión detectada y estudiada por los métodos de imagen convencionales no presenta criterios diagnósticos suficientes como para descartar su malignidad o asegurar su benignidad, y, en la mayoría de los casos, se inicia el protocolo diagnóstico de cáncer, que puede comenzar con una biopsia y terminar con una intervención más agresiva. Esto ocurre ante el hallazgo casual de un nódulo pulmonar solitario (NPS), de tumor óseo, lesión hepática, pancreática o adrenal. En estos casos la PET presenta un alto rendimiento diagnóstico para diferenciar lesión benigna/maligna. Una de las aplicaciones más claras de la PET en este sentido es el estudio del nódulo pulmonar solitario (NPS) de características indeterminadas o cuando la TAC no es concluyente. Alrededor del 40% de los nódulos que se biopsian resultan benignos; con la PET se pueden evitar estas biopsias innecesarias. Esta indicación está aprobada por el Medicare y muchas aseguradoras americanas y de otros países, e incluso recomendada en nuestro país por la AETS. En los trabajos más relevantes de los últimos 10 años, con un total de más de 500 pacientes con NPS, la PET presenta un rango de Sensibilidad (S) entre el 92-100% y Especificidad (E) entre 82-100%. En un meta-análisis⁹ realizado para estimar la seguridad diagnóstica de la PET con FDG en lesiones pulmonares focales malignas, incluyendo 1.474 lesiones, se encuentra en la curva ROC el mejor balance de S y E del 91,2%. Con la experiencia acumulada hasta la actualidad, se acepta que un estudio PET negativo permite esperar y controlar la evolución radiológica del nódulo, mientras que la captación de FDG obliga a seguir la investigación protocolizada del cáncer de pulmón. Los autores encuentran que con la realización de PET-FDG se cambia el manejo del enfermo en un tercio de los NPS. Varias publicaciones sobre costo-efectividad de la técnica demuestran cómo el introducir la PET en el algoritmo diagnóstico del NPS representa un claro ahorro económico^{2,3,6}.

Las lesiones pancreáticas, aunque me-

nos frecuentes, son difíciles de valorar por otros procedimientos de imagen y además su acceso para la biopsia está muy limitado. La PET ha demostrado muy buenos resultados¹⁰: en un total de 360 lesiones estudiadas la S encontrada supera al 90%, la E el 80% y la exactitud diagnóstica (Ex) entre 83 y el 93%, cambiando el manejo de los pacientes en un 43-45%.

2- Estadificación y reestadificación de la enfermedad tumoral.

Una vez diagnosticada la existencia de una neoplasia, la estadificación de la enfermedad es básica para establecer la terapia a seguir y fundamental para conocer el pronóstico del paciente. La gran capacidad que tiene la PET-FDG en detectar afectación tumoral en cualquier órgano o tejido de forma sencilla hace que sea la herramienta ideal tanto par la estadificación como reestadificación de la mayoría de las neoplasias, si bien se van a beneficiar sobre todo aquellas que por su frecuencia y/o agresividad representan un mayor problema clínico-sanitario como por ejemplo son: el cáncer de pulmón, melanoma maligno, cáncer de mama, linfomas, cáncer colo-rectal y tumores de cabeza y cuello.

En la neoplasia que más experiencia se tiene con PET es en el cáncer de pulmón no microcítico. Esta neoplasia es de una gran importancia social debido a su elevada frecuencia y baja supervivencia a los 5 años. Lo más complejo en su diagnóstico es la valoración ganglionar, sobre todo mediastínica. La TAC presenta sensibilidad y especificidad bajas, entre el 60% y 70%, mientras que en la PET estos índices están alrededor del 90% (rango de 81-100%). Por otra parte, en la detección de metástasis a distancia, la PET es más precisa que todo el conjunto de técnicas habituales, con una S=95% y E=83%, aumentando en un 9% las metástasis que no han sido diagnosticadas por las demás procedimientos (fig. nº 1) y descartando un 10% de metástasis, falsos positivos de otras técnicas. Diversos estudios han demostrado que la PET se presenta como una técnica con un coste/beneficio excelente para el estudio de extensión del cáncer de pulmón no microcítico. Cuando se incluye la PET en el algoritmo diagnóstico como paso previo a la cirugía se evitan intervenciones innecesarias y aparece un ligero aumento de la supervivencia^{1,6}.

En la estadificación inicial del cáncer de mama es de gran interés conocer la afectación ganglionar axilar, uno de los factores pronósticos más importante y difícil de determinar con los métodos habituales. En nuestra revisión bibliográfica⁸, sumando un total de 1.014 pacientes, se obtiene una exactitud diagnóstica con un rango entre 77 y 95% en la detección de

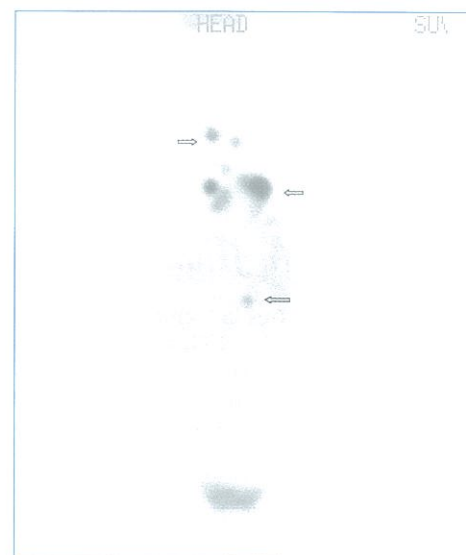


Figura 1. Estadificación de cáncer de pulmón.

En TAC: Masa en bronquio izdo.

PET-FDG: Cáncer en bronquio izdo. con diseminación ganglionar mediastínica y supraclavicular, y en suprarrenal izdo.

afectación ganglionar local en el cáncer de mama. Por otra parte, en la evaluación del territorio ganglionar de la mama interna, que aparece afectada en un 20% de todos los pacientes y en un 9% en los que no existe afectación axilar, los resultados obtenidos muestran mayor validez para la PET que para la TAC¹¹. Una limitación de la PET a tener en cuenta es que no detecta afectación ganglionar microscópica y puede dar lugar a falsos negativos; por ello ante una PET negativa se recomienda la realización de la gammagrafía del ganglio centinela.

El melanoma maligno es un tumor que presenta patrones de diseminación muy diversos; además, los que invaden en profundidad presentan alto riesgo de diseminación múltiple, por lo que su estadificación es compleja y habitualmente se realiza una amplia batería de pruebas diagnósticas. En la mayoría de los trabajos revisados la PET presenta elevados índices diagnósticos en su estadificación con S y E por encima del 90%, llegando en algunos al 100% cuando se eliminan las pequeñas lesiones en piel¹². Igual que en el cáncer de mama, ante un PET negativo se recomienda el estudio del ganglio centinela. Los autores concluyen que sólo con la realización de la PET se detectan más lesiones que con el conjunto de los demás procedimientos diagnósticos y que cambia el manejo de los pacientes entre un 20-25% (fig. nº 2). Se ha demostrado un ahorro económico cuando se incluye la PET como método de elección para la estadificación inicial del melanoma maligno¹⁶. Esta indicación está aprobada en EE.UU. por Medicare, pero no por el sistema sanitario español.

En la estadificación y reestadificación de los linfomas Hodgkin y no Hodgkin agresivos de grado intermedio la PET se

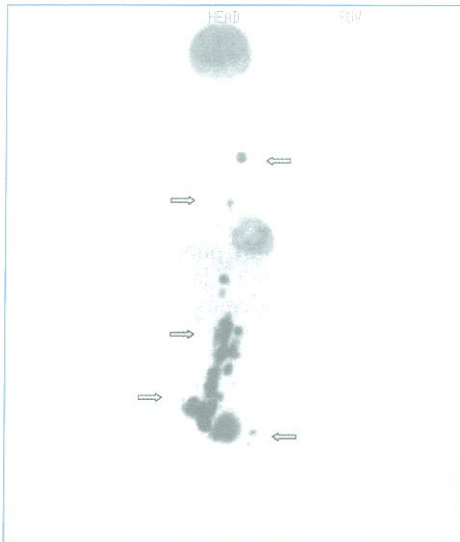


Figura 2. Melanoma maligno.

En TAC sospecha de recurrencia inguinal izda.
PET-FDG: Recurrencia ganglionar múltiple: inguinal izda, iliacos, mediastínicos y supraclavicular izdo.

ha mostrado superior respecto a las técnicas habituales TAC, gammagrafía ósea y gammagrafía con ^{67}Ga . Su exactitud diagnóstica en la identificación de la afectación ganglionar es del 94-100% y del 98-99% en la extraganglionar. La PET detecta metástasis no sospechadas con las demás técnicas en el 14-48% de los casos según las diferentes series, y modifica el manejo del paciente en el 10-34%¹³ (fig. nº 3). Esta indicación está aprobada por Medicare, mientras que en nuestro país se encuentra dentro del uso tutelado.

3- Localización lugar óptimo para la biopsia. Ciertas lesiones malignas son muy heterogéneas, presentando zonas de

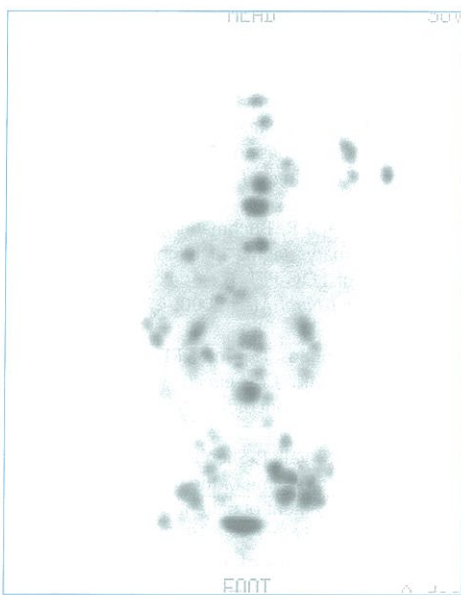


Figura 3. Linfoma de Hodgkin.

En TAC: recurrencia ganglionar en axila izda. y mediastino.
PET-FDG: Diseminación masiva ganglionar, esqueleto e hígado.

gran actividad tumoral mezcladas con otras de poca celularidad e incluso necróticas, por lo que a veces las biopsias realizadas pueden dar resultados equivocados. La captación de FDG es más intensa cuanto mayor es el metabolismo tumoral y el grado de malignidad, por ello la realización de PET en estos casos es de gran ayuda para indicar el lugar óptimo para toma de biopsia.

4- Confirmación de metástasis única y/o resecables. El hallazgo de una metástasis única o varias metástasis en una misma localización puede sentar la indicación de intervención quirúrgica. En estos casos es necesario la confirmación de que, efectivamente, es única y/o resecable y no existen en otras localizaciones, pues la intervención sería infructuosa. En este sentido se han publicado numerosos trabajos que demuestran la utilidad de la PET en diversas neoplasias, los más numerosos estudian pacientes con cáncer de colon y afectación hepática (fig. nº 4). Como por ejemplo un estudio de Strasberg *et al*¹⁴ sobre 43 pacientes en los que la realización de la PET permitió detectar lesiones no vistas en la TAC en 10 pacientes y se contraindicó la cirugía en 6 de ellos.

5- Predicción y control de la respuesta al tratamiento. La PET es la única modalidad que puede detectar cambios o disminución de tejido metabólicamente activo y monitorizar *in vivo* la respuesta a la quimioterapia (QT). La respuesta del tumor a la QT adyuvante se considera un factor pronóstico importante en cuanto a la supervivencia o al tiempo libre de enfermedad. Sin embargo, la respuesta clínica no necesariamente refleja la respuesta histopatológica, y ésta última no se puede determinar hasta el final del tratamiento y mediante cirugía definitiva. La captación de FDG después de la QT refleja el número de células viables. Cuando el tratamiento es efectivo la captación decae rápidamente, al contrario de cuando no lo es. La cuantificación con PET-FDG proporciona información pronóstica y es útil para monitorizar los efectos de la QT precozmente y antes que cualquier otra técnica y puede ayudar a seleccionar a las pacientes que se vayan a beneficiar de la QT intensiva y a las que no se vayan a beneficiar evitando morbilidad y coste de la QT inefectivas¹⁵. Aunque aún hay pocos estudios en este sentido, la opinión de muchos oncólogos es que podría ser ésta una de las aplicaciones más interesantes de la PET-FDG en oncología. En algunos trabajos se encuentra una disminución importante, del 20%, de la captación de FDG a partir de la primera semana del comienzo de la QT relacionados con los buenos resultados del tratamiento, en cambio la dismi-

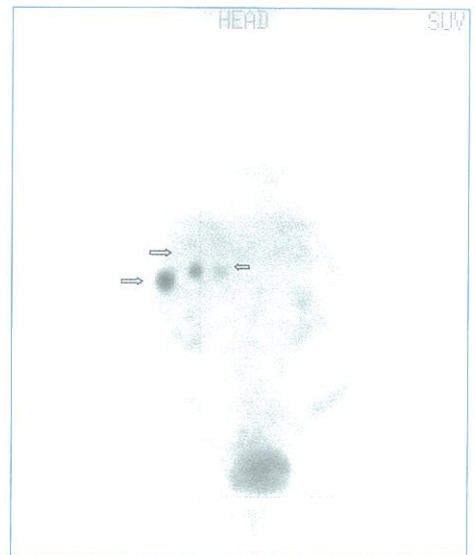


Figura 4. Cáncer de sigma.

En TAC sospecha de metástasis única en hígado.
PET-FDG: Metástasis hepáticas múltiples.

nución del tamaño del tumor no se aprecia con otros métodos hasta pasados al menos dos meses.

6- Estudio naturaleza de masa residual. Un problema que con bastante frecuencia se presenta en el seguimiento de los pacientes oncológicos es la persistencia de masa residual postratamiento y su valoración. Es necesario saber la naturaleza de esta masa, si contiene células malignas viables o no, pues en el primer caso significa persistencia tumoral y en el segundo remisión de la enfermedad, y el manejo de los pacientes varía completamente. Las técnicas de imagen anatómicas en la mayoría de las ocasiones no pueden diferenciar la naturaleza de la masa (fig. nº 5). La PET es la única técnica no invasiva que puede detectar metabolismo y, por tanto, viabilidad tumoral sin depender de la morfología o tamaño de la masa residual. Los resultados de la PET en estos casos son excelentes en la mayoría de los tumores, como por ejemplo en los linfomas malignos¹⁶, donde obtiene una Ex=83-98% en la valoración de masas residuales, mientras que la de la TAC es del 48-64%.

7- Detección precoz de recurrencia tumoral. Algunos tumores durante su evolución presentan un alto riesgo de recurrencia local y/o a distancia. La detección temprana de estas recurrencias es fundamental para iniciar cuanto antes el tratamiento y así elevar la supervivencia. En estos casos la PET es de gran utilidad, por su precocidad y elevada eficacia diagnóstica.

En el manejo de los tumores de cabeza y cuello, la causa más frecuente de fracaso se debe a la recurrencia local que aparece hasta en un 60% de todos los casos a los 2 años del diagnóstico

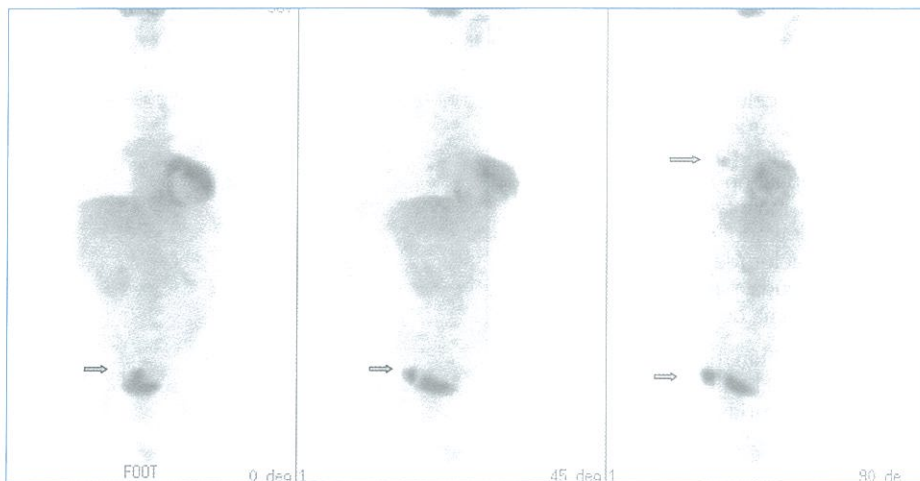


Figura 5. Cáncer de recto.

En TAC masa rectal residual de dudosa malignidad.

PET-FDG: Masa rectal hipermetabólica, además lesión pulmonar. Recurrencia rectal y pulmonar.

inicial. Su detección precoz es fundamental y su valoración por los métodos convencionales es muy limitada debido a su complejidad anatómica, los cambios inducidos por el tratamiento (necrosis, fibrosis, inflamación) e incluso por la producción de artefactos por prótesis metálicas. Por otra parte, la biopsia puede ser peligrosa en los tejidos previamente irradiados. La conferencia consenso Onco-PET III de 2000 demuestra la gran utilidad de la PET en la detección precoz de recurrencias¹⁷; cuando se realiza la PET a partir del cuarto mes de la radioterapia, la S se encuentra entre el 80 y 100% y la E entre el 64 y 100% con un VPN cercano al 100% y VPP entre 89 y 93%, mientras que la TAC presenta VPN 55% y VPP 75%.

Igualmente los cánceres colo-rectales tienen alto riesgo de recurrencia, hasta un 40% de los casos en los 2 primeros años. La TAC y la RM no son capaces de distinguir entre recurrencia local y cambios fibróticos postratamiento, mientras que la PET sí es capaz de realizar el diagnóstico diferencial con elevada eficacia diagnóstica, mayor del 90%. También la PET es claramente superior a las demás técnicas de imagen en la detección de recurrencias ganglionares y hepáticas. Se ha demostrado que cuando se incluye la PET en el algoritmo diagnóstico, se cambia el manejo de los pacientes en un 30% de los casos, identifica metástasis resecables en un tercio de los casos y evita cirugía en dos tercios¹⁴ y además es costo-efectivo^{6,7}. Esta indicación está aprobada por Medicare. En España se encuentra bajo el uso tutelado.

8- Diferenciación recurrencia/radio-necrosis. En los tumores cerebrales se presenta necrosis perilesional tardía progresiva en alrededor de un 50% de pacientes tratados con radiocirugía y 65% tras RT, el paciente suele presentar

los síntomas neurológicos iniciales o un empeoramiento clínico, indistinguibles de recidiva tumoral. La TAC y RM no pueden diferenciar recurrencia de radionecrosis, y el diagnóstico de certeza se suele obtener con estudio anatomo-patológico. La PET muestra ausencia de metabolismo en caso de necrosis, y captación de FDG en caso de recidiva. Los autores encuentran una exactitud diagnóstica por encima del 84%. En un estudio realizado por nuestro equipo¹⁸ en 70 pacientes la exactitud diagnóstica fue del 100%. La limitación principal de la PET es la detección de recidiva de muy bajo grado de malignidad, que no suele distinguirse de la captación de FDG normal de la corteza cerebral si está próxima a ella. En estos casos la combinación de imágenes PET y RMN fusionadas o corregistradas optimiza el diagnóstico.

9- Detección recurrencia ante elevación de marcadores tumorales. Cuando en la evolución de un paciente neoplásico exista una elevación de marcadores tumorales, aunque el resto de las exploraciones sean negativas, hay una gran probabilidad de existencia de recurrencia tumoral. En estos casos la PET es de gran utilidad para la detección y localización de las lesiones¹⁹⁻²¹. En nuestra experiencia la PET presenta una clara eficiencia diagnóstica; así, en un trabajo publicado sobre 45 pacientes en seguimiento por cáncer de mama con marcadores tumorales elevados y el resto de las pruebas negativas, resultaron 24 pacientes PET positivas, encontrándose 54 localizaciones de recurrencia mamaria y además tres nuevas neoplasias desconocidas hasta entonces²¹. Los índices diagnósticos fueron: S=92%, E=75%, VPP=89%, VPN=82% y Ex=87%.

10- Tumores de origen desconocido (TOD). Ante la aparición de adenopatías

malignas, metástasis cerebrales o en otros órganos, síndromes paraneoplásicos o incremento de marcadores tumorales en pacientes sin antecedentes neoplásicos, se realiza una batería de pruebas diagnósticas y en muchas ocasiones no se detecta el tumor primario (fig. nº 6 y 7). La PET puede desarrollar un papel importante en la detección del tumor primario y además en el diagnóstico de extensión de la enfermedad, permitiendo aplicar el correcto tratamiento. La PET es capaz de localizar entre el 25 y 57% de los tumores primarios no encontrados con el conjunto de las exploraciones y además diagnostica la diseminación metastásica de forma muy precisa, con S=81-92% y E=64-78%. En un estudio presentado por nuestro equipo sobre 21 pacientes con TOD²², se localiza el tumor primario en el 57% de los casos, que no han sido detectados con el conjunto de las otras técnicas, y se obtiene una exactitud diagnóstica en la detección de todas las lesiones del 86%.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias (AETS). Instituto de Salud Carlos III-Ministerio de Sanidad y Consumo. "Tomografía por Emisión de Positrones (PET) con 18FDG en oncología clínica (Revisión Sistemática)". Madrid: AETS-Instituto de Salud Carlos III, Noviembre 2001.
- 2- Gambhir SS, Sheperd JE, Shah BD, Hart E, Hoh CK, Valk PE et al. Analytical decision model for cost-effective management of solitary pulmonary nodules. *J Clin Oncol* 1998; 6:2113-2125.
- 3- Gambhir SS, Hoh ME, Phelps ME, Madar I, Maddahi J. Decision tree sensitivity analysis for cost-effectiveness of FDG-PET in the staging and management of non-small-cell lung carcinoma. *J Nucl Med* 1996; 37:1428-1436.
- 4- Steiner HC, Voellmy DR, Trachsel C, Bick I, Buck A, Hunch RA. Staging of malignant melanoma: cost effectiveness of whole-body PET vs conventional imaging. *J Nucl Med* 1998; 39:94P.
- 5- Klose T, Leidl R, Buchmann I, Brambs HJ, Reske SN. Primary staging of lymphomas: cost-effectiveness of FDG-PET versus computed tomography. *Eur J Nucl Med* 2000; 27(10):1457-1464.
- 6- Valk PE, Pounds TR, Tesar RD, Hopinkins DM, Haseman MK. Cost-effectiveness of PET imaging in clinical oncology. *Nucl Med Biol* 1996;23:737-743.
- 7- Gambhir SS, Valk P, Shepherd J. Cost-effectiveness analysis modeling of the role of 18FDG-PET in the management of patient with recurrent colorectal cancer. *J Nucl Med* 1997;38:90P.
- 8- PET en Oncología. Carreras JL, Lapeña L, Asensio C. Edit. Nova Sidonia. Madrid 2002.
- 9- Gould MK, MacLean CC, Kuschner WG, Rydzak CE, Owens DK. Accuracy of positron emission tomography for diagnosis of pulmonary nodules and mass lesions: a metaanalysis. *JAMA* 2001; 285:914-924.

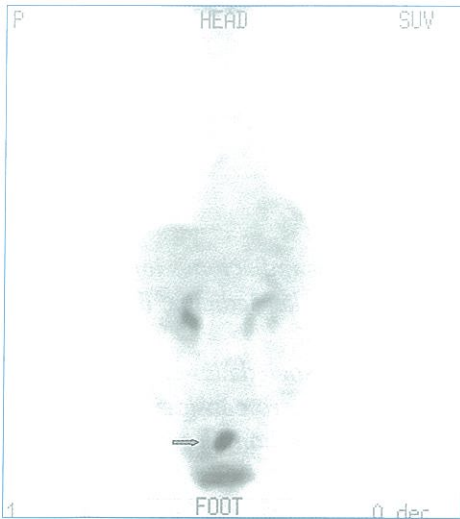


Figura 6. Síndrome constitucional.

Pruebas diagnósticas habituales negativas.

PET-FDG: Tumor primario en recto-sigma, sin diseminación metastásica.

10- Sendler A, Avril N, Helmberger H, Stollfuhr J, Weber W, Bengel F et al. Preoperative evaluation of pancreatic masses with positron emission tomography using 18F-fluorodeoxyglucose: diagnostic limitations. *World J Surg* 2000;24:1121-1129.

11- Eubank W, Mankoff D, Takasugi J, Vesselle H, Eary JF, Shanley TJ et al. 18 Fluorodeoxyglucose positron emission tomography to detect mediastinal or internal mam-

mary metastases in breast cancer. *J Clin Oncol* 2001;15:3516-3523.

12- Schwimmer J, Essner R, Patel A, Jahan SA, Shepherd JE, Park K et al. A review of the literature for whole-body FDG PET in the management of patients with melanoma. *Q J Nucl Med* 2000;25:48-51.

13- Yap CS, Valk P, Ariannejad M, Seltzer MA, Phelps ME, Gambhir SS; Czernin J. FDG-PET influences the clinical management of lymphoma patients. *J Nucl Med* 2000;41:70p.

14- Strasberg SM, Dehdashti F, Siegel BA, Drebin JA, Linehan D. Survival of patients evaluated by FDG-PET before hepatic resection for metastatic colorectal carcinoma: a prospective database study. *Ann Surg* 2001;233:293-299.

15- Schelling M, Avril N, Kuhn W, Romer W, Sattler D, Werner M et al. Positron emission tomography studies using 18-F-fluorodeoxyglucose for monitoring primary chemotherapy in breast cancer. *J Clin Oncol* 2000;18:1689-1695.

16- Cremerius U, Fabry U, Neuerburg J, Zimny M, Osieka R. Positron emission tomography with 18F-FDG to detect residual disease after therapy for malignant lymphoma. *Nucl Med Commun* 1998;19(11):1055-1063.

17- Reske SN, Kotzerke J. PET-FDG for clinical use. Results of the 3rd German Interdisciplinary Consensus Conference, "Onko-PET-FDG III", 21 July and 19 September 2000. *Eur J Nucl Med* 2001;28:1707-1723.

18- Asensio C, Pérez-Castejón MJ, Maldonado A, Montz R, Ruiz JA, Santos M et al. Papel de la PET-FDG ante la duda diagnóstica de recidiva frente a radionecrosis en tumores cerebrales. *Rev Neurol* 1998; 27:447-452.

19- Lonneux M, Borbath I, Berlier M, Kirove C, Pauwels S. The place of whole-body PET-FDG for the diagnosis of distant recurrence of breast cancer. *Clin Pos Imag* 2000;3:45-49.

20- Schluter B, Bohuslavizki KH, Beyer W, Plotkin M, Buchert R, Clausen M. Impact of

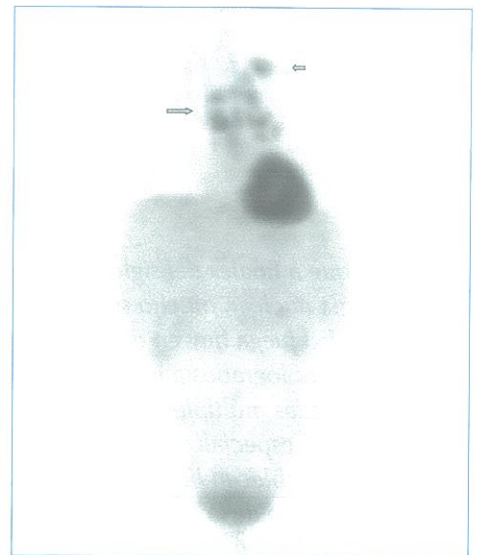


Figura 7. Paciente con síndrome paraneoplásico. TAC, RM y gastroscopia negativa.

PET-FDG: Múltiples adenopatías mediastínicas y lesión supraclavicular o en vértice pulmonar izdo. Probablemente tumor primario: Linfoma o cáncer de pulmón.

FDG PET on patients with differentiated thyroid cancer who present with elevated thyroglobulin and negative 131I scan. *J Nucl Med* 2001;42:71-76.

21- Suárez M, Pérez-Castejón MJ, Jiménez-Vicioso A, Domper M, Ruiz G, Montz R, Carreras JL. Early diagnosis of recurrence breast cancer with FDG-PET in patients with progressive elevation of serum tumor markers. *Q J Nucl Med* 2002;46:113-121.

22-Delgado Bolton RC, Ortega A, De Juan Rubio R, González Maté A, Pérez-Castejón MJ, Domper M et al. Utility of FDG PET in unknown primary tumors (UPT). *Eur J Nucl Med* 2001; 28:1035.



Ana Mª JIMÉNEZ VICIOSO, es licenciada en Medicina y Cirugía (1979) por la Universidad de Sevilla, doctora en Medicina y Cirugía (1989) por la Universidad Complutense de Madrid y médico especialista en Medicina Nuclear. Es profesora titular del Departamento de Radiología de la Facultad de Medicina de la UCM desde el año 1992. Durante su carrera profesional ha desarrollado diversas líneas de investigación fundamentalmente relacionadas con la Oncología, la Medicina Nuclear y la Tomografía por Emisión de Positrones (PET). Ha participado en numerosos congresos aportando un total de 65 comunicaciones/ponencias y ha publicado 54 artículos en revistas y 18 capítulos en libros de medicina. Presenta una larga experiencia en Tomografía por Emisión de Positrones, formando parte del equipo pionero en la introducción y desarrollo de la PET en España dirigido por el prof. Carreras desde el año 1996. Es miembro de la comisión ejecutiva del grupo de trabajo de trabajo PET de la Sociedad Española de Medicina Nuclear.



José Luis CARRERAS DELGADO, es catedrático de Medicina Nuclear de la Universidad Complutense de Madrid y jefe de Servicio de Medicina Nuclear del Hospital Clínico San Carlos. Es también vicedecano de la Facultad de Medicina de la UCM y Académico Numerario de la Real Academia Nacional de Medicina (sillón 44). Durante 12 años ha sido director del Departamento de Radiología de la UCM y durante 8 años presidente de la Comisión Nacional de la Especialidad de Medicina Nuclear. Es autor de 90 libros o capítulos de libros, doscientas publicaciones científicas en revistas y 400 comunicaciones y ponencias en congresos nacionales e internacionales.



María Jesús PÉREZ CASTEJÓN, es doctora en Medicina y Cirugía por la Universidad de Zaragoza. Desde 1990, profesora asociada del Departamento de Radiología de la Universidad Complutense de Madrid y desde 2001 médico Responsable del Servicio de Medicina Nuclear del Instituto de Cardiología de Madrid. Sus principales líneas de investigación son la cardiología nuclear y la Tomografía por Emisión de Positrones. Es autora de 55 artículos en revistas científicas, 24 capítulos de libros y 120 comunicaciones y ponencias en congresos.