

¹⁸F-FDG-PET-CT: uso racional en el diagnóstico y la estadificación de la enfermedad oncológica

¹⁸F-FDG-PET-CT: rational use in diagnosis and staging of oncologic diseases

Iván Fabricio Vega González MD¹, Juan Carlos Ramírez Fontalvo MD², Germán Darío Osorio Arenas MD³, Flor María Quintero Álvarez MD⁴, Amalia Patiño Rengifo MD³, Ingrid Vivas Bonilla MD⁵

Resumen: las técnicas de imagenología molecular evalúan los procesos metabólicos intracelulares; en la actualidad, son una herramienta eficaz para el diagnóstico oncológico. La técnica más importante y utilizada es la PET-CT (tomografía por emisión de positrones y tomografía computarizada), en la cual, la PET permite obtener una imagen metabólica del tumor, de forma que se determina su viabilidad, mientras que la tomografía computarizada permite la localización anatómica exacta de la lesión. Es así, como la PET-CT es una prueba con un gran desempeño diagnóstico en oncología, permitiendo el diagnóstico temprano, la estadificación y la evaluación de la respuesta a la terapia de pacientes con neoplasias. Este artículo de revisión tiene como objetivo describir las bases técnicas y biológicas de la PET-CT, y su uso racional en oncología, en especial al momento de contribuir en la fase de diagnóstico primario de la neoplasia y en la estadificación de la enfermedad.

Palabras clave: tomografía por emisión de positrones y tomografía computarizada, imagen molecular, detección precoz del cáncer, estadificación de neoplasias.

Abstract: molecular imaging techniques evaluate intracellular metabolic processes; currently, these techniques are an effective tool for cancer diagnosis. The most important and widely used technique is PET-CT (positron-emission tomography and computed tomography), wherein PET obtains a metabolic image of the tumor, a way as to determine its viability, while CT enables an accurate anatomical location of the lesion. Hence, PET-CT is a test with high diagnostic performance in oncology, allowing early detection, staging and assessment of response to therapy in patients with malignancies. This review article aims to describe the technical and biological fundamentals of PET-CT, and its rational use in oncologic practice, especially during early detection of cancer and staging of the disease.

Key words: positron-emission tomography and computed tomography, molecular imaging, early detection of cancer, neoplasm staging.

Vega-González IF, Ramírez-Fontalvo JC, Osorio-Arenas GD, Quintero Álvarez FM, Patiño-Rengifo A, Vivas-Bonilla I. ¹⁸F-FDG-PET-CT: uso racional en el diagnóstico y la estadificación de la enfermedad oncológica. *Medicina & Laboratorio* 2013; 19: 69-88.

¹ Médico, especialista en Medicina Nuclear. Unidad PET-CT. Clínica Las Américas, Medellín, Colombia. Correspondencia: ivanvegamn@hotmail.com.

² Médico, especialista en Medicina Nuclear. Unidad PET-CT. Clínica Las Américas. CEDIMED, EMMSA. Medellín, Colombia.

³ Médico Radiólogo. Clínica Las Américas. Medellín, Colombia.

⁴ Médico, especialista en Medicina Nuclear. Unidad PET-CT. Clínica Las Américas, Medellín, Colombia.

⁵ Médico Radiólogo. CEDICAF. Ibagué, Colombia.

Conflicto de intereses: los autores declaran no tener conflicto de intereses
Medicina & Laboratorio 2013; 19: 69-88.

Módulo 14 (Tecnología), número 16. Editora Médica Colombiana S.A. 2013[®].

Recibido el 25 de octubre de 2012; aceptado el 16 de enero de 2013.

Las técnicas de imaginología molecular, como la PET-CT (tomografía por emisión de positrones y tomografía computarizada), determinan la viabilidad de la enfermedad mediante la evaluación de los procesos metabólicos intracelulares de células tumorales, inflamatorias o normales. En la actualidad, son una herramienta eficaz para el diagnóstico oncológico temprano y la estadificación de varias neoplasias [1, 2]; además está disponible en el país. Por estas razones, la PET-CT ha ganado terreno con respecto a las técnicas de imaginología convencional (tomografía computarizada, resonancia magnética, ultrasonido, ecografía o rayos X) y aceptación entre la comunidad médica [3].

Por lo anterior, este módulo tiene como objetivo describir de manera sencilla las bases técnicas, biológicas y moleculares de la PET-CT, y su uso racional actual en oncología, al momento de contribuir en el diagnóstico primario de la neoplasia y en la estadificación por imagen de la enfermedad. En un próximo número de Medicina & Laboratorio, se abordará el uso de la PET-CT para la evaluación de la respuesta a la terapia y para casos de recurrencias tumorales.

La Medicina molecular y la imagen molecular

Antes de discutir la utilidad clínica de la PET-CT, es necesario definir a la Medicina molecular como un tipo de medicina “hecha a la medida” para cada paciente, cada enfermedad o cada situación en particular, es decir, permite un abordaje diagnóstico y terapéutico que va de lo general a lo individual. Habrá entonces, un plan diagnóstico y de tratamiento de enfermedades para cada individuo. En este sentido, no se diagnostican o tratan enfermedades, sino que se diagnostican y tratan pacientes con enfermedades, en determinadas situaciones.

Con la obtención de los “receptores tumorales moleculares” o “blancos moleculares”, se planean y dirigen tratamientos específicos en los que solamente se destruyen las células tumorales o se inhabilitan algunas funciones celulares que les permiten aumentar la mitosis, incrementar su metabolismo, o acceder a través de neoangiogénesis a fuentes de nutrición, entre otros procesos metabólicos [4]. De esta forma, los tratamientos basados en la medicina molecular son:

- Individualizados: por ejemplo, dos pacientes de la misma edad, raza, condición nutricional y el mismo tipo de cáncer, pueden tener diferentes tipos de receptores moleculares y se deben tratar de manera diferente.
- Selectivos: al estar dirigidos contra las células neoplásicas, presentan menos efectos adversos hacia otros sistemas corporales.
- Menos costosos: a largo plazo son más efectivos y no se requiere contrarrestar o reparar sus efectos secundarios.

Para evaluar la efectividad de estos tratamientos moleculares se necesitan métodos de diagnóstico por imágenes moleculares, los cuales se basan en la detección o la medición de las alteraciones celulares, ya sea mediante técnicas de imaginología que identifiquen genes o proteínas, o mediante técnicas que identifiquen mecanismos o vías metabólicas de interés [5].

Con la imaginología convencional, el diagnóstico de viabilidad de la enfermedad depende de las concentraciones vasculares y no intracelulares de los medios de contraste, o de cambios morfológicos, o bien cambios de las escalas de grises, que muestran las imágenes en diferentes fases. Por su parte, la imaginología molecular determina la viabilidad de la enfermedad mediante la evaluación de los procesos metabólicos intracelulares (células tumorales, inflamatorias o normales) o mediante la medición del comportamiento de algunas moléculas dentro de esas células. Conociendo que los procesos moleculares o bioquímicos preceden a los cambios morfológicos, esta valoración puede ser además precoz con respecto a la imaginología convencional [6, 7].

De esta forma, las técnicas de imaginología molecular permiten el reconocimiento temprano de las enfermedades, antes de que se produzcan cambios visibles de forma o tamaño; también permiten descartar la presencia de enfermedad cuando el paciente ya ha sido tratado, en cuyo caso, las alteraciones morfológicas resultantes del tratamiento impiden que los métodos de imagen convencional sean concluyentes, mientras que con la imaginología molecular se puede definir adecuadamente el efecto del tratamiento [6, 7].

Entre los métodos de imaginología molecular se encuentran la medicina nuclear, comúnmente conocida como imágenes gammagráficas, algunas imágenes y secuencias de la resonancia magnética (espectroscopía), y especialmente, el estudio PET-CT [8].

PET-CT: definición y conceptos básicos

Para un correcto diagnóstico y seguimiento oncológico, es ideal que las técnicas imaginológicas provean tanto información metabólica como una localización anatómica exacta del tumor, de forma que no solo se establezca la existencia de un tejido con función alterada, sino que éste se pueda localizar anatómicamente [6].

La técnica PET-CT es una modalidad de diagnóstico de imágenes metabólicas y morfológicas combinadas dentro de un solo aparato: la PET o tomografía por emisión de positrones, con la tomografía computarizada o CT, de tal manera que se pueden visualizar las imágenes de cada método o en una fusión de ambas: PET-CT. Con la parte de PET, se evalúa la actividad molecular celular y con la CT, la parte morfológica, lo cual aumenta la sensibilidad y la exactitud diagnóstica [6, 8].

Vale decir que a diferencia de los primeros estudios de PET, realizados desde los años 1987 a 1990, actualmente en el mundo se realizan estudios PET-CT completos, en donde la parte de CT adicional juega un papel tan importante en el diagnóstico como la parte de PET, con aplicación de contrastes endovenosos y realización de protocolos adicionales especiales, que le da mayor exactitud diagnóstica al estudio PET-CT, al comparar con estudios PET.

Para realizar el estudio de PET-CT, al paciente inicialmente se le inyecta un radiofármaco, que se distribuye dentro del cuerpo en un tiempo aproximado de 60 a 90 minutos; luego, se realiza en el equipo PET-CT un rastreo corporal total, habitualmente desde la base del cráneo hasta el tercio medio de muslos [6, 8-10]. Como es un estudio “doble”, en donde intervienen dos especialidades, medicina nuclear y radiología, el estudio es entonces informado por dos expertos de esas especialidades.

La parte más importante del estudio radica en el radiofármaco inyectado. El más usado actualmente en PET-CT se llama ^{18}F Fluor-desoxi-glucosa (^{18}F -FDG); ésta es una molécula análoga de la glucosa, y de acuerdo con los estudios de Warburg [11, 12] acerca del metabolismo tumoral, las células neoplásicas tienen gran avidez por la glucosa, necesaria para mantener la altísima tasa metabólica, en especial, para los procesos de mitosis [11, 12]. De esta forma, con una molécula análoga de la glucosa, se trata de “engañar” a la célula tumoral para que incorpore, a través de los receptores transmembrana para la glucosa (GLUT), una proporción evidentemente mayor de ^{18}F -FDG (con respecto a las células normales), en vez de incorporar la glucosa normal. Una vez dentro de la célula tumoral, y debido a su estructura molecular, discretamente diferente a la de la glucosa, la molécula de ^{18}F -FDG no sigue metabolizándose y queda “acumulada” dentro de esa célula [8-10, 13].

Una a dos horas después de la administración del radiofármaco, normalmente se observa gran cantidad de ^{18}F -FDG en el cerebro, el corazón y la vejiga, como también se puede observar captación hepática, esplénica, de médula ósea, tiroides y otros tejidos; además, en pacientes con tumor viable se evidencia una concentración, superior a la del tejido normal, en las células neoplásicas [8]. Después del rastreo en el equipo PET-CT, y a través del análisis de las imágenes resultantes, se podrá entonces determinar cuáles tejidos o grupos celulares “consumieron” en mayor proporción este radiofármaco y caracterizar así si se trata de lesiones tumorales malignas metabólicamente activas o viables [9].

Hoy día, los sistemas PET-CT permiten semicuantificar la captación del radiofármaco en el área del tumor. El resultado de esta semicuantificación se da en unidades SUV (por su significado en inglés *standardized uptake value*) o en unidades VOI (por su significado en inglés *volume of interest*) [14]. Mediante las unidades SUV, se establecen patrones de captación normal para los diferentes órganos, de forma que facilitan la diferenciación entre el tejido normal y el neoplásico [8]; así mismo, estas unidades sirven de base para que al realizar otro estudio después de un tratamiento, se compare con el primero y se pueda evaluar de manera porcentual, la respuesta al tratamiento, mucho antes de que se pueda realizar esta determinación por imaginología convencional.

Además, en los últimos 10 años, ha habido un desarrollo tecnológico importante que ha permitido aumentar de manera ostensible la resolución de las imágenes PET, mejorar la sensibilidad diagnóstica y disminuir las dosis de radiofármaco administradas al paciente [8, 12, 15-19], lo cual ha impulsado su uso en la oncología.

Indicaciones oncológicas actuales de un estudio ^{18}F -FDG-PET-CT

Con el fin de darle un valor a la utilidad del estudio ^{18}F -FDG-PET-CT, se definirá la aplicación de la técnica en cada neoplasia como: uso apropiado, uso potencialmente apropiado, uso posiblemente apropiado y uso inapropiado. La calificación anterior corresponde a la recomendada por la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA) del 2010, la cual está cimentada en la evidencia bibliográfica existente para cada enfermedad y para las fases de evolución de cada una. Así, la calificación será diferente para el diagnóstico primario, la estadificación y la evaluación de la respuesta a la terapia, en cada una de las enfermedades oncológicas más frecuentes. Debido a que la evidencia bibliográfica en algunos tumores ha

evolucionado [20], solo se adaptará el sistema de calificación de la OIEA, pero no los valores dados por ella.

Escrutinio a la población

Salvo algunas excepciones que se discutirán posteriormente, la ¹⁸F-FDG-PET-CT no es un estudio que se deba usar desde el inicio en la secuencia de diagnóstico por imagen en un paciente oncológico. Lo anterior, se debe a que si bien dentro de los estudios de imagen diagnóstica para cáncer tiene una de las mejores tasas de costo-efectividad, resulta que el costo-beneficio no lo favorece para su uso como prueba de tamizaje. Lo anterior, es particularmente cierto en casos de escrutinio abierto a la población general. El ejemplo más claro sería una probable competencia entre ¹⁸F-FDG-PET-CT y la mamografía para la detección del cáncer de mama. La altísima sensibilidad y especificidad de la PET-CT determinaría, con evidente mayor eficiencia que la mamografía, cuáles pacientes requieren biopsia y cuáles no; sin embargo, el mayor costo del estudio, la poca disponibilidad de equipos y el mayor nivel de radiación recibida por las pacientes no justificaría el escrutinio con este método. En conclusión, el uso en población abierta, como escrutinio, es por ahora inapropiado [21].

Diagnóstico primario de cáncer: malignidad *versus* benignidad

Existen algunos casos en los que la ¹⁸F-FDG-PET-CT se utiliza para establecer si la lesión observada es maligna o benigna. A continuación, se describe su valor en el diagnóstico de algunos tumores, sus ventajas y sus limitantes.

■ Nódulo pulmonar solitario

La PET-CT permite descartar o confirmar la malignidad del nódulo pulmonar, dada por la ausencia o el aumento de la actividad metabólica, esta última demostrada por el alto consumo de ¹⁸F-FDG dentro del nódulo. Adicionalmente, contribuye a confirmar o descartar la extensión ganglionar mediastinal, sin que dependa de cambios en el tamaño ganglionar, y es el estudio de mayor exactitud al momento de reconocer o eliminar la posibilidad de metástasis a distancia en el cáncer de pulmón (ver [figura 1](#)), lo cual cambia la decisión terapéutica. También ayuda a establecer los criterios quirúrgicos e incluso los de radioterapia [22-24].

En todo lo anterior, supera por mucho a la exactitud diagnóstica de la tomografía computarizada contrastada. Los falsos negativos en la PET-CT son escasos y se presentan en lesiones muy bien diferenciadas o de origen neuroendocrino, y los falsos positivos corresponden en su mayoría a lesiones por tuberculosis activa, aunque también a casos de neumoconiosis, granulomatosis de Wegener e infección por *Nocardia* spp, entre otros. El uso de la PET-CT en el estudio de nódulo pulmonar solitario es apropiado [22-24].

■ Masa pancreática en estudio

La PET-CT se recomienda para la caracterización de una masa pancreática cuando la tomografía computarizada o la resonancia magnética no fueron concluyentes. Si la parte de CT se realiza con contraste endovenoso, permite un mejor establecimiento de los criterios

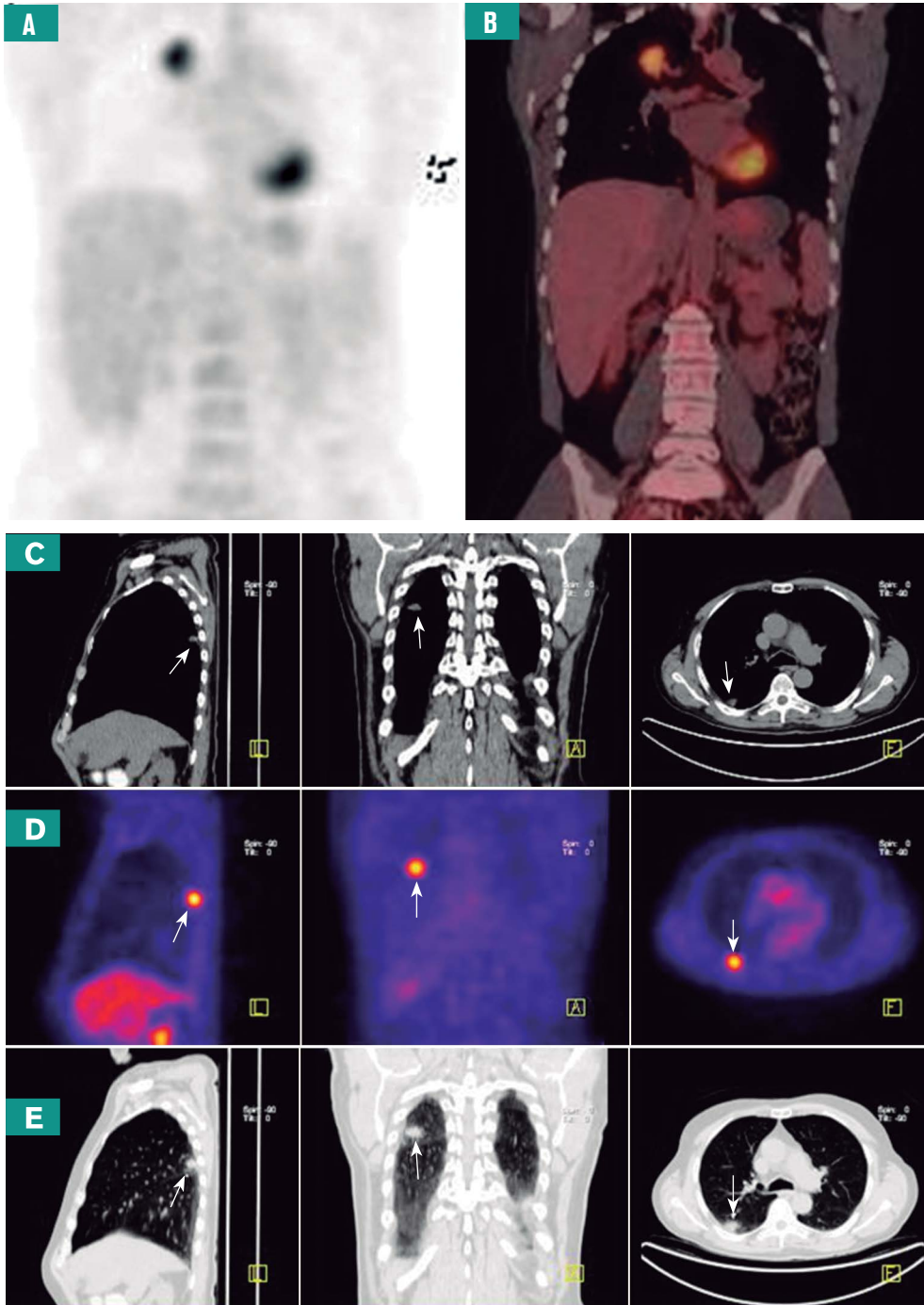
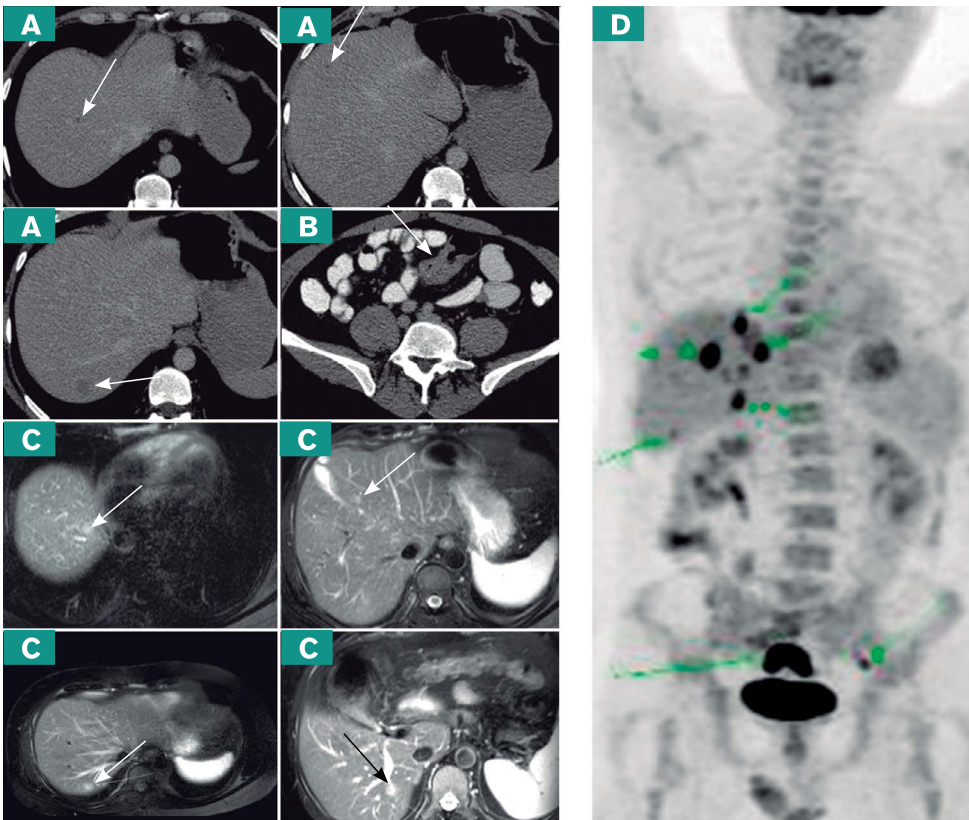


Figura 1. Estudio de PET-CT con ^{18}F -FDG con una lesión nodular pulmonar. **A.** Rastreo corporal PET. **B.** Fusión corporal PET-CT contrastada. **C.** Imágenes tomográficas sagital, coronal y axial (de izquierda a derecha), del estudio con ventana mediastinal, que demuestra imagen nodular pulmonar. **D.** Imágenes de PET, con los mismos cortes, que demuestran que la lesión nodular presenta aumento anormal en el metabolismo, es decir, es maligna. **E.** Se observan los mismos cortes tomográficos en ventana de pulmón y se evidencia la misma lesión. **Conclusión:** lesión nodular maligna única, mediastino negativo, no hay metástasis a distancia, todo en un solo estudio. Dr. Iván Fabricio Vega González.

quirúrgicos. La PET-CT es particularmente útil en casos de masa pancreática en pacientes con antecedentes de pancreatitis crónica y tiene mejor sensibilidad que la imaginología convencional para detectar lesiones a distancia. Se pueden presentar falsos negativos en casos de lesiones malignas quísticas y por supuesto, en presencia de tumores de origen neuroendocrino, aunque hoy día, con la realización adicional de CT contrastada, es menos frecuente. Se han identificado algunos casos de falsos positivos en individuos con pancreatitis agudas focales. El uso en esta enfermedad es apropiado [25, 26].

■ Cáncer primario oculto

La PET-CT se indica para el estudio de pacientes con síndromes paraneoplásicos, con altísimo valor predictivo negativo; también se recomienda en casos de marcadores tumorales elevados con estudios de imaginología convencional negativos, así como en casos de ganglios o metástasis positivas sin un tumor primario determinado, en donde la sensibilidad de la PET-CT para la detección de la lesión primaria es apenas del 60%, pero este valor sobrepasa al de la imaginología convencional. Además, la PET-CT simultáneamente establece los criterios pronósticos al reconocer o descartar que existan lesiones diferentes a la inicialmente hallada y al establecer los niveles SUV, que también se relacionan con el pronóstico. En los casos en los que el diagnóstico histopatológico no es claro, la PET-CT puede guiar la biopsia hacia la zona metabólicamente más activa y, por ende, aumenta la mayor probabilidad de hallar el tumor. El uso en esta fase es apropiado [22, 27, 28]. En la [figura 2](#), se muestran los hallazgos de PET-CT en un paciente con sospecha de carcinoma primario oculto.



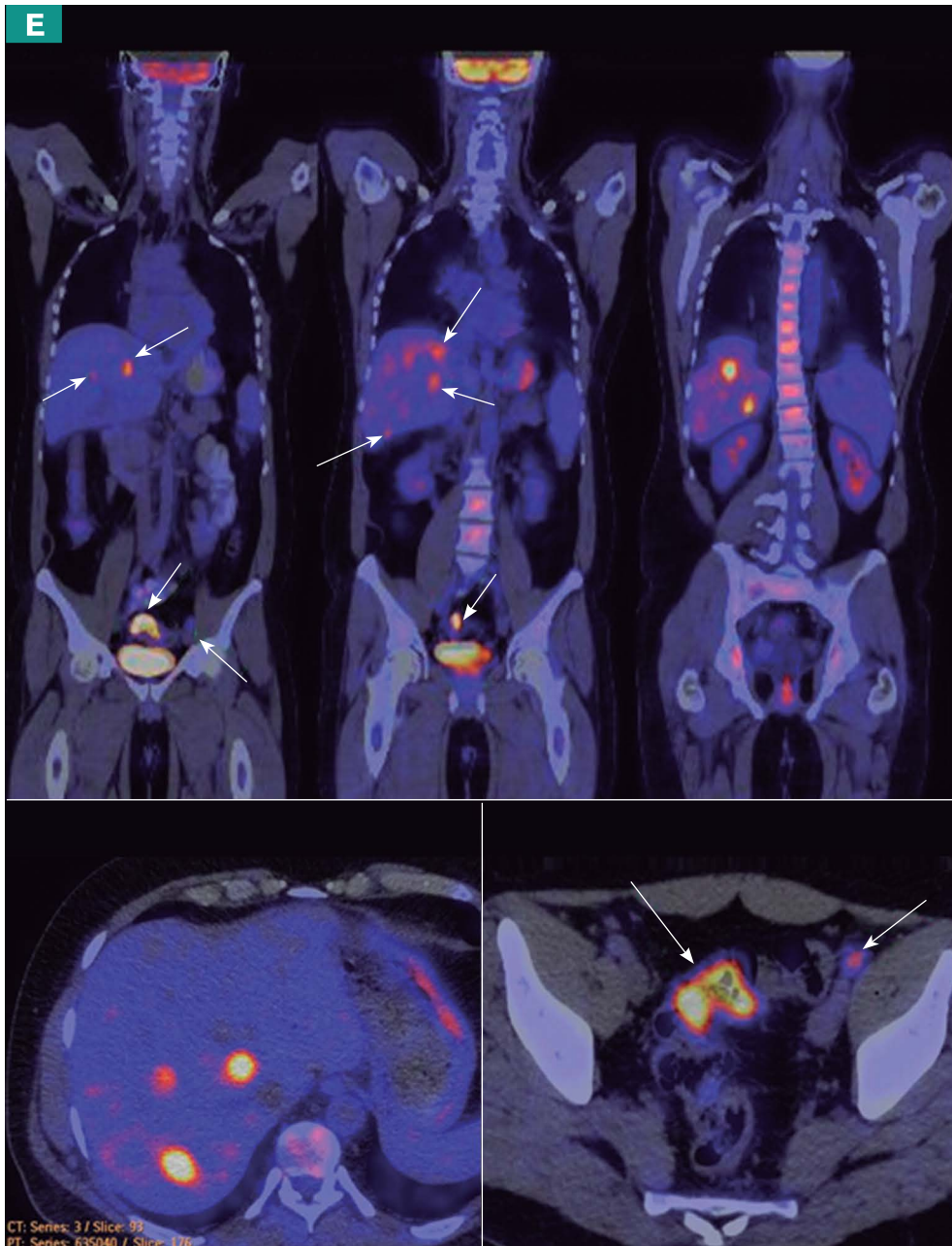


Figura 2. Estudio por imaginología de un paciente de 56 años con sospecha de carcinoma primario oculto. **Página anterior (A, B, C, D).** A. Imágenes axiales de un estudio tomográfico abdominal que demuestra tres lesiones hepáticas hipodensas sugestivas de metástasis. B. Imagen axial de un estudio tomográfico pélvico que muestra leve engrosamiento de paredes del sigmoides. En el estudio tomográfico no se halló la lesión primaria. C. Imágenes axiales de resonancia magnética en las que se confirmó el origen metastásico de cinco lesiones hepáticas. D. Imagen PET del estudio PET-CT con ^{18}F -FDG realizado para búsqueda del primario y estafitificación que muestra actividad infiltrativa hepática en nueve lesiones focales hipermetabólicas y una lesión hipermetabólica en pelvis. **En esta página. E.** Imágenes de fusión PET-CT (en el centro coronales y a la derecha axiales), que demuestran nueve lesiones infiltrativas hepáticas metastásicas y se identifica que la lesión hepática primaria se encuentra en el colon sigmoides con algunas adenopatías regionales positivas para tumor. Dr. Iván Fabricio Vega González.

Estadificación de una neoplasia

A excepción de la resonancia magnética de sistema nervioso central y el gammagrama óseo en casos de carcinoma de próstata con puntuación de Gleason baja, la ¹⁸F-FDG-PET-CT supera la exactitud de los demás métodos de imaginología convencional, ya sea por separado o la suma de todos ellos, para la estadificación tumoral. Lo anterior, se debe a que mediante PET, CT y la suma de ellos, se hace un rastreo corporal, con una mayor posibilidad de detectar más lesiones a distancia [29]. Es por ello, que en algunas neoplasias, la PET-CT puede cambiar el abordaje terapéutico en el 25% al 50% de los pacientes [13, 30, 31]. A pesar de lo anterior, en general no está indicado en etapas clínicas tempranas de la enfermedad, es decir, por debajo de la etapa II, pero existen algunos casos en los que no solo se puede, sino que se debe pasar por alto esta aseveración y el estudio de PET-CT se utiliza entonces como herramienta de diagnóstico por imagen para estadificar el cáncer en los siguientes casos [32]:

- En presencia de alta sospecha clínica de extensión, por ejemplo sintomatología firmemente positiva, con estudios de imaginología convencional normales.
- Estirpes celulares tumorales altamente agresivas, o que por su historia natural, siempre se manifiestan con metástasis; también en presencia de estudios de imaginología convencional normales.
- Cuando se requiera evaluar de manera temprana la respuesta a las terapias, neoadyuvancias, es mejor tener de base un estudio de imaginología molecular y no de imaginología convencional, estos últimos podrían tardar más tiempo en demostrar o no respuesta, así ésta haya ocurrido o no.
- Cuando se requiera o prefiera un solo estudio para estadificar a un paciente por algunas de las siguientes razones: alergia a contrastes endovenosos, insuficiencia renal (lo que descarta a la tomografía contrastada como opción), ya que no hay contraindicación de la ¹⁸F-FDG; pacientes de edad avanzada o en regulares condiciones y que su estado limite la capacidad para la realización de varios estudios por separado; o en nuestro medio, cuando exista inestabilidad o inseguridad en la asistencia social de los terceros pagadores y se deba actuar con rapidez respecto al estado del paciente.

En la [figura 3](#) se muestran los hallazgos en el estudio PET-CT de un paciente con timoma para descartar metástasis. A continuación, se describe las neoplasias en las que la PET-CT tiene mayor uso para la estadificación.

■ Uso apropiado

Neoplasias de pulmón

Por las razones previamente expuestas para el nódulo pulmonar solitario, la PET-CT es casi un estudio obligado antes de la cirugía del carcinoma de pulmón (incluyendo células no pequeñas y bronquioalveolar); su primacía radica en la gran exactitud diagnóstica en el área mediastinal y en la detección de lesiones a distancia [33-35] (ver [figura 4](#)).

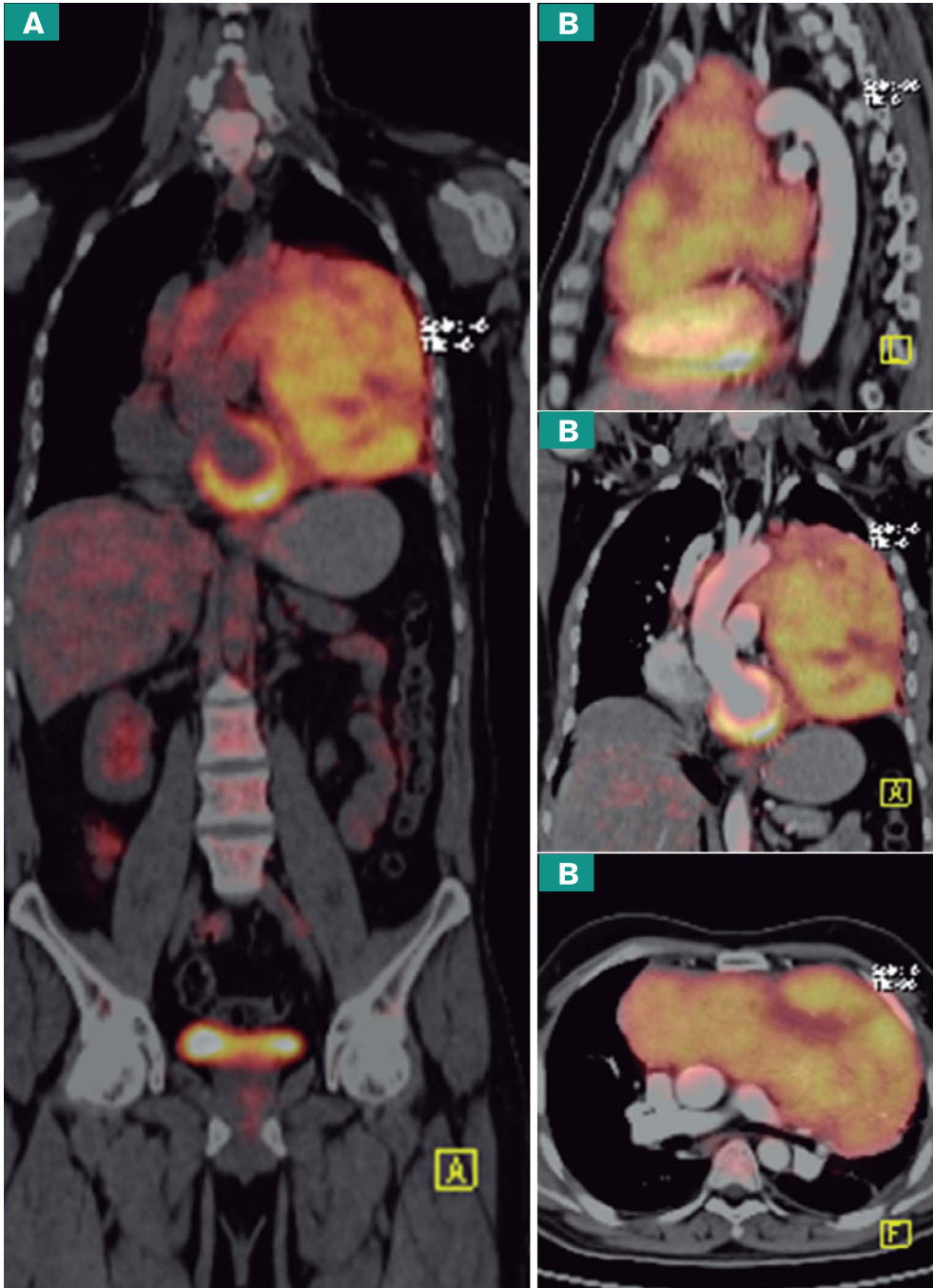


Figura 3. Estudio PET-CT con ^{18}F -FDG para estadificación de un paciente con timoma maligno. **A.** Imagen coronal de la fusión PET-CT en la que se demuestra una gran masa mediastinal con aumento anormal en el metabolismo. Hay actividad metabólica cardíaca normal. No se determinaron áreas de metástasis a distancia. **B.** Imágenes de cortes tomográficos sagital, coronal y axial (arriba abajo) de la fusión PET con tomografía contrastada, realizada adicionalmente dentro del estudio, en donde se verifica que a pesar del tamaño de la masa, ésta presenta adecuados planos de separación con las estructuras vasculares y otros tejidos mediastinales. **Conclusión:** se descartó metástasis del timoma y se pudo establecer los criterios de resecabilidad, a la vez que se estadificó adecuadamente al paciente. Dr. Iván Fabricio Vega González.

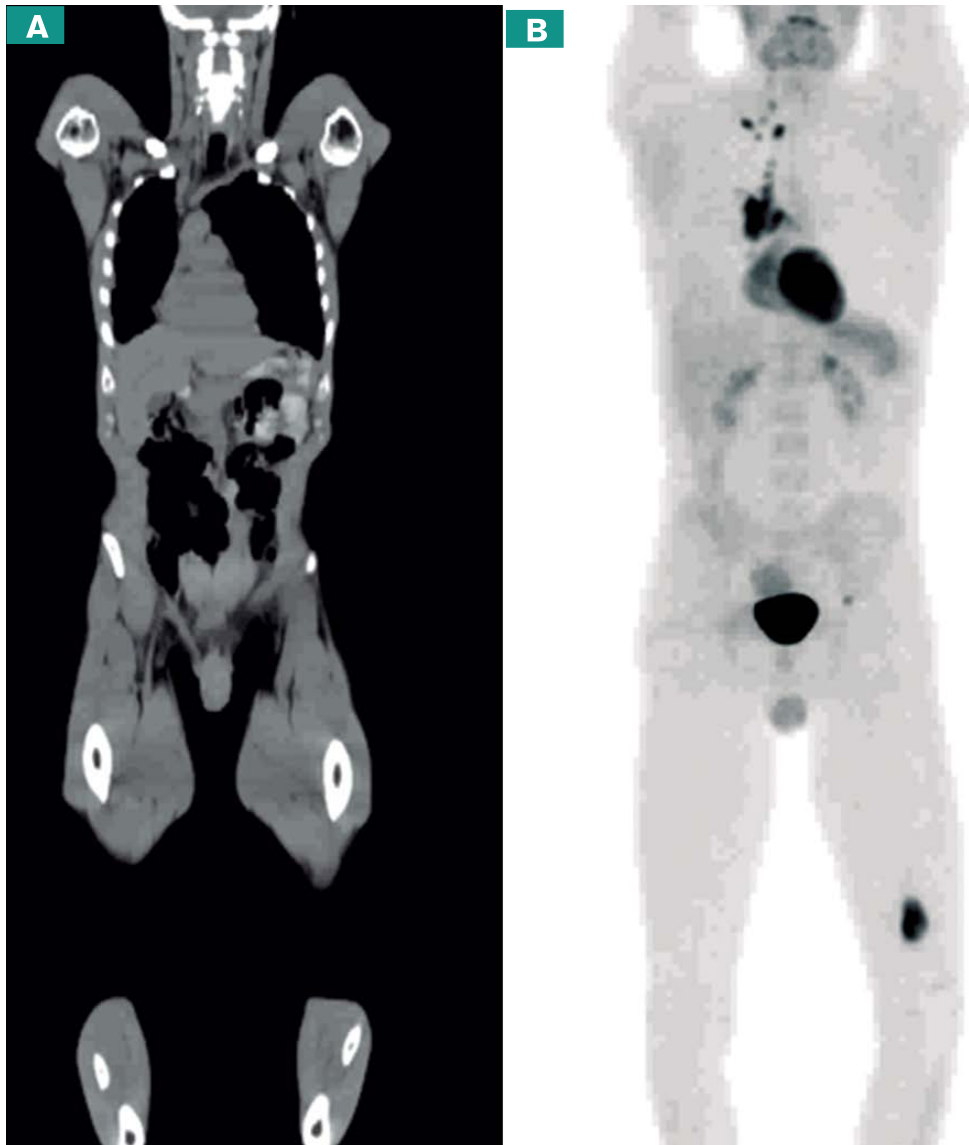


Figura 4. Estudio PET-CT con ¹⁸F-FDG para estadificación de un paciente con cáncer de pulmón. **A.** Imagen coronal tomográfica parte del estudio PET-CT. **B.** El mismo corte coronal de la imagen de PET. Interpretación: además de la lesión primaria hilar pulmonar derecha, en la imagen PET se logra reconocer actividad metabólica tumoral en algunos ganglios, menores a 8 mm, en el lado derecho de la base del cuello. De igual forma, se identificaron dos lesiones óseas, una en el iliaco izquierdo y la otra en el fémur izquierdo ipsilateral; las dos lesiones óseas no se representaron con cambios morfológicos en la tomografía. **Conclusión:** con un solo estudio (PET-CT), se estableció el carcinoma primario de pulmón, se evaluó el mediastino y se detectaron lesiones a distancia. Aunque inicialmente se pensó en una posible etapa II, el estudio PET-CT permitió estadificarlo adecuadamente como etapa IV. Dr. Iván Fabricio Vega González.

Cáncer de mama

Como se explicó, la PET-CT se recomienda preferiblemente en etapas después de la II, o en pacientes con un estudio de ganglio centinela positivo. En las etapas TIS, IA y IB la sensibilidad de detección de ganglios regionales positivos mediante ¹⁸F-FDG-PET-CT puede llegar a

ser tan baja como del 50%; sin embargo, la especificidad en la región axilar y la sensibilidad para la detección de metástasis a distancia, aun en etapas tempranas, puede llegar al 95%. Esto indica que siempre se debería utilizar como estadificación en el carcinoma de mama localmente avanzado ver (figura 5). Adicionalmente, está indicado de entrada en el carcinoma inflamatorio [36-38].

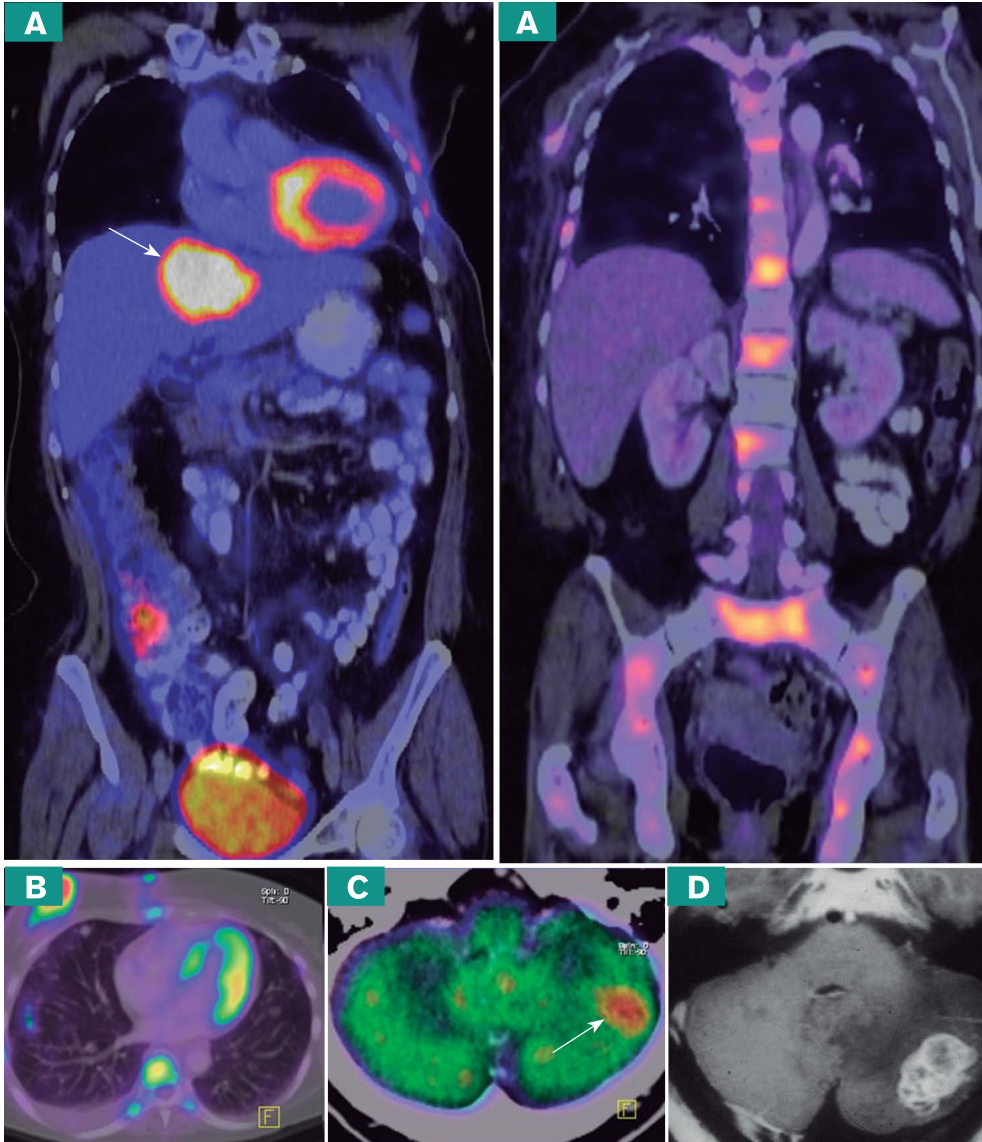


Figura 5. Estudio de PET-CT con ^{18}F -FDG en una paciente para estadificar un carcinoma ductal infiltrante de mama derecha, localmente avanzado. **A.** Imágenes coronales de fusión PET-CT en las que se observa una gran lesión metastásica hepática y múltiples lesiones óseas infiltrativas, todas representadas por gran aumento en el metabolismo. **B.** Imagen axial de fusión PET-CT, en donde se observa aumento anormal del metabolismo en la lesión primaria en la mama derecha y algunas lesiones nodulares metastásicas. **C.** Imagen hipermetabólica cerebelosa izquierda, que correlaciona con la imagen inferior (D) de resonancia magnética, y en ambas se confirma lesión por infiltración a sistema nervioso central. **Conclusión:** la paciente, previamente estadificada en etapa IIB, se estadifica en etapa IV. Un solo estudio permitió evaluar todos los sistemas y estadificar adecuadamente a la paciente. Dr. Iván Fabricio Vega González.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que la PET-CT no descarta el estudio de ganglio centinela ni la realización de resonancia magnética de sistema nervioso central en casos de sospecha de extensión a dicha región [36-38].

Melanoma

La PET-CT está indicada para la estadificación de melanoma cuando hay estudio de ganglio centinela positivo, la lesión primaria está ulcerada, se diagnostica un melanoma de mucosa o el Breslow (grosor del tumor) es mayor que 1,5 mm. La capacidad de esta técnica de imaginología molecular para caracterizar y detectar las lesiones en tránsito, pero sobre todo a distancia, supera por mucho a la imaginología convencional. Al igual que en cáncer de mama, la PET-CT no descarta al estudio de ganglio centinela ni la realización de resonancia magnética en sistema nervioso central [39-41].

Cáncer de cabeza y cuello

En las neoplasias de cabeza y cuello, en especial en los casos en que el tumor no se puede medir o evaluar, y hay infiltración de ganglios linfáticos, metástasis, o ambos, la PET-CT puede dirigir la biopsia hacia la zona de la lesión primaria con mayor sensibilidad que la imaginología convencional; además, en la actualidad se utiliza como un estudio de base para evaluar de manera temprana y al final, la respuesta a la quimioterapia y a la radioterapia en la neoadyuvancia, hecho corroborado incluso en estudios de costo-efectividad. Se debe tener presente que pueden existir falsos negativos en tumores benignos de glándulas parótidas como tumores de Warthin o adenomas pleomórficos, así como en procesos inflamatorios activos de glándulas salivares [42-44].

Carcinomas de páncreas

Como se explicó previamente, con estudios de imágenes convencionales no concluyentes, con altísima especificidad para la detección de lesiones a distancia [22, 24].

Carcinoma de testículo

El estudio de PET-CT es capaz de reconocer o descartar muy pequeños depósitos ganglionares tumorales retroperitoneales, que cambian el estadio y sobre todo, el abordaje terapéutico de los pacientes. El metabolismo de la glucosa en estos tumores, tanto seminomatosos como no seminomatosos, está incrementado; sin embargo, en algunas variedades, sobre todo en los no seminomatosos, esta captación es baja y se podrían prever casos de falsos negativos. A pesar de todo, los valores predictivos de la PET-CT son mayores que los valores de la tomografía computarizada contrastada [45, 46].

Carcinoma de células renales

La PET-CT solo se recomienda en pacientes con carcinoma de células renales de grado nuclear Furhman III o IV. Entre menos diferenciado sea el tumor, éste tendrá más avidéz por la ¹⁸F-FDG y el rendimiento diagnóstico del estudio será mejor; por ende, se puede utilizar de primera intención para la estadificación de los pacientes, con la ventaja sobre los estudios contrastados de imaginología convencional, de no ejercer ningún efecto sobre la función del

riñón residual. Además, la PET-CT es muy útil como estudio de base para evaluar la respuesta a las nuevas terapias blanco, porque demuestran tempranamente la tendencia o no a la respuesta [47, 48]. En las **figuras 6 y 7** se evidencia la utilidad de la PET-CT en el carcinoma renal, tanto para caracterizar la lesión primaria, como para estadificar, establecer criterios de resecabilidad, definir conducta y pronóstico.

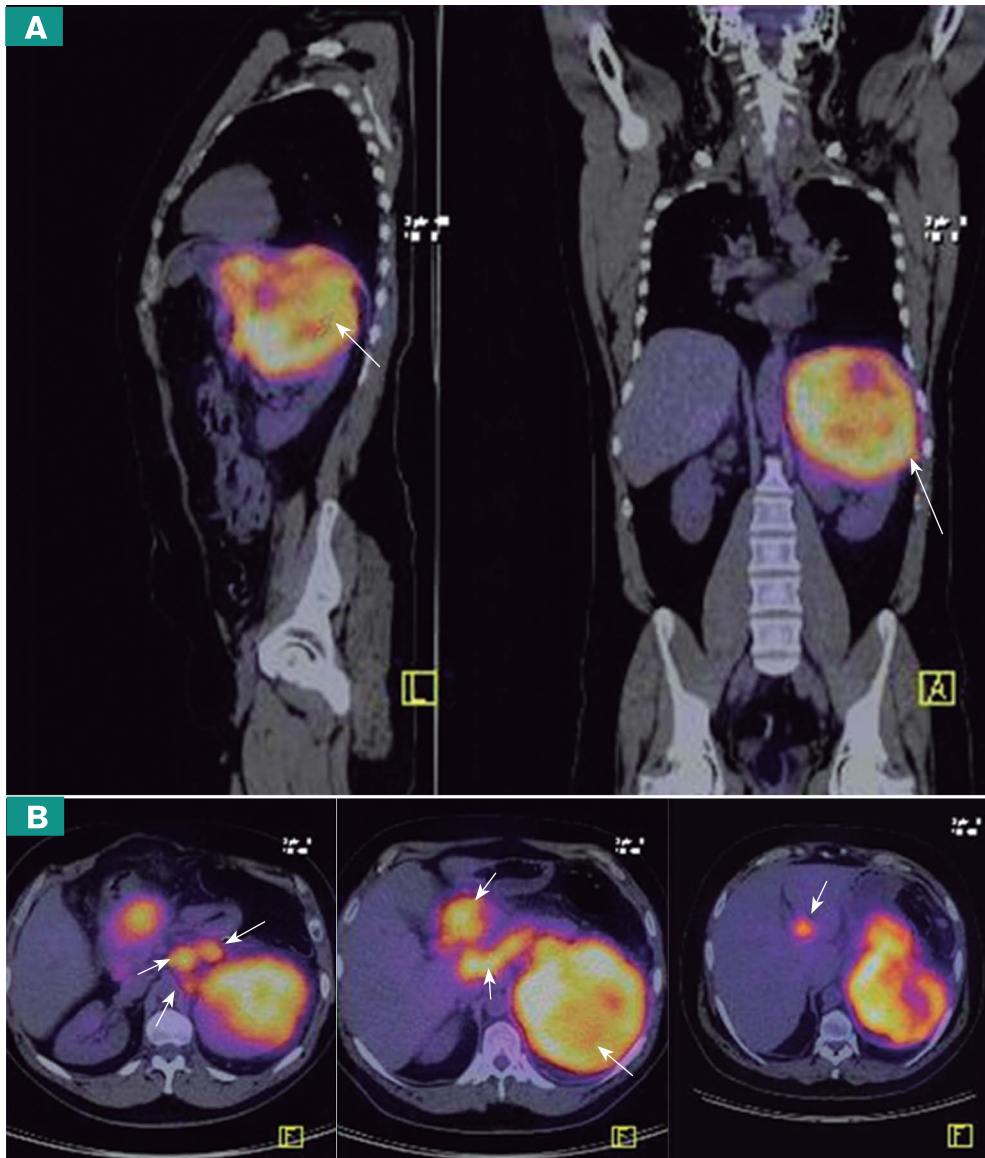


Figura 6. Estudio de PET-CT con ^{18}F -FDG, en un paciente para estadificar un carcinoma renal de células claras de riñón Furhman IV. **A.** Imágenes sagital y coronal de fusión PET-CT; se observa un intenso aumento de actividad metabólica en la lesión primaria (riñón izquierdo) y deformidad renal. **B.** Cortes axiales de la misma fusión PET-CT en los que se observa compromiso hilar renal, de la cápsula renal, extensión ganglionar regional y una metástasis hepática. Este paciente pasó a cirugía, con quimioterapia y radioterapia adyuvantes. Dr. Iván Fabricio Vega González.

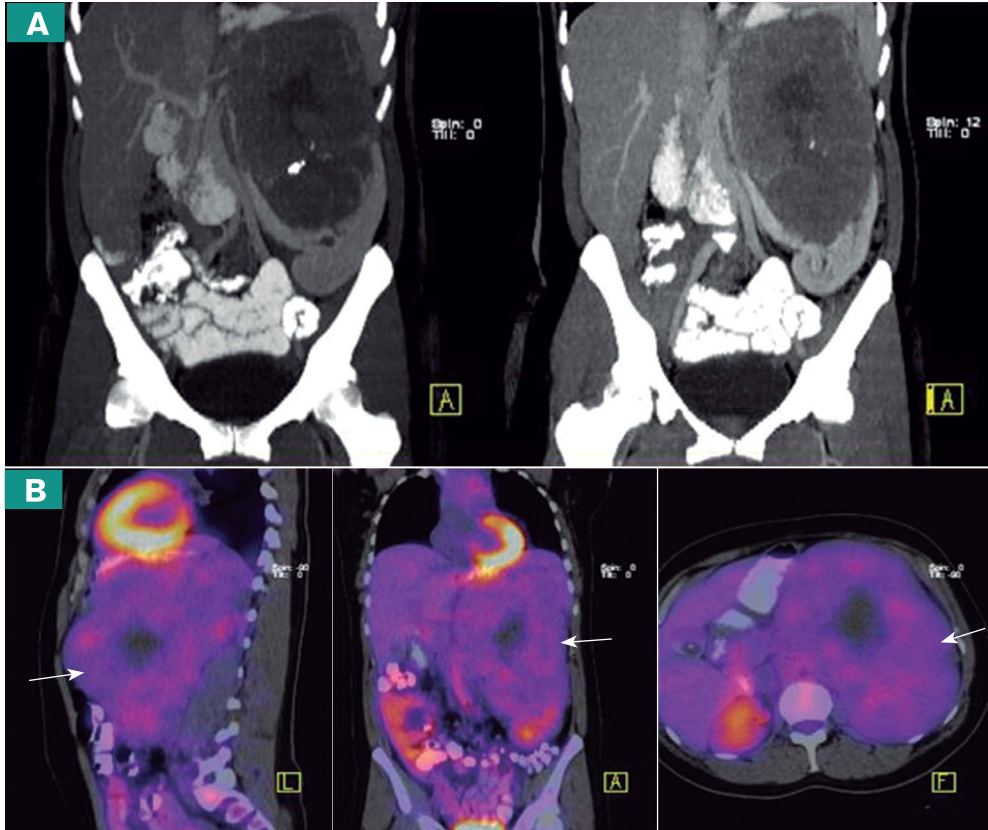


Figura 7. Estudio de PET-CT con ¹⁸F-FDG en un paciente con una gran masa renal izquierda, que ha deformado de manera importante este riñón y que resulta ser un carcinoma renal de células claras de riñón Furhman I. **A.** Estudio de tomografía contrastada, que hace parte del protocolo del estudio PET-CT. **B.** Fusión PET-CT, en la que se observa que la actividad metabólica de la lesión renal es muy baja al comparar con el paciente de la figura 6. A pesar del tamaño de la lesión, no se encontró infiltración hilar, ganglionar regional o metástasis; después de cirugía, el paciente continuó en control. En conjunto con el caso presentado en la figura 6, en estos dos pacientes se evidencia que la actividad metabólica es proporcional al grado histológico de la lesión primaria, la cual a su vez correlaciona con la agresividad del tumor. Dr. Iván Fabricio Vega González.

Carcinoma de cuello uterino

La PET-CT tiene un profundo efecto sobre el cambio en el tratamiento por radioterapia del cáncer de cuello uterino, ya que no solo detecta la extensión ganglionar regional con mayor especificidad que la resonancia magnética, sino que posee mayor sensibilidad para la detección de lesiones a distancia. Además, permite utilizar las imágenes de entrada para la planeación de la radioterapia [49, 50].

■ Uso potencialmente apropiado

Para la estadificación del cáncer, con la suficiente sospecha clínica, existe un uso potencialmente apropiado de la PET-CT por su alta especificidad, aunque su uso es menos frecuente por falta de evidencia suficiente que lo soporte, en las siguientes neoplasias:

Tumores de esófago

Debido a la altísima tasa de consumo de glucosa y por ende de ^{18}F -FDG en los tumores de esófago, la sensibilidad para detectar lesiones a distancia y la especificidad para descartar infiltración a otros órganos, supera a la de la imaginología convencional, aunque el ultrasonido transesofágico tiene mayor sensibilidad que la PET-CT para evaluar la infiltración ganglionar perilesional [51].

Cáncer de colon y recto

La PET-CT, en la etapa prequirúrgica del cáncer de colon y recto, solamente se recomienda para descartar la presencia de enfermedad metastásica hepática múltiple y proceder a la resección de la lesión primaria, hepática o ambas, de una vez, en una intención curativa. En este punto, tiene mayor exactitud que la imaginología convencional, e incluso supera en especificidad a la resonancia magnética. El uso de la PET-CT es habitual en la estadificación de esta neoplasia [52, 53].

Linfomas

En los linfomas, el estudio ^{18}F -FDG-PET-CT tiene mayor rendimiento diagnóstico para confirmar o descartar lesiones extranodales respecto a la imaginología convencional, específicamente mayor que la resonancia magnética en el caso de la detección de la infiltración de médula ósea, aunque la PET-CT no reemplaza el estudio por biopsia y aspirado de la misma [54-57].

Carcinoma de vejiga

Debido principalmente a que el carcinoma de vejiga presenta un gran consumo de ^{18}F -FDG, se puede, mediante protocolos especiales con diuréticos, no solo reconocer la zona de la lesión primaria, sino también la infiltración ganglionar regional y, en especial, las metástasis a distancia con adecuada exactitud [58-60].

■ Uso posiblemente apropiado

El uso de ^{18}F -FDG-PET-CT en la fase de estadificación para otro tipo de tumores puede ser posiblemente apropiado, pero falta suficiente evidencia, o puede ser inapropiado, porque verdaderamente no habría ventaja sobre la imaginología convencional o sobre el tratamiento y la evaluación del paciente. Dentro del primer grupo, con uso posiblemente apropiado podrían estar:

- El carcinoma de ovario, solo asociado a la visualización laparoscópica [61].
- Sarcomas, aunque algunos sarcomas de bajo grado pueden tener baja actividad metabólica y puede disminuir el rendimiento diagnóstico del estudio [62].
- Gliomas, el estudio ideal para este tipo de tumores es la resonancia magnética; sin embargo, ante dudas diagnósticas de histopatología, o si no se conoce con certeza si se trata

de una lesión metastásica, podría existir un posible uso de esta modalidad diagnóstica, sobre todo si en el futuro se usan nuevas moléculas diferentes o complementarias a la ¹⁸F-FDG [63].

- En otros tumores menos frecuentes y no enumerados, el estudio de PET-CT podría tener un uso posible, dependiendo siempre de la poca diferenciación celular.

Entre las neoplasias en las que la PET-CT tienen un uso inapropiado tanto para el diagnóstico primario como para la estadificación, se encuentran todos los tumores neuroendocrinos con expresión de Ki-67 menor al 2%, el carcinoma de tiroides y el carcinoma gástrico, entre otros [20].

Conclusiones

La PET-CT, al fusionar el estudio metabólico celular con la localización anatómica del tejido anormal, se convierte en una herramienta diagnóstica de gran interés en el área oncológica, de tal forma que contribuye no solo al diagnóstico, sino a la estadificación y a la definición del mejor esquema de tratamiento para los pacientes con diversas neoplasias. Además, muchos de los estudios publicados demuestran que tiene un mejor desempeño que la PET sola, la tomografía sola, y en general que las imágenes convencionales [6, 9, 10]. Es por ello, que es de vital importancia impulsar su aplicación en el territorio nacional, siempre que prevalezca el uso racional de la misma y no se emplee cuando clínica o terapéuticamente no tenga ventaja alguna sobre las técnicas de imagenología convencional.

Si bien la PET-CT ofrece grandes ventajas frente a las técnicas de imagenología convencional y puede cambiar el abordaje terapéutico en el 25% al 50% de los pacientes oncológicos [13, 30, 31], como ocurre con todas las ayudas diagnósticas, tiene limitantes y quizá éste es el punto crítico para el uso adecuado de la PET-CT, ya que si el personal médico no está consciente de las limitantes, incurrirá en el uso de la estrategia diagnóstica menos adecuada, con riesgos de impactar negativamente en el diagnóstico, la estadificación y el tratamiento de los pacientes. En este sentido, se debe tener presente que la PET-CT no se recomienda para el tamizaje de la población en general, para la estadificación de los pacientes con cáncer de próstata con puntuación de Gleason baja, para pacientes con tumores neuroendocrinos de baja proliferación celular o para los pacientes con cáncer de tiroides [20, 21].

Con respecto a los puntos a favor, la PET-CT con ¹⁸F-FDG no está contraindicada en insuficiencia renal, por lo que resulta de interés para los pacientes con carcinomas renales y para aquellos con otras neoplasias que también desencadenan falla renal, o bien, en pacientes con comorbilidades que conducen a falla renal [64-66]. Por otra parte, aunque el radiofármaco que se emplea comúnmente (¹⁸F-FDG) no es específico de cáncer, es útil para realizar un rastreo corporal total, y mediante la determinación de las unidades SUV, permite identificar cuál es el tejido neoplásico, que con pocas excepciones, se caracteriza por una captación excesiva de dicho trazador [8, 14]. Es posible que en el futuro se desarrollan radiofármacos altamente específicos, diseñados contra un blanco molecular [10], en cuyo caso, el papel de la PET-CT para el diagnóstico y la estadificación de un tumor aumentará, al mejorar la especificidad para la neoplasia de interés.

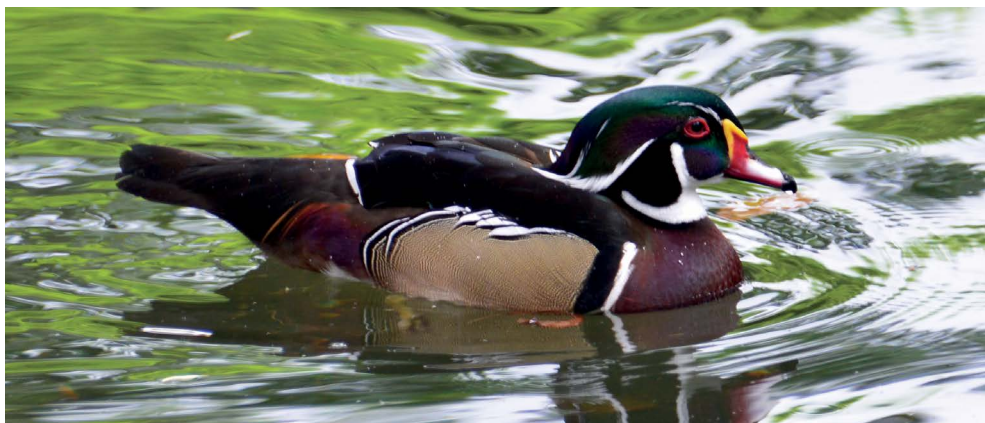
Para finalizar, con el tiempo aumentará el uso de la imaginología molecular, en especial, de la PET-CT, debido a su alto desempeño diagnóstico y a su impacto en el tratamiento de los pacientes oncológicos [10]. Así mismo, la disponibilidad de equipos que captan simultáneamente imágenes metabólicas como anatómicas, resulta clave para la aplicación clínica de este tipo de recurso diagnóstico.

Bibliografía

- Gillings N.** Radiotracers for positron emission tomography imaging. *MAGMA* 2012. [Ep z ub ahead of print].
- Schiepers C, Dahlbom M.** Molecular imaging in oncology: the acceptance of PET/CT and the emergence of MR/PET imaging. *Eur Radiol* 2011; 21: 548-554.
- Krause BJ, Schwarzenbock S, Souvatzoglou M.** FDG PET and PET/CT. *Recent Results Cancer Res* 2013; 187: 351-369.
- Ganapathy-Kanniappan S, Kunjithapatham R, Geschwind JF.** Anticancer efficacy of the metabolic blocker 3-bromopyruvate: specific molecular targeting. *Anticancer Res* 2013; 33: 13-20.
- Cherry SR.** In vivo molecular and genomic imaging: new challenges for imaging physics. *Phys Med Biol* 2004; 49: R13-48.
- Townsend DW, Cherry SR.** Combining anatomy and function: the path to true image fusion. *Eur Radiol* 2001; 11: 1968-1974.
- Townsend DW.** Multimodality imaging of structure and function. *Phys Med Biol* 2008; 53: R1-R39.
- Vega IF, Graef A, García JC, Ornelas M.** Nuevas Modalidades de Imagen: PET-CT. *Med Sur* 2005; 12: 11-25.
- Alauddin MM.** Positron emission tomography (PET) imaging with (18)F-based radiotracers. *Am J Nucl Med Mol Imaging* 2012; 2: 55-76.
- Blodgett TM, Meltzer CC, Townsend DW.** PET/CT: form and function. *Radiology* 2007; 242: 360-385.
- Warburg O.** On the origin of cancer cells. *Science* 1956; 123: 309-314.
- Warburg O, Wind F, Negelein E.** The metabolism of tumors in the body. *J Gen Physiol* 1927; 8: 519-530.
- Czernin J, Benz MR, Allen-Auerbach MS.** PET/CT imaging: The incremental value of assessing the glucose metabolic phenotype and the structure of cancers in a single examination. *Eur J Radiol* 2010; 73: 470-480.
- Zasadny KR, Wahl RL.** Standardized uptake values of normal tissues at PET with 2-[fluorine-18]-fluoro-2-deoxy-D-glucose: variations with body weight and a method for correction. *Radiology* 1993; 189: 847-850.
- Grammaticos P, Datseris I, Gerali S, Papantoniou V, Valsamaki P, Boundas D.** [Indications and instructions to patients for a positron emission tomography-PET scan. The importance of the hybridic PET/CT-computerised tomography scan and which speciality should be responsible for its function]. *Hell J Nucl Med* 2007; 10: 125-128.
- Larson SM, Schwartz LH.** 18F-FDG PET as a candidate for "qualified biomarker": functional assessment of treatment response in oncology. *J Nucl Med* 2006; 47: 901-903.
- Hartwell L, Mankoff D, Paulovich A, Ramsey S, Swisher E.** Cancer biomarkers: a systems approach. *Nat Biotechnol* 2006; 24: 905-908.
- Pfannenbergh AC, Aschoff P, Brechtel K, Muller M, Klein M, Bares R, et al.** Value of contrast-enhanced multiphase CT in combined PET/CT protocols for oncological imaging. *Br J Radiol* 2007; 80: 437-445.
- Weber WA, Schwaiger M, Avril N.** Quantitative assessment of tumor metabolism using FDG-PET imaging. *Nucl Med Biol* 2000; 27: 683-687.
- International Atomic Energy Agency.** Appropriate use of FDG-PET for the management of cancer patients. IAEA human health series. Vienna: IAEA; 2010.
- Chen YK, Ding HJ, Su CT, Shen YY, Chen LK, Liao AC, et al.** Application of PET and PET/CT imaging for cancer screening. *Anticancer Res* 2004; 24: 4103-4108.
- Han A, Xue J, Hu M, Zheng J, Wang X.** Clinical value of 18F-FDG PET-CT in detecting primary tumor for patients with carcinoma of unknown primary. *Cancer Epidemiol* 2012; 36: 470-475.
- Kim SK, Allen-Auerbach M, Goldin J, Fueger BJ, Dahlbom M, Brown M, et al.** Accuracy of PET/CT in characterization of solitary pulmonary lesions. *J Nucl Med* 2007; 48: 214-220.
- Tournoy KG, Keller SM, Annema JT.** Mediastinal staging of lung cancer: novel concepts. *Lancet Oncol* 2012; 13: e221-229.
- Serrano OK, Chaudhry MA, Leach SD.** The role of PET scanning in pancreatic cancer. *Adv Surg* 2010; 44: 313-325.
- Shrikhande SV, Barreto SG, Goel M, Arya S.** Multimodality imaging of pancreatic ductal adenocarcinoma: a review of the literature. *HPB (Oxford)* 2012; 14: 658-668.
- Chen YH, Yang XM, Li SS, Wang YH, He JJ, Yang YD, et al.** Value of fused positron emission tomography CT in detecting primaries in patients with primary unknown cervical lymph node metastasis. *J Med Imaging Radiat Oncol* 2012; 56: 66-74.

28. **Pereira G, Silva JC, Monteiro E.** Positron emission tomography in the detection of occult primary head and neck carcinoma: a retrospective study. *Head Neck Oncol* 2012; 4: 34.
29. **Poeppel TD, Krause BJ, Heusner TA, Boy C, Bockisch A, Antoch G.** PET/CT for the staging and follow-up of patients with malignancies. *Eur J Radiol* 2009; 70: 382-392.
30. **Barber TW, Duong CP, Leong T, Bressel M, Drummond EG, Hicks RJ.** ¹⁸F-FDG PET/CT has a high impact on patient management and provides powerful prognostic stratification in the primary staging of esophageal cancer: a prospective study with mature survival data. *J Nucl Med* 2012; 53: 864-871.
31. **Gregory DL, Hicks RJ, Hogg A, Binns DS, Shum PL, Milner A, et al.** Effect of PET/CT on management of patients with non-small cell lung cancer: results of a prospective study with 5-year survival data. *J Nucl Med* 2012; 53: 1007-1015.
32. **Xu G, Zhao L, He Z.** Performance of Whole-Body PET/CT for the Detection of Distant Malignancies in Various Cancers: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Nucl Med* 2012; 53: 1847-1854.
33. **Lin M, Ambati C.** The management impact of clinically significant incidental lesions detected on staging FDG PET-CT in patients with non-small cell lung cancer (NSCLC): an analysis of 649 cases. *Lung Cancer* 2012; 76: 344-349.
34. **Wu Y, Li P, Zhang H, Shi Y, Wu H, Zhang J, et al.** Diagnostic value of fluorine 18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography for the detection of metastases in non-small-cell lung cancer patients. *Int J Cancer* 2013; 132: E37-47.
35. **Yang WF, Tan GZ, Fu Z, Yu JM.** [Evaluation of the diagnostic value of (18)F-FDG PET-CT and enhanced CT for staging of lymph node metastasis in non-small cell lung cancer]. *Zhonghua Zhong Liu Za Zhi* 2009; 31: 925-928.
36. **Brennan ME, Houssami N.** Evaluation of the evidence on staging imaging for detection of asymptomatic distant metastases in newly diagnosed breast cancer. *Breast* 2012; 21: 112-123.
37. **Garami Z, Hasczi S, Varga J, Dinya T, Tanyi M, Garai I, et al.** The value of 18-FDG PET/CT in early-stage breast cancer compared to traditional diagnostic modalities with an emphasis on changes in disease stage designation and treatment plan. *Eur J Surg Oncol* 2012; 38: 31-37.
38. **Riegger C, Herrmann J, Nagarajah J, Hecktor J, Kuemmel S, Otterbach F, et al.** Whole-body FDG PET/CT is more accurate than conventional imaging for staging primary breast cancer patients. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2012; 39: 852-863.
39. **Beasley GM, Parsons C, Broadwater G, Selim MA, Marzban S, Abernethy AP, et al.** A multicenter prospective evaluation of the clinical utility of F-18 FDG-PET/CT in patients with AJCC stage IIIB or IIIC extremity melanoma. *Ann Surg* 2012; 256: 350-356.
40. **Bronstein Y, Ng CS, Rohren E, Ross MI, Lee JE, Cormier J, et al.** PET/CT in the management of patients with stage IIIC and IV metastatic melanoma considered candidates for surgery: evaluation of the additive value after conventional imaging. *AJR Am J Roentgenol* 2012; 198: 902-908.
41. **Pleiss C, Risse JH, Biersack HJ, Bender H.** Role of FDG-PET in the assessment of survival prognosis in melanoma. *Cancer Biother Radiopharm* 2007; 22: 740-747.
42. **Castaldi P, Rufini V, Bussu F, Micciche F, Dinapoli N, Autorino R, et al.** Can "early" and "late" ¹⁸F-FDG PET-CT be used as prognostic factors for the clinical outcome of patients with locally advanced head and neck cancer treated with radio-chemotherapy? *Radiother Oncol* 2012; 103: 63-68.
43. **Kurien G, Hu J, Harris J, Seikaly H.** Cost-effectiveness of positron emission tomography/computed tomography in the management of advanced head and neck cancer. *J Otolaryngol Head Neck Surg* 2011; 40: 468-472.
44. **Xu GZ, Guan DJ, He ZY.** (18)FDG-PET/CT for detecting distant metastases and second primary cancers in patients with head and neck cancer. A meta-analysis. *Oral Oncol* 2011; 47: 560-565.
45. **de Wit M, Brenner W, Hartmann M, Kotzerke J, Hellwig D, Lehmann J, et al.** [¹⁸F]-FDG-PET in clinical stage I/II non-seminomatous germ cell tumours: results of the German multicentre trial. *Ann Oncol* 2008; 19: 1619-1623.
46. **Huddart RA, O'Doherty MJ, Padhani A, Rustin GJ, Mead GM, Joffe JK, et al.** 18fluorodeoxyglucose positron emission tomography in the prediction of relapse in patients with high-risk, clinical stage I non-seminomatous germ cell tumors: preliminary report of MRC Trial TE22--the NCRI Testis Tumour Clinical Study Group. *J Clin Oncol* 2007; 25: 3090-3095.
47. **Aide N, Cappele O, Bottet P, Bensadoun H, Regease A, Comoz F, et al.** Efficiency of [(18)F]FDG PET in characterising renal cancer and detecting distant metastases: a comparison with CT. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2003; 30: 1236-1245.
48. **Le Moulec S, Carassou P, Billemonet B, Massard C, Vedrine L, Gontier E, et al.** Prospective evaluation of FDG-PET/CT in patients with advanced RCC treated with antiangiogenic therapies. In: *Oncology ASoc ed. ASCO meeting Genitourinary Cancers Symposium* 2010.
49. **Park W, Park YJ, Huh SJ, Kim BG, Bae DS, Lee J, et al.** The usefulness of MRI and PET imaging for the detection of parametrial involvement and lymph node metastasis in patients with cervical cancer. *Jpn J Clin Oncol* 2005; 35: 260-264.
50. **Son H, Kositwattanarek A, Hayes MP, Chuang L, Rahaman J, Heiba S, et al.** PET/CT evaluation of cervical cancer: spectrum of disease. *Radiographics* 2010; 30: 1251-1268.
51. **Karaosmanoglu AD, Blake MA.** Applications of PET-

- CT in patients with esophageal cancer. *Diagn Interv Radiol* 2012; 18: 171-182.
52. **Kosugi C, Saito N, Murakami K, Ochiai A, Koda K, Ono M, et al.** Positron emission tomography for preoperative staging in patients with locally advanced or metastatic colorectal adenocarcinoma in lymph node metastasis. *Hepatogastroenterology* 2008; 55: 398-402.
 53. **Rappeport ED, Loft A, Berthelsen AK, von der Recke P, Larsen PN, Mogensen AM, et al.** Contrast-enhanced FDG-PET/CT vs. SPIO-enhanced MRI vs. FDG-PET vs. CT in patients with liver metastases from colorectal cancer: a prospective study with intraoperative confirmation. *Acta Radiol* 2007; 48: 369-378.
 54. **Paes FM, Kalkanis DG, Sideras PA, Serafini AN.** FDG PET/CT of extranodal involvement in non-Hodgkin lymphoma and Hodgkin disease. *Radiographics* 2010; 30: 269-291.
 55. **Pinilla I, Gomez-Leon N, Del Campo-Del Val L, Hernandez-Maraver D, Rodriguez-Vigil B, Jover-Diaz R, et al.** Diagnostic value of CT, PET and combined PET/CT performed with low-dose unenhanced CT and full-dose enhanced CT in the initial staging of lymphoma. *Q J Nucl Med Mol Imaging* 2011; 55: 567-575.
 56. **Wu LM, Chen FY, Jiang XX, Gu HY, Yin Y, Xu JR.** 18F-FDG PET, combined FDG-PET/CT and MRI for evaluation of bone marrow infiltration in staging of lymphoma: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Radiol* 2012; 81: 303-311.
 57. **Alvarez Paez AM, Nogueiras Alonso JM, Serena Puig A.** 18F-FDG-PET/CT in lymphoma: two decades of experience. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol* 2012; 31: 340-349.
 58. **Harkirat S, Anand S, Jacob M.** Forced diuresis and dual-phase F-fluorodeoxyglucose-PET/CT scan for restaging of urinary bladder cancers. *Indian J Radiol Imaging* 2010; 20: 13-19.
 59. **Jensen TK, Holt P, Gerke O, Riehmman M, Svolgaard B, Marcussen N, et al.** Preoperative lymph-node staging of invasive urothelial bladder cancer with 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed axial tomography and magnetic resonance imaging: correlation with histopathology. *Scand J Urol Nephrol* 2011; 45: 122-128.
 60. **Kibel AS, Dehdashti F, Katz MD, Klim AP, Grubb RL, Humphrey PA, et al.** Prospective study of [18F]fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography for staging of muscle-invasive bladder carcinoma. *J Clin Oncol* 2009; 27: 4314-4320.
 61. **De Iaco P, Musto A, Orazi L, Zamagni C, Rosati M, Allegri V, et al.** FDG-PET/CT in advanced ovarian cancer staging: value and pitfalls in detecting lesions in different abdominal and pelvic quadrants compared with laparoscopy. *Eur J Radiol* 2011; 80: e98-103.
 62. **Rakheja R, Makis W, Skamene S, Nahal A, Brimo F, Azoulay L, et al.** Correlating metabolic activity on 18F-FDG PET/CT with histopathologic characteristics of osseous and soft-tissue sarcomas: a retrospective review of 136 patients. *AJR Am J Roentgenol* 2012; 198: 1409-1416.
 63. **Borbely K, Wintermark M, Martos J, Fedorcsak I, Bognar L, Kasler M.** The pre-requisite of a second-generation glioma PET biomarker. *J Neurol Sci* 2010; 298: 11-16.
 64. **Bertagna F, Motta F, Fisogni S, Lena MS, Lucchini S, Giubbini R.** Absence of urine production due to renal failure enables clear visualization of primary urinary bladder carcinoma on 18F-FDG PET/CT. *Clin Nucl Med* 2012; 37: 611-613.
 65. **Reuter S, Rahbar K, Busch V, Hillebrand U, Velden J, Pavenstadt H, et al.** Acute renal failure due to primary bilateral renal large B-cell lymphoma: diagnostics and follow-up by FDG-PET/CT. *Clin Nucl Med* 2009; 34: 722-724.
 66. **Rozalli FI, Chua SC, Green DJ.** Elucidation of acute renal failure due to recurrent non-Hodgkin lymphoma by F-18 FDG PET/CT. *Clin Nucl Med* 2008; 33: 201-203.



Pato de carolina, *Aix sponsa*.

La Ceja, Antioquia.

Germán Campuzano Maya. gcm@lch.co