

Aplicaciones del PET/CT en oncología

Juan Perfecto Oliva González¹, Aldo Martínez Ramírez¹, Richard Paul Baum²

¹Centro PET/CT e Imagen Molecular. Departamento Medicina Nuclear. Instituto de Oncología y Radiobiología.

²Theranostics Center for Molecular Radiotherapy and Molecular Imaging, Zentralklinik Bad Berka, Bad Berka, Germany.

jpoliva@infomed.sld.cu

Resumen

PET significa Tomografía por Emisión de Positrones y es una técnica de medicina nuclear en la cual se emplean radiofármacos marcados con emisores de positrones que permiten obtener imágenes bioquímico-metabólicas del cuerpo humano. El PET/CT permite obtener imágenes multimodales que combinan información anatómica y metabólica y permiten realizar un diagnóstico más seguro de un tumor o de las metástasis locales o a distancia en un órgano o tejido. Otros equipos multimodales combinan las imágenes metabólicas con la resonancia magnética nuclear. El PET/CT se emplea fundamentalmente en Oncología (85-90 %), Neurología, Cardiología, Inflamación e Infección, aunque actualmente también es empleado en diferentes patologías médicas y quirúrgicas. En el presente trabajo deseamos mostrar qué es el PET/CT y su utilidad en la Oncología.

Palabras clave: tomografía computerizada con positrón; tomografía computarizada; neoplasmas; diagnosis; terapia; tratamiento de imágenes

PET/CT Applications in oncology

Abstract

PET means Positron Emission Tomography, it is a nuclear medicine technique in which radiopharmaceuticals labeled with positron emitters are used to obtain biochemical-metabolic images of the human body. The use of PET / CT contributes to obtain multimodal images that combine anatomical and metabolic information, allowing a more reliable diagnosis of a tumor or local or distant metastases in an organ or tissue. Other multimodal devices combine metabolic imaging with nuclear magnetic resonance. PET/CT is mainly used in Oncology (85-90%), Neurology, Cardiology, Inflammation and Infection although it is currently also used in different medical and surgical pathologies. The present work is aimed at showing what PET/CT is and how useful it is in Oncology.

Key words: positron computed tomography; computerized tomography; neoplasms; diagnosis; therapy; image processing.

Introducción

Todas las enfermedades, también el cáncer, comienzan siempre a un nivel molecular donde no se puede todavía sospecharlas o verlas. Sería muy interesante tener un procedimiento diagnóstico que permitiera detectar tempranamente las alteraciones metabólicas, aun antes de que se manifestaran las alteraciones anatómicas. Con el PET/CT tenemos ahora una herramienta que nos permite estar muy cerca de ese resultado. La unión de procedimientos de imágenes metabólicas y anatómicas permite la diferenciación entre tejido sano y patológico en etapas tempranas del desarrollo de la enfermedad [1-8].

El PET/CT (Tomografía de Emisión de Positrones + Tomografía Axial Computarizada) es un instrumento híbrido integrado por un equipo nuclear formador de imágenes gammagráficas, mediante la detección

de 2 fotones gamma de 511 keV (PET) que se producen como resultado del proceso de aniquilación positrón-electrón y un equipo de tomografía axial computerizada (CT) que permite obtener simultáneamente imágenes metabólicas (PET) y anatómicas de la región del organismo bajo estudio. Estas imágenes ya fusionadas muestran el sitio anatómico exacto de la lesión y su viabilidad metabólica con un nivel de resolución espacial mucho más elevado (del orden de hasta 4.6 milímetros) que las imágenes gammagráficas convencionales obtenidas mediante Cámara Gamma [9-14].

El PET/CT se emplea fundamentalmente en Oncología (85-90 %) (3-4), Neurología, Cardiología, Inflamación e Infección aunque también es empleado en diferentes patologías médicas y quirúrgicas.

En nuestro país el primer equipo PET/CT está instalado en el Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología (Inor) (Figura 1). Se trata de un equipo PHILIPS

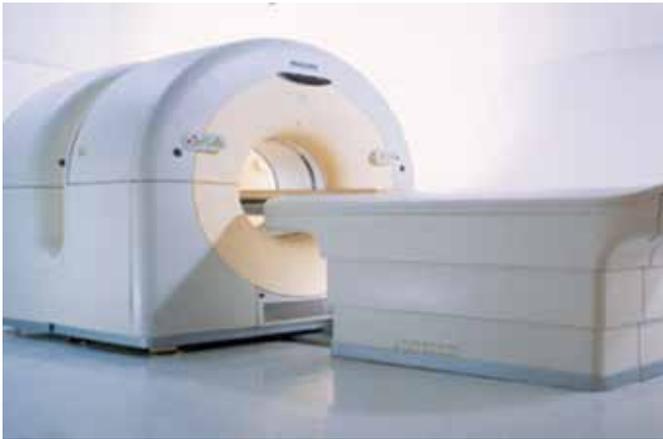


Figura 1. Tomógrafo PET/CT Gemini TF64

Gemini TF64 que opera completamente en modo 3D. Primero está situado el CT y a continuación, el PET y el paciente está acostado en una camilla que va pasando a través de los “túneles” de ambos instrumentos.

El estudio se desarrolla de la siguiente manera:

- Explicación detallada al paciente del procedimiento a realizarse
- Inyección del Radiofármaco en una vena del brazo (0.14 MBq/kg)
- Espera luego de la inyección de 1 hora aproximadamente
- Realización de las Imágenes desde la cabeza hasta la rodilla, con una duración entre 10-20 minutos

Todos los pacientes deberán firmar el consentimiento de la realización del estudio una vez que han recibido la explicación adecuada sobre el mismo por parte de médico.

¿Qué nos brinda el PET/CT en oncología?

El PET/CT se emplea en diferentes fases de la enfermedad oncológica y en su tratamiento [15-17].

Antes del tratamiento el PET/CT se emplea en la búsqueda del tumor, sobre todo en su caracterización y estadiamiento. En el tratamiento del cáncer (Quimio/Radioterapia/Bioterapia, etc) nos permite conocer el éxito del tratamiento durante o inmediatamente después de terminar el mismo. El seguimiento el PET/CT nos permite un rápido reconocimiento de una recidiva tumoral o metástasis a distancia.

Estos campos de aplicación los explicaremos más exactamente en los acápites de:

- Búsqueda del Tumor y determinación de su Malignidad
- Determinación del Estadio Tumoral
- Determinación temprana del éxito del tratamiento
- Seguridad después de la operación del tumor
- Empleo conjunto en la Planificación de Radioterapia

Búsqueda del Tumor y determinación de su Malignidad.

No en todas, pero sí en un gran grupo de enfermedades oncológicas, el PET/CT nos brinda en la búsqueda del tumor valiosos datos adicionales, ya que el

mismo visualiza la función celular. Esto es así en los siguientes casos:

- En los tumores en la región de la cabeza y el cuello, frecuentemente es muy difícil localizar el tumor primario, aun cuando ya hay ganglios linfáticos metastásicos [18-20]
- En el caso de lesiones nodulares no bien definidas del pulmón, el PET/CT puede diferenciar entre benignidad y malignidad. Los pacientes con elevado riesgo operatorio de tener un PET/CT negativo se evitan una operación innecesaria [21-23]
- En el caso de marcadores tumorales elevados, el PET/CT puede localizar el sitio del tumor [24-27], ver Figura 2



Figura 2. Múltiples metástasis óseas y linfáticas en cuello mediastino y pericardio.

Determinación del Estadio Tumoral

Para tener un óptimo resultado en el tratamiento de un paciente con cáncer es esencial conocer en qué estadio de la enfermedad se encuentra. El PET/CT brinda, debido al valor funcional del mismo en relación con los otros medios de imágenes (Rx, CT, RMN), valiosas ventajas. Inclusive metástasis muy pequeñas pueden ser detectadas con esta técnica nuclear [28-30].

El PET/CT se emplea exitosamente en los siguientes tipos tumorales:

- Carcinomas Pulmonares en diferentes tipos histológicos
- Tumores de Cabeza y Cuello
- Linfomas Malignos
- Cáncer de Esófago y Estómago
- Determinados tipos de cáncer de tiroides
- Tumores Neuroendocrinos
- Tumores Ginecológicos
- Tumores de Clon-Recto
- Tumores del Tracto Urogenital
- Carcinoma de Próstata
- Melanoma

Determinación temprana del éxito del tratamiento

Es muy importante conocer tempranamente el resultado de un tratamiento, ya sea de Quimio o Radioterapia realizado a un paciente.

La efectividad de un tratamiento citostático combinado varía de un paciente y de un tumor a otro. Debido a los severos efectos colaterales de este tratamiento, se desea conocer lo antes posible si se ha logrado o no el efecto deseado. El PET/CT puede revelar en un estadio temprano el éxito o no del tratamiento realizado. Inclusive durante el tratamiento citostático, después del segundo o tercer ciclo del mismo se puede hacer lo que se conoce como **interin-PET** y conocer si el tratamiento que se está llevando a cabo es efectivo o no. Esto permite, entonces, hacer una corrección en los medicamentos que se están empleando, lo cual es beneficioso al paciente y permite ahorrar recursos [31- 33].

Especialmente es empleado en la determinación temprana del éxito del tratamiento Quimio/Radioterapia en los siguientes tipos de cánceres:

- Linfoma Maligno
- Metástasis de tumores de colon-recto
- Carcinoma de mama
- Carcinomas Pulmonares en diferentes tipos histológicos
- Tumores del Esófago y Estómago
- Tumores de Próstata
- Tumores de Cabeza y Cuello

Seguridad después de la operación del tumor

Cuando un tumor primario ha sido operado en su totalidad o luego de un tratamiento de Quimioterapia o Radioterapia no es visible en los estudios imagenológicos, es de gran valor conocer si existe o no tejido tumoral viable remanente. Lo importante, entonces, es un buen seguimiento y luego de un tiempo determinado debe estudiarse al paciente para descartar una recidiva tumoral o metástasis a distancia provocada por células tumorales que hayan quedado después del tratamiento.

Un gran problema es la diferenciación entre tejido cicatricial y tejido tumoral. Aquí el PET/CT juega un papel muy importante en poder determinar de cuál de las dos posibilidades se trata [34-37].

En los siguientes tipos de cánceres es muy importante en su seguimiento el empleo de la tecnología PET/CT:

- Cáncer de colon-recto
- Carcinomas Pulmonares en diferentes tipos histológicos
- Tumores cerebrales
- Tumores de Cabeza y Cuello
- Melanoma Maligno
- Algunos tipos de tumores ginecológicos
- Determinadas formas de Cáncer de Tiroides

Empleo conjunto en la Planificación de Radioterapia

Otra aplicación que en los últimos años ha tenido un impetuoso desarrollo es la aplicación del PET/CT en la planificación de los tratamientos de Radioterapia. El PET/CT aporta información molecular de la biología y extensión de muchos tumores que dan ventajas importantes sobre otras modalidades de imágenes, entre ellas se destacan las siguientes [38-41]:

- Imágenes de lesiones que no aparecen en las imágenes de CT o MR, tales como nódulos linfáticos insospechados o metástasis a distancia
- Previene la irradiación de anomalías fútiles que no contienen tumor como la atelectasia
- Imágenes de subgrupos tumorales biológicamente diversos que potencialmente permiten administrar dosis de radiación basadas en la carga tumoral o la radiosensibilidad
- Evaluación temprana de la respuesta durante o después de la quimioterapia
- Desarrollo de la "terapia adaptativa" en la cual los posibles cambios del volumen blanco potencialmente se tienen en cuenta durante el curso del tratamiento

Referencias

- [1]. WARBURG O. Ueber die Glykolyse der Tumorzelle Über den stoffwechsel der carcinomzelle. Klinische Wochenschrift. 1925; 4(12): 534-536.
- [2]. WARBURG O. The metabolism of tumors. New York, 1931.
- [3]. BAUM RP. PET: Indicaciones clínicas en Oncología. En: Oncología nuclear. Madrid: Editorial MEDITECNICA, 2006. p. 479-494.
- [4]. BIERSACK HJ, OLIVA JP, ROEDEL R. PET/CT en oncología. En: ONCOLOGÍA NUCLEAR. Madrid: Editorial MEDITECNICA, 2006. p. 467-478.
- [5]. WITHOFS N, CHARLIER E, SIMONI P, et. al. 18F-FPRGD2 PET/CT imaging of musculoskeletal disorders. Ann Nucl Med. 2015; 29(10): 839-847.
- [6]. GARCÍA JR, FORTUNY C, RIAZA L, et. al. Diagnóstico mediante 18F-FDG PET/CT en Endocarditis infecciosa, estadificación y monitorización de tratamiento antibiótico tras transposición de grandes vasos corregida quirúrgicamente. Rev Esp Med Nucl Imagen Mol. 2016; 35(2):115-117.
- [7]. SHIMIZU K, OKITA R, SAISHO S, et. al. Clinical significance of dual-time-point 18F-FDG PET imaging in resectable non-small cell lung cancer. Ann Nucl Med. 2015; 29(10): 854-860.
- [8]. SOLNES L, JONES KM, ROWE S, et. al. Diagnostic value of 18F-FDG PET/CT versus MRI in the setting of antibody specific autoimmune encephalitis. J Nucl Med. 2017; 58(8): 1307-1313.
- [9]. BROWNELL G, BURNHAM C. MGH Positron camera. En: Tomographic imaging in Nuclear Medicine. New York: Society of Nuclear Medicine, 1973. p. 154-164.
- [10]. PHELPS M, HOFFMAN E, MULLANI N, et. al. Design considerations for a positron emission transaxial tomograph (PET III). I.E.E.E. Trans. Biomed.Eng. 1976; NS-23(1): 516-522.
- [11]. TOWNSEND DW, BEYE T, BLODGETT TM. PET-CT scanners: A hardware approach to image fusion. Sem Nucl Med 2003; 33(3): 193-204
- [12]. BEYER T, ANTOCH G, MÜLLER S. Acquisition protocol considerations for combined PET-CT imaging. J Nucl Med. 2004; 45(suppl 1): 25S-35S.
- [13]. KINAHAN PE, HAZEGAWA BH, BEYER T. X-ray-based attenuation correction for positron emission tomography / computed tomography scanners. Sem Nucl Med. 2003; 33(3): 166-179
- [14]. ANTOCH G, FREUDENBERG LS, BEYER T. To enhance or not to enhance? 18F-FDG and CT contrast agents in dual-modality 18F-FDG PET/CT. J Nucl Med. 2004; 45(suppl 1): 56S-65S.

- [15]. SARI O, KAYA B, GEDIK GK, et. al. Intramedullary metástasis detected with 18F-FDG-PET/CT. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol.* 2012; 31(5): 299-300.
- [16]. SOLLINI M, CALABRESE L, ZANGHERI B, et. al. 18F-FDG PET/CT versus bone scintigraphy in the follow of gastric cáncer. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol.* 2016; 35(2): 121-123.
- [17]. PLYKU D, HOBBS RF, HUANG K, et. al. Recombinant human thyroid-stimulating hormone versus thyroid hormone withdrawal in 124I-PET/CT based dosimetry for 131I therapy of metastatic differentiated thyroid cancer. *J Nucl Med.* 2017; 58(7): 1146-1154.
- [18]. ROEDEL R, PALMEDO H, REICHMANN K. Vorläufige Ergebnisse der kombinierten PET-CT Bildgebung bei Kopf-Hals-Tumoren. *Nuklearmedizin.* 2004; 43: A54 (abstr.).
- [19]. SCHRÖDER H, FURY M, LEE N, KRAUS D. PET monitoring of therapy response in head and neck squamous cell carcinoma. *J Nucl Med.* 2009; 50(suppl 1): 745-885.
- [20]. BAUM RP, KULKARNI HR. THERANOSTICS: from molecular imaging using Ga-68 labeled tracers and petct to personalized radionuclide therapy – the bad berka experience. *Theranostics.* 2012; 2(5): 437-447.
- [21]. BAUM RP, SWIETASZCZYK C, PRASAD V. FDG-PET/CT in lung cancer: an update. *Radiat Ther Oncol.* 2010; 42: 15-45.
- [22]. HÖRSCH D, SCHMIDT KW, ANLAUF M, et. al. Neuroendocrine tumors of the bronchopulmonary system (typical and atypical carcinoid tumors): current strategies in diagnosis and treatment. Conclusions of an Expert Meeting February 2011 in Weimar, Germany. *Oncol Res Treat* 2014; 37(5): 266-276.
- [23]. DESSEROIT, MC, TIXIER F, WEBER WA, et. al. Reliability of PET/CT shape and heterogeneity features in functional and morphologic components of non-small cell lung cancer tumors: a repeatability analysis in a prospective multicenter cohort. *J Nucl Med.* 2017; 58(3): 406-411.
- [24]. OCHOA FIGUEROA MN, UÑA GOROSPE J, ALLENDE RIERA A, et. al. Utilidad de la PET-TC con baja dosis de 18F-FDG en pacientes con sospecha de recurrencia de carcinoma colorrectal en métodos diagnósticos convencionales. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol.* 2012; 31(5): 249-256.
- [25]. GÓMEZ CAMARERO P, ORTIZ DE TENA A, BORREGO DORADO I, et. al. Evaluación de la eficacia y del impacto clínico de la 18F-FDG PET en el diagnóstico de recurrencia del carcinoma medular de tiroides con calcitonina elevada y pruebas de imagen negativas. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol.* 2012; 31(5):261-266.
- [26]. AYAN AK, ERDEMCI B, ORSAL E, et. al. Is there any correlation between levels of serum osteopontin, CEA, and FDG uptake in lung cancer patients with bone metastasis?. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol.* 2016; 35(2): 102-106.
- [27]. BAUM RP, KULKARNI HR, SCHUCHARDT, C, et. al. 177Lu-labeled prostate-specific membrane antigen radioligand therapy of metastatic castration-resistant prostate cancer: safety and efficacy. *J Nucl Med.* 2016; 57(7): 1006-1013.
- [28]. MATTEI R, RUBELLO D, FERLIN G, BAGATELLA F. Positron emission tomography (PET) with 18-fluorodeoxyglucose (FDG) in the diagnosis and preoperative staging of head and neck tumors: a prospective study. *Acta Otorhinolaryngol Ital.* 1998; 18(6): 387-391.
- [29]. LEBON V, ALBERINI JL, PIERGA JY, et. al. Rate of distant metastases on 18f-fdg pet/ct at initial staging of breast cancer: comparison of women younger and older than 40 years. *J Nucl Med.* 2017; 58(2): 252-257.
- [30]. GIESEL FL, SCHNEIDER F, KRATOCHWIL C, et. al. Correlation Between SUVmax and CT Radiomic Analysis Using Lymph Node Density in PET/CT-Based Lymph Node Staging. *J Nucl Med.* 2017; 58(2): 282-287.
- [31]. VATANKULU B, EKMEKCIOGLU O, AKSOY SY, et. al. Assessment of treatment response with FDG PET/CT on a primary neuroendocrine tumor of vagina. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol.* 2016; 35(2): 143-144.
- [32]. BAKHSHI S, BHETHANABHOTLA S, KUMAR R, et. al. Post-treatment PET/CT rather than interim pet/ct using deauville criteria predicts outcome in pediatric hodgkin lymphoma: a prospective study comparing pet/ct with conventional imaging. *J Nucl Med.* 2017; 58(4): 577-583.
- [33]. FENDLER WP, CALAIS J, ALLEN-AUERBACH M, et. al. 68Ga-PSMA-11 PET/CT interobserver agreement for prostate cancer assessments: an international multicenter prospective study. *J Nucl Med.* 2017; 58(10): 1617-1623.
- [34]. AYAN AK., ERDEMCI B, ORSAL E, et. al. Is there any correlation between levels of serum osteopontin, CEA, and FDG uptake in lung cancer patients with bone metastasis?. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol.* 2016; 35(2): 102-106.
- [35]. GARCÍA AM, SORIANO A, PRUNEDA RE, et. al. Basal 18F-FDG PET/CT as a predictive biomarker of tumor response for neoadjuvant therapy in breast cancer. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol.* 2016; 35(2): 81-87.
- [36]. ADAMS HJA & KWEE TC. Fact sheet about interim and end-of-treatment 18F-FDG PET/CT in lymphoma *J Nucl Med.* 2017; 58(7): 1178-1179.
- [37]. O JH, JACENE, HA, LUBER B, et. al. Quantitation of cancer treatment response by FDG PET/CT: multi-center assessment of measurement variability. *J Nucl Med.* 2017; 58(9): 1429-1434.
- [38]. MACMANUS M, NESTLE U, ROSENZWEIG KK, et. al. Use of PE and PET/CT for radiation therapy planning: IAEA expert report 2006-2007. *Radiother Oncol.* 2009; 91(1): 85-94.
- [39]. EINSPIELER I, RAUSCHER I, DÜWEL C, et. al. Detection efficacy of hybrid 68Ga-PSMA ligand PET/CT in prostate cancer patients with biochemical recurrence after primary radiation therapy defined by Phoenix criteria. *J Nucl.* 2017; 58(7): 1081-1087.
- [40]. BEUKINGA RJ, HULSHOFF JB, van DIJK LV, et. al. Predicting response to neoadjuvant chemoradiotherapy in esophageal cancer with textural features derived from pretreatment 18F-FDG PET/CT Imaging. *J Nucl Med.* 2017; 58(5): 723-729.
- [41]. TAGHIPOUR M, MARCUS C, SHEIKHBAHAE S, et. al. Clinical indications and impact on management: fourth and subsequent posttherapy follow-up 18F-FDG PET/CT scans in oncology patients. *J Nucl Med.* 2017; 58(5): 737-743.

Recibido: 22 de mayo de 2017

Aceptado: 17 de octubre de 2017