

# Aplicaciones del PET/CT en oncología

Juan Perfecto Oliva González<sup>1</sup>, Aldo Martínez Ramírez<sup>1</sup>, Richard Paul Baum<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Theranostics 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

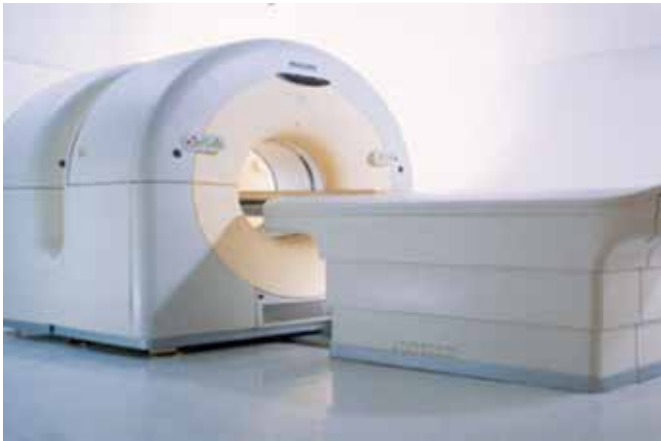


Figura 1. Tomógrafo PET/CT Gemini TF64

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