

Dr. Javier Altamirano Ley,¹
 Dr. Gustavo Acosta Borbón,²
 Dr. Francisco Javier Ochoa Carrillo,³
 TMN. René Vásquez Escobar,²
 TR. Sergio Hernández Rojas,²
 Dra. Gisela Estrada⁴

Valor estandarizado de captación máximo, determinado con Tomografía por Emisión de Positrones y Tomografía Computarizada. “Primera experiencia en México”

RESUMEN

Introducción: La Tomografía por emisión de Positrones y Tomografía computarizada, es la innovación más moderna de la Medicina Nuclear y de la Radiología, que es capaz de proporcionar imágenes de procesos biológicos *in vivo*, previa administración de radiopartículas marcadas con emisores de positrones, además de servir como marco de referencia anatómica y diagnóstica cuando se utilizan contrastes. Esto ha sido de gran ayuda primordialmente dentro del campo oncológico, ya que ofrece información anatómica y funcional a nivel celular.

Objetivo: Determinar el valor estandarizado de captación máximo de fluorodesoxiglucosa (¹⁸FDG), en pacientes mexicanos, en los diferentes órganos de concentración normal y comparar nuestro nivel de corte con el de la literatura.

Material y métodos: Se incluyeron 136 pacientes oncológicos con un rango de edad de

4 a 88 años, con una media de 50.6 años, de ambos性, predominando los del sexo masculino con una frecuencia de 51% y de 49% para el sexo femenino, que se refirieron al servicio de PET-CT para ser re-estadificados y cuyo resultado fue negativo para enfermedad actual. Se utilizó ¹⁸F-FDG administrada por vía intravenosa, determinando la dosis con base al peso del paciente. Todo paciente previo al estudio tuvo un ayuno de 6-8 horas. Una vez inyectado el trazador, el paciente permaneció en silencio y penumbra durante 60 minutos previos al estudio, durante el cual tomaron abundante agua simple y se mantuvieron en reposo. A todos los pacientes se les realizó el estudio del tercio proximal de muslos a la base del cráneo. Una vez procesado el estudio, se determinó el valor estandarizado de captación en cada parte del organismo que concentró fisiológicamente la ¹⁸FDG. Los estudios se adquirieron con un equipo PET-CT, que permite la adquisición

de los estudios metabólico y anatómico en un mismo tiempo.

Resultados: La captación media en general, para las diferentes estructuras corporales fue de: Grasa parda 2.2, anillo Waldeyer 1.9, pulmón 0.4, mediastino 1.7, hígado 1.8, bazo 1.8, riñones 2.5, músculo 0.6, estómago 1.6, colon 1.8 y hueso 0.4.

Conclusiones: Se observaron variaciones de captación mínimas de un paciente a otro, sin sobrepasar los rangos normales ya establecidos por estandarizaciones internacionales. Tampoco existen diferencias estadísticamente significativas en la semicuantificación del SUV_{max} . Por lo que nuestra investigación concuerda con lo establecido en la literatura.

Palabras clave: Tomografía por Emisión de Positrones, ¹⁸FDG, SUV_{max} , PET/CT.

continúa en la pág. 114

¹ Del Departamento de Imagen del Servicio de Medicina Nuclear y Unidad PET/CT Hospital Ángeles de las Lomas, ² De la Unidad PET/CT del Hospital Ángeles de las Lomas, ³ Del Instituto Nacional de Cancerología del Hospital Ángeles del Pedregal. ⁴ De C.T. Scanner del Sur. Avenida Vialidad de la Barranca s/n. Col. Valle de las Palmas, 52763, Huixquilucan, Edo. de México.

Copias (copies): Dr. Javier Altamirano Ley E-mail: draltaley@yahoo.com

ABSTRACT

Introduction: The positrons emission tomography and computerized tomography, is the most modern innovation in the Nuclear Medicine and of Radiology that is able to provide *in vivo* biological processes imaging, prior administration of marked radio particles with positrons emission, besides being useful as an anatomical and diagnostic framework when contrast means are used. This has been primarily of great help within the oncology field, since it offers anatomical and functional information at the cellular level.

Objective: To determine the maximum standardized intake value of fluorodesoxiglucose (18^{FDG}), in Mexican patients, in the different organs of normal concentration and to compare our cut level with that of the literature.

Material and methods: 136 oncological patients with an age range from 4 to 88 years were included, with a 50.6 year-old mean, from both genders, prevailing those of the masculine sex with a frequency of 51% and of 49% for the feminine sex that were referred to the service of PET-CT to be re-staged and whose result was negative for current illness. 18^{FDG} was used administered through intravenous via, determining the dose based on the patient's weight. All patients prior to the study had a fast of 6-8 hours. Once tracer was injected, the patient remained in silence and dimness during 60 minutes prior to the study, during which they took plenty of simple water and stayed in rest. To all the patients the study of thighs proximal third to the base of the skull was carried out. Once the study was processed, the standardized intake value was determined in each part of the organism that concentrated the 18^{FDG} physio-

logically. Studies were obtained with a PET-CT equipment, which allows the acquisition of the metabolic and anatomical studies at the same time.

Results: Overall mean intake, for the different corporal structures was of: brownish fat 2.2, Waldeyer ring 1.9, lung 0.4, mediastinum 1.7, liver 1.8, spleen 1.8, kidneys 2.5, muscle 0.6, stomach 1.6, colon 1.8 and bone 0.4.

Conclusions: Minimum intake variations were observed from one patient to another, without exceeding normal ranges already stipulated by international standardizations. Neither statistically significant differences exist in the semi-quantification of SUV_{max} . So that our research agrees with that established in the literature.

Key words: Positrons emission Tomography, 18^{FDG} , SUV_{max} , PET / CT.

Introducción

La Tomografía por Emisión de Positrones y Tomografía computarizada (PET/CT) por sus siglas en inglés (Positron Emission Tomography and Computed Tomography), es la innovación más moderna de la Medicina Nuclear y Radiología, que es capaz de proporcionar imágenes de procesos biológicos *in vivo*, mediante el uso de radiofármacos marcados con emisores de positrones. Esto ha sido de gran ayuda primordialmente dentro del campo oncológico, ya que ofrece información funcional a nivel celular. Es por eso que la PET se ha denominado la imagen molecular, complemento de la información anatómica que proporciona la Tomografía Computada (CT) y la fusión de las dos técnicas nos permite obtener imágenes mixtas PET/CT. Esta modalidad dual PET/CT como herramienta diagnóstica más completa en imagenología oncológica, ha evolucionado a la Medicina Nuclear y ha atraído el interés de los radiólogos. Ahora los médicos nucleares pueden localizar con precisión los hallazgos

metabólicos y los radiólogos pueden clasificar con mayor exactitud las alteraciones estructurales, por lo que su futuro es muy prometedor. Dicha fusión anatómica con la información de la imagen molecular es correcta por naturaleza y llena de significado clínico, las imágenes moleculares se benefician de las referencias anatómicas, mientras que las imágenes anatómicas sin información molecular, permanecen incompletas y no son del todo satisfactorias. Con el PET/CT las lesiones hipermetabólicas pueden asignarse a estructuras anatómicas específicas normales o anormales, ofreciendo ventajas indiscutibles que incluyen tiempos de adquisición más cortos y, por lo tanto, un uso más eficiente de la instrumentación, mejorando la localización e identificación de la lesión y estadificación más precisa del tumor. El tomógrafo PET/CT utiliza los datos de la CT de cuerpo entero para realizar la corrección de la atenuación. Dependiendo del número de detectores de la CT utilizada, la corrección de la atenuación se obtiene en poco menos de 1 minuto re-

duciendo en un 50% el tiempo de las imágenes de cuerpo entero (al comparar con el PET dedicado), facilitando la localización precisa de alteraciones hipermetabólicas.¹

La localización anatómica precisa de las anomalías vistas con PET es problemática con trazadores no específicos como la ¹⁸F-FDG con la que se visualizan ciertas estructuras anatómicas normales. La combinación de la PET con una modalidad de imagen anatómica como la CT puede resolver la localización de tejidos, mientras que las imágenes de las dos modalidades estén coordinadas con precisión. Los equipos combinados de PET/CT representan una importante evolución en la tecnología que ayuda a mantener a la imagen molecular a la vanguardia en el diagnóstico, estadificación y monitoreo de la terapia del cáncer, ya que ofrece de manera rutinaria imágenes con alineación precisa de la anatomía y la función en un sólo rastreo. Adicionalmente, ya que los pacientes permanecen posicionados en la misma camilla para ambas modalidades de imágenes, las diferencias temporales y espaciales entre los dos grupos de imágenes se minimizan. Las diferencias espaciales incluyen no sólo la posición del paciente y el movimiento, sino también el movimiento involuntario e incontrolable de los órganos internos; integrando dos tecnologías existentes, que han progresado históricamente cada una por su lado, pero en vías paralelas y con un mismo objetivo, por lo que ambas modalidades son complementarias.^{1,2}

La PET se basa en la detección de la radiactividad del trazador fluorodesoxiglucosa, sustancia que se inyecta al paciente en estudio para que se retenga en el interior de las células que presenten patología principalmente maligna. Para lograr un alto nivel de precisión anatómica, se combina la tomografía computada y el estudio de PET en un sólo equipo híbrido: el PET/CT.³ La ¹⁸FDG es el trazador más utilizado en la PET, debido a sus propiedades biológicas y a su disponibilidad. Es un análogo de la glucosa que habitualmente se sintetiza por el método de Hamacher y mediante módulos automáticos de síntesis. Se caracteriza por pasar al espacio intracelular por difusión pasiva, facilitada por proteínas transportadoras de glucosa denominadas GLUT-1 a GLUT-13, cuya acción se incrementa por efecto de la hipoxia. Siendo el GLUT-4 dependiente de la insulina y el resto independiente de ésta. Dentro de la célula, la ¹⁸FDG se fosforila por efecto de las enzimas hexoquinasa y glucoquinasa pasando a ¹⁸FDG-6-fosfato, no sigue la vía metabólica normal de la glucosa y queda atrapada al interior de la célula.^{4,5}

La ¹⁸FDG fisiológicamente se acumula en la corteza cerebral, anillo de Waldeyer, miocardio, tejido muscular, tubo digestivo (hígado, estómago, colon), hueso, bazo, pulmón, mediastino, grasa parda y se excreta por las vías urinarias, por lo que también son visualizadas.^{6,7}

Las principales indicaciones clínicas de la PET son en Oncología, Neurología y Cardiología.⁸ Las aplicaciones en oncología son para hacer el diagnóstico diferencial benigno vs maligno, localizar el sitio óptimo para la toma de biopsia, diagnosticar el tumor primario, estaficar inicialmente la enfermedad, evaluar la respuesta al tratamiento, estudio de la naturaleza de la masa residual, diagnóstico de recurrencias y determinar el pronóstico.^{9,10}

La interpretación del estudio se hace mediante un análisis visual cuidadoso en conjunto de un médico nuclear y un médico radiólogo, realizando ambos primariamente una valoración subjetiva del mismo, posteriormente el médico nuclear realiza una valoración semi-quantitativa determinando el valor estandarizado de captación máxima (SUV_{max}), al que también se le ha llamado DUR (Differential Uptake Ratio) y DAR (Differential Absorption Ratio). El SUV_{max} es el índice semi-quantitativo más usado en todos los centros PET del mundo. Sin embargo, se pueden encontrar ciertas limitaciones con dicho valor, ya que puede modificarse dependiendo de la concentración de glucosa sanguínea, el tamaño de las lesiones y el peso corporal del paciente, por lo que existen diferentes correcciones o normalizaciones para dichas variabilidades.¹¹ En este proyecto para su determinación se utilizó la siguiente fórmula de corrección por peso del paciente:

$$\text{SUV}_{\text{max}} = \frac{{}^{18}\text{FDG} (\text{Bq/mL}) \times 1000}{{}^{18}\text{FDG} (\text{Bq/mL inyectada}) \times \text{Peso (Kg)}}$$

La literatura refiere que el nivel de corte más aceptado para diferenciar lesiones benignas de malignas es de 2.5 a 3.0 en tejidos blandos y de 2.0 a 2.5 en tejido óseo.¹²

Desde el punto de vista de dosimetría y seguridad radiológica tanto para el paciente, como para el personal ocupacionalmente expuesto y público en general, la técnica PET/CT se puede realizar cuantas veces el médico tratante lo considere necesario, previa valoración del riesgo beneficio en conjunto con el médico nuclear.¹³

Objetivo

Determinar el SUV_{max} en diferentes órganos de concentración normal y comparar nuestro nivel de corte con el de la literatura en los diferentes órganos.

Material y métodos

El estudio fue observacional, descriptivo y retrospectivo. Se llevó a cabo en el Hospital Ángeles Lomas, donde se seleccionaron 136 SCANS PET-CT, en el periodo comprendido de julio de 2006 a julio de 2007. Se incluyeron pacientes de ambos sexos, con

un rango de edad de 4 a 88 años, con una mediana de 53.5. Fueron 67 mujeres (49.3%) y 69 hombres (50.7%).

Se incluyeron pacientes oncológicos que se realizaron un SCAN PET-CT y que fue informado como un estudio normal o sin evidencia de enfermedad oncológica microscópica al momento del estudio. Se excluyeron los pacientes con glucemia >150 mg/dL y aquellos que hayan recibido medios de contraste, oral o intravenoso, y se eliminaron todos los estudios que se informaron como positivos para cualquier enfermedad, ya que esta valoración está orientada para evaluar cifras numéricas de SUV_{max} en personas con estudios normales.

Método de preparación

- Los pacientes tuvieron un ayuno de 6-8 horas, durante las cuales tomaron abundantes líquidos no azucarados.
- Todo paciente oncológico tomó su medicación habitual.
- El radiofármaco utilizado fue la ^{18}F luor-2-desoxi-D-glucosa.
- La aplicación del radiofármaco fue por vía intravenosa.
- La dosis se determinó con base al peso del paciente con la siguiente fórmula 0.14 mCi/Kg en adultos y de 0.15 mCi/Kg en niños.
- Se realizó el estudio de cuerpo completo y previo a la inyección de la ^{18}FDG se administraron 10 mg de diazepam por vía oral, para inducir relajación muscular en adultos (siempre y cuando no tuvieran contraindicaciones al mismo) y los niños fueron sedados por un anestesiólogo.
- Una vez inyectada la ^{18}FDG , el paciente permaneció en silencio y penumbra durante 60 minutos y se mantuvieron en reposo total previo al estudio.⁷

La definición de variables dependientes fueron las siguientes: edad, peso, talla, género, valores de glucosa en sangre previa al estudio, infección de herida quirúrgica, paciente diabético con un control deficiente.

Los estudios se adquirieron con un Tomógrafo PET-CT Philips "Gemini" que consta de un escáner de TC Philips MX 8000D de corte dual y un PET escáner Allegro. El Allegro opera completamente en 3D, basados en cristales de oxiortosilicato de gadolinio (GSO). El diámetro del área del paciente es de 70 cm para la TC y se reduce a 63 cm para la PET. Este dispositivo realiza rastreos PET/CT de cuerpo entero de buena calidad en menos de 25 minutos. Este equipo mantiene la fuente de transmisión de ^{137}Cs , por lo que es posible realizar el estudio de transmisión con dicha fuente y en conse-

cuencia determinar la corrección de atenuación para la imagen PET, además de la obtenida con la CT.¹

Para el análisis estadístico se emplearon los métodos de estadísticas descriptivas mínimos y máximos para variables numéricas y nominales como corresponda. Un análisis univariado fue realizado para las variables nominales utilizando la prueba χ^2 . Un valor de p menor de 0.05 fue considerado estadísticamente significativo. Todas las pruebas fueron de 2 colas. El programa SPSS, Chicago ILL versión 12.0 fue utilizado para analizar los datos.

El proyecto se valoró y fue aprobado por el Comité de Investigación y el Comité de Ética del Hospital Ángeles Lomas. Por tratarse de un estudio que no es invasivo y que se aprovechó el estudio que le prescribieron al paciente por su propio médico, consideramos que el proyecto no plantea problemas de índole ética.

Resultados

En total se analizaron 136 pacientes de los cuales 67 (49.3%) fueron del sexo femenino y 69 (50.7%) del sexo masculino. La edad media fue de 50.64 años, la talla media de 166.3 cm, la media del peso de 67.9 kg, la frecuencia de diabetes controlada en este grupo fue solamente de 3.7%. La media de los valores de glucosa sanguínea fue de 97.1. A 72.1% de los pacientes se les administró diazepam y a 27.9% no por contraindicación médica. Con la determinación de los valores del SUV_{max} en cada órgano de captación normal se obtuvo la media en cada uno de ellos, encontrando los resultados referidos en la figura 1.

La dosis media de ^{18}FDG osciló entre 7.5-10 mCi, no sobrepasando en ninguna ocasión la dosis de saturación del equipo. Las figuras 2, 3 y 4 muestran las zonas de biodistribución normal de la fluorodesoxiglucosa.

Discusión

Al analizar los parámetros de la edad, sexo, peso, talla, dosis de ^{18}FDG , uso de diazepam, antecedentes de diabetes mellitus y nacionalidad, no encontramos variabilidad estadística en los valores de captación del SUV_{max} en pacientes mexicanos al compararla con la literatura mundial. Con las cifras de SUV_{max} obtenidas en cada órgano que concentró fisiológicamente ^{18}FDG , pudimos comprobar que los valores se encuentran por debajo del umbral para diferenciar lesiones benignas de malignas (3.0 en tejidos blandos y de 2.5 en tejido óseo, cuadro I), tal y como está descrito en la literatura.^{12,14,15} Incluso en la guía para la adquisición de estudios oncológicos con ^{18}FDG PET/CT, se menciona que el valor de SUV_{max} puede llegar hasta 4.¹⁶ En la literatura nacional ya se reportaron las diferentes zonas de captación fisiológicas, tanto las frecuentes como las poco frecuentes;¹⁷ sin embargo, no se había hecho un desglose de los valores de SUV_{max} de dichas zonas,

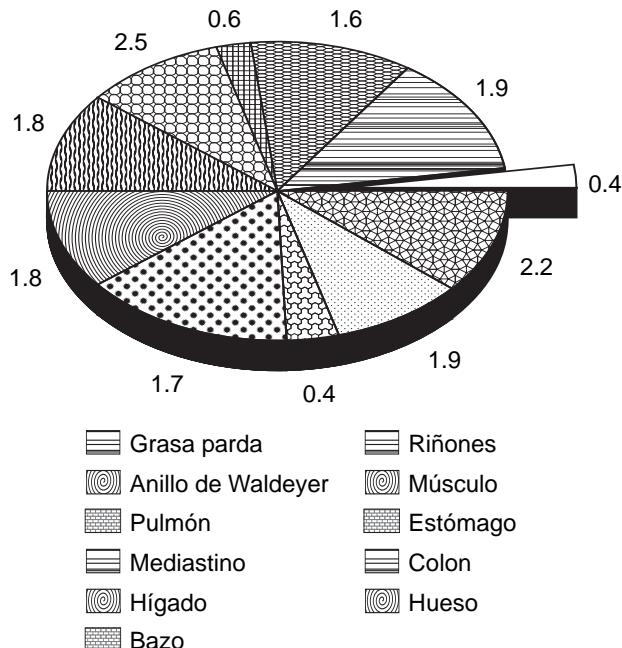


Figura 1.

como en el presente estudio y aunque hubo variabilidad entre los pacientes y entre las publicaciones, con ninguno de ellos se tuvieron diferencias significativas, además de que ya está bien descrito que la captación puede variar dependiendo del nivel de glucosa, del peso del paciente y como en el caso de los músculos si están en reposo o contraídos (por tensión, ejercicio previo, entre otros). Tradicionalmente los equipos PET dedicados realizan la corrección de atenuación con una fuente externa de Cesio-137 o Germanio-68, nosotros realizamos la corrección de atenuación con la fuente de RX de la CT y no encontramos datos que subestimen o sobreestimen los valores del SUV, tal y como se ha informado en algunas publicaciones.^{15,18,19}

En la literatura médica disponible no está referida la actividad urinaria en tránsito y en nuestro trabajo pudimos comprobar que el riñón junto con todo su sistema secretor como pelvis renal, uréter y vejiga fueron los órganos donde mayor radiactividad fue visualizada en comparación con el resto, obteniendo una media de 2.5,

manteniéndose dentro de los valores normales. De todos los órganos estudiados el hueso fue el que concentró con menor intensidad el radiofármaco, obteniendo una media de 0.4, estando por debajo de las cifras internacionales. Los sitios fisiológicos de concentración variable dependientes también se encontraron por debajo del umbral, tales como el miocardio que concentra de una manera variable la ¹⁸FDG dependiendo de su metabolismo, glándulas mamarias, testículos, ovarios y útero, que pueden captar fisiológicamente el radiofármaco de manera hormonodependiente.^{6,7,16,17}

En nuestro conocimiento, este es el primer estudio que reporta los valores de SUV_{max} en las zonas de captación fisiológica usando PET/CT. Las publicaciones previas, mostraban los resultados utilizando PET dedicado, ya que incluso en publicaciones muy recientes apenas se está tratando de estandarizar el protocolo de adquisición de los estudios oncológicos de PET/CT utilizando ¹⁸FDG.^{19,20}

En general, los resultados de nuestro proyecto, fueron semejantes con los reportados en la literatura, por lo que asumimos que se cumplió con el objetivo general.

Conclusiones

Con los resultados obtenidos y con lo reportado en la literatura, comprobamos que no existen diferencias estadísticamente significativas en la semicuantificación del SUV_{max} de los diferentes órganos estudiados. Tampoco existe diferencia en cuanto a realizar la corrección de atenuación con una fuente de RX y otras fuentes externas. Los valores obtenidos en pacientes mexicanos consideramos que son válidos, porque se encuentran por debajo de lo referido en la literatura, por lo que creemos se pueden utilizar como referencia y punto de partida. El hecho de tener nuestra propia estandarización de base es altamente favorable para nuestros estudios de cada día. Además, será de gran ayuda para ser más críticos al momento de tener que hacer una diferenciación entre una lesión benigna de una maligna, sin olvidar que el estándar de oro para diferenciar una lesión benigna de una maligna es sin duda la anatomía patológica.

Con base en los resultados obtenidos en la estandarización de los valores normales en pacientes mexica-

Cuadro I. Valores SUVmax.

Valores de SUVmax CON PET DEDICADO. Ref. 16

Hígado	Pulmón	Mediastino	Músculo
3.0	0.98	2.4	1.19

Valores de SUVmax CON PET/CT

Hígado	Pulmón	Mediastino	Músculo
1.8	0.4	1.7	0.6

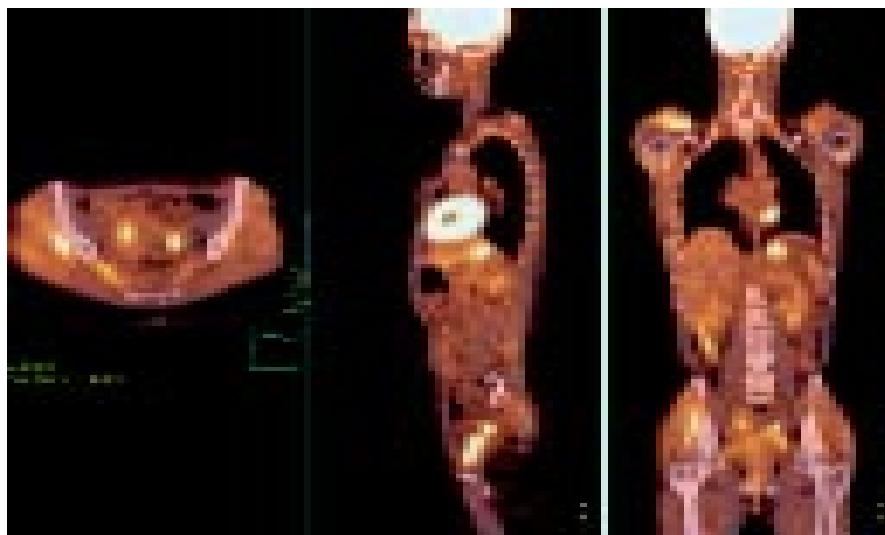


Figura 2. Estudio PET/CT donde se observa captación fisiológica de ^{18}FDG en corteza cerebral, miocardio, estómago, bazo, hígado, riñones, vejiga y ovarios.

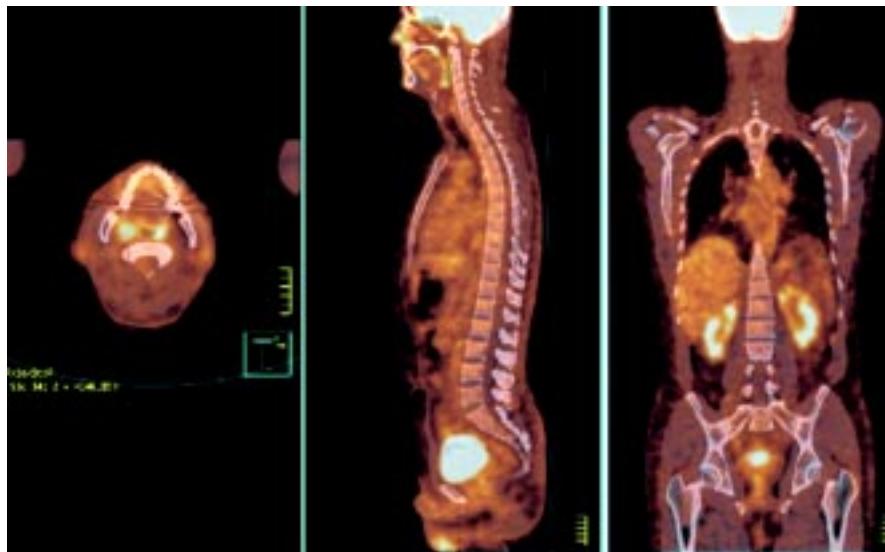


Figura 3. Estudio PET/CT donde se observa captación fisiológica de ^{18}FDG en amígdalas adenoides, anillo de Waldeyer, hígado riñones, vejiga y cierta actividad ósea.

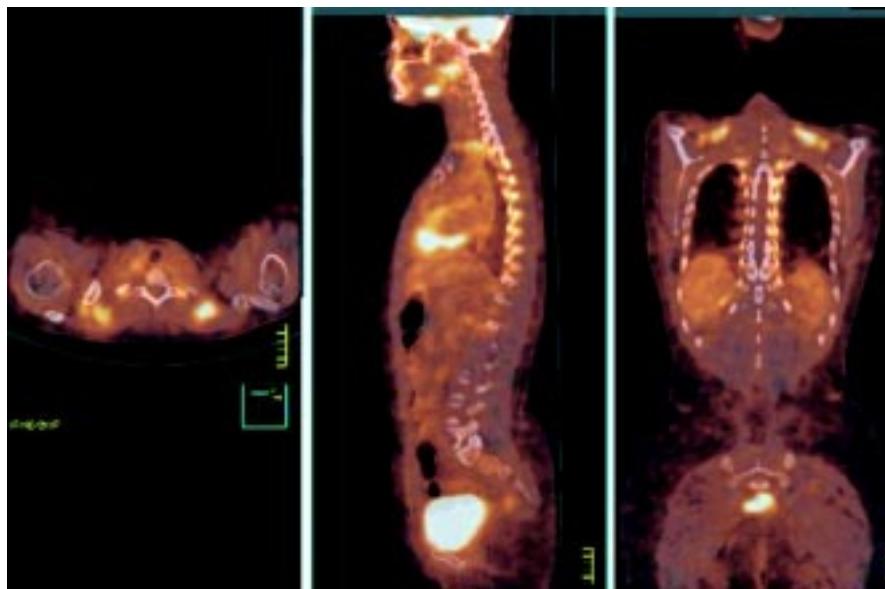


Figura 4. Estudio PET/CT donde se observa captación fisiológica de ^{18}FDG en grasa parda a nivel cervical bilateral.

nos, estamos en la posibilidad de emprender un nuevo proyecto, que se enfoque a todo aquel paciente con un SCAN PET-CT positivo para enfermedad oncológica, y obtener una correlación entre los SUV_{max} de las lesiones y la histología de las mismas, para hacer el diagnóstico diferencial entre lo benigno y maligno, determinando también el grado de malignidad de las diferentes patologías. Datos que nos permitirán obtener cifras de

sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo, valor predictivo negativo y exactitud diagnóstica del SUV_{max} al compararlo con el "estándar de oro", pues existe suficiente evidencia científica y cada vez mayor evidencia clínica mexicana de la efectividad y eficacia del SUV en el campo de la oncología.

Los autores del trabajo no tuvieron acuerdo o convenio de ningún tipo con la casa comercial que se menciona en el manuscrito.

Referencias

1. Altamirano LJ, Estrada SG, Carreras DJL. PET y PET/CT en Oncología. 1a Ed. México: Editorial Intersistemas; 2005, p. 180-2.
2. Czernin J, Schelbert H. PET/CT Imaging: Facts, opinions, hopes and questions. *J Nucl Med* 2004; 45(1): 15-35.
3. Altamirano LJ, Estrada G, Ochoa CFJ. Tomografía por emisión de positrones y tomografía computarizada en oncología. *GAMO* 2005; 4(6): 139-46.
4. Hamacher K, Coenen HH, Stoklin G. Efficient stereospecific synthesis of no-carrier-added. 2-(¹⁸F)-fluoro-2-deoxy-D-glucose using amino-polyether supported nucleophilic substitution. *J Nucl Med* 1986; 27: 235-8.
5. Hamacher K, Blessing G, Nebeling B. Computer-aided synthesis (CAS) of no-carrier added 2-(¹⁸F)-fluoro-2-deoxyglucose: an efficient automated system for the amino polyether-supported nucleophilic, fluorination. *Appl J Radiat Isot* 1990; 41: 49-65.
6. Estrada G, Altamirano LJ, Ochoa CFJ. Captaciones Fisiológicas y Variantes Normales en el Estudio PET/CT con ¹⁸FDG. *Cirugía y Cirujanos* 2007; 75(6): 9-19.
7. Mireles EM, Estrada G. En: Altamirano LJ, Estrada G, Carreras JL. PET y PET/
8. Adams EJ, Almazan C, Morland B. International Network of Agencies for Health Technology Assessment. Stockholm; 1999.
9. Altamirano LJ, Estrada G, Ochoa CFJ. Tomografía por emisión de positrones y tomografía computarizada (PET/CT) en carcinoma de pulmón. *Cirugía y Cirujanos* 2007; 75(4): 18-26.
10. Rodríguez M, Asensio C, Gómez MV, Carreras JL, Martín JM. 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 Sistémica). Madrid: AETS; 2001.
11. Haberkorn U, Strauss LG, Dimitrakopoulou A, Engenhart R, Oberdorfer F, Ostertag H, et al. PET studies of FDG metabolism in patients with recurrent colorectal tumors receiving radiotherapy. *J Nucl Med* 1991; 32: 1485-90.
12. Carreras DJL, Lapeña GL, Del Barrio CA. PET en Oncología. 1a Ed. Madrid: Editorial Nova Sidonia; 2002, p. 35-51.
13. Altamirano LJ, Estrada SG, Ochoa CFJ. Aplicaciones prácticas en protección radiológica y dosimetría con PET y PET/CT. *Ann Rad Mex* 2006; 5: 325-30.
14. Lomeña F, Gámez C, Cabrera A, Maldonado A, Jiménez UAM, Montz AR, Pérez CMJ, Carreras JL. La Tomografía por emisión de positrones en oncología. Madrid: Ed. Real Academia Nacional de Medicina; 2002.
15. Paquet ON, Albert A, Foidart J, Hustinx R. Within-patient variability of ¹⁸F-FDG: standardized uptake values in normal tissues. *J Nucl Med* 2004; 45: 784-8.
16. Delbeke D, Coleman RE, Guiberteau MJ, Brown ML, Royal HD, Siegel BA, et al. Procedure Guideline for Tumor Imaging with 18F-FDG PET/CT 1.0. *J Nucl Med* 2006; 47(5): 885-95.
17. Estrada G, Altamirano LJ, Ochoa FJ. Captaciones fisiológicas y variantes normales en el estudio PET/CT con ¹⁸FDG. *Cir Cir* 2007; 75(6).
18. Altamirano LJ, Estrada SG. De la PET a la PET/CT. *Ann Rad Mex* 2006; 1: 9-19.
19. Gollub Marc J, Hong R, Sarasohn DM, Akhurst T. Limitations of CT during PET/CT. *J Nucl Med* 2007; 48: 1583-91.
20. Wong TZ, Paulson EK, Nelson RC, Patz EF Jr, Coleman RE. Practical Approach to Diagnostic CT Combined with PET. *AJR* 2007; 188: 622-9.