

## Tomografía por emisión de positrones asociada con tomografía computarizada en la estadificación de los linfomas

Positron emission tomography combined with computed tomography for the  
staging of lymphomas

Teresa Alejandra Fundora Sarraff <sup>1\*</sup> <http://orcid.org/0000-0002-0861-1872>

Láser Humberto Hernández Reyes<sup>1</sup> <http://orcid.org/0000-0001-9754-3113>

Martha Dora Chávez Pérez-Terán<sup>1</sup> <http://orcid.org/0000-0003-3789-4151>

<sup>1</sup>Instituto de Hematología e Inmunología. La Habana Cuba

\*Autor de la correspondencia: [rchematologia@infomed.sld.cu](mailto:rchematologia@infomed.sld.cu)

### RESUMEN

**Introducción:** Los estudios de imágenes son esenciales para la estadificación de los linfomas. La utilización de la imagen funcional que proporciona la tomografía por emisión de positrones con <sup>18</sup>F-2-deoxi-2-fluoro-D-glucosa asociada a la tomografía computarizada ha cambiado fundamentalmente el concepto de estadificación y reestadificación de los linfomas. Constituye una prueba diagnóstica que ha ganado aceptación universal, sobre todo después de la publicación y adopción de las guías de Lugano.

**Objetivo:** Analizar la importancia que tienen las imágenes que proporciona la tomografía por emisión de positrones con <sup>18</sup>F-2-deoxi-2-fluoro-D-glucosa asociada a la tomografía computarizada en la estadificación actual de los linfomas.

**Métodos:** Se realizó una revisión bibliográfica, en español y en inglés, de la última década. Se utilizaron los motores de búsqueda de Pubmed, Google y SciELO. Se recolectó y organizó la información siguiendo cronológicamente la aparición de las innovaciones para facilitar la estadificación de los linfomas.

**Análisis y síntesis de la información:** Se hace un recorrido desde la introducción de la tomografía computarizada, la tomografía por emisión de positrones y la asociación de estas, hasta su aplicación en el estudio de los linfomas. Se describe la evolución de los sistemas de clasificación para los linfomas y la utilidad del empleo de la tomografía por emisión de

positrones con  $^{18}\text{F}$ -2-deoxi-2-fluoro-D-glucosa asociada a la tomografía computarizada en la estadificación de los linfomas.

**Conclusiones:** Es de gran importancia que, en el momento actual, el manejo óptimo de un paciente con linfoma ávido de  $^{18}\text{F}$ -2-deoxi-2-fluoro-D-glucosa incluya la estadificación inicial con tomografía por emisión de positrones asociada con tomografía computarizada. Esto permitirá hacer más precisa la etapificación inicial del paciente, optimizar su tratamiento y evaluación de la terapia implementada; así como un mejor pronóstico y evitar estudios invasivos.

**Palabras clave:** linfomas; estadificación; tomografía por emisión de positrones;  $^{18}\text{F}$ -2-deoxi-2-fluoro-D-glucosa; tomografía computarizada.

## ABSTRACT

**Introduction:** Imaging studies are essential for staging of lymphomas. The usage of functional imaging provided by positron emission tomography with  $^{18}\text{F}$ -2-deoxy-2-fluoro-D-glucose combined with computed tomography has fundamentally changed the concept of staging and re-staging of lymphomas. It constitutes a diagnostic test that has gained universal acceptance, especially after the publication and adoption of the Lugano guidelines.

**Objective:** To analyze the importance of the images provided by positron emission tomography with  $^{18}\text{F}$ -2-deoxy-2-fluoro-D-glucose combined with computed tomography in current staging of lymphomas.

**Methods:** A bibliographic review was carried out, in Spanish and in English, within the last decade. We used the search engines of *Pubmed*, *Google*, and *SciELO*. The information was collected and organized by chronologically following the origin of the innovations that facilitate the staging of lymphomas.

**Information analysis and synthesis:** An analysis is carried out from the introduction of computed tomography, positron emission tomography, and the combination of both, to their application in the study of lymphomas. We described the evolution of lymphoma classification systems and the usefulness of positron emission tomography with  $^{18}\text{F}$ -2-deoxy-2-fluoro-D-glucose combined with computed tomography for the staging of lymphomas.

**Conclusions:** At the present time, it is of great importance for a patient with lymphoma needing  $^{18}\text{F}$ -2-deoxy-2-fluoro-D-glucose to receive optimal management of his or her condition, including initial staging with positron emission tomography combined with computed tomography. This will allow to make the initial staging of the patient more

precise, to optimize his or her treatment and evaluation of the implemented therapy, as well as to obtain a better prognosis, avoiding invasive studies.

**Keywords:** lymphomas; staging; positron emission tomography;  $^{18}\text{F}$ -2-deoxy-2-fluoro-D-glucose; computed tomography.

Recibido: 29/11/2018

Aceptado: 26/11/2019

## Introducción

La finalidad principal de la estadificación de los linfomas es facilitar las decisiones acerca del tratamiento de forma tal que se logre un balance apropiado entre la eficacia y la toxicidad. Entre las pruebas que se incluyen para estadificar los linfomas, las técnicas para la obtención de imágenes, como la tomografía computarizada, tienen gran importancia por la información anatómica que brindan y por la evidencia que se consigue del metabolismo del tejido.

Estas evidencias son provistas actualmente por la imagen funcional que ofrece la tomografía por emisión de positrones o PET (por las siglas en inglés de *Positron Emission Tomography*). La introducción de la imagen funcional, primero con la centelleografía con  $^{67}\text{Ga}$  y posteriormente con la PET, ha cambiado fundamentalmente el concepto de estadificación y reestadificación, al basarse en criterios estrictamente morfológicos a incluir el metabolismo tisular como parte de la evaluación. Esta constituye una prueba diagnóstica que ha ganado aceptación universal, sobre todo después de la publicación y adopción de las guías de Lugano.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la importancia de las imágenes que proporciona la tomografía por emisión de positrones con  $^{18}\text{F}$ -2-deoxi-2-fluoro-D-glucosa asociada a la tomografía computarizada (FDG-PET/CT) en la estadificación actual de los linfomas.

## Métodos

Se realizó una revisión bibliográfica en español y en inglés, se utilizaron los motores de búsqueda de Pubmed, Google y Scielo, en el Servicio de Medicina Nuclear del Instituto de Hematología e Inmunología, durante el último trimestre de 2019. Se recolectó y organizó la información obtenida siguiendo cronológicamente la aparición de las innovaciones tecnológicas que permitieron aplicar el procedimiento de FDG-PET/CT en la estadificación de los linfomas. Se seleccionaron artículos recientes de expertos en el tema en revistas prestigiosas en las cuales se evidencia la importancia de su uso para el manejo clínico de los linfomas actualmente.

## Análisis y síntesis de la información

### Tomografía computarizada

La tomografía axial computarizada (TAC) fue desarrollada en el Reino Unido por *Sir Godfrey Newbold Hounsfield*; esta sería la mayor revolución en el campo del diagnóstico por imágenes desde que Roentgen descubriera los rayos.<sup>(1)</sup> Los primeros estudios clínicos se publicaron en 1972, y en la década del 70 y primeros años del 80, la tomografía computarizada (CT, por sus iniciales en inglés) revolucionó la estadificación del cáncer, con la visualización de los ganglios linfáticos y órganos que no podían evaluarse mediante el examen clínico.<sup>(2)</sup>

### Tomografía por emisión de positrones

La historia del desarrollo de los equipos para realizar la PET, se remonta a la década del cincuenta. Sus precursores fueron Wrent, quien en 1951 sugirió el uso de estos equipos; dos años más tarde, en 1953, Brownell y Sweet describieron el primer dispositivo. Pero no fue hasta 1975, luego de diversos estudios técnicos, en los que se destacan Ter-Pogossian y Phelps, que se describieron las bases de lo que llegarían a ser los modernos equipos de PET. La década del 90 marcó el inicio y aplicación clínica definitiva de la PET, en un principio experimental y luego validada para múltiples aplicaciones a fines de los 90, especialmente en el campo de la Oncología. Al inicio del siglo XXI, la PET se encuentra posicionada como una herramienta fundamental en el ámbito del diagnóstico por imágenes, lo que permitió el comienzo a la subespecialidad de las imágenes moleculares en la medicina nuclear, con aplicaciones clínicas en creciente reconocimiento y, sin duda, su necesidad cada vez es

mayor.<sup>(3)</sup> Recientemente, esta tecnología se introdujo en nuestro país y sus aplicaciones marcaron un hito en Salud Pública.

La PET es una técnica de imagen molecular no invasiva, basada en el empleo de radiofármacos para la obtención de imágenes in vivo de procesos biológicos y bioquímicos. Permite, asimismo, efectuar estudios dinámicos y realizar medidas de la actividad metabólica celular a lo largo del tiempo. Se fundamenta en la captación de la radiación emitida por un radionúclido emisor de positrones de vida media corta, ligado a una molécula de interés. A partir de esta información se pueden obtener medidas cuantitativas precisas de diferentes parámetros fisiológicos de gran interés desde el punto de vista diagnóstico o de investigación; además, de poder realizar reconstrucciones tridimensionales de la distribución del radionúclido en el organismo. El radiofármaco más usado para exámenes oncológicos es el 18F-2-deoxi-2-fluoro-D-glucosa (FDG).<sup>(4)</sup>

### **Tomografía por emisión de positrones asociada a la tomografía computarizada**

En la década de los noventa se realizaron grandes esfuerzos para registrar la imagen metabólica de la PET con la imagen anatómica de la CT. El primer tomógrafo que realizó la tomografía por emisión de positrones asociada a la tomografía computarizada (PET/CT por sus iniciales en inglés), diseñado por D. Townsend, fue introducido para el uso clínico en 1998.<sup>(5)</sup> La combinación de los equipos PET y CT ofrece una imagen funcional con elevada resolución anatómica. La motivación que impulsó el diseño de este equipo fue la obtención de imágenes clínicas, tanto de PET como de CT, alineadas con precisión en un mismo tomógrafo. El tomógrafo PET/TAC, que combina las dos modalidades de imagen (PET y CT), es una evolución de la tecnología de imagen existente, pues integra dos técnicas que han progresado históricamente por separado. Las dos modalidades son complementarias, ya que la imagen PET tiene la carencia del detalle anatómico, y la TAC adolece de la especificidad funcional de la PET.<sup>(6)</sup> Además, el uso de la tecnología existente asegura que no se compromete la eficacia clínica de las dos modalidades de imagen.

### **Trastornos malignos linfoides: los linfomas**

Los linfomas son un grupo heterogéneo de tumores malignos que se originan a partir de la transformación neoplásica de linfocitos que han sufrido mutaciones, las cuales les confieren ventajas de crecimiento y supervivencia en comparación con los linfocitos normales. Estas neoplasias suelen iniciarse en los ganglios linfáticos o en el tejido linfático de otros sitios

(linfoma extranodal), y pueden ser localizadas o estar extendidas en el momento del diagnóstico.

Los hombres se ven afectados con más frecuencia que las mujeres. El riesgo de adquisición de la mayoría de los linfomas aumenta logarítmicamente con la edad.<sup>(7)</sup>

Es innegable el valor que tiene la determinación exacta del estadio, para la selección del tratamiento apropiado de los pacientes con linfoma. Las imágenes han jugado un rol crucial en la estadificación de los linfomas.

El presente trabajo tiene el propósito de enfatizar la importancia que tienen las imágenes que proporciona la tomografía por emisión de positrones con <sup>18</sup>F-2-deoxi-2-fluoro-D-glucosa asociada a la tomografía computarizada (FDG-PET/CT) en la estadificación actual de los linfomas.

### **Sistemas de clasificación para los linfomas**

Entre 1966 y 2008 se publicaron diferentes sistemas de clasificación para los linfomas. Mientras tanto, conceptos emergentes en la estadificación, terapia y evaluación de la respuesta de los linfomas evolucionaron en paralelo con la cambiante nomenclatura.<sup>(7)</sup>

Los esfuerzos iniciales para definir la extensión de la enfermedad fueron dirigidos en primer lugar al linfoma de Hodgkin (LH) y a la larga llevó a la clasificación de Ann Arbor.<sup>(8)</sup> Este sistema probó ser útil durante décadas y fue aplicado también a los linfomas no Hodgkin (LNH).<sup>(7)</sup> Es de señalar que la modificación de Cotswold<sup>(9)</sup> a la clasificación de Ann Arbor, incorporó la CT a la clasificación de los linfomas por primera vez. La sensibilidad y exactitud de las imágenes de CT del abdomen, hicieron obsoleta la laparotomía para la estadificación de los linfomas.<sup>(7)</sup>

Los primeros criterios de respuesta universalmente aceptados para el LNH fueron publicados inicialmente en 1999 por el Grupo de Trabajo del Instituto Nacional del Cáncer;<sup>(10)</sup> estos se revisaron posteriormente en 2007 para incorporar la PET, la inmunohistoquímica medular y la citometría de flujo, para la evaluación de la respuesta a tratamientos.<sup>(11)</sup> Las imágenes provistas por la PET dejaron obsoleta la designación de remisión completa no confirmada, porque las anomalías radiológicas residuales podían ser determinadas con precisión y diferenciar un linfoma activo residual de una fibrosis postratamiento, basado en la actividad metabólica de las lesiones que permite detectar la PET.<sup>(7,11)</sup>

Estos criterios fueron revisados y analizados críticamente por grupos de trabajo en la 11na y 12ma Conferencias Internacionales sobre Linfoma Maligno en Lugano, Suiza, en 2011 y

2013, y en el 4to Taller Internacional de PET en Linfoma en Menton, Francia, en 2012.<sup>(12,13)</sup> A estos talleres internacionales asistieron expertos en el estudio y tratamiento de los linfomas. Sus deliberaciones se recogieron en una publicación en 2014; incluía criterios mejorados para la evaluación inicial, estadificación y valoración de la respuesta para los LH y los LNH,<sup>(14)</sup> que son relevantes tanto para los médicos de asistencia como para los ensayos clínicos y los grupos cooperativos. Estas nuevas reglas, conocidas como la Clasificación de Lugano, parten sustancialmente de los sistemas de evaluación y estadificación anteriores<sup>(7)</sup> y toman en cuenta las imágenes de FDG-PET/CT, una modalidad de diagnóstico que ha ganado aceptación universal, en particular tras la adopción de las directrices de Lugano.<sup>(14,15,16)</sup>

### **La estadificación de los linfomas y la FDG-PET/CT**

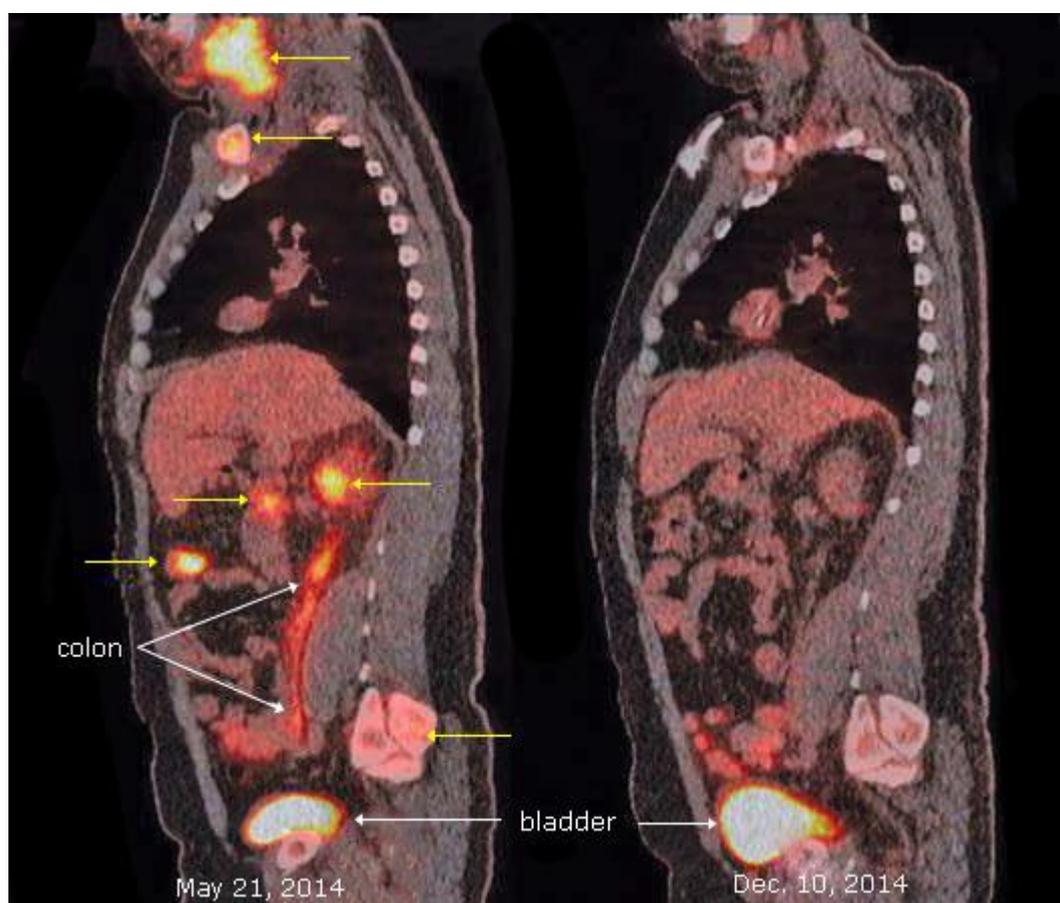
El manejo óptimo de un paciente con linfoma se basa no solo en el conocimiento del subtipo histopatológico preciso del linfoma, sino también en una apreciación del grado de diseminación de la enfermedad, determinado por una secuencia de pruebas de diagnóstico conocida como estadificación.<sup>(7)</sup>

La mayoría de los linfomas son ávidos de FDG, como resultado de la incorporación de glucosa por las células proliferantes del linfoma o por los infiltrados de células inflamatorias asociadas; al igual ocurre en el LH.<sup>(16)</sup>

En las recomendaciones del 2014,<sup>(13,14)</sup> se enfatiza en el predominio emergente de la FDG-PET/CT para la estadificación inicial y para la evaluación de la respuesta de “finalización del tratamiento” de todos los linfomas ávidos de FDG (incluye LH, linfoma difuso de células B grandes [DLBCL, por sus iniciales en inglés], linfoma folicular, linfoma de células del manto, linfoma de Burkitt, linfoma anaplástico de células grandes [ALCL, por sus iniciales en inglés] y la mayoría de los subtipos de linfomas periféricos de células T).

En la figura se observan las exploraciones con FDG-PET/CT en un paciente con linfoma de Burkitt en estadio IV en el momento del diagnóstico inicial y después de completar la quimioterapia con varios agentes.<sup>(7,13,14)</sup> En el momento inicial se detectaron áreas hipermetabólicas ávidas de incorporación de FDG en una masa cervical derecha, en clavícula, en ganglios linfáticos abdominales, en el estómago y en los huesos pélvicos (flechas amarillas), se vio también actividad fisiológica de FDG en el colon y en la vejiga (bladder) (flechas blancas), después de completar la quimioterapia con agentes múltiples, no hubo actividad anormal hipermetabólica en ninguno de los sitios originales de la

enfermedad, aunque aún fue evidente la actividad fisiológica de FDG en el intestino y en el sistema urinario.



**Fig.** - Tomografía por emisión de positrones con FDG-PET/CT de un linfoma de Burkitt, antes y después de un tratamiento exitoso.

Las imágenes de CT con contraste siguen siendo el estándar para los subtipos de linfoma en que no se confía que sean ávidos de FDG (la mayoría de los linfomas de la zona marginal, leucemia linfocítica crónica / linfoma linfocítico pequeño, linfoma linfoplasmocítico / macroglobulinemia de Waldenstrom, linfoma de células T angioinmunoblástico, micosis fungoide y linfomas cutáneos de células B).<sup>(7)</sup> En los linfomas de tejido linfoide asociados a mucosas los resultados son inconsistentes, algunas comunicaciones informan avidéz por la FDG en todos o en la mayoría de los casos, y otras en solo aproximadamente en el 50 %.<sup>(17,18)</sup>

En diferentes investigaciones se ha comparado la exactitud de la PET/CT con la CT convencional para la estadificación de los linfomas. Los resultados generales de estas fueron que la PET/CT tiene una alta sensibilidad diagnóstica.<sup>(16)</sup>

Varios estudios han demostrado que en los LH y LNH ávidos de FDG, las imágenes de PET/CT mejoran la precisión de la estadificación para los sitios ganglionares y extraganglionares (en la médula ósea y en otros órganos) si se comparan con las imágenes de CT, porque detectan más sitios de la enfermedad. Esto conlleva a un cambio en el estadio, usualmente a un aumento en el estadio en 10 a 30 % de pacientes,<sup>(7,16)</sup> disminuyen el estadio en solo una pequeña minoría.<sup>(16)</sup> La mejoría en la estadificación asegura que menos pacientes reciban un tratamiento insuficiente o excesivo.<sup>(14)</sup> Las imágenes de PET/CT son particularmente importantes antes de considerar la radioterapia para la enfermedad aparentemente localizada, pues la identificación de sitios de la enfermedad por PET/CT fuera del campo de radiación sí altera completamente el plan de tratamiento.<sup>(7)</sup>

Según algunos estudios, cuando se estadifica mediante la exploración por FDG-PET/CT en los LH, y se aumenta el estadio de la enfermedad, significa que alrededor de un 10 % de los pacientes estudiados han recibido un tratamiento más avanzado. La tendencia hacia la migración del estadio por la elevación del mismo es importante en el LH, pues esta es una enfermedad en la cual los estadios tempranos y los avanzados se tratan muy diferentemente.<sup>(16)</sup>

En relación con la aplicación de la estadificación en los LNH agresivos, se han realizado pocos estudios sobre este tema. Pero en un grupo de pacientes con DLBCL se ha comunicado que la PET/CT tiene mayor sensibilidad que la CT sola y esto resulta en el aumento del estadio en aproximadamente 15 % de los pacientes.<sup>(16)</sup>

En la estadificación de los LNH indolentes con PET/CT, este se utiliza esporádicamente, fundamentalmente en protocolos de investigación que han mostrado que la PET/CT parece ser de valor en estos linfomas, por lo que se suma al resto de las herramientas para estadificar. Se ha encontrado que no solo eleva el estadio sino que también lo disminuye, lo cual es muy importante porque las formas localizadas de estos linfomas indolentes se tratan muy diferente a las formas avanzadas. Además, las exploraciones FDG-PET/CT son útiles para guiar hacia el sitio de la biopsia, en pacientes con linfomas indolentes en los cuales se sospecha clínicamente una transformación hacia una forma de la enfermedad más agresiva.<sup>(19)</sup>

En el estudio de los linfomas extraganglionares se ha comunicado que la PET/CT tiene un valor significativo en la estadificación de varios subtipos agresivos y también indolentes. El PET/CT detecta con gran sensibilidad el linfoma gastrointestinal primario. También detecta varios subtipos de linfoma del tejido linfoide asociados a la mucosa y linfomas de la zona marginal extraganglionar, como los linfomas de la órbita, de las glándulas parótidas y de la

tiroides, aunque el valor de la estadificación inicial con PET/CT no está claro. La PET también detecta los linfomas de células T/NK- extraganglionares.<sup>(16)</sup>

La porción de CT de una exploración PET/CT puede realizarse con contraste a una dosis de radiación completa para obtener un examen de CT de alta calidad, o sin contraste mediante el uso de una dosis de radiación más baja, la que permita corregir la atenuación de la radioactividad en el paciente y localizar las anomalías observadas en la PET. Las CT con dosis completas y mejoradas con contraste, que permiten identificar hallazgos adicionales, mejorar la detección de enfermedad abdominal o pélvica, facilitar la planificación de la radioterapia en la posición de tratamiento, y son necesarias para hacer mediciones ganglionares precisas en ensayos clínicos. Sin embargo, las exploraciones de CT con dosis total mejoradas con contraste implican una exposición adicional a la radiación y mayores gastos y comúnmente no cambian la planificación del tratamiento completo.<sup>(7)</sup> Varios grupos de consenso internacional han recomendado que las exploraciones de PET/CT con dosis completa y CT mejorada con contraste se hagan en el momento del diagnóstico inicial, pero si las exploraciones de CT mejoradas con contraste no informan el hallazgo de sitios adicionales de la enfermedad, entonces solo se debe obtener una imagen de PET/CT con dosis baja sin contraste al final del tratamiento.<sup>(13)</sup>

Aunque el aspirado y la biopsia han sido estándares en la estadificación de los linfomas en el pasado, la alta sensibilidad de la exploración de FDG-PET/CT para conocer la implicación medular ha hecho innecesario este procedimiento para pacientes con LH y DLBCL en los que se ha demostrado tener imágenes negativas de PET/CT en huesos y médula.<sup>(14, 20,21)</sup>

Las recomendaciones actuales, sugieren que las imágenes de FDG-PET/CT se interpreten por inspección visual de acuerdo a la Escala de Deauville.<sup>(14)</sup>

Varias directrices nacionales e internacionales recomiendan la exploración de PET/CT como parte de la rutina de estadificación de los linfomas, y recientemente la clasificación de Lugano<sup>(14)</sup> expuso una revisión de las recomendaciones internacionales para la estadificación de los linfomas y para la evaluación de la respuesta. Estas recomendaciones fueron acompañadas por directivas aceptadas internacionalmente para el uso de las imágenes en linfomas.<sup>(13)</sup> Ambos, las recomendaciones para las imágenes y las directrices para la estadificación, recomiendan la exploración de FDG-PET/CT para la estadificación y la evaluación de la respuesta de rutina de los linfomas y no promueven la biopsia de médula ósea en los pacientes con LH que se estadifican con FDG-PET/CT.<sup>(13,14)</sup>

En las recomendaciones para las imágenes<sup>(13)</sup> se reconoce que una clasificación para la estadificación de 4 puntos es una representación cruda de métodos de imagen avanzados. La metodología moderna de CT y de PET permite una mejoría en la cuantificación de la información que provee la imagen, tanto anatómica como metabólica y se incentiva a explorar el valor de tales medidas cuantitativas en los estudios clínicos.<sup>(16)</sup>

El valor de incorporación estandarizado (SUV), es la métrica semicuantitativa de la PET más usada frecuentemente para medir el metabolismo de la glucosa en el tumor. Se define como la razón entre la concentración de FDG corregida por el decaimiento en un volumen de interés y la dosis inyectada normalizada por el peso corporal del paciente. Además del SUV basado en el peso corporal del paciente, para tener en cuenta la variabilidad de la biodistribución de FDG en diferentes composiciones corporales, se pueden usar otros índices basados en SUV.<sup>(22)</sup>

El volumen metabólico del tumor y la glicólisis total de la lesión son métricas funcionales derivadas y basadas en el SUV. Ambos miden la actividad metabólica en la masa completa del tumor para reflejar la biología del tumor. Debido al desarrollo reciente de métodos automatizados, los parámetros de PET basados en el volumen están siendo más reconocidos. Aunque estas métricas son parámetros potencialmente útiles para evaluar el resultado en el paciente, no están integradas aún en aplicaciones clínicas debido a que se necesita una mayor validación de estas técnicas.<sup>(23)</sup>

Con la introducción de la tecnología de la FDG-PET/CT en nuestro país, se avizora que, en un futuro próximo, la colaboración tradicional entre las instituciones de nuestro sistema de Salud Pública y de otras instituciones del CITMA, posibilite que esta se pueda aplicar a la estadificación inicial y en otras etapas del curso de la enfermedad, en la atención médica y la investigación de los linfomas.

Es de gran importancia que, en el momento actual, el manejo óptimo de un paciente con linfoma ávido de <sup>18</sup>F-2-deoxi-2-fluoro-D-glucosa incluya la estadificación inicial con tomografía por emisión de positrones asociada con tomografía computarizada. Esto permitirá hacer más precisa la etapificación inicial del paciente, optimizar su tratamiento y evaluación de la terapia implementada; así como un mejor pronóstico y evitar estudios invasivos.

## Referencias bibliográficas

1. Bosch E. Sir Godfrey Newbold Hounsfield y la tomografía computada, su contribución a la medicina moderna. Rev Chil Radiol. 2004;10(4):183-5.
2. Beckmann EC. CT scanning the early days. Br J Radiol. 2006;79:5-8. doi: [10.1259/bjr/29444122](https://doi.org/10.1259/bjr/29444122)
3. Lovera C. Manual de Medicina Nuclear. 2015 [acceso 11/11/2018]. Disponible en: [http://www.medicinanuclear.cl/pet\\_indice-2.htm](http://www.medicinanuclear.cl/pet_indice-2.htm)
4. Ruiz JA. Tomografía por emisión de positrones (PET): evolución y futuro. Radiobiología 2007 [acceso 11/11/2018];7:148-56. Disponible en: [http://www-rayos.medicina.uma.es/rmf/radiobiologia/revista/numeros/RB7\(2007\)148-156.pdf](http://www-rayos.medicina.uma.es/rmf/radiobiologia/revista/numeros/RB7(2007)148-156.pdf)
5. Beyer T, Townsend DW, Brun T, Kinahan PE, Charron M, Roddy R, et al. A combined PET/CT scanner for clinical oncology. J Nucl Med. 2000;41:1369-79.
6. Martí-Climent JM, García P, Serra JF, Boán JA, Richter JA. Tomografía por emisión de positrones con un equipo PET/TAC. Rev Esp Med Nucl. 2005;24(1):60-79. doi: 10.1157/13070362
7. Press OW, Lichtman MA. General considerations for Lymphomas: Epidemiology, Etiology, Heterogeneity, Primary Extranodal Disease. En: Kaushansky K, Lichtman MA, Prchal JT, Levi MM, Press OW, Burns LJ, et al (editores). Williams Hematology 9th ed. New York: McGraw-Hill Education; 2016. p. 1569-86.
8. Carbone PP, Kaplan HS, Musshoff K, et al. Report of the Committee on Hodgkin's Disease Staging Classification. Cancer Res. 1971;31:1860-1.
9. Lister TA, Crowther D, Sutcliffe SB, Glatstein E, Canellos GP, Young RC, et al. Report of a committee convened to discuss the evaluation and staging of patients with Hodgkin's disease: Cotswolds meeting. J Clin Oncol. 1989;7:1630-66. doi: 10.1200/JCO.1989.7.11.1630
10. Cheson BD, Horning SJ, Coiffier B, [Shipp](#) MA, [Fisher](#) RI, [Connors](#) JM et al. Report of an international workshop to standardize response criteria for non-Hodgkin's lymphomas. NCI Sponsored International Working Group. J Clin Oncol 1999;17:2454-60. doi: 10.1200/JCO.1999.17.4.1244
11. Cheson BD, Pfistner B, Juweid ME, Gascoyne RD, Spetch L, Horning SJ, et al. Revised response criteria for malignant lymphoma. J Clin Oncol 2007;25:579-86. doi: 10.1200/JCO.2006.09.2403

12. Kostakoglu L, Cheson BD. Current role of FDG PET/CT in lymphoma. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2014;41:1004-27. doi: 10.1007/s00259-013-2686-2
13. Barrington SF, Mikhaeel NG, Kostakoglu L, Meignan M, Martin Hutchings M, et al. Role of imaging in the staging and response assessment of lymphoma: Consensus of the International Conference on Malignant Lymphomas Imaging Working Group. *J Clin Oncol*. 2014;32:3048-58. doi: 10.1200/JCO.2013.53.5229
14. Cheson BD, Fisher RI, Barrington SF, Cavalli F, Schwartz LH, Zucca, E, et al. Recommendations for initial evaluation, staging, and response assessment of Hodgkin and Non-Hodgkin lymphoma: The Lugano classification. *J Clin Oncol*. 2014;32:3059-68. doi: 10.1200/JCO.2013.54.8800
15. Kostakoglu L. Guest editorial. *Semin Nucl Med*. 2018;48(1):1-3.
16. El-Galaly TC, Gormsen LC, Hutchings M. PET/CT for Staging; Past, Present, and Future. *Semin Nucl Med*. 2018;48(1):4-16.
17. Carrillo-Cruz E, Marín-Oyaga VA, de la Cruz F, Borrego-Dorado I, Ruiz M, Acevedo I. Role of 18F-FDG-PET/CT in the management of marginal zone B cell lymphoma. *Hematol Oncol*. 2015;33:151-68. doi: 10.1002/hon.2181
18. Albano D, Bosio G, Giubbini R, Bertagna F. 18F-FDG PET/CT and extragastric MALT lymphoma: Role of Ki-67 score and plasmacytic differentiation. *Leuk Lymphoma*. 2017;58(10):2328-34. doi: 10.1080/10428194.2017.1298754
19. Novelli S, Briones J, Flotats A, Sierra J. PET/CT assessment of follicular lymphoma and high grade B cell lymphoma-Good correlation with clinical and histological features at diagnosis. *Adv Clin Exp Med*. 2015;24:325-30. doi: 10.17219/acem/31804
20. Barrington SF, Kirkwood AA, Franceschetto A, Fulham MJ, Roberts TH, Almquist H, et al. PET-CT for staging and early response: results from the Response-Adapted Therapy in Advanced Hodgkin Lymphoma study. *Blood*. 2016;127(12):1531-8. doi: 10.1182/blood-2015-11-679407.
21. Cerci JJ, Bogoni M, Buccheri V, Sa de Camargo EC, Bruno TM, Baiocchi O, et al. Fluorodeoxy glucosa – positron emission tomography staging can replace bone marrow biopsy in Hodgkin’s lymphoma. Results from the Brazilian Hodgkin’s Lymphoma Study Group. *Hematol Transfus Cell Ther*. 2018;40(3):245-9.
22. Boellaard R, Delgado-Bolton R, Oyen WJ, Giammarile F, Tatsch K, Eschner W et al. FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: Version 2.0. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2015;42:328-54. doi: 10.1007/s00259-014-2961-x

23. Kostakoglu L, Chauvie S. Metabolic Tumor Volume Metrics in Lymphoma. Semin Nucl Med. 2018;48(1):50-66.

### **Conflicto de intereses**

Los autores no declaran conflicto de intereses.

### **Contribuciones de los autores**

- Teresa Alejandra Fundora Sarraff: Realizó aportaciones importantes a la idea de concebir el artículo, a la selección de la bibliografía utilizada, a la redacción del borrador del artículo, a la revisión crítica del contenido científico y a la aprobación final de la versión que va a publicarse.
- Láser Humberto Hernández Reyes: Contribuyó a la concepción del artículo, a la redacción del borrador del artículo y revisión crítica del contenido científico.
- Martha Dora Chávez Pérez-Terán: Contribuyó a la concepción del artículo, a la selección de la bibliografía utilizada y a la revisión crítica del contenido científico.