

Avances en Medicina Nuclear: un acercamiento al PET/CT

Núñez Gómez, Llinet¹
Ramos Suárez, Verónica²
Calderón Marín, Carlos Fabián³

¹ Instituto de Nacional de Oncología y Radiobiología / Medicina Nuclear, La Habana, Cuba, Correo electrónico: llinet@inor.sld.cu

² Facultad de Tecnología de la Salud/Investigación y Postgrado, La Habana, Cuba, Correo electrónico: veronicars@infomed.sld.cu

³ Instituto de Nacional de Oncología y Radiobiología / Medicina Nuclear, La Habana, Cuba

Resumen: Introducción: La Radiología y la Medicina Nuclear han experimentado un evidente avance tecnológico, sus aplicaciones clínicas cada vez son más amplias. Razón por la cual en los últimos años ha habido una expansión en el diagnóstico por imágenes para la detección de disímiles patologías. *Objetivo:* identificar los elementos que marcaron la evolución del PET/CT para el mejoramiento del diagnóstico por imágenes. *Métodos:* se utilizaron métodos del nivel teórico como fueron, el histórico – lógico, análisis- síntesis, la inducción- deducción, la sistematización y la revisión bibliográfica de literatura digital e impresa relacionada con el tema. *Resultados:* se identificó que en la década del 90, se marcó el despegue y aplicación clínica definitiva del PET, en un principio experimental y luego validado para múltiples aplicaciones, especialmente en el campo de la Oncología. *Conclusiones:* En la actualidad la tecnología biomédica PET/CT ha ganado considerable atención por parte de comunidad médica debido a su capacidad para aportar información sobre procesos metabólicos a partir del PET e información anatómica a partir del CT en una sola exploración.

***Palabras clave:* PET/CT, Medicina Nuclear, tecnología biomédica, Oncología**

I. INTRODUCCIÓN

El 8 de noviembre de 1895 fueron descubiertos accidentalmente los rayos X, por el profesor Wilhelm Conrad Roentgen. Pero al tener la radiología convencional ciertas limitaciones se introduce en 1931 por Ziedes des Plantes la tomografía lineal también conocida como planigrafía. La tomografía lineal es la forma básica de tomografía, es una técnica radiográfica que obtiene imágenes de un plano del organismo u objeto radiografiado. Consiste en visualizar estructuras anatómicas específicas y borrar estructuras adyacentes. ^(1,2,3)

Luego en la década de 1960, se utilizó clínicamente por primera vez la tomografía computarizada (CT en sus siglas en inglés) pero no fue hasta finales de 1970 y principios de 1980 que el uso médico de la CT fue generalizada. Su introducción en el diagnóstico médico supuso una revolución comparable a la del descubrimiento de las primeras radiografías. Gracias al trabajo de cientos de rayos X que crean imágenes tridimensionales detalladas se pueden observar las estructuras internas del paciente sin el solapamiento propio de la radiología convencional. ⁽⁴⁾

Sin embargo la informatización es lo que marco este desarrollo tecnológico, en la tomografía computarizada (CT) de rayos X, permite obtener imágenes de cualquier región anatómica a partir de la medición de la transmisión de los rayos X a través del paciente a diferentes ángulos (proyecciones). La atenuación de los rayos X depende de la densidad de los tejidos en la zona anatómica.

En la década del 90, surge la tomografía por emisión de positrones (PET) en sus siglas en inglés, es una técnica que permite obtener imágenes de la distribución espacial de radiofármacos emisores de positrones a partir de la detección de la distribución espacial y temporal de los fotones emitidos después de la aniquilación electrón-positrón, situación que marcó el despegue y aplicación clínica definitiva del PET, en un principio experimental y luego validado para múltiples aplicaciones, especialmente en el campo de la Oncología en Medicina Nuclear. ⁽⁵⁾

En la actualidad la tecnología biomédica PET/CT ha ganado considerable atención por parte de comunidad médica debido a su capacidad para aportar información sobre procesos metabólicos a partir del PET e información anatómica a partir del CT en una sola exploración. Este es un procedimiento de diagnóstico por imágenes de inestimable valor para detectar, estadificar y monitorear la respuesta al tratamiento de muchas enfermedades malignas. ^(1,2) Identificadas como una de las primeras causa de mortalidad en la población a nivel nacional y mundial.

Razón por la cual el pronóstico y tratamiento de un paciente depende de una información precisa del estadio tumoral. Aproximadamente la tercera parte de la carga de morbilidad por cáncer se podría reducir si los casos se detectaran y trataran precozmente. La detección precoz del cáncer está fundamentada por la observación de que el tratamiento resulta más eficaz si el cáncer ha sido detectado tempranamente.

Al respecto los autores consideran pertinente identificar los elementos que marcaron la evolución del PET/CT para el mejoramiento del diagnóstico por imágenes, dado su importancia para asumir el manejo de una tecnología biomédica híbrida que impone establecer medidas de seguridad y protección radiológica en su uso.

II. MATERIAL Y MÉTODO

Se utilizaron métodos del nivel teórico: El *análisis- síntesis*: fue utilizado mediante el análisis realizado a las informaciones relacionadas con el tema, se identificaron las tendencias, definiciones y resultados de las investigaciones, igualmente se sintetizó la información que permitió evidenciar la evolución de ambas tecnología y su posterior fusión.

La *inducción- deducción*: facilitó inducir los hitos desde el origen desde una visión general para dar respuesta ha disimiles problemas de salud, así como los momentos particulares que sustentan el desarrollo actual.

El *histórico – lógico*: para la periodización desde el origen, el desarrollo y evolución actual, siguiéndose la lógica de las tendencias del origen hasta la actualidad. La *sistematización*: mediante este método se identificó el transito temporal y espacial del PET/CT desde la visión de los resultados de investigaciones referente al tema en diferentes contextos y épocas.

III. RESULTADOS

El descubrimiento de los rayos X revoluciono el campo de la medicina, al permitir captar las estructuras del organismo. Sus primeros usos fueron en la Radiología, en la obtención de las radiografías. Son muy útiles a la hora de detectar enfermedades en el esqueleto, pero también son usados para diagnosticar las enfermedades de los tejidos blandos, éstas pueden ser: cáncer en los pulmones, abscesos, neumonía, edema pulmonar, entre otros. ^(1,2)

Fue largo el proceso de investigación y los rayos X fueron un gran avance tecnológico en el campo de la medicina. La radiología convencional tiene ciertas limitaciones como:

- ☞ Proyección en una imagen 2D de una estructura 3D.
- ☞ Pérdida de información de profundidad.
- ☞ Imagen confusa debida a la superposición de planos.
- ☞ Diferenciación insuficiente entre tejidos blandos (sin usar agentes de contraste)
- ☞ No permite medidas cuantitativas de las densidades del tejido. ⁽²⁾

Sin embargo, la tomografía axial computarizada (TAC, CT o escáneres CAT) superó algunas limitaciones al utilizar un procedimiento conocido como reconstrucción de imagen a partir de sus proyecciones. Desde su presentación, en 1972, esta técnica se ha convertido en un método insustituible para el estudio de múltiples procesos patológicos, y prueba de ello fue la concesión del premio Nobel a su descubridor Hounfiel en 1979. Con el uso de los rayos X como fuente para crear imágenes de los tejidos del cuerpo. Los rayos X son una forma de radiación de alta energía y son por sí mismos, capaces de causar cáncer. ⁽⁴⁾

Debido a que el sistema PET carece de una referencia anatómica que determine la localización exacta de estas anormalidades, en 1994 el grupo de Townsend y colaboradores empiezan a trabajar en la fusión del sistema a un sistema de tomografía computarizada (CT). PET es una técnica de diagnóstico clínico no-invasivo que permite la imagen funcional “in vivo” del metabolismo celular .Su importancia en especialidades como la Oncología, Neurología o Cardiología está bien avalada por la literatura científica donde gran cantidad de datos sugieren que la PET es superior a las técnicas convencionales de imagen en determinadas situaciones clínicas. ^(5,6) Permite obtener imágenes mediante el uso de compuestos biológicamente activos, sustratos, o fármacos marcados con emisores de positrones. Estos agentes marca-

dos se administran normalmente vía intravenosa, distribuyéndose según el flujo sanguíneo y son asimilados independientemente de su carácter radiactivo.

El primer tomógrafo PET/CT, fue introducido para el uso clínico en 1998 en el Medical Center de la Universidad de Pittsburgh, diseñado por D. Townsend, después de tres años de desarrollo y salvar las dificultades técnicas que ocasionaba fusionar dos equipos en uno. ⁽⁷⁾ La tomografía híbrida PET/CT es la técnica más avanzada y novedosa en el campo del diagnóstico por imágenes que combina las ventajas de las dos exploraciones; tomografía por emisión de positrones y tomografía computada (CT). El equipo es, simultáneamente, un PET y un CT. ^(8, 9)

El estudio es una técnica diagnóstica que aporta distinta información sobre el cuerpo humano. La PET es una prueba que permite obtener imágenes de la función celular para evidenciar las diferencias entre el tejido sano y el enfermo, mientras que la CT aporta imágenes, que permiten la localización anatómica precisa de las anomalías observadas en el PET. Es una de las modalidades emergentes que está experimentando un desarrollo impresionante y constituye el pilar del diagnóstico morfo-funcional.

La principal desventaja de la modalidad PET/CT es su alto costo. Esto se debe no solo al escáner con electrónica especializado y mayor número de detectores, sino la corta vida media de los emisores de positrones, que obliga a producirlos in situ con un acelerador de partículas(ciclotrón) y sintetizarlos con moléculas apropiadas en un laboratorio de radioquímica. ⁽⁴⁾

Sin embargo los autores consideran que en la relación riesgo-beneficio es necesario hacer un alto en la optimización de protocolos que contribuyan a mejorar la asistencia de nuestros pacientes a través de la optimización de la dosis sin poner en riesgo el diagnóstico ya que ofrece el equilibrio perfecto entre calidad de imagen y cantidad de dosis, y promueve el uso óptimo de las tecnologías. Todo ello gracias a una estrategia de dosis que es esencial para conseguir el máximo aprovechamiento de los equipos y más beneficio para los pacientes.

En la protección del paciente, los beneficios son recibidos por el mismo individuo, el paciente, y la dosis al paciente es determinada principalmente por las necesidades médicas. Sin embargo, la administración de la dosis al paciente es importante y frecuentemente puede estar facilitada, para los procedimientos diagnósticos e intervencionistas, por el uso de un nivel de referencia para diagnóstico, que es un método para evaluar si la dosis al paciente (en cuanto a efectos estocásticos) es excepcionalmente alta o baja para un particular procedimiento de diagnóstico médico por imágenes.

La importancia de las imágenes médicas que utilizan radiación ionizante, el uso continuo y en aumento tanto en niños como en adultos y la preocupación persistente y frecuentemente generalizada por la posibilidad a largo plazo de sufrir cáncer relacionado a radiación ionizante en los niveles de la radiología diagnóstica, estos elementos necesitan la comprensión razonable de la relación riesgo-beneficio de las imágenes médicas para diagnóstico. ^(10, 11) En los últimos años la cantidad de estudios por imágenes ha aumentado y es muy posible que esta tendencia continúe a escala global. A medida que el progreso tecnológico crea aparatos más sensibles y rápidos y su acceso a ellos aumenta en todo el mundo, más pacientes estarán expuestos a radiación. ⁽¹²⁾ Para asegurar que sólo se efectúen pruebas justificables, se asume que la solicitud de estos estudios se debe analizar con un radiólogo y cumplir los protocolos previamente establecidos.

Es responsabilidad del médico evaluar los beneficios y los riesgos de cualquier estudio propuesto, incorporar los consejos de las recomendaciones existentes y proporcionar a los pacientes la información necesaria antes de efectuar estudios por imágenes con dosis altas de radiación. ⁽¹²⁾

La PET/CT podría resultar coste-efectiva al reducir el número de exploraciones diagnósticas innecesarias y evitar intervenciones quirúrgicas u otros tratamientos no efectivos. Tiene la ventaja frente a la PET sola de reducir el tiempo de exploración, lo que supone una mayor comodidad para el paciente y una mayor eficiencia del centro PET, pero sobre todo que la adquisición de PET y CT simultáneamente reduce los problemas relacionados con la falta de alineación y el cambio de posición del paciente entre ambas exploraciones.

En Cuba, recientemente, como parte del programa de inversiones en alta tecnología del MINSAP se ha instalado en el Departamento de Medicina Nuclear del Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología un sistema híbrido PET/CT Philips Gemini TF64. En virtud de lo anteriormente expuesto, desarrollar una estrategia de optimización de dosis para las exploraciones PET/CT de cuerpo completo sin afectar la calidad de las imágenes multimodales constituye un tema de interés para el Departamento de Medicina Nuclear del INOR que puede contribuir significativamente a disminuir los riesgos de exposición a las radiaciones de los pacientes.

Este es un punto preponderante dado que en los estudios PET/CT se emplean radiaciones ionizantes y durante un tiempo los pacientes son radiactivos. Sin embargo, dado el corto periodo de semidesintegración, la rápida eliminación urinaria y el hecho de que la duración global de la prueba de casi 2 h (una media de 60-90 min de incorporación y 15-20 min de adquisición), al finalizar la exploración se puede recomendar una vida normal. Esto no compromete la salud del paciente ni la de las personas que le rodean, si bien hay que seguir unas sencillas normas de protección radiológica para minimizar la exposición a las radiaciones ionizantes.

La tomografía computada aporta más de la mitad de la dosis total recibida por el paciente. En promedio, y depende de la técnica utilizada, una tomografía de cuerpo entero puede aportar una dosis efectiva (E) de aproximadamente 24 mSv.⁽¹³⁾ En caso de los estudios que combinan las imágenes de ambas modalidades (imágenes multimodales) la dosis absorbida que aportan es relativamente alta en comparación otras modalidades convencionales. La dosis efectiva de la componente PET del tomógrafo es determinada por la actividad administrada y típicamente no excede los 22 mSv.

Las dosis radiactivas administradas para realizar una PET/CT están dentro del rango permitido para estudios radiológicos, pero las dosis de radiación absorbidas por los distintos tejidos del paciente son superiores cuando el estudio de transmisión se realiza con CT en comparación al realizado con fuente externa de germanio-68 (Ge-68), especialmente en los estudios PET de cuerpo entero.^(14,15)

La dosis total en un estudio PET/CT de cuerpo completo pudiera ser aproximadamente es igual a 46 mSv. Varios estudios sobre evaluación de riesgo en los estudios de cuerpo completo con PET/CT han sido realizados proponiendo regímenes de reducción de actividad a administrar de radiofármacos PET sin comprometer la calidad de las imágenes PET conjuntamente con protocolos de adquisición de baja dosis para CT con una calidad aceptable en las imágenes de CT.⁽¹⁶⁾ La dosimetría en Radiología y Radiofísica Médica es un tema difícil de abordar, pero de vital importancia para una adecuada estimación de las dosis con las cuales se trabaja. El personal de las instalaciones deberá utilizar sus dispositivos de dosimetría personal rigurosa y regularmente, de manera que sus lecturas sean fiables para su evaluación y comparación mes a mes.

IV. CONCLUSIONES

La identificación del origen, la evolución y desarrollo del PET/CT facilita evidenciar la relación riesgo-beneficio que se establece en el manejo de esta modalidad diagnóstica que fusiona dos modalidades, lo cual mejora el proceso de obtención de imágenes en Medicina Nuclear con la incorporación del CT y así un brindar servicio de calidad a los pacientes. Además, su logro identificar que es importante optimizar los protocolos de examen para obtener imágenes con calidad diagnóstica suficiente con la dosis tan baja como sea posible. La optimización como herramienta de protección radiológica tiene más trascendencia en pacientes especialmente sensibles a las radiaciones ionizantes, como los niños y las mujeres jóvenes o embarazadas.

V. REFERENCIAS

1. Rodríguez GM, Asensio BC. PET-TAC: Indicaciones, revisión sistemática y Meta-Análisis. Agencia de evaluación de tecnologías sanitarias. 2004
2. Sanz VM, Romano HL, Funes FJ, Namías M. Optimización de la dosis tomográfica en función del tamaño del paciente en estudios PET/CT de cuerpo entero. Congreso Argentino de Física Médica, 7 Congreso Latinoamericano de Física Médica. Argentina, septiembre 4 - 7, 2016
3. Ugarte Suárez J.C. Manual de Imagenología. Editorial de Ciencias Médicas. La Habana. Cuba; 2017. Pág. 11
4. Hernández Muñoz S. Mitjavila Casanovas M. Introducción a la tecnología computada. Rev Esp Med Nucl. 2006; 25 (3):206-16.
5. Hervás Benito I. y Francisco Martí Vidal J. La Tomografía de emisión de positrones (PET) y la PET-TAC. Dos apuestas seguras para un futuro próximo. Servicio de Medicina Nuclear. Hospital Universitario "La Fe". Valencia. España.
6. Caicoya.M. EL PET. La historia de la introducción de una tecnología. 14/04/2014.
7. Gevara S. PET/TC: Utilidad diagnóstica, actualización de sus indicaciones y análisis de los costos en salud. 2013.
8. Ladrón de Guevara d., Pefaur R. PET/CT en cáncer pulmonar. Rev Med Chile 2010; 138: 1441-1450.
9. A. PET/CT: una apuesta por una tecnología joven, revolucionaria y dinámica .Hospital Clínicoquirúrgico "Hermanos Ameijeiras". La Habana, Cuba. IntraMed - Artículos - Riesgos de la exposición a los estudios radiológicos. 1997-2017.
10. Castaño CH, Asensio BC, Caballero PB, Llorente HM. Guía PET-TC. Protocolo de prescripción. MUFACE 2011.
11. Hernández- Girón I. X-Ray Computed Tomography: Advances in Image Formation Med Phys 2011; 38:S1-S125.
12. Lovera FC. Tomografía de Emisión de Positrones, PET. Disponible en: <file:///C:/Users/dr/Desktop/biblio%20introd/1/Medicina%20Nuclear%20-%20PET.htm>.
14. Eleonore H de Groot1*, Nieky Post2, Optimized dose regimen for whole-body FDG-PET imaging. Research 2013, 3:63.
15. Gaceta Oficial de la República de Cuba Ministerio de justicia. Edición ordinaria .LA HABANA, viernes 4 de enero de 2002.

16. Garantía de calidad y protección radiológica en las exposiciones médicas en Europa. Un ejemplo a seguir. Rev. chil. radiol. v.13 n.4 Santiago .Vol. 13 N2 4, 2007; 208-212.