

## Índice

Resumen.....	3
Introducción.....	4
I. Tomografía por Emisión de Positrones.....	5
II. Evolución de la PET.....	6
III. Funcionamiento de la PET.....	8
IV. Instrumentación.....	14
V. Proceso de captura de Imagen y Radiofármacos.....	15
VI. Algunos de los usos comunes del procedimiento.....	18
VII. Forma en la que debe prepararse al paciente para un estudio por PET.....	20
VIII. Significado de los resultados Anormales y Normales.....	21
IX. Cuáles son los Beneficios y Riesgos.....	22
Conclusión.....	25
Bibliografía.....	26

## Resumen

La tomografía por emisión de positrones (PET) es una técnica de diagnóstico por imagen funcional que se utiliza preferentemente con fines clínicos en Oncología, siendo también empleada en Neurología y Cardiología. El objetivo de esta técnica es estudiar la actividad metabólica y el flujo sanguíneo en diversos tejidos, utilizando diversos radionúclidos de vida corta.

La PET tiene sus orígenes con David E. Kuhl y Edwards Roy en la década de 1950, pero más bien fue un trabajo en conjunto de varios científicos como: Michel Ter-Pogossian, Michael E. Phelps, Gordon Brownell, Charles Burnham, Al Wolf, Joanna Fowler, Abass Alavi, James Robertson, ZH Cho, entre otros.

Las principales ventajas del PET surgen de las propiedades físicas de la emisión de positrones. Cuando un positrón, electrón cargado positivamente, interactúa con un electrón del medio, se aniquilan (desaparecen) liberando energía, esta energía va a ser captada por un anillo que se encontrará alrededor del paciente, haciendo posible formar una imagen en la computadora. Este positrón saldrá emitido de un radiofármaco que se le implantará a la persona a la cual se le hará la prueba, para registrar la actividad metabólica con la PET.

Al paciente se le solicitará que no realice diferentes tipos de actividades antes de la prueba, ya que podría afectar los resultados.

Palabras Claves: Tecnología Sanitaria, Tomografía, FDG (Flúor-Desoxi-Glucosa), Positrón, Aniquilación partícula-antipartícula.

## **Introducción**

El campo de la medicina se ha visto en gran desarrollo en las últimas décadas, gracias al avance de las ciencias básicas o naturales que han servido de base, ya que con los resultados que dan las investigaciones de estas ciencias, se han podido incorporar nuevas técnicas para la captura de imagen a la medicina, que apoyan fuertemente a un diagnóstico o tratamiento.

Una de estas técnicas es la Tomografía por Emisión de Positrones o PET, esta la podemos ver en los hospitales hoy en día gracias a los estudios hechos en relación al Big Bang, La Mecánica Cuántica y otras ramas de la física y química, que exponen la explicación de el comportamiento de la antimateria al momento en el que interactúa con un electrón.

La PET ha venido desarrollándose de una manera tan dinámica que esta desplazando a la Tomografía Computarizada (TC) en cuanto a información y exactitud se refiere. En ramas de la medicina como la Oncología, Neurología y Cardiología la PET se esta implementando frecuentemente, y ha arrojado resultados inalcanzable por otras técnicas.

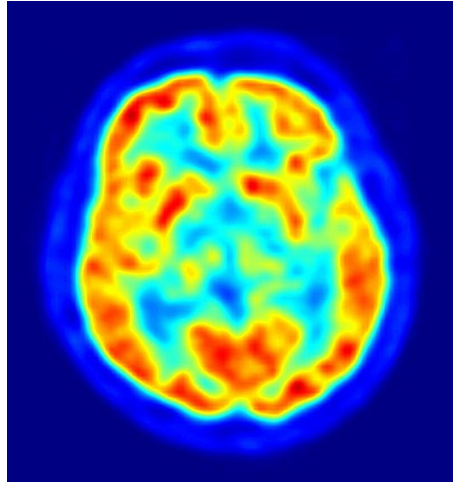
## **I. Tomografía por Emisión de Positrones**

La tomografía por emisión de positrones o PET (por las siglas en inglés de *Positron Emission Tomography*), es una tecnología sanitaria propia de una especialidad médica llamada medicina nuclear.

La Tomografía por Emisión de Positrones es una técnica no invasiva de diagnóstico e investigación "in vivo" por imagen capaz de medir la actividad metabólica del cuerpo humano. Al igual que el resto de técnicas diagnósticas en Medicina Nuclear como el SPECT, la PET se basa en detectar y analizar la distribución tridimensional que adopta en el interior del cuerpo un radiofármaco de vida media ultracorta administrado a través de una inyección intravenosa. Según qué se desee estudiar se usan diferentes radiofármacos.

Así, la PET nos permite estimar los focos de crecimiento celular anormal en todo el organismo, en un solo estudio, por ser de un estudio de cuerpo entero, por lo tanto nos permitirá conocer la extensión. Pero además sirve, entre otras cosas, para evaluar en estudios de control la respuesta al tratamiento, al comparar el comportamiento del metabolismo en las zonas de interés entre los dos estudios.

Además de la oncología, donde la PET se ha implantado con mucha fuerza como técnica diagnóstica, desplazando al TAC como primera opción en algunas indicaciones, otras áreas se han beneficiado de este tipo de exploraciones como lo son la neurología y la cardiología. También tiene un gran papel en estudios de experimentación clínica.



**Figura 1.** Imagen capturada en una PET cerebral típica

## **II. Evolución de la PET**

El concepto de la transmisión y la tomografía por emisión fue presentado por David E. Kuhl y Edwards Roy en la década de 1950. Su trabajo posterior condujo al diseño y la construcción de varios instrumentos en la tomografía de la Universidad de Pennsylvania . Técnicas de imagen tomográfica fueron desarrolladas por Michel Ter-Pogossian , Michael E. Phelps y otros en la , Escuela de Medicina de la Universidad de Washington.

El trabajo de Gordon Brownell, Charles Burnham y sus asociados en el Hospital General de Massachusetts, a partir de la década de 1950 contribuyó significativamente al desarrollo de la tecnología PET y contó con la primera demostración de radiación de aniquilación de imágenes médicas. Sus innovaciones, incluyendo el uso de la luz de tuberías, y análisis volumétrico han sido importantes en el despliegue de imágenes de PET. En 1961, James Robertson y sus colegas del Laboratorio Nacional Brookhaven construyeron el primer escáner PET, apodado la "cabeza-Shrinker."

Es interesante observar que uno de los factores más responsables de la aceptación de la imagen de positrones fue el desarrollo de radiofármacos. En particular, el desarrollo de la etiqueta de 2 fluorodeoxy-D-glucosa (2FDG) por el grupo de Brookhaven, bajo la dirección de Al Wolf y Joanna Fowler fue un factor importante en la ampliación del ámbito de aplicación de la PET. El compuesto se administró por primera vez a dos voluntarios humanos normales por Abass Alavi en agosto de 1976 en la Universidad de Pennsylvania. Las imágenes del cerebro obtenidas con un normal (no PET) escáner nuclear demostraron la concentración de FDG en dicho órgano. Más tarde, la sustancia se utiliza en los escáneres por tomografía de positrones dedicada, para producir el procedimiento moderno.

La extensión lógica de la instrumentación de positrones es un diseño con dos matrices de 2 dimensiones. PC-I fue el primer instrumento con este concepto y fue diseñado en 1968, completado en 1969 y se comunicó en 1972. Las primeras aplicaciones de PC-I en el modo de tomografía a diferencia del modo de tomografía computarizada se registraron en 1970. Pronto se hizo claro para muchos de los involucrados en el desarrollo de PET que un arreglo circular o cilíndrico de detectores fue el siguiente paso lógico en la instrumentación de PET. Aunque muchos investigadores tomaron este enfoque, James Robertson y ZH Cho fueron los primeros en proponer un sistema de anillos que se ha convertido en el prototipo de la forma actual de la PET.

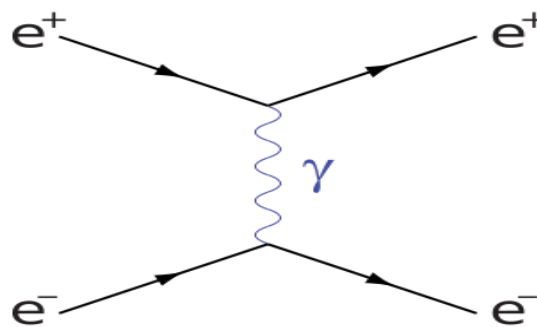
### III. Funcionamiento de la PET

#### -Bases Físicas

##### a) Proceso de aniquilación.

Las principales ventajas del PET surgen de las propiedades físicas de la emisión de positrones. Cuando un positrón, electrón cargado positivamente, es emitido desde el núcleo, viaja una corta distancia perdiendo energía hasta que interactúa con un electrón del medio, de modo que ambos se aniquilan (desaparecen). La masa del electrón y del positrón se convierte en energía bajo forma de dos rayos gama (cada uno de 511 keV), que viajan en direcciones opuestas (a 180°).

La energía del positrón determina la distancia que recorre antes de la aniquilación, pero siempre el resultado de ésta es la producción de dos fotones de 511 keV. Por tanto, al contrario del SPECT donde normalmente es emitido un fotón único en cada desintegración, en PET es emitido simultáneamente un par de fotones y en consecuencia su detección involucra un par de detectores en situación opuesta que debe registrar eventos en un mismo instante de tiempo (o sea, en coincidencia).



**Figura 2.** Proceso de aniquilación partícula-antipartículas.

### **b) Punto de aniquilación.**

Debido a que dos fotones viajan en direcciones opuestas, el punto de aniquilación estará ubicado en una línea recta que une ambos puntos de detección. Esto significa que la información direccional se puede determinar “electrónicamente” sin la necesidad de una colimación convencional. Al contrario de las cámaras gama, la detección no se limita a aquellos fotones que viajan en ángulos rectos respecto al detector y en consecuencia la sensibilidad es varias veces mayor en PET que para SPECT. La colimación se mantiene normalmente para separar datos de diferentes planos, sin embargo en cada uno de los planos no existe una colimación convencional.

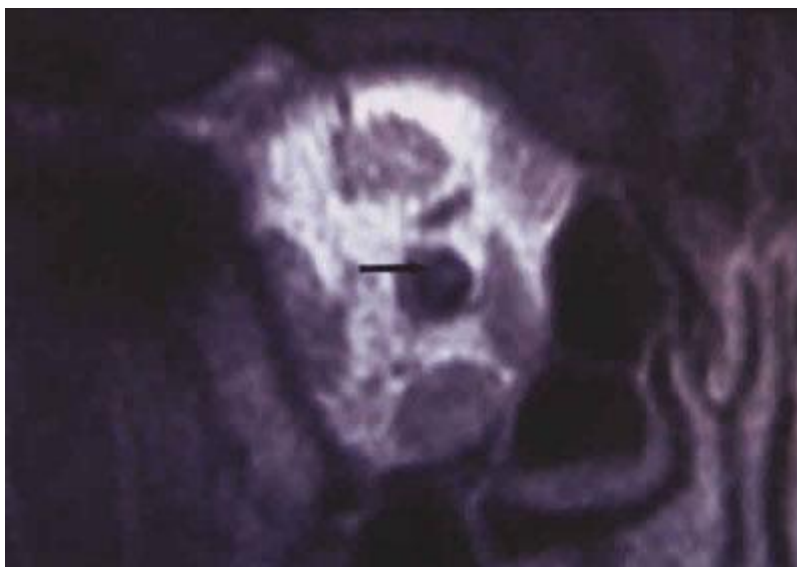
### **c) Atenuación.**

En la detección de fotones por coincidencia, la atenuación dependerá solamente del recorrido total a través del paciente, pero será independiente de la ubicación exacta del evento de aniquilación en la profundidad del tejido. Esto es bastante diferente del caso de SPECT donde la atenuación representa un problema importante debido a la dificultad para corregirla matemáticamente.

La detección de eventos de positrones necesita la llegada al detector de ambos fotones de 511 keV. La pérdida de cualquiera de los fotones debido a la atenuación significa que la detección de coincidencia no se llevará a cabo. Por tanto, vemos que el número de eventos detectados dependerá de la probabilidad de que ambos fotones alcancen los detectores.

La corrección de atenuación en PET se basa en que, independientemente de la localización del evento de aniquilación, uno u otro de los fotones atravesarán la totalidad del espesor corporal. De hecho, lo mismo se aplica para una fuente

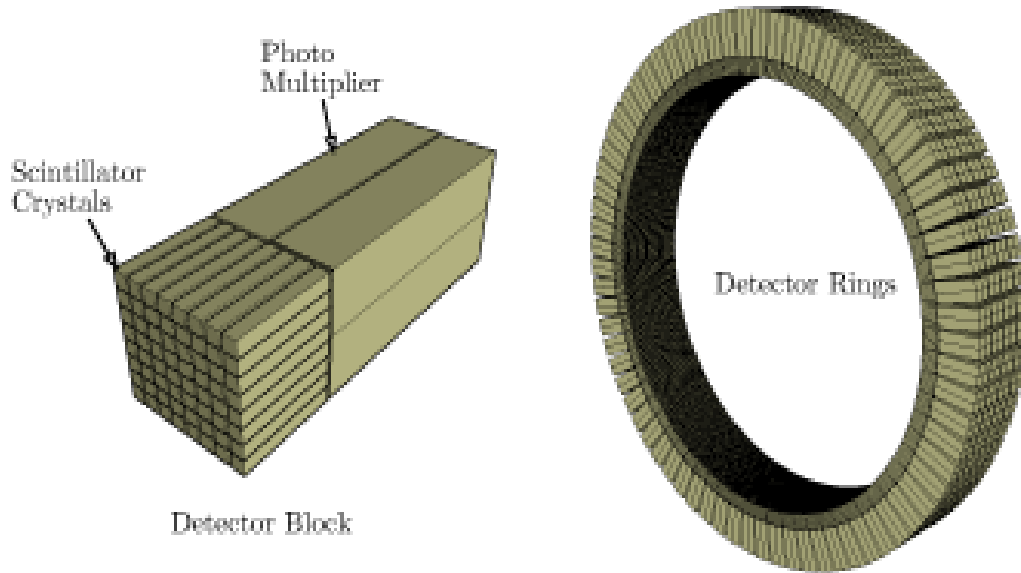
de positrones colocada fuera del cuerpo, situación en la cual uno de los fotones no será atenuado mientras que el otro deberá atravesar la totalidad del cuerpo. Este hecho permite una medida directa de la atenuación para cada trayecto del rayo gama que atraviesa el cuerpo utilizando una fuente de transmisión externa.



**Figura 3.** Imagen tomada con una PET, en la órbita derecha se aprecia una posible recidiva tumoral en el muñón del nervio óptico, esto es posible por la atenuación (flecha: imagen estrellada).

#### **d) Limitaciones físicas de la resolución inherentes al PET.**

-Efecto de alcance: El proceso de detección identifica el punto de aniquilación, el cual está en una ubicación remota respecto al punto de origen del positrón. La inexactitud respecto a la verdadera ubicación del evento dependerá de la energía del positrón, que determinará la distancia recorrida antes de la aniquilación.



**Figura 4.** Vista esquemática de un tomógrafo PET, este se encarga de captar la energía liberada por la aniquilación de partículas, llevada a cabo en el paciente.

-Efecto angular: Una limitación adicional consiste en que los fotones dobles no viajan exactamente a  $180^\circ$  de diferencia sino que existe una leve variación angular ( $< 0.5$  grados) lo cual limita adicionalmente la resolución que puede obtenerse a unos 2-3 mm. Es interesante que, dado un suficiente número de fotones, el SPECT no posee esta limitación, de modo que en teoría, podría conseguirse una mejor resolución que con PET. La variación angular es importante para positrones de baja energía, como por ej.: Flúor-18, mientras que este efecto es insignificante para mayores energías.

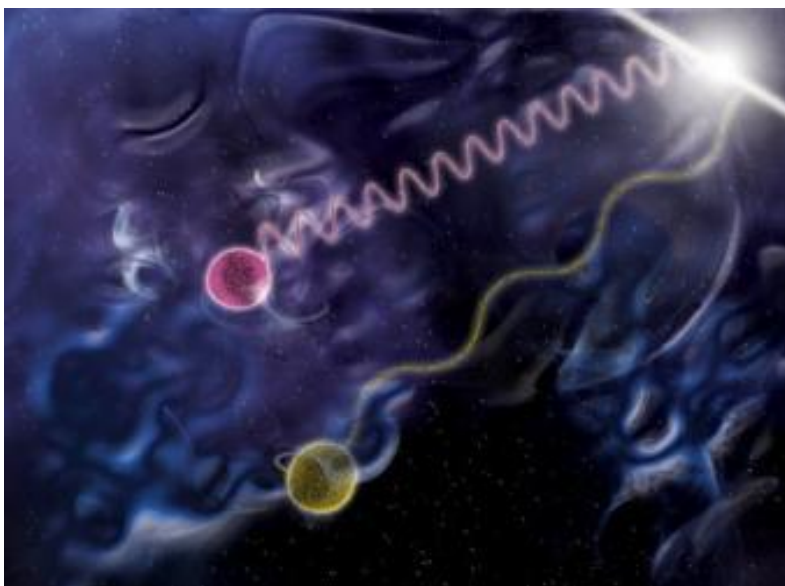
-Resolución intrínseca y global: Como en SPECT, la resolución intrínseca dependerá del propio detector. En caso de un detector en bloque, está definida por el tamaño de los cristales individuales ( $\text{FWHM} \sim \frac{1}{2} \times \text{tamaño del detector}$ ). La resolución global dependerá del efecto combinado de la resolución intrínseca, el efecto de alcance y el efecto angular.

-Radiación dispersa: La radiación dispersa ha recibido mucha atención en SPECT, mientras que en PET, ha sido considerada un efecto menor, en parte porque, con una geometría convencional, el número de eventos dispersos es relativamente bajo ( $< 15\%$ ). Sin embargo, con sistemas PET tridimensionales que no poseen septos entre los planos, la fracción de radiación dispersa puede ser mayor que para SPECT. La mayor parte de los eventos dispersos resultarán de la dispersión de sólo uno de ambos fotones. La línea de coincidencia resultante puede incluso trazarse “fuera” del cuerpo.

-Coincidencia aleatoria: Un tipo de evento característico de PET es la coincidencia accidental o aleatoria. En la práctica, el circuito de coincidencia no es instantáneo, sino que acepta dos eventos detectados dentro de una pequeña ventana temporal, del orden de 8-12 nanosegundos, para ser considerados originarios de una única aniquilación. Dos fotones detectados dentro de esta ventana de tiempo serán considerados un único evento aunque se hayan originado en dos aniquilaciones separadas.

El número de eventos aleatorios depende de la tasa de conteo debido a que la probabilidad de detectar por casualidad dos fotones no relacionados entre sí (o sea, originados de diferentes emisiones de positrones) aproximadamente al mismo tiempo, se incrementa con una tasa de conteo mayor. Afortunadamente los eventos aleatorios pueden ser calculados o medidos directamente, sin embargo, actúan como una fuente adicional de ruido.

-Tiempo de vuelo: Para ser completa, cualquier discusión sobre física de PET debe incluir el tiempo de vuelo. Los principios descritos hasta ahora asumen que los fotones de aniquilación son detectados “simultáneamente”. En realidad, ambos fotones viajan a la velocidad de la luz, pero llegarán en tiempos levemente distintos dependiendo del punto de aniquilación. La electrónica moderna puede detectar esta diferencia de tiempo en un rango de los 500 picosegundos, lo cual sólo es suficiente para ubicar directamente el evento de aniquilación en una región de 8 cm.



**Figura 5.** Representación del vuelo de dos fotones, estos viajan a la velocidad de la luz  $c$ , pero el tiempo dependerá de la distancia a donde tengan que viajar.

#### **IV. Instrumentación**

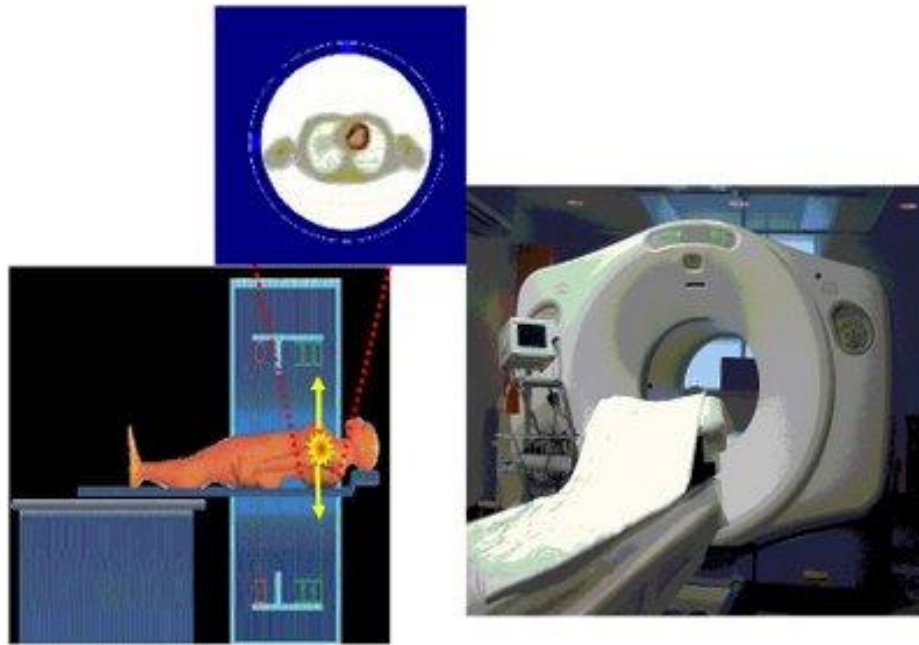
La instrumentación en PET se ha desarrollado considerablemente desde los primeros sistemas diseñados. El sistema consiste básicamente en múltiples detectores en anillo, y cada anillo contiene un juego de pequeños detectores. El diseño de los sistemas PET ha intentado satisfacer diferentes objetivos:

La mejoría en la resolución se logra reduciendo el tamaño del cristal, sin embargo para evitar que algunos fotones escapen de los cristales pequeños, se han combinado varios cristales en un módulo o “bloque” al cual se acoplan varios tubos fotomultiplicadores relativamente grandes. Típicamente, dos juegos de bloques proveen 16 anillos, cada uno con 512 detectores, que luego de la reconstrucción proporcionan 31 planos cubriendo 10.8 cm en sentido axial. Más recientemente, los diseños intentan extender la dimensión axial a 15-16 cm.

La ubicación de la interacción gama se identifica usando una luz compartida entre los tubos fotomultiplicadores, mientras que la señal sumada del bloque provee información de la energía de modo similar a una cámara Anger estándar.

Clásicamente se utiliza colimación plomada en forma de septos de 1x80 mm, lo cual reduce significativamente la radiación dispersa y las detecciones aleatorias. Recientes desarrollos prescinden de estos septos, de modo que no existe colimación lo cual mejora potencialmente la sensibilidad.

Se aplican varias correcciones a los datos antes de la reconstrucción para corregir las variaciones en la sensibilidad del detector, el tiempo muerto, los eventos aleatorios y la atenuación.



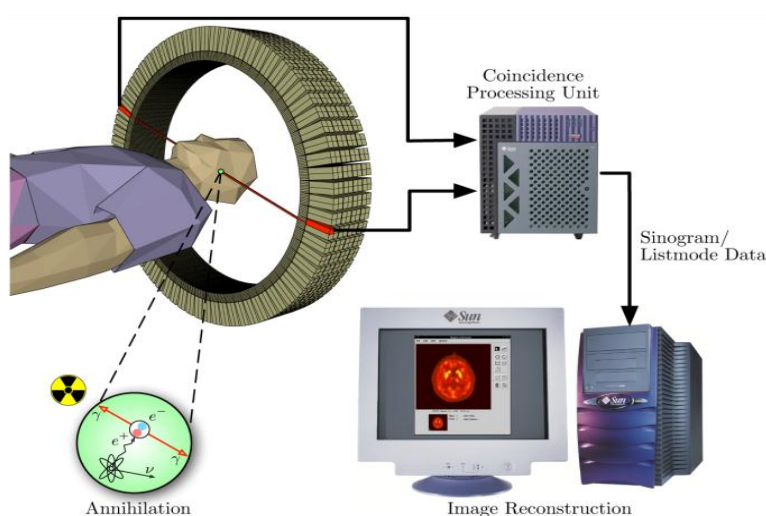
**Figura 6.** Diferentes vistas de una Cámara de Tomografía por emisión de positrones

## **V. Proceso de captura de Imagen y Radiofármacos**

En la PET se emplea una sustancia radiactiva que se inyecta en la corriente sanguínea. Esta sustancia radiactiva se dirige a las zonas del organismo donde existe tejido dañado o que no funciona como corresponde. Estas zonas generalmente tienen lo que los médicos describen como un aumento o disminución de la actividad metabólica. El tomógrafo por emisión de positrones tiene cientos de detectores de radiación que pueden encontrar esta sustancia radiactiva en el organismo. El tomógrafo mide esta radiactividad en todo el organismo y utiliza computadoras para crear imágenes del corazón u otros tejidos corporales.

La imagen se obtiene gracias a que los tomógrafos son capaces de detectar los fotones gamma emitidos por el paciente. Éstos fotones gamma de 511 KeV son el producto de una aniquilación entre un positrón, emitido por el radiofármaco, y un electrón cortical del cuerpo del paciente. Ésta aniquilación

da lugar a la emisión, fundamentalmente, de dos fotones. Para que estos fotones acaben por conformar la imagen deben detectarse "en coincidencia", es decir, al mismo tiempo; en una ventana de tiempo adecuada (nanosegundos), además deben provenir de la misma dirección y sentidos opuestos, pero además su energía debe superar un umbral mínimo que certifique que no ha sufrido dispersiones energéticas de importancia en su trayecto (fenómeno de scatter) hasta los detectores.

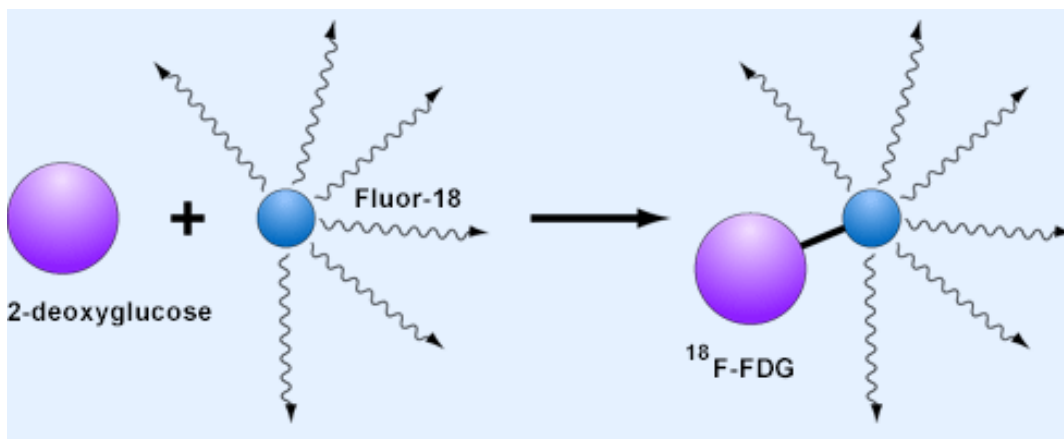


**Figura 7.** Esquema del proceso de captura de la PET.

Los detectores de un tomógrafo PET están dispuestos en anillo alrededor del paciente, y gracias a que detectan en coincidencia a los fotones generados en cada aniquilación conformarían la imagen. Para la obtención de la imagen estos fotones detectados, son convertidos en señales eléctricas. Esta información posteriormente se somete a procesos de filtrado y reconstrucción, gracias a los cuales se obtiene la imagen.

Existen varios radiofármacos emisores de positrones de utilidad médica. El más importante de ellos es el Flúor-18, que es capaz de unirse a la 2-O-trifluorometilsulfonil manosa para obtener el trazador 18-Flúor-Desoxi-

Glucosa ( $^{18}\text{F}$ FDG). Gracias a lo cual, tendremos la posibilidad de poder identificar, localizar y cuantificar, a través del SUV (Standardized Uptake Value), el consumo de glucosa. Esto resulta un arma de capital importancia al diagnóstico médico, puesto que muestra qué áreas del cuerpo tienen un metabolismo glucídico elevado, que es una característica primordial de los tejidos neoplásicos. La utilización de la  $^{18}\text{F}$ FDG por los procesos oncológicos se basa en que en el interior de las células tumorales se produce, sobre todo, un metabolismo fundamentalmente anaerobio que incrementa la expresión de las moléculas transportadoras de glucosa (de la GLUT-1 a la GLUT-9), el aumento de la isoenzima de la hexokinasa y la disminución de la glucosa-6-fosfotasa. La  $^{18}\text{F}$ FDG sí es captada por las células pero al no poder ser metabolizada, sufre un "atrapamiento metabólico" gracias al cual se obtienen las imágenes.



**Figura 8.** Representación de la reacción entre el Fluor-18 y la 2-O-trifluorometilsulfonil manosa, para obtener  $^{18}\text{F}$ FDG.

## **VI. Algunos de los usos comunes del procedimiento**

Los estudios por PET se llevan a cabo con el fin de:

- Detectar cáncer
- Determinar si un cáncer se ha diseminado en el cuerpo
- Evaluar la eficacia de un plan de tratamiento, tal como la terapia de cáncer
- Determinar el retorno de un cáncer tras el tratamiento
- Determinar el flujo sanguíneo hacia el músculo cardíaco
- Determinar los efectos de un ataque cardíaco, o infarto del miocardio, en áreas del corazón
- Identificar áreas del músculo cardíaco que se beneficiarían mediante un procedimiento tal como angioplastia o cirugía de bypass coronario (en combinación con un estudio de perfusión miocárdica)
- Evaluar anomalías cerebrales, tales como tumores, desórdenes de memoria y convulsiones, entre otros desórdenes del sistema central nervioso
- Esquematizar el cerebro humano normal y la función cardíaca

### **Aplicaciones actuales rutinarias de PET con fluordeoxiglucosa**

#### **-Cáncer**

En la actualidad las principales indicaciones para el PET-FDG son cáncer, patología neurológica y cardiovascular. Cáncer PET-FDG es muy efectivo en cáncer para etapificación, evaluación de la respuesta terapéutica, confirmación de ausencia de enfermedad al término del

tratamiento y en la búsqueda de recaídas aun antes que sean detectables como una masa, ya que depende de la actividad metabólica del tumor para ser detectado y no de su tamaño. En un mismo estudio se evalúa la lesión primaria y sus eventuales metástasis al tener imágenes de cuerpo entero. Los tumores con alta avidéz por la FDG son los de pulmón, linfoma, melanoma, colon, esófago, cabeza y cuello. Se ha aplicado también en algunas circunstancias especiales en tumores cerebrales, sarcomas, pancreáticos, hepáticos, prostáticos, de vejiga, ovárico, uterino y testiculares.

#### **-Enfermedades neurológicas**

PET-FDG es útil en el estudio de la demencia para el diagnóstico precoz de enfermedad de Alzheimer. Se utiliza una serie de otros compuestos en el estudio de patología neurológica, especialmente para la evaluación de los sistemas de neurotransmisión dopaminérgico, colinérgico, serotoninérgico, en la cuantificación de receptores opioides, benzodiazepínicos.

#### **-Patología cardiovascular**

Estudiando el metabolismo miocárdico con FDG se puede hacer el diagnóstico de miocardio viable versus cicatriz, lo que es de suma importancia en la decisión de cirugía de revascularización de pacientes con antecedente de infarto. Permite predecir la recuperación de la función ventricular después de la cirugía cuando existe capacidad metabólica y, por ende, viabilidad en el territorio a revascularizar.



**Figura 9.** Tomografía por emisión de positrones con 2-(18F)-fluro-2-deoxi-D-glucosa (FDG-PET) que detecta una imagen tumoral en el páncreas en un paciente con PC.

## **VII. Forma en la que debe prepararse al paciente para estudios por PET**

Se solicitará el uso de una bata durante el examen o le permitirán usar su propia ropa. Las mujeres siempre deben informar a su médico o tecnólogo si existe la posibilidad de que se encuentren embarazadas o si se encuentran en un período de lactancia.

Debe informarle a su médico y al tecnólogo que realiza el examen de cualquier medicación que se encuentre ingiriendo incluyendo vitaminas y suplementos herbales. También debe informarles si padece de alguna alergia y acerca de enfermedades recientes u otros problemas de salud.

Para el paciente la exploración no es molesta ni dolorosa. Se debe acudir en ayunas de 4-6 horas, evitando el ejercicio físico en el día previo a la

exploración y sin retirar la medicación habitual. La hiperglucemia puede imposibilitar la obtención de imágenes adecuadas, obligando a repetir el estudio posteriormente. Tras la inyección del radiofármaco, el paciente permanecerá en una habitación en reposo. La exploración tiene una duración aproximada de 30-45 minutos.

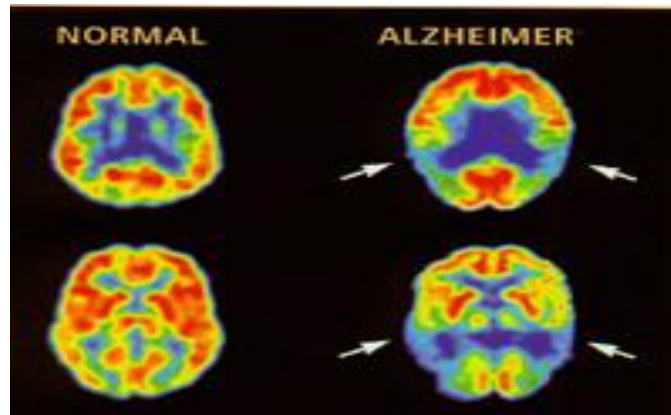


**Figura 10.** Paciente a la cual se le está realizando una PET.

### **VIII. Significado de los resultados anormales y normales**

- Función cardíaca anormal
- Tamaño, forma o posición anormal de un órgano
- Enfermedad de Alzheimer
- Cáncer o tumores
- Cambio en el funcionamiento de un órgano
- Infección

Las áreas de mayor intensidad, denominadas "puntos calientes", indican las zonas de acumulación de grandes cantidades de radiosonda y donde hay altos niveles de actividad química. Las áreas con menor intensidad, o "puntos fríos", indican una menor concentración de radiosonda y menor actividad química.



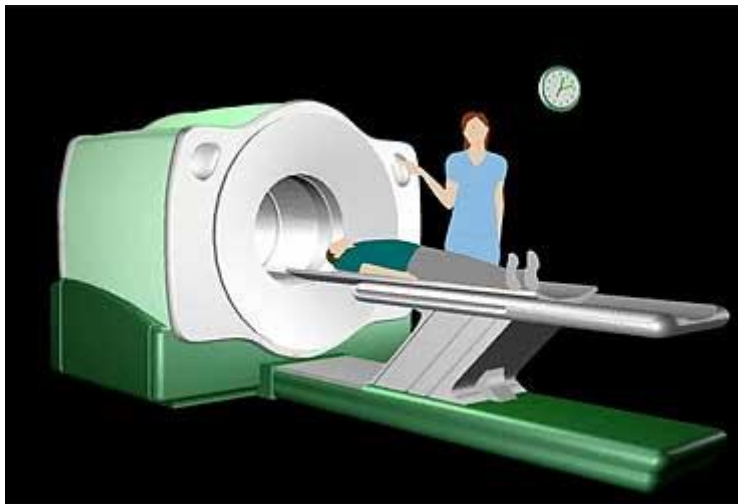
**Figura 11.** Imagen tomada por una PET que muestra la actividad cerebral de una persona normal comparada con una que sufre de Alzheimer. Nótese como se observan los puntos calientes y fríos, estos últimos señalados con flechas.

## **IX. Cuáles son los beneficios y los riesgos**

### **Beneficios**

- La información proporcionada por los exámenes de medicina nuclear es única y a menudo inalcanzable mediante otros procedimientos de diagnóstico por imágenes.
- Para muchas enfermedades, las exploraciones de medicina nuclear proporcionan la información más útil necesaria para llevar a cabo un diagnóstico o para determinar un tratamiento adecuado, en caso de necesitarse alguno.

- La medicina nuclear es menos costosa y puede rendir información más precisa que la cirugía exploratoria.
- Al identificar cambios en el cuerpo a nivel celular, el diagnóstico por imágenes por PET podría detectar la aparición temprana de una enfermedad antes de hacerse evidente mediante otros estudios por imágenes tales como TC o RMN.



**Figura 12.** La tomografía por Emisión de Positrones nos proporciona mejor resolución en las imágenes y con mayor precisión, además que nos hace ahorrar tiempo.

### **Riesgos**

- Debido a las pequeñas dosis de radiosonda administradas, los procedimientos de diagnóstico de medicina nuclear tienen como resultado una baja exposición a la radiación, pero aceptable para los exámenes diagnósticos. Por ende, el riesgo de radiación es muy bajo en comparación con los posibles beneficios.
- Los procedimientos diagnósticos por medicina nuclear se han utilizado por más de cinco décadas, y no se conocen efectos adversos a largo plazo provocados por dicha exposición a baja dosis.

- Pueden presentarse reacciones alérgicas a los radiofármacos pero con muy poca frecuencia y normalmente son suaves. Sin embargo, usted debe informar al personal de medicina nuclear sobre cualquier alergia que pueda tener u otros problemas que pueden haber ocurrido durante un examen anterior de medicina nuclear.
- La inyección de la radiosonda podría provocar un leve dolor y enrojecimiento que han de resolverse con rapidez.
- Las mujeres siempre deben comunicar a su médico o radiotecnólogo si existe alguna posibilidad de que se encuentren embarazadas o en período de lactancia.



**Figura 13.** Se debe de notificar a los médicos si una paciente esta embarazada.

## Conclusión

Al desconocer como se encuentran metabólicamente nuestras células, es necesario recurrir a alguna manera de ver en nuestro interior para facilitar el camino que lleva a los médicos a su objetivo, dar una explicación y tratamiento a una enfermedad. Por tal razón es de vital importancia la medicina nuclear, ya que nos abre nuevos horizontes en el campo de la investigación.

Como pudimos ver la Tomografía por Emisión de Positrones, ha evolucionado rápidamente, mostrando buenos resultados, y también podemos hacer combinaciones de diferentes técnicas, para que la información que se quiere obtener sea aun más precisa, como por ejemplo hacer pruebas de una Tomografía Computarizada con una PET. Este tipo de pruebas le darían al paciente un ahorro de tiempo, ya que no se tendría que hacer varias pruebas; esta y muchas otras razones, nos dicen que debemos de seguir adelante en las investigaciones.

Esperemos que el avance de las ciencias naturales y la tecnología junto con la medicina sigan creando nuevos métodos, ya sean técnicos o farmacológicos, para beneficiar la salud de la vida en la tierra.

## Bibliografía

- L. de la Cueva-Barrao, E. Noé-Sebastián, P. Sopena-Novales, D. López-Aznar, J. Ferri-Campos, C. Colomer-Font, (2009). Rev Neurol. Relevancia clínica de la FDG-PET en los traumatismos craneoencefálicos graves. p. 58-63.
- Sopena R, Martí-Bonmatí L. (2009) Todo Hospital. Técnicas de imagen multimodalidad. p. 190-196
- Varrone A, Asenbaum S, Vander Borgh T, Booij J, Nobili F, Någren K, Darcourt J, Kapucu OL, Tatsch K, Bartenstein P, Van Laere K. (2009). Eur J Nucl Med Mol Imaging.
- Young H, Baum R, Cremerius U, et al. (1999). European Journal of Cancer, Vol. 35. Measurement of clinical and subclinical tumour response using [18F]-fluorodeoxyglucose and positron emission tomography.
- Rodríguez Garrido M, Conde Olasagasti JL, García-Comas L, Alcaide JF. (1997). Informe sobre la tomografía por emisión de positrones (PET) en oncología clínica no neurológica. Ministerio de Sanidad y Consumo. Instituto de Salud Carlos III. Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias (AETS).
- Robert G, Milne R. (1999). Health Technol Assess. Positron emission tomography: establishing priorities for health technology assessment. 3(16). NCCHTA.
- Davina Ghersi, Kirsten Howard, Les Irwig, Glenn Salkeld, John Simes. (2000). Commonwealth Review of Positron Emission Tomography. Final MSAC assessment report. Medicare Services Advisory Committee's (MSAC) Supporting Committee for PET. Department of Health and Aged Care. Canberra. Australia.