

Isótopos radiactivos tienen amplio uso en medicina

• *Permiten visualizar el estado de un órgano en diferentes condiciones*

Celso Vargas
Escuela de Ciencias Sociales
Instituto Tecnológico de Costa Rica
celvargas@itcr.ac.cr

Los isótopos radiactivos son de amplio uso en medicina. Se utilizan con tres objetivos fundamentales: determinar el funcionamiento de un órgano en algún aspecto específico; evaluar el estado general de un órgano en un momento determinado; y para el tratamiento de distintos padecimientos, en especial, diversos tipos de cáncer. Recientemente se utilizan, como un caso importante de la primera función indicada, para determinar la evolución de un organismo después del tratamiento de un cáncer.

Esto ha hecho que se comience a definir la medicina nuclear “como un proceso de imaginería”, es decir, de visualización del estado de un organismo en diferentes condiciones. En efecto, tradicionalmente la medicina nuclear se clasificaba en dos ámbitos: diagnóstico y terapia. En este momento se utilizan isótopos tanto en el diagnóstico como en el tratamiento y en la evolución de un tratamiento. Claramente se utiliza la infraestructura de medicina nuclear para propósitos de investigación y para visualizar el funcionamiento de órganos específicos.

La utilización de isótopos radiactivos en medicina es un campo en un acelerado proceso de expansión. Son varios los factores involucrados en este proceso. En particular, los siguientes: 1) el desarrollo de aceleradores tanto lineales como ciclotrones; 2) la introducción de los termógrafos por emisión de positrones (PET); y 3) el desarrollo de nuevas moléculas.

**Ciclotrón para la producción
de isótopos para usos médicos**



1. Aceleradores

La forma principal de obtener isótopos para usos médicos es mediante reactores. Por su alto costo, pocos países cuentan con facilidades para producir isótopos de esta manera. En los últimos 30 años, los aceleradores han comenzado a jugar un papel fundamental en la producción de diferentes isótopos para diferentes propósitos: medicina, industria y ambiente, entre otros. Su relativamente bajo costo, comparado con los reactores, les confieren una gran flexibilidad y adaptación a necesidades específicas.

Los aceleradores se clasifican en dos grandes categorías: los lineales y los ciclotrones. Los primeros tienen una capacidad limitada para producir isótopos, ya que las energías de las partículas cargadas que utilizan son relativamente bajas (del orden de los 10 MeV). Producen dos isótopos muy importan-

tes en medicina: el flúor-18 (F-18) y el oxígeno-15 (O-15). La figura 1 muestra uno de esos aceleradores lineales.

Los aceleradores más grandes, conocidos como ciclotrones, tienen diferentes capacidades: algunos, llamados “baby ciclotrones”, tienen energías de hasta 20 MeV. Le siguen aquellos con capacidades de 30 MeV y, finalmente, los grandes ciclotrones con energías de hasta 500 MeV.

Con un ciclotrón de 30 MeV se puede producir un conjunto bastante grande isótopos como: yodo-124, galio-67, indio-111, carbono-11, flúor-18, nitrógeno-13, oxígeno-15, sodio-22, vanadio-48 y talio-201. Todos estos son de amplio uso en medicina, tanto para la imaginería como para el tratamiento de diversos tipos de padecimientos. Lo que los caracteriza es que tienen un vida media muy corta y, por tanto, tienen que ser producidos muy cerca del lugar donde serán utilizados (establecimiento médico, aplicación ambiental o industrial).

El hecho de que Costa Rica no tenga este tipo de infraestructura ha limitado la aplicación de estas poderosas técnicas en sus diferentes aplicaciones. Los ciclotrones también son utilizados para realizar diferentes tipos de investigación para la obtención de nuevos isótopos e inducir nuevas propiedades a los materiales, entre otras importantes aplicaciones. En este sentido, el desarrollo de la medicina nuclear en nuestro país está condicionada a la disponibilidad de este tipo de infraestructura.

2. PET

Los tomógrafos por emisión de positrones (PET) son equipos de muy alta resolución y sensibilidad que permiten “visualizar” el funcionamiento de órganos internos del ser humano con una gran precisión. Si comparamos la tecnología PET

con otras alternativas disponibles como TAC (tomografía axial computadorizada) y SPECT (*Single Photon Emission Computer Tomography*), vemos que mientras estas proporcionan información de los niveles anatómico y fisiológico, los PET permiten avanzar hacia un nivel de especificidad mayor, ya que permiten visualizaciones tanto en el nivel fisiológico como en el bioquímico o molecular. Pronto será posible obtener visualizaciones a nivel genético.

Los PET utilizan una propiedad que tienen algunos átomos radiactivos, es decir, aquellos que emiten positrones (un positrón es un electrón con carga positiva), cuya energía es completamente absorbida al “chocar” con otros átomos; en su lugar se emiten dos protones con una energía específica (511 Kev) en direcciones opuestas.

Conociendo las propiedades de atenuación del tejido humano, se puede ubicar con toda precisión el lugar del cuerpo desde donde se está emitiendo radiación. De esta manera, se tiene una visión tridimensional de aquellos órganos o partes del organismo de interés para el médico o el investigador.

Algunos de los isótopos que emiten positrones son los siguientes: flúor-18, oxígeno-15, carbono-11 y nitrógeno-13 (IAEA, 2006). Estos isótopos tienen una vida media muy corta. Por ejemplo, en el flúor-18 es de solo 110 minutos (menos de dos horas) y el resto tienen vidas medias menores a los 20 minutos.



Equipo PET.

Por sus características, la tecnología PET está teniendo una participación cada vez más significativa en todos los procesos de imagenología. La tendencia en este momento es la combinación de PET con otras tecnologías como el TAC o el SPECT, para lograr tanto una aproximación general como una visión muy específica del órgano.

En efecto, el TAC nos proporciona imágenes generales y estáticas del organismo, pero el PET puede visualizar el comportamiento bioquímico del órgano o su fisiología. SPECT, por otro lado, nos permite tener imágenes a nivel fisiológico, pero generales, no con la misma especificidad que la tecnología PET; tampoco pueden proporcionar información de tipo bioquímico, cosa que sí permiten, como hemos indicado, los PET. Nuestro país debe avanzar en la adquisición de este tipo de tecnología a fin de profundizar y hacer más efectivo el diagnóstico y tratamiento de padecimientos como el cáncer.

3. Desarrollo de nuevas moléculas

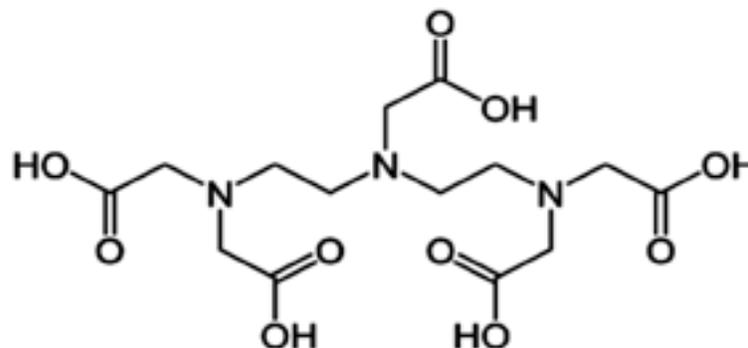
Lo que permite que tanto los aceleradores como los PET tengan un rango de aplicaciones tan extraordinariamente grande y específico, es el desarrollo de moléculas y otros compuestos químicos para marcar determinados órganos y funciones. Lo que se hace es lo siguiente: se toma la molécula o compuesto y se introduce el isótopo de manera que forme un compuesto estable para la tarea que se desea desarrollar. Esto se hace a fin de que el isótopo se comporte de una manera específica y predecible, por ejemplo, que no se disuelva cuando no se requiere que lo haga, o que soporte determinadas temperaturas bajo las cuales un proceso tiene lugar, o finalmente, que sea un componente que requieren específicamente determinadas células o componentes de células.

Para la realización de perfusiones del miocardio, una importante causa de muerte, se utilizan los siguientes isótopos y compuestos: cloruro de talio-201, sestamibi para tecnecio-99 y también tetrafosmin para el tecnecio-99.

Como indicamos anteriormente, para la tecnología PET se utilizan varios isótopos, entre ellos, el F-18. Este isótopo se complejiza con el compuesto FDG (fluoro deoxy glucosa), el cual se utiliza para diagnosticar diferentes tipos de cáncer. La glucosa, como es ampliamente conocido, es la forma principal de obtención de energía por parte del organismo humano. Cuando un cáncer está en formación hay una gran demanda de energía. Por lo tanto, el F-18 FDG se dirige muy rápidamente hacia aquellos lugares donde hay mayor demanda de energía. De esta manera, el especialista en oncología puede valorar la condición del organismo.

Igualmente puede hacerse para determinar la evolución de un tratamiento de quimioterapia, es decir, para determinar la efectividad del tratamiento. Pero lo que es importante es que, si se cambia la solución química, por fluoruro, el F-18 es ampliamente utilizado para escanear diferentes condiciones de los huesos. En este sentido, con el mismo isótopo se pueden realizar diferentes visualizaciones y lo que varía es únicamente la molécula a utilizar.

A manera de conclusión, en este momento, la utilización de radioisótopos en medicina combina tres campos fundamentales. Primero, la infraestructura para la producción de los isótopos, es decir, un reactor o un acelerador. Segundo, la utilización de equipos adecuados para la visualización, entre ellos SPECT, TAC y PET. La tendencia actual es a utilizar una combinación PET-TAC o PET-SPECT para hacer más efectiva la labor en medicina nuclear. Tercero, el desarrollo de moléculas cada vez más específicas que permiten obtener diferentes compuestos químicos para diferentes usos. Un ciclotrón no se limita, como hemos mencionado, únicamente a la producción de isótopos para PET, sino que tiene un mayor espectro que incluye tanto isótopos para terapia como para aplicaciones diversas más allá del campo médico.



Complejo DTPA utilizado para complejizar isótopos.