

VISTO POR DENTRO

Uso de radiofármacos para detectar y combatir enfermedades ocultas en el cuerpo humano



Una operadora observa el interior de un contenedor blindado mientras prepara radiofármacos para el envasado en viales de vidrio.

(Fotografía: D. Calma/OIEA)

La idea de poder determinar con precisión la localización y el tamaño de una masa cancerosa oculta en el organismo de un paciente habría sido impensable hace 100 años, o incluso menos. Hoy día, con ayuda de aparatos de escaneo especiales, los médicos pueden utilizar medicamentos radiactivos, conocidos como radiofármacos, para dar un vistazo por dentro al cuerpo humano, y esos medicamentos pueden emplearse también para tratar numerosas enfermedades. En la medicina nuclear, los radiofármacos cumplen una función esencial en la aplicación de procedimientos mínimamente invasivos de diagnóstico, tratamiento y manejo de muchas enfermedades, especialmente del cáncer, así como en el alivio del dolor causado por algunos tipos de cáncer.

Qué son los radiofármacos

Los radiofármacos son medicamentos que contienen sustancias radiactivas denominadas radioisótopos. Los radioisótopos son átomos que emiten radiación en forma de rayos gamma o partículas. En algunos casos, los radiofármacos utilizan radioisótopos que emiten una combinación de esos tipos de radiación.

Los radioisótopos empleados en los radiofármacos pueden producirse irradiando un blanco específico dentro de un reactor nuclear de investigación o en aceleradores de partículas, como los ciclotrones¹. Una vez producidos, los radioisótopos se adhieren a ciertas moléculas, en función de sus características biológicas, que pasan así a constituir los radiofármacos.

Cómo operan los radiofármacos y cómo se utilizan en la medicina

Cuando un médico decide utilizar radiofármacos en un paciente con fines de diagnóstico y/o de tratamiento, estos medicamentos se administran generalmente por inyección,

¹ Un ciclotrón es una máquina compleja que acelera partículas cargadas en un espacio vacío, desde el centro hacia fuera, siguiendo una trayectoria en espiral. Durante el proceso de aceleración, las partículas cargadas adquieren una energía considerable. Estas partículas cargadas energizadas interactúan luego con materiales estables que se interponen en su camino. La interacción transforma los materiales estables en radioisótopos útiles para fines médicos, que se utilizan para fabricar los radiofármacos.

por vía oral o a través de una cavidad corporal. Dentro del cuerpo, las diferentes características físicas y propiedades biológicas de los radiofármacos los hacen interactuar con distintas proteínas o azúcares, o adherirse a ellos. Esto, a su vez, hace que los fármacos tiendan a concentrarse más en determinadas partes del cuerpo, según las características biológicas de esas zonas. Por consiguiente, los médicos pueden determinar con precisión el destino de esos medicamentos en el cuerpo seleccionando diferentes tipos de radiofármacos.

Por ejemplo, ya existen varios radiofármacos que se acumulan preferentemente en los tejidos cancerosos y que constituyen instrumentos eficaces para diagnosticar y tratar ciertos tipos de cáncer. Algo parecido ocurre con otros radiofármacos.

En algunas horas o en pocos días, el radiofármaco se disipa hasta alcanzar niveles indetectables y/o se elimina y desaparece completamente del organismo.

Para el diagnóstico por imagen

Para hacer un diagnóstico por imagen, el médico selecciona un radiofármaco con un radioisótopo que emite rayos gamma o unas partículas denominadas positrones, que pueden detectarse utilizando una cámara gamma o un escáner. Estos aparatos detectan dónde está concentrándose y emitiendo radiación el radiofármaco, y transforman esta información en imágenes bidimensionales o tridimensionales que indican la localización y el tamaño del órgano o tejido de interés, incluidas las lesiones cancerosas. El diagnóstico por imagen se utiliza ampliamente y en forma rutinaria en cardiología y para los trastornos de la glándula tiroides, y muchas otras partes del cuerpo (como el hígado, los riñones, el cerebro o el esqueleto) también se examinan con ayuda de radiofármacos de diagnóstico.

Además de su uso para reunir información precisa sobre el tamaño, la forma y la localización de diversos órganos y tumores, los radiofármacos y el diagnóstico por imagen se emplean también para obtener información funcional sobre diversos sistemas del organismo. Por ejemplo, la imagenología cardíaca permite evaluar las funciones y la capacidad del corazón, observar el bombeo de la sangre a través de él y examinar el órgano para detectar la presencia de tejido muerto o dañado. Es la prueba diagnóstica de uso más frecuente que ayuda a los médicos a administrar a los pacientes con cardiopatías un tratamiento adecuado en tiempo oportuno y a hacer un seguimiento periódico de su salud. En el caso de los pacientes con cáncer, la imagenología utilizada a intervalos regulares permite determinar la respuesta del tumor al tratamiento y observar al paciente a fin de detectar cualquier reaparición del cáncer y administrar un tratamiento a tiempo para evitar que se siga desarrollando.



Los radiofármacos empleados para el diagnóstico por imagen emiten pequeñas cantidades de radiación que se consideran de beneficio neto para el paciente. Las dos tecnologías de imagenología que se asocian principalmente con los radiofármacos son la tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT), para detectar la radiación gamma, y la tomografía por emisión de positrones (PET), para detectar los positrones. Cuando la PET y la SPECT se utilizan en combinación con la tomografía computarizada tradicional, que es otro tipo de tecnología de escaneo, la radiación emitida por los radiofármacos puede detectarse con una exactitud extrema.

El radiofármaco más utilizado para la SPECT contiene tecnecio 99m. Este se emplea en más del 80 % de los procedimientos diagnósticos de la medicina nuclear, sobre todo para el escaneo del corazón y de los huesos. El tecnecio 99m se obtiene a partir de su radioisótopo padre, el molibdeno 99, mediante un sistema generador. El tecnecio 99m puede adherirse a diversas moléculas a fin de producir varios radiofármacos diseñados para actuar en determinados órganos o contra enfermedades específicas.

En el caso de las PET, el radiofármaco más utilizado es la fluorodesoxiglucosa (FDG) con flúor 18, un análogo de la glucosa que contiene el radioisótopo flúor 18 y que es absorbido más rápidamente por las células cancerosas, sumamente activas, que por las células sanas. El flúor 18 se produce bombardeando átomos de oxígeno 18 con protones de alta energía en un ciclotrón, que es un tipo de acelerador de partículas. El flúor 18 se adhiere luego a diversas moléculas para producir varios radiofármacos aptos para las PET de órganos y trastornos específicos.

Para aplicaciones terapéuticas

Una vez que se ha hecho el diagnóstico, la terapia con radiofármacos puede ser, en algunos casos, el mejor tipo de tratamiento. Los médicos eligen los radiofármacos

Los médicos administran al paciente un radiofármaco, que luego es detectado por un escáner. El análisis de las imágenes producidas por el escáner permite a los médicos determinar la línea de acción adecuada para el paciente.

(Fotografía: E. Estrada Lobato/OIEA)



terapéuticos porque contienen radioisótopos que emiten una radiación de partículas suficientemente potente para destruir las células enfermas. La terapia con radiofármacos para el control y el tratamiento de enfermedades se basa en la eficacia con que el radiofármaco se concentra en el tejido u órgano que se ha de tratar, lo que a su vez depende de la forma en que interactúa con el organismo. Los radiofármacos seleccionados se administran en dosis más altas, para hacer llegar las dosis de radiación previstas a las partes del cuerpo en que radica el problema.

Por ejemplo, el yoduro de sodio 131 radiactivo, en forma de yodo, es un radiofármaco de uso común en el tratamiento del cáncer de tiroides, puesto que los

científicos han determinado que prácticamente todo el yodo de la sangre se acumula en la glándula tiroides. Esto significa que, cuando un médico administra una dosis de yoduro de sodio 131, la tiroides absorbe casi todo el fármaco y el resto del organismo no experimenta prácticamente ningún efecto. Una vez absorbida en la tiroides, la alta dosis de yodo radiactivo emite una radiación que destruye las células de la glándula y, de esa forma, las células cancerosas. No existe una terapia convencional que pueda reemplazar el uso del yoduro de sodio 131 para el tratamiento de los cánceres de tiroides o de la hiperactividad de la glándula.

Del mismo modo, el radio 223, otro isótopo emisor de partículas, se utiliza en forma de cloruro de radio para tratar eficazmente los cánceres óseos debidos a un cáncer de próstata avanzado, y aumenta las tasas de supervivencia.



La radiación liberada por un radiofármaco se detecta con un aparato especializado, capaz de producir imágenes de este tipo. Esta imagen diagnóstica muestra los resultados de una SPECT-TC de una paciente con inflamación grave en la cadera izquierda causada por una esclerosis. (Fotografía: E. Estrada Lobato/OIEA)

El OIEA y la radiofarmacia

Mediante proyectos, programas y acuerdos, el OIEA ayuda a sus Estados Miembros a desarrollar sus capacidades en la esfera de la radiofarmacia. El OIEA presta asistencia en el desarrollo de los recursos humanos, por ejemplo mediante becas y visitas de expertos, y ofrece equipo, transferencia de tecnología, cursos de capacitación e instrumentos didácticos. También ha elaborado documentos de orientación que indican detalladamente los requisitos que han de cumplirse para establecer instalaciones de producción de radiofármacos que sean seguras y fiables. La finalidad de estas actividades es ayudar a garantizar que los radiofármacos cumplan sistemáticamente con las normas de calidad exigidas para una práctica segura y fiable de la medicina nuclear.

Investigación y desarrollo: Mediante los proyectos coordinados de investigación (PCI) del OIEA, los Estados Miembros pueden impulsar su labor de investigación y desarrollo de radiofármacos y centrarse en los aspectos que los expertos han definido como beneficiosos. Ello puede ayudar a promover los intercambios de conocimientos científicos y técnicos y estimular el progreso de la radiofarmacia y, más en general, de las tecnología y aplicaciones nucleares.

Por ejemplo, un PCI sobre la imagenología de los ganglios linfáticos centinela ha permitido recientemente desarrollar un radiofármaco que ha demostrado ser muy eficaz para rastrear la propagación del cáncer por el sistema linfático. De igual modo, un PCI sobre los nuevos radiofármacos con flúor 18 y galio 68 ha facilitado la colaboración entre centros de excelencia y centros que están desarrollando esos radiofármacos por primera vez. Estos ejemplos ilustran los tipos de resultados que se pueden lograr con los PCI.

Creación de capacidad: Una parte importante de la labor del OIEA consiste en ayudar a los Estados Miembros a aumentar su capacidad en muchas esferas relacionadas con la energía nuclear. A través de los proyectos de cooperación técnica (CT) del OIEA, los Estados Miembros reciben el apoyo de expertos para desarrollar su capacidad de utilizar instrumentos nucleares, como los radiofármacos. Un ejemplo reciente es un proyecto de CT encaminado a establecer un importante programa de capacitación basado en métodos de aprendizaje electrónico para tecnólogos en radiofarmacia y radiofarmacéuticos, mediante la coordinación de instituciones académicas y organizaciones científicas profesionales.

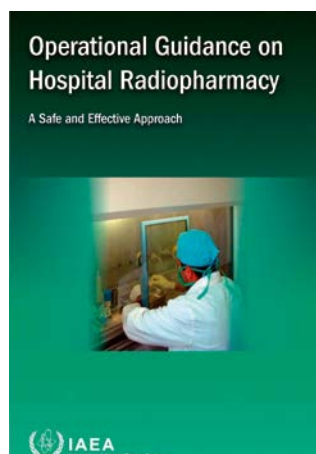
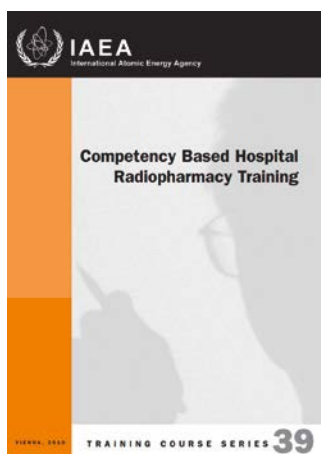
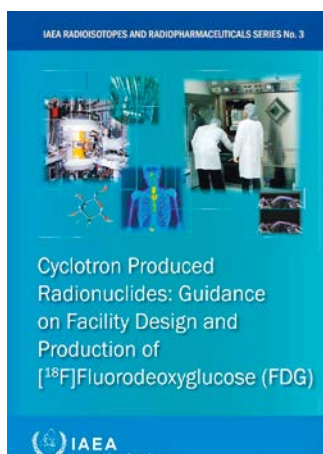
Normas de seguridad: Para el OIEA, la seguridad de los pacientes, el personal, la población y el medio ambiente reviste la máxima importancia. El Organismo ha producido varias publicaciones y directrices para los Estados Miembros que trabajan en la esfera de la radiofarmacia. La finalidad es proporcionar a los Estados Miembros directrices sobre las normas de seguridad que han de cumplirse para garantizar la seguridad, calidad y eficacia de los radiofármacos.



Tras la administración de un radiofármaco, una PET-TC detecta la radiación emitida por el medicamento y la imagen diagnóstica correspondiente muestra que el paciente tiene cáncer de pulmón y metástasis en el ganglio linfático cercano al corazón.

(Fotografía: E. Estrada Lobato/OIEA)

Nicole Jawerth, Oficina de Información al Público y Comunicación del OIEA, en colaboración con la Sección de Productos Radioisotópicos y Tecnología de la Radiación, Departamento de Ciencias y Aplicaciones Nucleares del OIEA



El OIEA produce publicaciones y directrices relacionadas con la radiofarmacia.