



RADIONUCLEIDOS PARA DIAGNÓSTICO Y PARA TERAPIA

Dra. en Ciencias, QBP. Consuelo Arteaga De Murphy.
Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán

RADIONUCLEIDOS DIAGNÓSTICOS

TECNECIO-99m

Dentro de los radionucleidos más utilizados para estudios diagnósticos en medicina nuclear está el tecnecio. El ^{99}Tc es un elemento artificial que no se encuentra en la naturaleza y fue descubierto en 1937 por Carlo Perrier (1886-1948) y por Emilio Gino Segre (1905-1989).

El elemento tecnecio con número atómico 43 se encuentra en el grupo 7B de la tabla periódica entre el manganeso (25) y el renio (75) y está al lado derecho del molibdeno (42) y al lado izquierdo del rutenio (44).

Todos los isótopos, desde el ^{90}Tc al ^{106}Tc , son radiactivos. El tecnecio-99 se desintegra por emisión beta y se transmuta a rutenio-99. Al mismo tiempo, por transición isomérica y la emisión de una radiación gamma monoenergética de 140 keV pasa al tecnecio-99-metaestable $^{99\text{m}}\text{Tc}$, con una vida media de 6 horas. Este radionucleido diagnóstico se obtiene en el laboratorio a partir de un generador de molibdeno-99 ($^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$). La energía de la radiación gamma es apropiada para ser detectada por los equipos actuales con cristal de centelleo o gamma cámaras.

Por ser metal de transición es muy versátil y puede formar compuestos y complejos (radiofármacos) con números de oxidación del +7, +6, +5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -2 y del -3. Esta versatilidad es sumamente útil en la Medicina Nuclear ya que se utiliza en gammagrafía de diferentes órganos. Los compuestos de coordinación pueden llevar como vector a anticuerpos, péptidos o nucleótidos y se unen al tecnecio por medio de un conector y un ligante específico. Estos radiofármacos son útiles para estudios a nivel molecular.

GALIO-67

El galio-70 estable tiene propiedades semejantes a las del indio y a las del talio. El ^{67}Ga es un radionucleido que se desintegra por captura de electrones a zinc-67; tiene una $T_{1/2}$ 3.24 días y también se obtiene por captura de electrones (100 %). El intervalo de energía de las 10 emisiones gamma es 83-888 keV y las más utilizadas para su detección en las gammacámaras son la de 93 keV y la de 185 keV. En forma de citrato se utiliza para la detección de focos de infección y tumores malignos ya que se une a la transferrina y a otras proteínas séricas.

INDIO-111

El indio-115 con número atómico 49 pertenece, junto con el galio y el talio, al grupo IIIA del boro, y se encuentra entre el cadmio y el estaño. El indio-111 (^{111}In) es un radionucleido diagnóstico para visualizar focos de infección unido en forma de $^{111}\text{InCl}_3$ a los leucocitos del paciente y para marcar el péptido octreótido en la detección de tumores de tipo neuroendócrino.

El ^{111}In es producto de importación pues se obtiene en un ciclotrón y su $t_{1/2}$ es de 2.83 días y la energía de las radiaciones gamma es de 247 keV y 150 keV.



TALIO-201

El elemento talio-204 es también miembro de la familia IIIA y se encuentra entre el mercurio y el plomo. Es un elemento que ha sido utilizado como raticida y veneno para personas pero, la concentración utilizada en forma de tricloruro de talio-201, desde 1975, para estudios cardíacos es micromolar y por lo tanto no es tóxico y sí muy útil en medicina nuclear. El ^{201}Tl tiene una vida media 3.08 días y las radiaciones gamma son de 167 y de 135 keV.

FLUOR-18

El fluor-18 es un radiosótomo del único halógeno estable: el fluor-19 el no-metal más reactivo y más electronegativo. El ^{18}F es un emisor de positrones que se detectan por las gamma cámaras PET en los estudios de tomografía por emisión de positrones. Su vida media es de 1.83 horas por lo cual se obtiene *in situ* en un "baby" ciclotrón acoplado a la cámara PET. En concentraciones muy bajas se une el ^{18}F a la deoxiglucosa para hacer los estudios de detección de zonas que muestran metabolismo acelerado de la glucosa en los órganos o tejidos.

YODO-131

El yodo-131 es otro halógeno que ha sido utilizado en medicina, desde hace más de 70 años, debido a sus características favorables para estudiar el metabolismo de la glándula tiroides la cual concentra el ^{131}I junto con el yodo estable en la triyodotironina y la tetrayodotiroxina celulares.

Tiene una vida media de 8.04 días, intervalo de energías gamma de 80-723 keV siendo la de 364 keV la más utilizada para estudios diagnósticos de funcionamiento tiroideo.

Se pueden marcar muchas moléculas, orgánicas e inorgánicas como anticuerpos y péptidos, por substitución de un átomo estable por uno de yodo-131 o bien de yodo-125 o de yodo-123.

RADIONUCLEIDOS TERAPÉUTICOS

YODO-131

El yodo-131 tiene la particularidad de ser un radionucleido diagnóstico y terapéutico. Emite radiaciones beta negativas de 807 keV que pueden destruir las células malignas de cáncer tiroideo y sus metástasis.

YTRIO-90

El ytrio-90 con número atómico 39 pertenece al grupo IIIB, entre el estroncio y el circonio, de los metales de transición. Es un emisor puro de radiaciones beta y el radionucleido ^{90}Y ha sido utilizado en aplicaciones terapéuticas de cáncer.

SAMARIO-153

Entre los elementos del grupo lantánido se encuentra el samario. El radionucleido utilizado en terapia es el samario-153 en forma de cloruro. Se caracteriza por una vida media de 1.95 días. Emite radiaciones gamma y beta por lo cual es útil para diagnóstico y para terapia. Emite radiaciones gamma de 103 keV y radiaciones beta de 803 keV. Forma complejos con número de oxidación de 8 unido a fosfonatos y se utiliza para paliar el dolor óseo producido por las metástasis.



DISPROSIO-166/HOLMIO-166

Dos lantánidos (entre el terbio y el erbio) utilizados como radionucleidos terapéuticos son el disprosio y el holmio. El ^{166}Dy decae espontáneamente al holmio-166; tiene $T_{1/2}$ de 81.5 horas, radiaciones gamma con energía de 370 keV y radiaciones beta de 130 keV.

El ^{166}Ho tiene una vida media de 26.6 horas, sus radiaciones gamma tienen energía de 1377 keV y las beta de 665.7 keV.

Estos dos radionucleidos tienen la particularidad de que pueden utilizar en forma de generador in vivo. Es decir, se inyecta un complejo de disprosio que decae espontáneamente a holmio y dentro del organismo se tendrá el mismo complejo pero marcado con los dos radionucleidos. El generador in vivo se ha utilizado con éxito para la ablación de médula ósea y para otros fines terapéuticos.

El disprosio-165 con radiaciones beta negativas de 1290 keV y vida media de 2.33 horas se utiliza para terapia de articulaciones en forma de precipitado de macroagregados de óxido de hierro.

RENIO-186

El renio fue el último elemento de la tabla periódica descubierto en 1925 por los Noddack. Los dos isótopos estables que existen en la naturaleza son el renio-187 (62.93%) y el 37.02% corresponde al renio-185.

El ^{186}Re se obtiene en forma de cloruro; tiene $T_{1/2} = 3.77$ días; energía de las radiaciones gamma: 137 keV y la energía de las radiaciones beta es: keV; decae espontáneamente al osmio-186, que prácticamente es estable porque su vida media es de miles y millones de años y como tal se encuentra en la naturaleza.

RENIO-188

El radioisótopo ^{188}Re tiene una $T_{1/2}$ de 16.98 horas con emisión de radiaciones beta con 2116 keV de energía ideales para tratamiento y radiaciones gamma de 155-2021 keV siendo las de 155 keV las más frecuentes y las que se usan en gammagrafía.

El ^{188}Re se puede obtener a partir de una columna de cromatografía que contiene tungsteno-188 con vida media de 69.4 días. El generador de $^{188}\text{W}/^{188}\text{Re}$ se eluye con solución salina fisiológica todos los días y aunque el generador es costoso tiene una vida útil de 6-8 meses. El ^{188}Re se obtiene en forma de perrenato con número de oxidación de 7^+ y, al igual que el tecnecio, se puede reducir con cloruro estano y formar múltiples complejos con diferentes números de oxidación. Unido al anticuerpo anti-CD20 de los linfocitos se une específicamente a sus receptores (antígenos) presentes en linfomas. Además de su aplicación en hemato-oncología el ^{188}Re tiene varias aplicaciones en medicina.



LUTECIO-177

El lutecio-177 es el último de los lantánidos y se encuentra a la derecha del iterbio. El ^{177}Lu emite radiaciones gamma de 113 keV y radiaciones beta de 497 keV; decae a hafnio-177 estable con vida media de 6.71 días. Por medio del conjugado DOTA-octreotate se ha estudiado su eficiencia para tumores malignos pancreáticos inducidos en ratones atómicos.

FUTURO

En un futuro próximo diferentes radionucleidos se podrán unir a nuevas moléculas diseñadas por las químicas combinatoria, click y medicinal y serán de gran utilidad para los estudios diagnósticos y para el tratamiento de enfermedades neoplásicas.