

Una Revisión de la Medicina Nuclear Convencional

M. Sc. Angel Velásquez



Escuela de Física
06/02/2012



Medicina Nuclear

Medicina Nuclear Convencional

Diagnostico

Tratamiento

Medicina Nuclear

Medicina Nuclear Convencional

Diagnostico

Tratamiento

PET (Tomografía por Emision de Positrones):

^{11}C

^{13}N

^{15}O

^{18}F

Unicamente para diagnóstico

$E=511\text{ keV}$

Introducción

Se considera a la **medicina nuclear** como la técnica utilizada para el **diagnóstico y tratamiento** de enfermedades con la ayuda de **radiotrazadores** que además sirven para identificar el **funcionamiento** de órganos y tejidos.



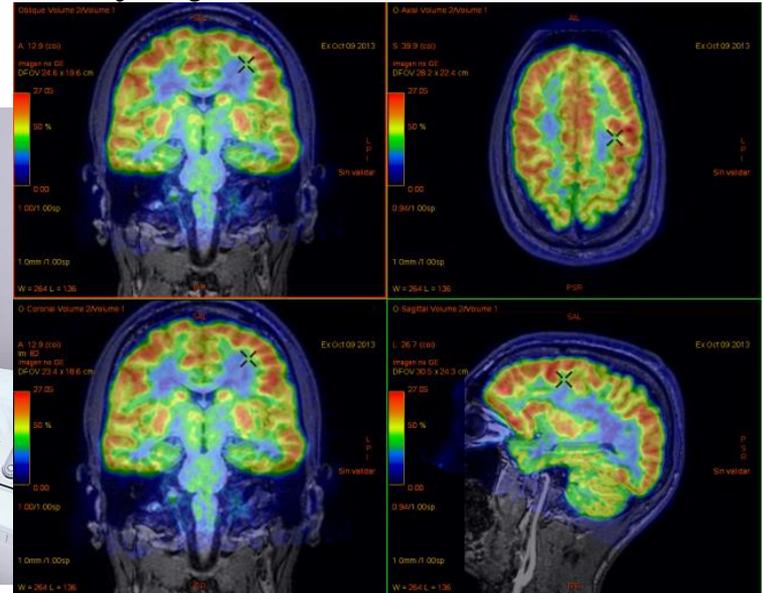
Introducción

Se considera a la **medicina nuclear** como la técnica utilizada para el **diagnóstico y tratamiento** de enfermedades con la ayuda de **radiotrazadores** que además sirven para identificar el **funcionamiento** de órganos y tejidos.



Introducción

Se considera a la **medicina nuclear** como la técnica utilizada para el **diagnóstico** y **tratamiento** de enfermedades con la ayuda de **radiotrazadores** que además sirven para identificar el **funcionamiento** de órganos y tejidos.



**!No obstante, para lograr este
concepto ha corrido mucha agua por
debajo del puente!**



Reseña Histórica

1895 - Roentgen y los Rayos X



Reseña Histórica

1895 - Roentgen y los Rayos X

1898 - Marie Curie y la Radioactividad Natural

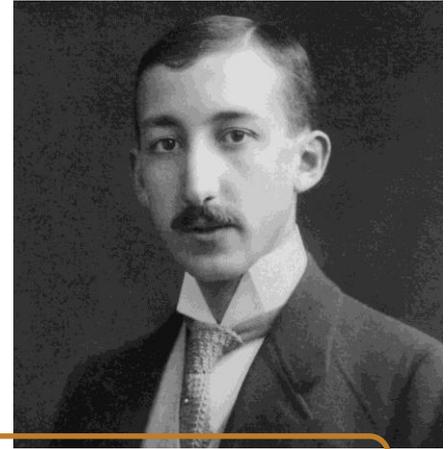


Reseña Histórica

1895 - Roentgen y los Rayos X

1898 - Marie Curie y la Radioactividad Natural

1923 - Von Hevesy y la Técnica de Trazadores para Exploración Biológica



Reseña Histórica

1895 - Roentgen y los Rayos X

1898 - Marie Curie y la Radioactividad Natural

1923 - Von Hevesy y la Técnica de Trazadores por

1927 - Geiger y Muller obtienen el primer detector de radiaciones gamma



Reseña Histórica

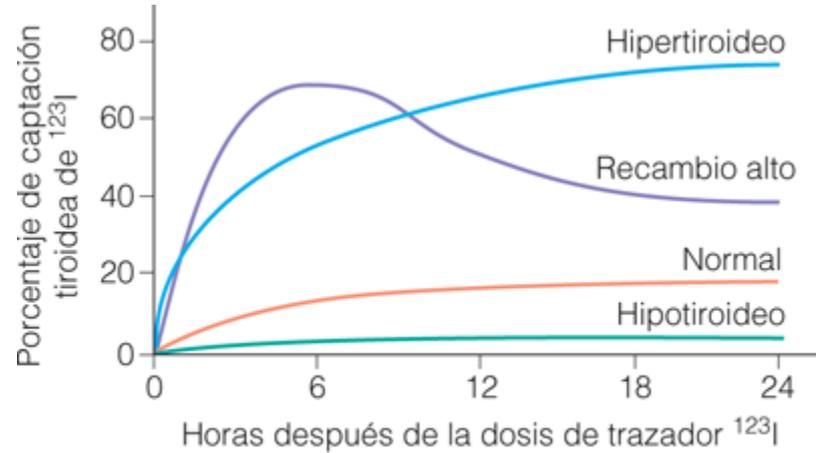
1895 - Roentgen y los Rayos X

1898 - Marie Curie y la Radioactividad Natural

1923 - Von Hevesy y la Técnica de Trazadores γ

1927 - Geiger y Muller obtienen el primer detector de radiaciones gamma

1938 - Roberts y Evans con los primeros estudios sobre la fisiología tiroidea con radioyodo mientras que Hamilton y Soley determinan las curvas de captación y excreción de ^{131}I por parte de la tiroides.



Fuente: David G. Gardner, Dolores Shoback: *Greenspan. Endocrinología básica y clínica*, 9e: www.accessmedicina.com
Derechos © McGraw-Hill Education. Derechos Reservados.

Reseña Histórica

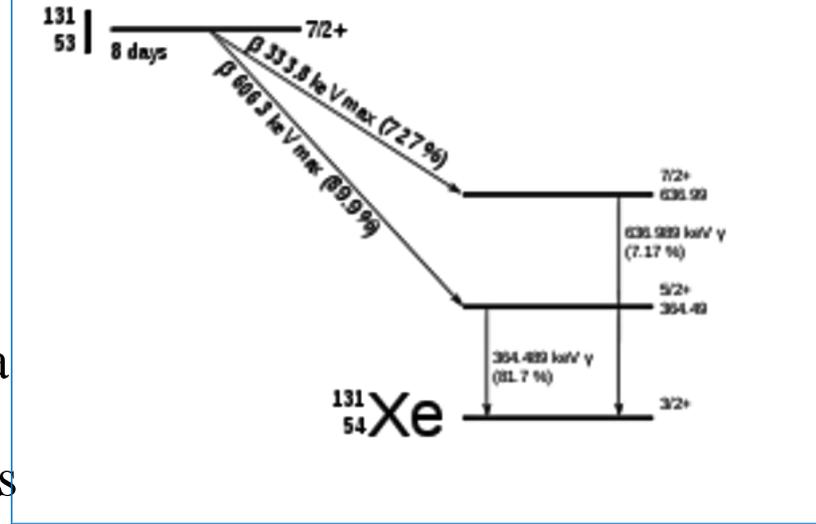
1895 - Roentgen y los Rayos X

1898 - Marie Curie y la Radioactividad Natural

1923 - Von Hevesy y la Técnica de Trazadores

1927 - Geiger y Muller obtienen el primer detector de radiaciones gamma

1938 - Roberts y Evans con los primeros estudios sobre la fisiología tiroidea con radioyodo mientras que Hamilton y Soley determinan las curvas de captación y excreción de ^{131}I por parte de la tiroides.



Reseña Histórica

1945 - Seidlin y Marinelli aplican el radioyodo para el tratamiento del Cáncer de Tiroides

RADIO-IODINE HALTS ONE TYPE OF CANCER

Radioactive chemical brings about history-making recovery of patient dying from thyroid tumors

The man shown in the contrasting portraits at right is a Brooklyn shoe salesman named Bernard Brunstein who is destined to become one of the most famous patients in medical history. Brunstein is the first person known to be cured (insofar as a cure can be established by medical tests on a living patient) of metastatic cancer, a form of the disease in which the malignancy spreads through the body from an original tumor. Metastatic cancer has always been 100% fatal. But Brunstein's tumors were destroyed in a simple, almost miraculous way: by the drinking of four doses of radioactive iodine. When Brunstein was admitted to New



BERNARD BRUNSTEIN IN 1942 (LEFT); AS HE LOOKS TODAY

iodine is chemically identical with ordinary iodine, it gives off a powerful radiation that can kill any tissue that absorbs it in sufficient concentration. The chemical had never been effectively used as a treatment for cancer, but Brunstein agreed to try it in the hope that it might help. It did. Three months after he drank his first glassful of the tasteless, colorless liquid, his heart began to slow down and he started to put on weight. Geiger counters placed over the tumor sites revealed that there was a heavy concentration of radio-iodine in these areas. After three additional doses the tumors slowly began to diminish in size

Reseña Histórica

1945 - Seidlin y Marinelli aplican el radioyodo para el tratamiento del Cáncer de Tiroides

1951 - Red y Libby crean el gammágrafo o scanner para que Mayneord y Cols realicen las primeras gammagrafías.

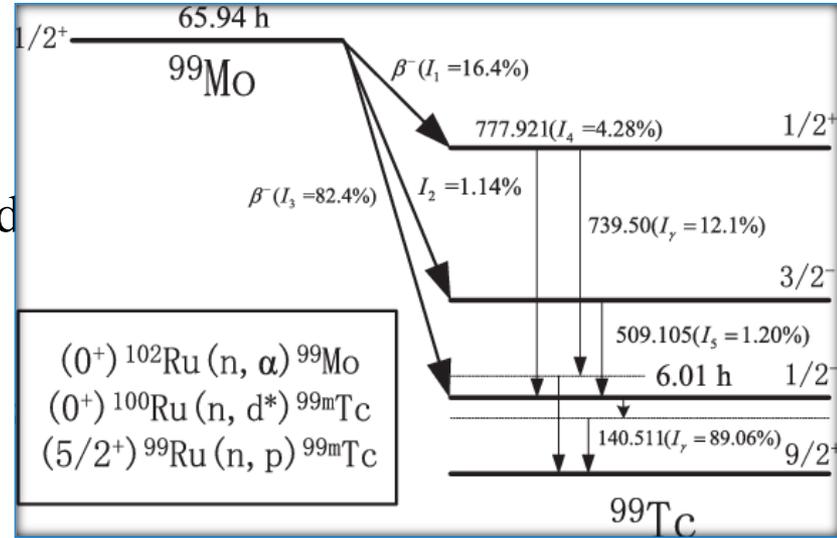


Reseña Histórica

1945 - Seidlin y Marinelli aplican el radioyodo
Tiroides

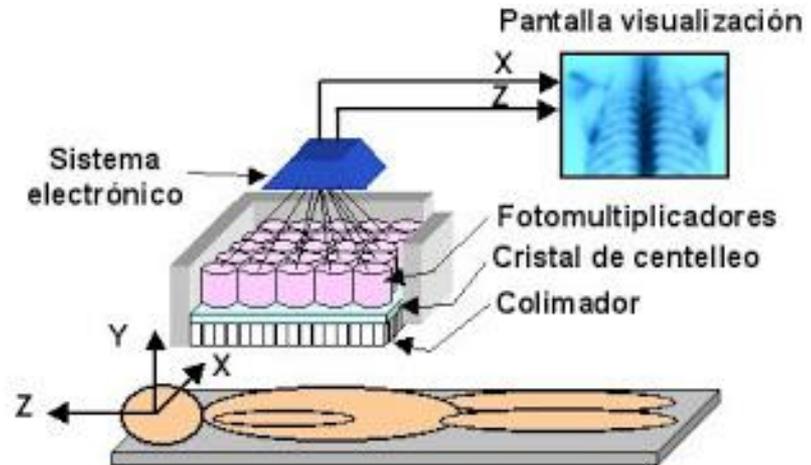
1951 - Red y Libby crean el gammágrafo o
realicen las primeras gammagrafías.

1962 - Harper y Lathrop introducen el ^{99m}Tc como trazador (80% de uso en las técnicas de la especialidad).



Reseña Histórica

1963 - Anger construye la gammacámara con 19 tubos fotomultiplicadores (actualmente utilizada)



Reseña Histórica

1963 - Anger construye la gammacámara con 19 tubos fotomultiplicadores (actualmente utilizada)

A partir de los años 90s se comienza a utilizar el nombre de **imagen molecular o funcional** para denominar a los métodos de imágenes que exploran procesos bioquímicos y funciones biológicas, in vivo, a nivel celular y molecular.

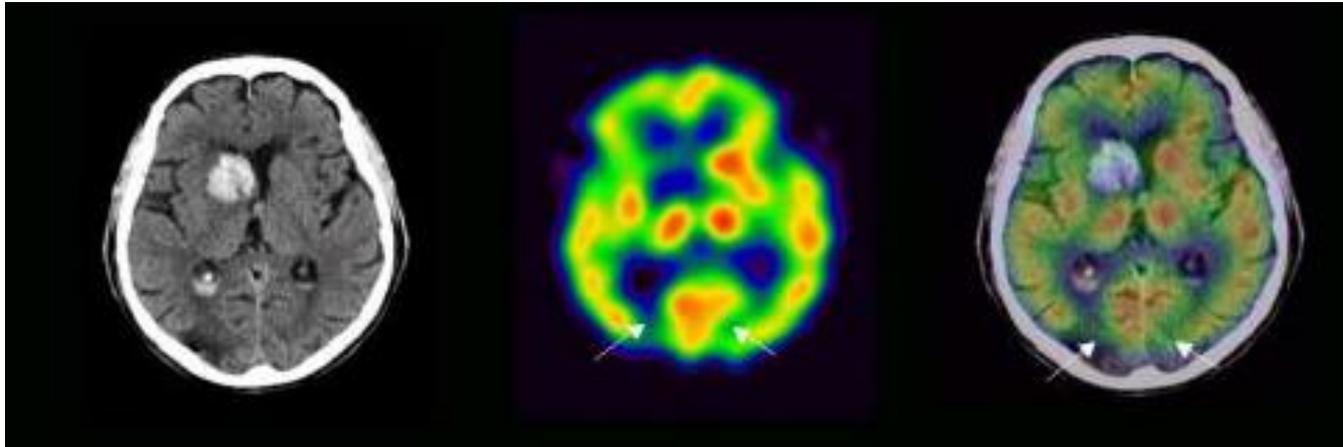
Reseña Histórica

En los últimos años - Implementación de un equipo híbrido de Tomografía Computarizada por Emisión de Fotones Simples (SPECT) y CT convencional.

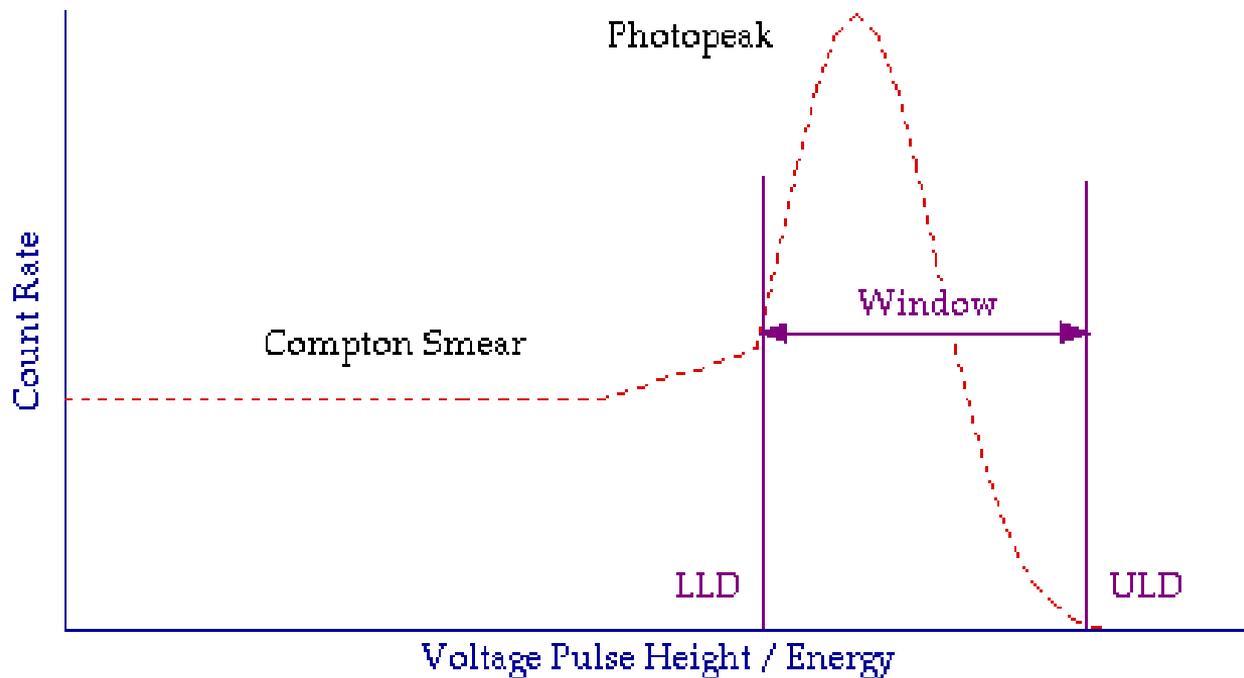


SPECT-CT

La Tomografía Computarizada por Emisión de Fotones Símple (SPECT) se caracteriza por recuperar los **rayos gamma que producen isótopos radiactivos** en una **banda de energía** establecida, para el **análisis funcional** de órganos y tejidos.



¿Por que SPECT?



Radiofármacos

Los fármacos se administran en cantidades de trazas y en general **no producen** modificaciones fisiológicas y tienen un mínimo efecto farmacológico.

Una aspirina de 500 mg contiene alrededor de 10^{-3} moles, mientras que los radiofármacos, se administran en cantidades que rondan los 10^{-11} moles.

Radiofármacos

Los fármacos se administran en cantidades de trazas y en general **no producen** modificaciones fisiológicas y tienen un mínimo efecto farmacológico.

Una aspirina de 500 mg contiene alrededor de 10^{-3} moles, mientras que los radiofármacos, se administran en cantidades que rondan los 10^{-11} moles.

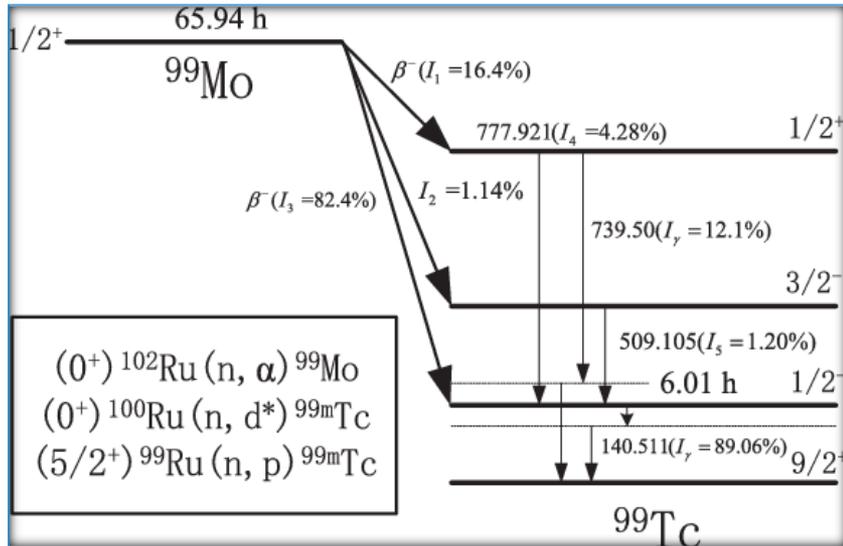
100,000,000 de partes

Radiofármacos

La administración del radiofármaco puede ser oral o administración parenteral (inyección endovenosa, inyección subcutánea) y los isótopos mayormente utilizados son el Tecnecio Pertecnato (^{99m}Tc) y las soluciones de yoduro (^{131}I).

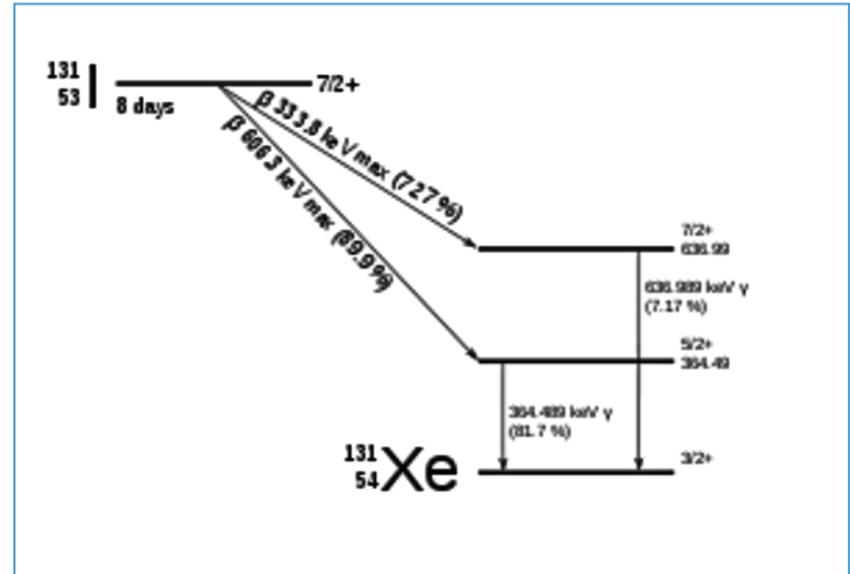
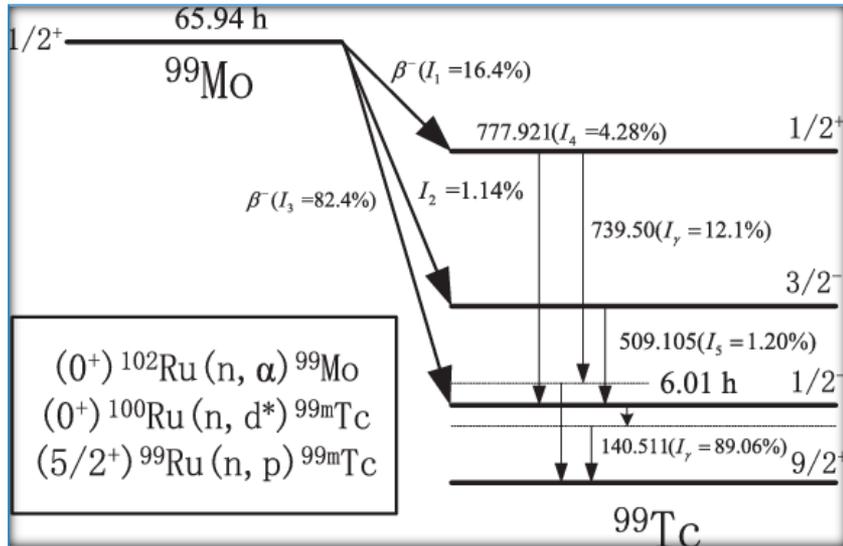
Radiofármacos

La administración del radiofármaco puede ser oral o administración parenteral (inyección endovenosa, inyección subcutánea) y los isótopos mayormente utilizados son el Tecnecio Perteneoctato (^{99m}Tc) y las soluciones de yoduro (^{131}I).

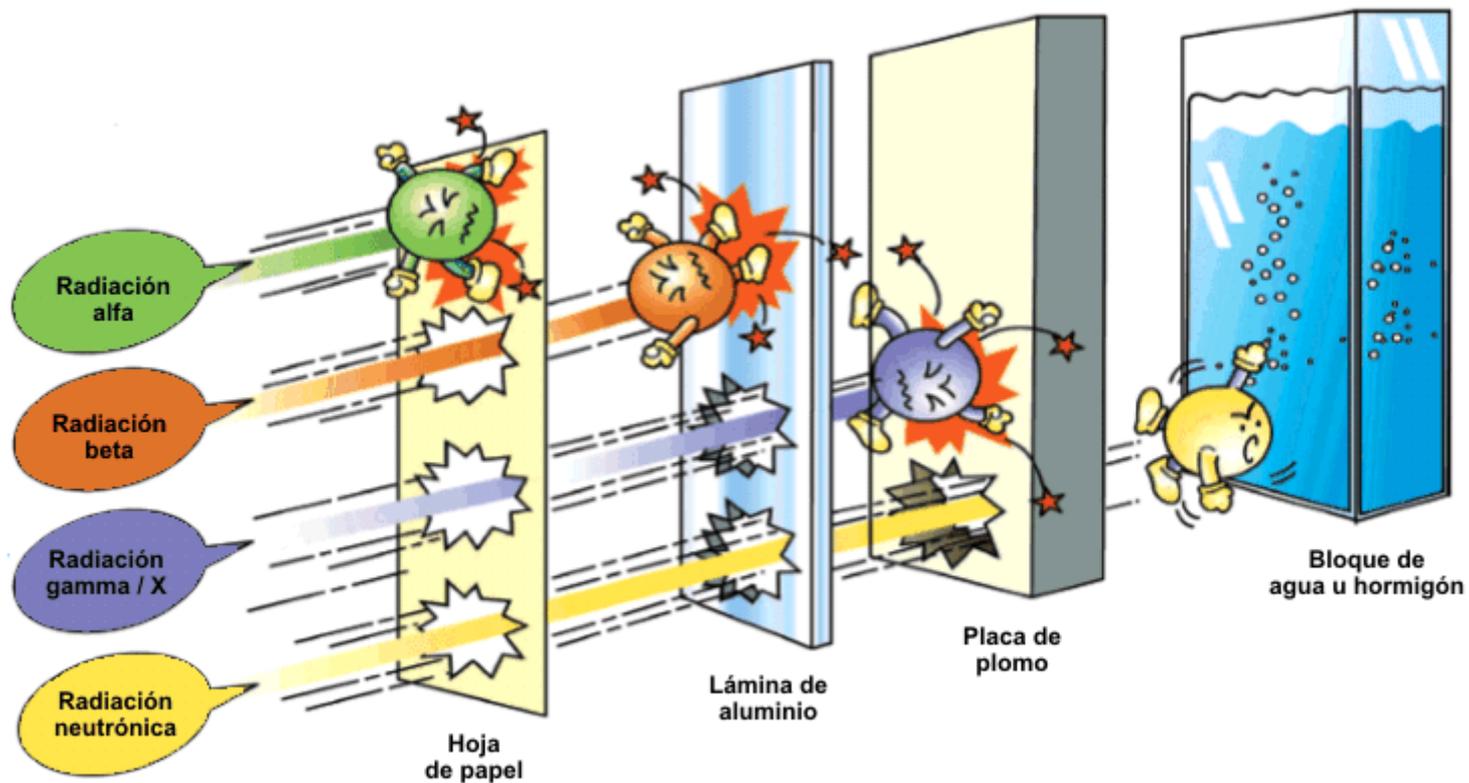


Radiofármacos

La administración del radiofármaco puede ser oral o administración parenteral (inyección endovenosa, inyección subcutánea) y los isótopos mayormente utilizados son el Tecnecio Perteneoctato (^{99m}Tc) y las soluciones de yoduro (^{131}I).



Diagnostico y Terapia con Radiofármacos



Diagnostico y Terapia con Radiofarmacos

Diagnóstico	Terapia
Cortos tiempos de vida media.	Largos tiempos de vida media.
Mas producción de Fotones y menos de otras partículas.	Mas producción de partículas con la capacidad de producir radiolisis.
Poca actividad que produce bajas dosis tanto en tejidos blanco como adyacentes.	Mucha concentración de actividad para lograr dosis altas en el tejido blanco.

Tecnecio 99 meta-estable (^{99m}Tc)

Es el radioisótopo más utilizado en Medicina Nuclear. Su enorme versatilidad se debe a sus **múltiples estados de oxidación**.

$$T_{1/2} = 6 \text{ horas}$$

$$A_{\text{prom}} = 10 - 20 \text{ mCi}$$

$$E_{\text{mono}} = 140 \text{ keV}$$

} Producto Final : ^{99}Tc

Es factible su obtención a partir de un generador de ^{99}Mo - ^{99m}Tc que permite obtener al ^{99m}Tc de forma fácil, en un estado estéril y apirógeno.

Yodo 131 (^{131}I)

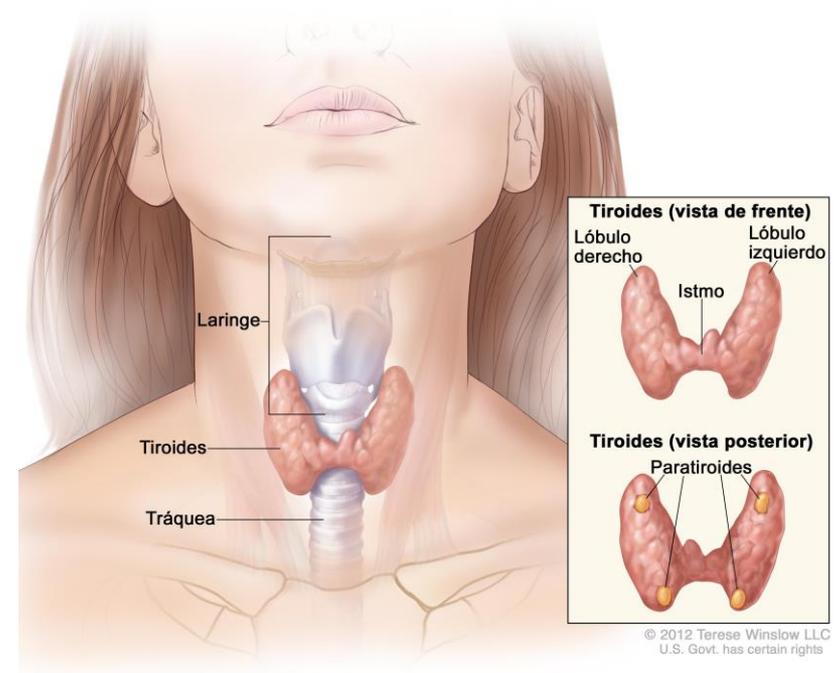
	^{123}I	^{124}I	^{125}I	^{131}I
Período de semidesintegración (días)	0,55	4,2	60	8
Modo de desintegración	Captura electrónica	Beta (+) y captura electrónica	Captura electrónica	Beta (-)
Principales emisiones (energía en keV, porcentaje)	X (159, 83)	γ (511, 46) X (603, 61)	X (27, 114)	β^- (606, 90) γ (365, 82)
Utilidad	Radiofármacos de Diagnóstico	Radiofármacos de Diagnóstico (PET)	Radioinmuno ensayo (RIA)	Radiofármacos de Terapia (y Diagnóstico)

Glándula Tiroides

$^{99m}\text{Tc-NaTcO}_4$ (Perteneoctato de Sodio): es muy específico por la glándula tiroides con poca captación en glándulas salivales y mucosa gástrica.

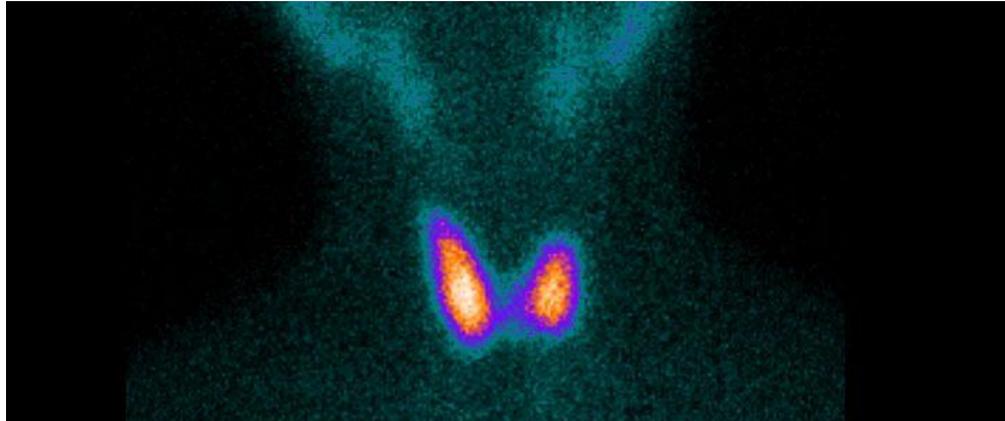
Fisiológicamente la tiroides concentra el yodo en su interior. Si se administra radioyodo ($^{131}\text{I-NaI}$ o, $^{123}\text{I-NaI}$), se puede evidenciar el grado de captación de la tiroides, en la llamada curva de captación de yodo.

Anatomía de la tiroides y la paratiroides



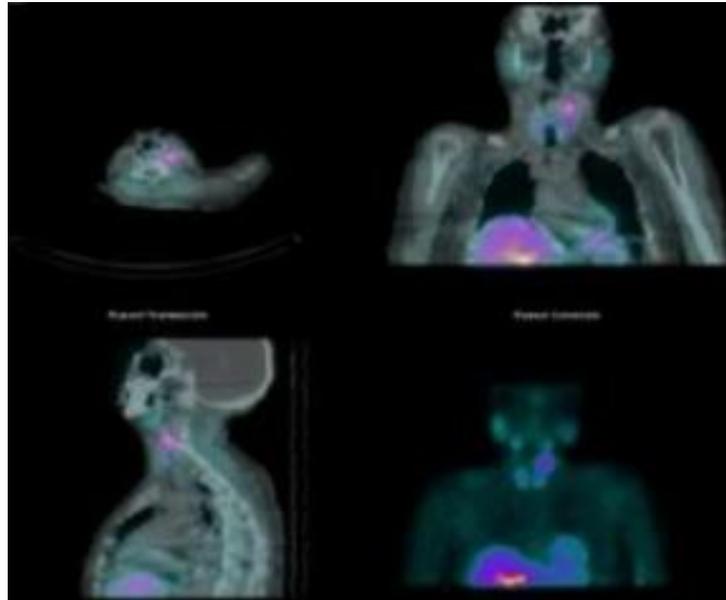
Glandula Tiroides

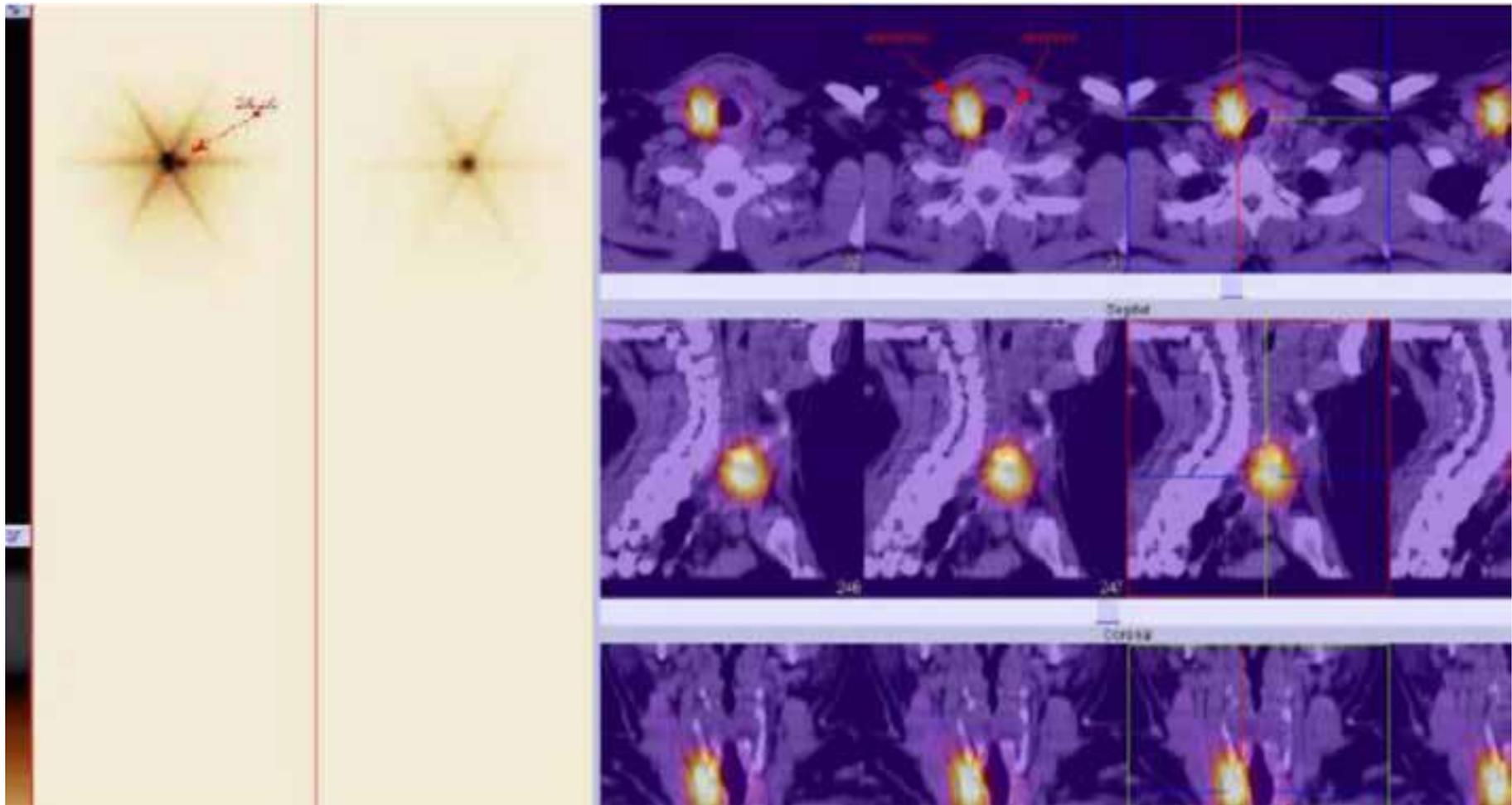
Si tiene un funcionamiento normal, concentrará el yodo en una determinada proporción; si está produciendo hormonas por encima de los requerimientos (**hipertiroidismo**) concentrará una proporción mayor; si está produciendo menor cantidad de hormonas (**hipotiroidismo**) la concentración del yodo tendrá valores muy bajos.



Glandula Tiroides

Con el ^{99m}Tc -perteneciato no se elaboran curvas de captación, pues no es un elemento fisiológico de la tiroides y las detecciones no tendrían el fundamento que le permita extrapolar de esa curva el grado de función tiroidea.



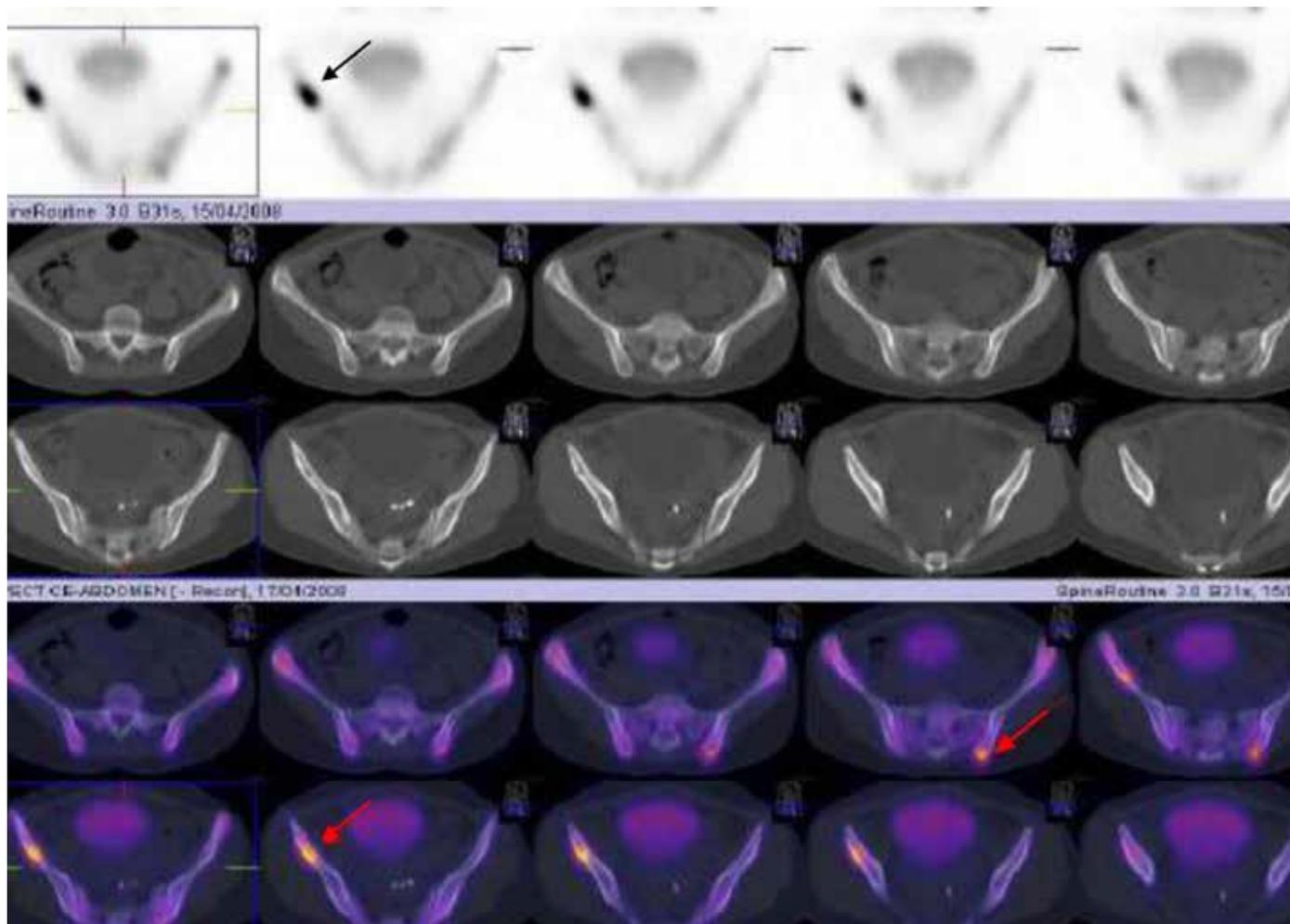


A. Pintado et al, Principales Aplicaciones en Medicina Nuclear, Nucleus No. 62, 2017.

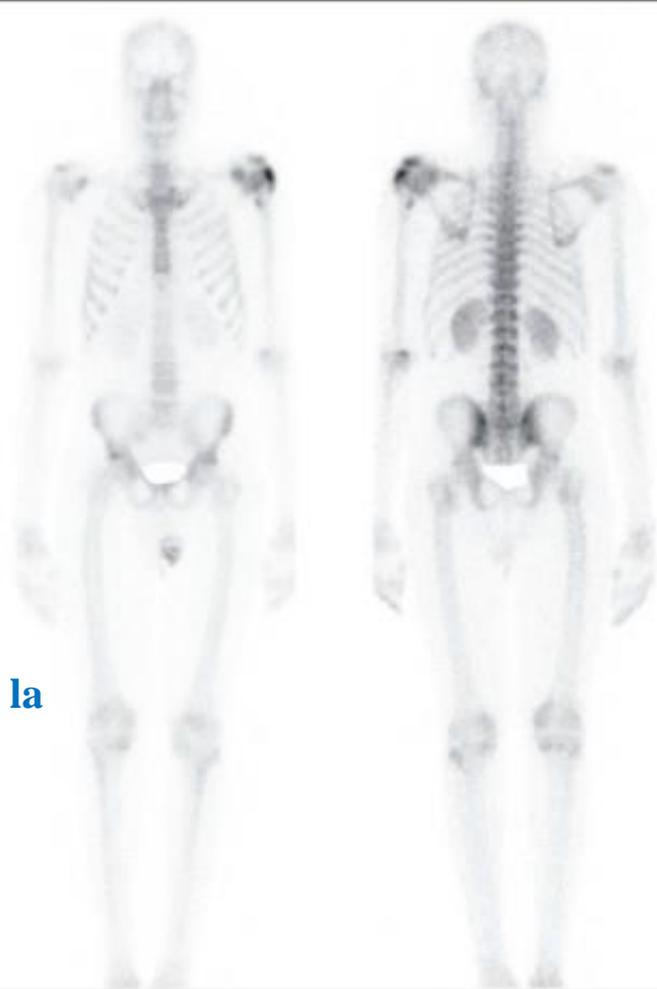
Metástasis Óseas

Con ^{99m}Tc -Pirofosfatos y ^{99m}Tc -Difosfatos, (MDP, HDP, EDP) en forma endovenosa.

Es de las prácticas mas estandarizadas en Medicina Nuclear con dosis de alrededor de 20mCi y un tiempo de captación mínimo de 2 horas.

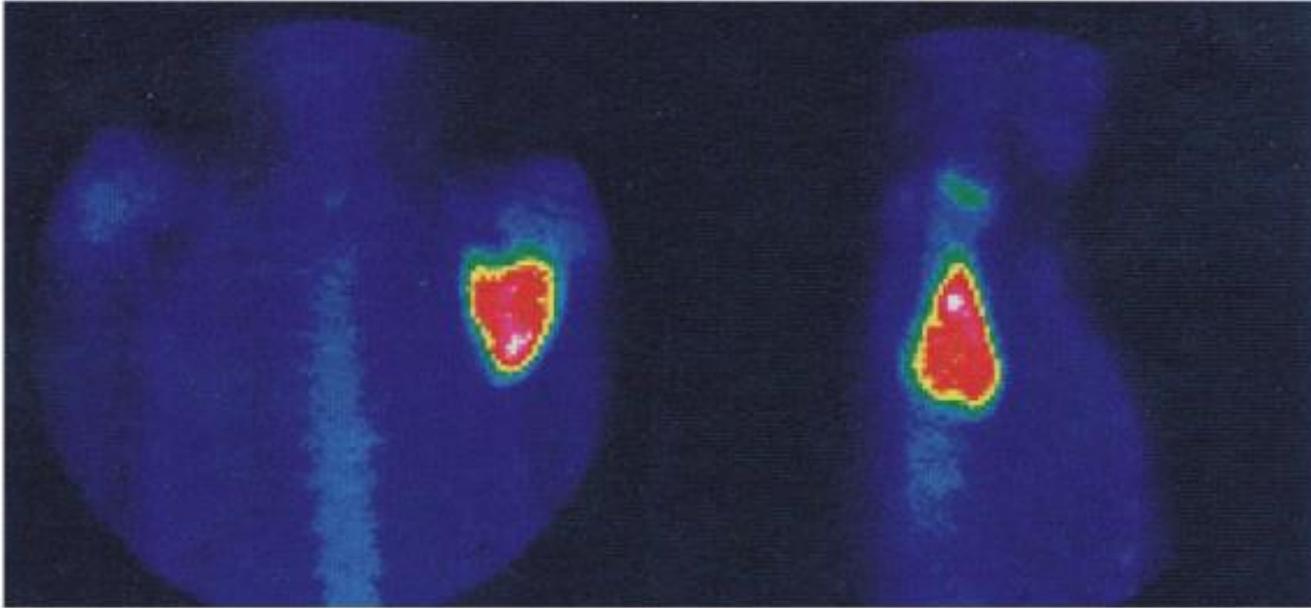


A. Pintado et al, Principales Aplicaciones en Medicina Nuclear, Nucleus No. 62, 2017.



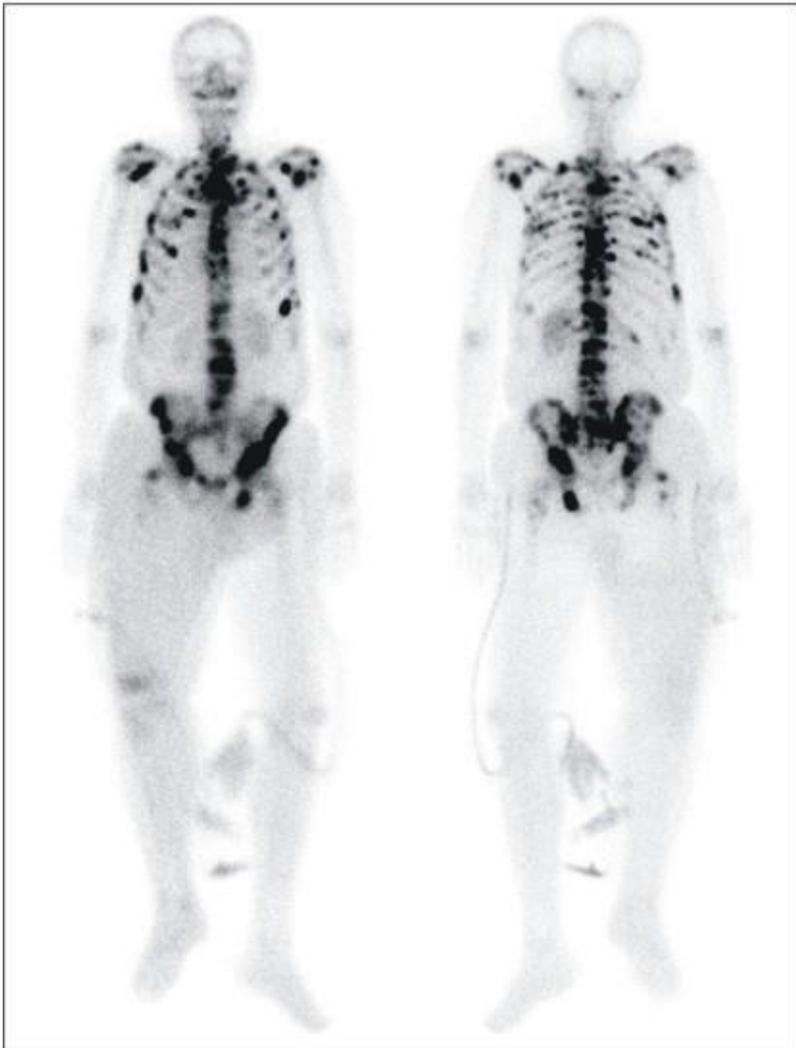
**Necrosis Postraumatica de la
cabeza humeral izquierda**

*D. Falcon et al, Tecnicas de Imágenes en
las Afecciones del Sistema Óseo, Revista
Cubana de Ortopedia y Traumatología,
2012; 26(2) 190-212.*



Osteosarcoma de la Escapula Derecha

D. Falcon et al, Tecnicas de Imágenes en las Afecciones del Sistema Óseo, Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología, 2012; 26(2) 190-212.



Metástasis Ósea de un Carcinoma Prostático

D. Falcon et al, Técnicas de Imágenes en las Afecciones del Sistema Óseo, Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología, 2012; 26(2) 190-212.

Tratamiento de las Metástasis Óseas

Normalmente es una terapia paliativa con mínimos efectos adversos.

Actualmente se utiliza el ^{89}Sr -Cloruro de Estroncio ($^{89}\text{Sr-SrCl}_2$) que es administrado por vía endovenosa.

Emisor beta (β^-) con una energía de **1.49 MeV** y un período de semidesintegración de **50.57 días**.

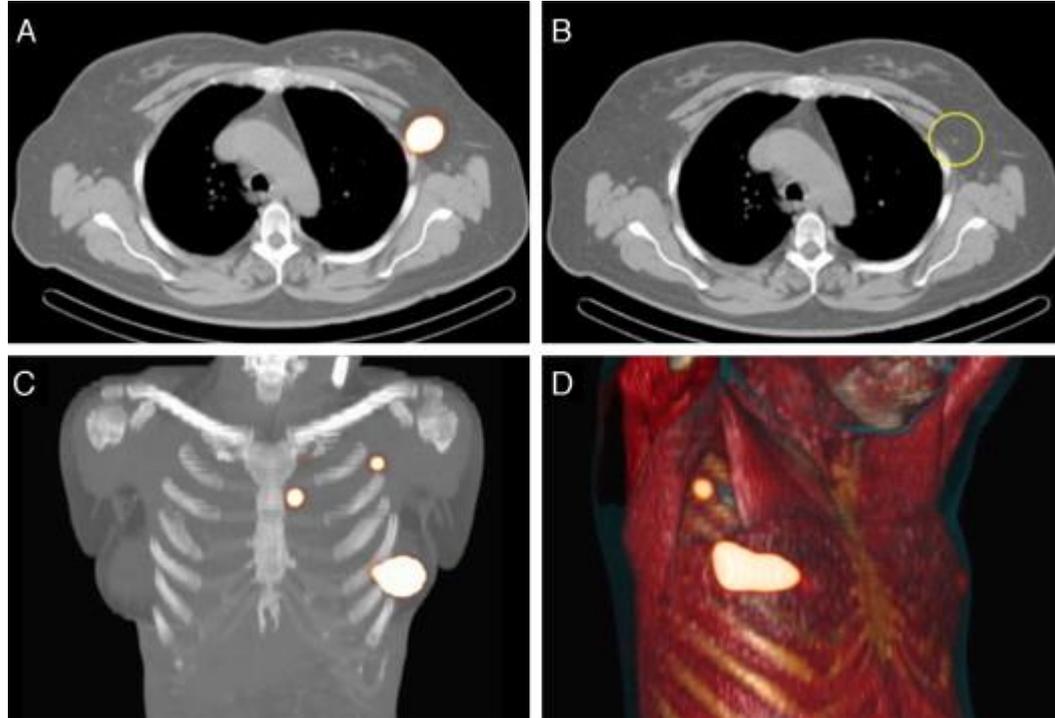
Tratamiento de las Metástasis Óseas

Este radiofármaco posee alta afinidad por el tejido afectado con un porcentaje de efectividad entre el 60% al 90%.

Dosis administradas en 40 y 60 $\mu\text{Gy}/\text{Kg}$ y aproximadamente el 70% de la dosis es retenida por el esqueleto mientras que el resto se elimina por vía renal y fecal.

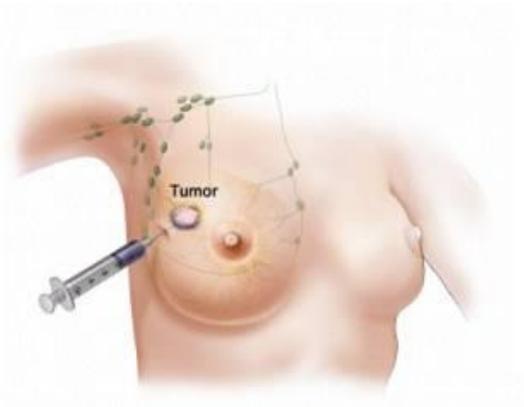
Ganglio Centinela

Ganglio centinela es una técnica empleada para estadificar la infiltración tumoral en las cadenas ganglionares próximas, por medio de la linfa (linfogamagrafía).



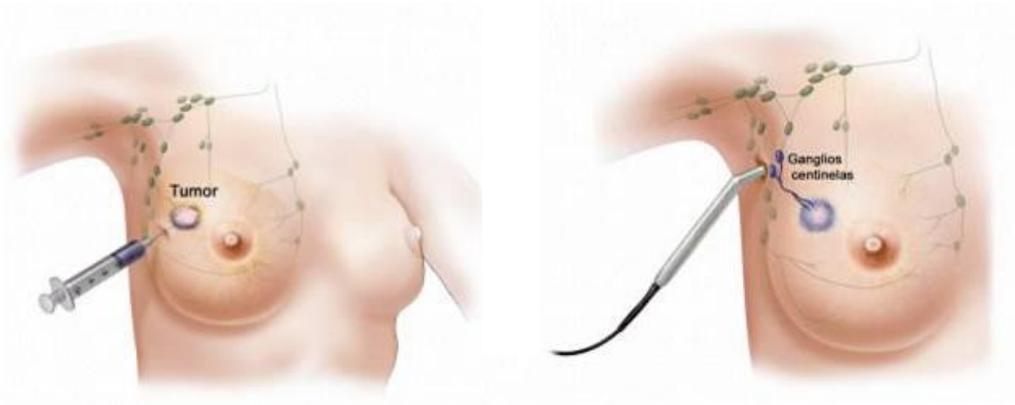
Ganglio Centinela

Los radiofármacos utilizados son básicamente ^{99m}Tc -Partículas Coloidales (agregados con poca capacidad de difusión) como el dextrano, el cual es depositado en el espacio intersticial (EES) en las proximidades del tumor.



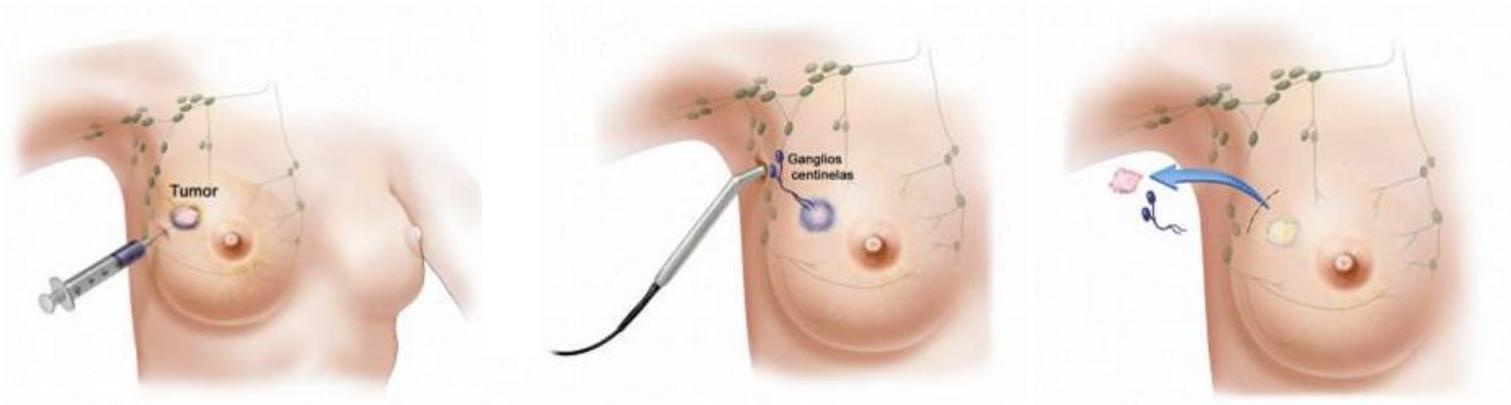
Ganglio Centinela

Los radiofármacos utilizados son básicamente ^{99m}Tc -Partículas Coloidales (agregados con poca capacidad de difusión) como el dextrano, el cual es depositado en el espacio intersticial (EES) en las proximidades del tumor.



Ganglio Centinela

Los radiofármacos utilizados son básicamente ^{99m}Tc -Partículas Coloidales (agregados con poca capacidad de difusión) como el dextrano, el cual es depositado en el espacio intersticial (EES) en las proximidades del tumor.



Ganglio Centinela

Las dosis pueden ser entre 100 a 200 μGy debido a que se pretende que sea un recorrido de unos pocos centímetros.

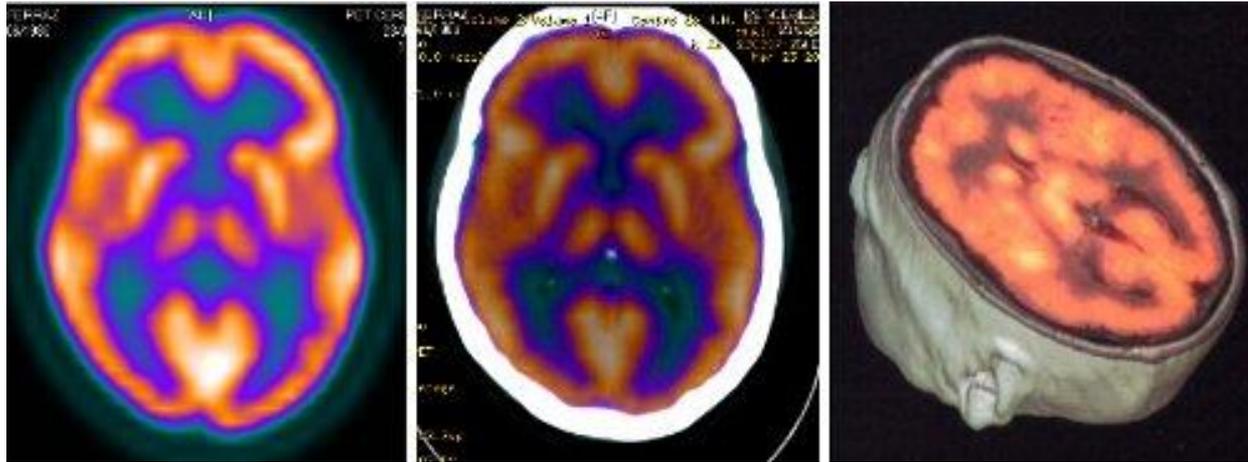
Cuando la técnica de ganglio centinela no presenta células tumorales podemos presumir que en el resto de los ganglios axilares no existirá afectación.

Detección de 13% a 50% de ganglios no visualizados.

Sensibilidad: 70-90%

Cerebro

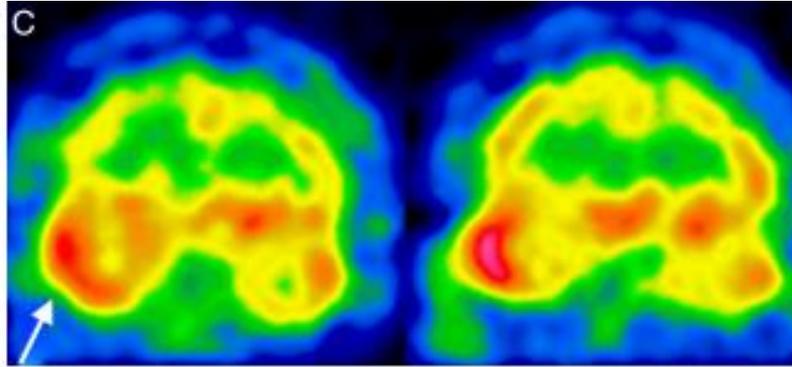
^{99m}Tc -EDP (Etilcisteinato Dimérico): atraviesa la barrera hematoencefálica por difusión pasiva y debido a que es lipofílico su concentración es mayor en la materia gris.



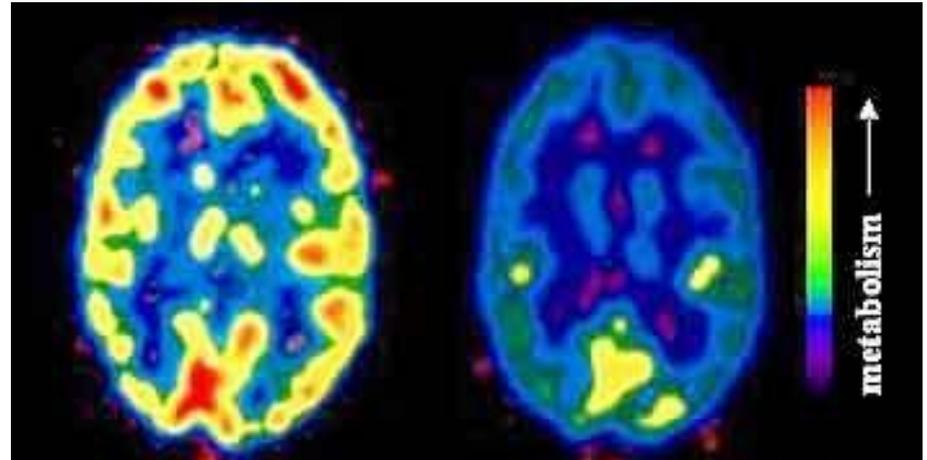
La fracción de radiofármaco que no es utilizada para el estudio es excretada por los riñones en los primeros minutos.

Cerebro

Epilepsia:



Bajo Funcionamiento Neuronal:



X. Setoain et al, SPECT en Epilepsia, Rev Esp Med Nucl Mol. 2014; 33(3): 165-174.

Aun hay mas!

Diagnostico	Radiofármaco
Linfomas	123I, 124I
Función Pulmonar	99mTc-MAA, 99mTcDTPA, 133Xe
Renal	99mTc-DTPA y 99mTc-DMSA
Cardiovascular	201Tl; 99mTc-Isonitrilos; 13N-Amonio

Aun hay mas!

Radiofármaco	Utilidad terapéutica
^{131}I - NaI	Patologías tiroideas (hipertiroidismo, carcinoma de tiroides)
^{32}P - Na_3PO_4 ^{89}Sr - SrCl_2 ^{153}Sm - EDTMP	Tratamiento paliativo del dolor provocado por metástasis ósea
^{90}Y - microesferas	Cáncer de hígado
Radioinmunoterapia con ^{90}Y - antiCD20 y ^{131}I - antiCD20	Linfoma no- Hodking
^{90}Y - DOTA TOC	Tumores neuroendócrinos
^{90}Y , ^{186}Re - agregados de hidroxiapatita o hidróxido férrico	Radiosinovectomía





*Muchas gracias
por su Atencion!*