

Curso de capacitación continuada de Protección Radiológica en Medicina Nuclear.

**P-12 Aplicaciones médicas de la
Radiaciones Ionizantes en Medicina
Nuclear Diagnóstica.**

Objetivo

- **Que los participantes conozcan las diferentes aplicaciones médicas de las radiaciones en el Medicina Nuclear diagnóstica.**
- **Distinguir los principales Radiofármacos, fuentes y equipos que se utilizan en la práctica.**

CONTENIDO

- **La Medicina Nuclear diagnóstica. Fundamentos de la práctica.**
- **Principales tipos de fuentes usadas en Medicina Nuclear Diagnóstica.**
- **Principales equipos usados en Medicina Nuclear Diagnóstica.**

1. La Medicina Nuclear, fundamentos de la práctica.

¿Qué es Medicina Nuclear (MN)?

Especialidad médica que utiliza cantidades relativamente pequeñas de materiales radiactivos (radiofármacos) para el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades.

Las imágenes diagnósticas pueden complementar a otras técnicas de diagnóstico por imagen en determinadas situaciones clínicas.



1. La Medicina Nuclear, fundamentos de la práctica.

¿Qué son los Radiofármacos?

Sustancias compuestas por una molécula química, marcadas radioquímicamente con un isótopo radiactivo.

Estas sustancias, al ser administradas a los pacientes, se acumulan preferentemente en órganos o tejidos específicos, de forma tal que, pueden ser detectadas externamente por equipos especiales capaces de obtener parámetros y formar imágenes útiles en el diagnóstico de múltiples enfermedades.

En algunos casos estos radiofármacos pueden utilizarse para administrar una alta dosis de radiación a órganos y tejidos con fines terapéuticos.



1. La Medicina Nuclear Diagnóstica, fundamentos de la práctica.

Clasificación de los estudios de MN:

- a) "in vivo": Se detecta el radioisótopo administrado previamente en el organismo.
- Funcionales: interesa conocer el comportamiento dinámico de un órgano.
 - Morfológicos: estudio de la forma y tamaño.
- b) "in vitro": Se usan radioisótopos para la determinación de una sustancia (por ejemplo, hormonas) en una muestra biológica del individuo, usualmente sangre.



1. La Medicina Nuclear Diagnóstica, fundamentos de la práctica.

“Objetivos de la Medicina Nuclear Diagnóstica”

Obtener datos clínicos acerca de la distribución de los radiofármacos en el organismo y registrar imágenes de la distribución de actividad para:

- determinar lesiones en un órgano o tejido, por ejemplo: tumores óseos y tiroideos.
- evaluar el funcionamiento del órgano, por ejemplo: determinar el flujo sanguíneo en el cerebro, determina el hiperfuncionamiento de la tiroides.



1. La Medicina Nuclear Diagnóstica, fundamentos de la práctica.

En estudios in vitro contempla (Radioinmunoanálisis):

- Obtención de una muestra biológica del paciente (sangre, orina, etc.).
- Preparación de la muestra usando muy poca actividad de radioisótopos.
- Medición de la muestra para determinar valores de hormonas presentes en la muestra.
- Comparación de los resultados con patrones normales y patológicos.



1. La Medicina Nuclear Diagnóstica, fundamentos de la práctica.

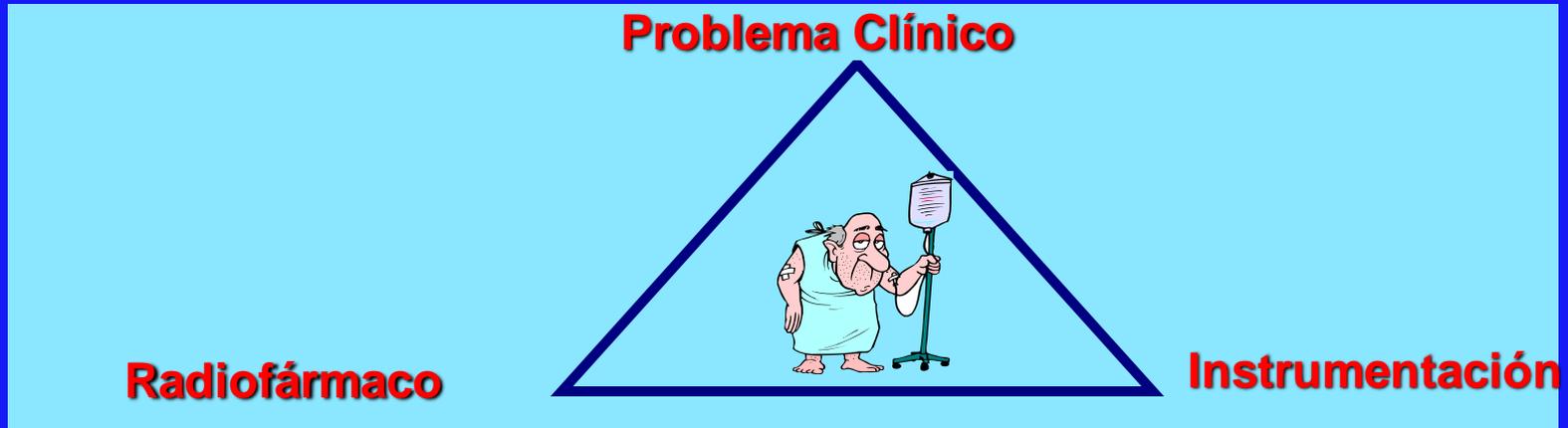
Los estudios “in vivo” contempla:

- Administración del radiofármaco al paciente (vía oral, intravenosa o por inhalación, etc.).
- Biodistribución de radiofármaco en el cuerpo del paciente y acumulación en el órgano o tejido objeto de estudio.
- Medición de la actividad acumulada en el órgano o tejido objeto del estudio obteniendo imágenes o parámetros de funcionamiento.
- Evaluación de los resultados del estudio para establecer características patológicas de determinadas enfermedades.



1. La Medicina Nuclear Diagnóstica, fundamentos de la práctica.

La calidad de y seguridad de un estudio dependen de:



2. Fuentes usadas en MN. Los Radiofármacos

Radiofármacos, principios básicos de localización:

Todo radiofármaco tiene dos componentes: un radionucleido y un fármaco.

- **El fármaco** es elegido con el objetivo de lograr su localización preferencial en un órgano dado, o lograr su participación en la función fisiológica de un órgano determinado.
- **El radionúclido** es elegido para "marca" radioquímicamente al fármaco de modo que, la radiación emitida por este, pueda ser detectada por un detector de radiación especialmente diseñado para ello.



La actuación conjunta del fármaco y el radionúclido (Radiofármaco) es lo que permite evaluar clínicamente la estructura morfológica o la función fisiológica del órgano y tejidos objeto de estudio.

2. Fuentes usadas en MN. Los Radiofármacos

Los Radiofármacos usados pueden ser clasificados como:

- listos para usar: ^{131}I -MIBG, ^{131}I -ioduro, ^{201}Tl -cloruro, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ Pertecnectato.
- kits para preparación inmediata: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DTPA.
- kits que requieren calentamiento: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAG3, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI.
- productos con manipulación significativa: marcaje de células sanguíneas, síntesis y marcaje de radiofármacos producidos en el laboratorio.

Características importantes de los radionúclidos utilizados



- Pueden detectarse en cantidades muy pequeñas.
- Comportamiento químico igual al isótopo estable: metabolismo, distribución en órganos, eliminación, etc.

2. Fuentes usadas en MN. Los Radiofármacos

Características de los radionúclidos usados en MN

Para su utilización óptima los radionúclidos deben tener:

- Comportamiento idéntico al nucleído estable metabolizado por el organismo.
- Forma química adecuada para garantizar la incorporación, el compartimento biológico correcto y con la cinética requerida.
- Detección eficiente de la radiación emitida.
- Que proporcione una dosis absorbida lo más baja posible.
- Eliminación rápida del organismo.
- Corto periodo de semidesintegración



2. Fuentes usadas en MN. Los Radiofármacos

“Radionúclidos más comúnmente usados en MN”

Para procedimientos diagnósticos
(utilizado en el 80 %)



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



Para procedimientos terapéuticos



Yodo-131
(^{131}I)

Ytrio-90
(^{90}Y)



Para procedimientos de PET-CT



Fluor-18
(^{18}F)



2. Fuentes usadas en MN. Los Radiofármacos

“Tecnecio-99m”, características extremadamente favorables:

- Se obtiene en el propio servicio de MN mediante la elusión de un generador Mo-Tc99m.
- Período de semidesintegración física de 6 horas.
- Una actividad del orden de los GBq no genera una dosis significativa.
- Se desintegra emitiendo fotones de 140 keV, fáciles de colimar y detectar para obtener imágenes de alta resolución espacial.
- Disponible en estado estéril, libre de pirógenos.
- Adicionados a “kits fríos” permite obtener fácilmente distintos tipos de radiofármacos.



2. Fuentes usadas en MN. Los Radiofármacos

Características del Yodo-131

- I-131 es producido en un reactor.
- Periodo de semidesintegración $T = 8.02$ días.
- Usado para procedimientos diagnósticos y tratamientos de enfermedades que involucran a la tiroides.
- Puede ser administrado por vía oral en forma de cápsulas o de solución líquida.
- Es muy volátil, su manipulación requiere de precauciones especiales.



2. Fuentes usadas en MN. Los Radiofármacos

Características del Fluor-18

- ^{18}F es producido en un Ciclotrón.
- Periodo de semidesintegración $T = 110$ minutos.
- Usado para procedimientos diagnósticos como emisor de positrones, principalmente de enfermedades oncológicas, cardiacas y otras.
- Administrado de forma intravenosa.
- Su mayor uso es unido a la molécula FDG (análoga de la glucosa). Brinda una alta sensibilidad y especificidad al estudio.
- Mayor energía de la radiación de aniquilación positrónica (511 keV) condiciona mayores dosis a los trabajadores y a los pacientes.



2. Fuentes usadas en MN. Fuentes de Calibración

Fuentes selladas en MN

- Usadas para calibración y control de calidad del equipamiento: Na-22, Mn-54, Co57, Co-60, Cs137, Cd-109, I-129, Ba-133, Am-241.
- Fuentes puntuales y marcadores anatómicos: Co-57, Au-195.

Características de las fuentes de calibración.

- ✓ Rango de actividades entre 1 kBq y 1GBq (muy baja actividad).
- ✓ Largo período de semidesintegración.
- ✓ Calibradas dentro de un 5%



3. Equipos usados en MN.

Equipo: Activímetro Medidor de Actividad.

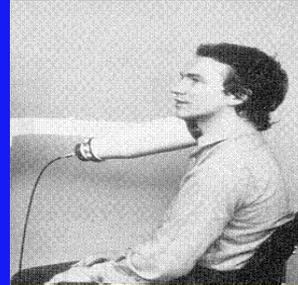
- Sistema de medición para determinar la actividad de los radiofármacos que será utilizada.
- Formado por una cámara de ionización de forma cilíndrica con una cavidad o pozo, en cuyo interior se sitúa la fuente o muestra radiactiva que se desea medir.
- Se emplean por su excelente estabilidad en el tiempo.
- La cámara sellada que contiene gas con alto voltaje aplicado a los electrodos.
- Rango de actividades: 37 kBq a 37 GBq (μCi -Ci).



3. Equipos usados en MN.

Equipo: Captor de yodo.

Usado para contar la actividad acumulada en tiroides cuando se están haciendo estudios de captación de ^{131}I .



Determinaciones “in vivo”.
Sondas de centelleo.

3. Equipos usados en MN.

Sondas intraoperatorias. (Técnica del ganglio centinela).

- Esta técnica consiste en la inyección de un coloide marcado con 99mTc en varios puntos alrededor del tumor primario, este es drenado por el sistema linfático hacia el primer ganglio afectado por la enfermedad, denominado ganglio centinela. La sonda es utilizada para detectar actividad en estos ganglios.
- Al paciente operado, se le extrae los ganglios “tomados por la enfermedad” en función de la información de la sonda. Con ello se evitará extraer toda la cadena ganglionar.
- Muy usado en la cirugía del cáncer de mama



3. Equipos usados en MN.

Contadores de muestras “in vitro ” (contadores de pozo y automáticos)

- Utilizados para contar muestras de sangre (radioinmunoanálisis, RIA) y orina.
- También usados para contar muestras de frotis obtenidas durante la ejecución de monitoreo de contaminación radiactiva.

Contadores basados en detectores de Centelleo Líquido



3. Equipos usados en MN.

Equipos de formación de imágenes se basan en:

- Los detectores de centelleo es el sistema más usado en la práctica clínica (cámaras gamma, PET, etc.)
- NaI(Tl) : buena respuesta en el rango de energías usadas 100-400keV.
- Con la aparición de la tecnología PET se emplean otros materiales (centelladores inorgánicos lentos y rápidos BGO, LSO) con mejor respuesta a altas energías (511KeV).



3. Equipos usados en MN.

“Cámaras de Centelleo”:

- Comúnmente conocidas como “Cámaras Gamma”: Eran usadas para mostrar la forma en que el radiofármaco administrado al paciente se distribuye a través del cuerpo o en un órgano.
- Se utilizaban para obtener una imagen plana de la radiación gamma emitida por una zona del organismo a la que previamente se le ha hecho llegar una cierta actividad de radiofármaco.



Las Cámaras Gamma son el instrumento más difundido para obtener imágenes en Medicina Nuclear.

3. Equipos usados en MN.

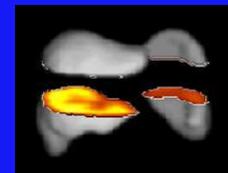
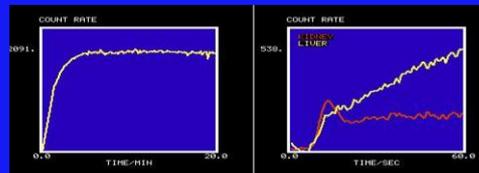
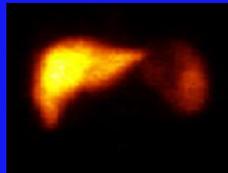
“Cámaras gamma con conexión a una Computadora”

La cámara está conectada a una computadora que es usada para la obtención, procesamiento y lectura de datos.



“ Imágenes de Diagnóstico / Datos”

Pueden obtenerse diferentes tipos de imágenes, dependiendo de cómo se opera la cámara.

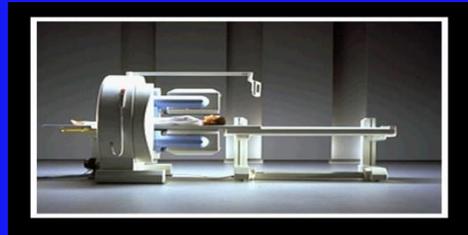
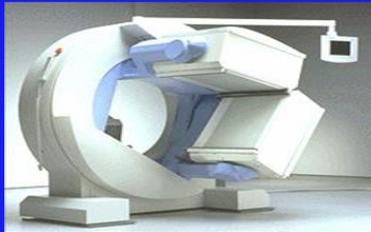


3. Equipos usados en MN.

Cámaras SPECT

Sistema de Tomografía por Emisión de Fotón Único (SPECT)

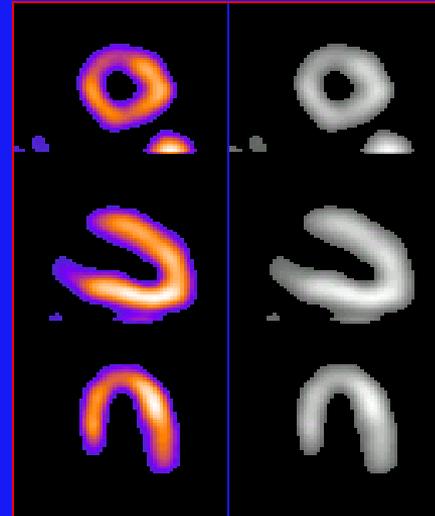
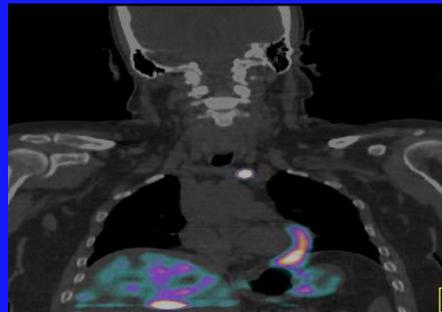
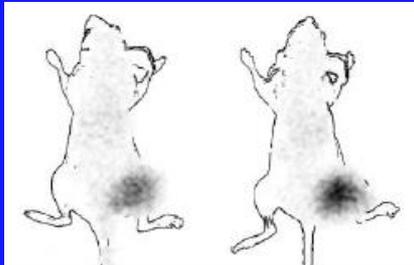
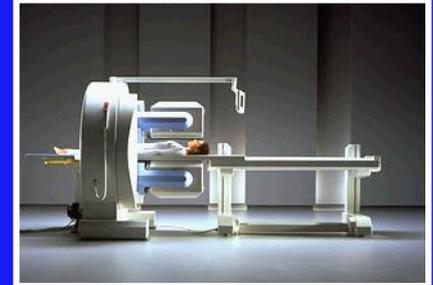
- La cámara SPECT examina al paciente desde muchos y diferentes ángulos, y es capaz de mostrar detalles muy precisos dentro del mismo.
- La información se presenta como una serie de planos que corresponden a determinadas profundidades en el interior del cuerpo.
- Los planos presentados puede ser una serie de cortes coronales, sagitales, transversales y oblicuos.



3. Equipos usados en MN.

Cámaras Gamma SPECT

- Estáticos y Dinámicos.
- Cuerpo Entero (WB).
- Tomografía (SPECT).
- Tomografía Gatillada (gated SPECT).
- WB SPECT.
- Investigación pre-clínica y clínica.



3. Equipos usados en MN.

Cámaras Gamma PET

Tomografía por Emisión de Positrones (PET).

- La Tomografía por Emisión de Positrones es el exponente mas claro de la evolución de la MN y su aplicación clínica fundamental es la Oncología.
- Usado para estudiar procesos fisiológicos y bioquímicos dentro del cuerpo.
- Los procesos estudiados pueden ser flujo sanguíneo, metabolismo del oxígeno, la glucosa y ácidos grasos, transporte de aminoácidos, etc.
- La PET mejora la estadificación de los tumores y la delimitación del volumen tumoral y por tanto cambia la planificación del tratamiento y el manejo de los pacientes.



3. Equipos usados en MN.

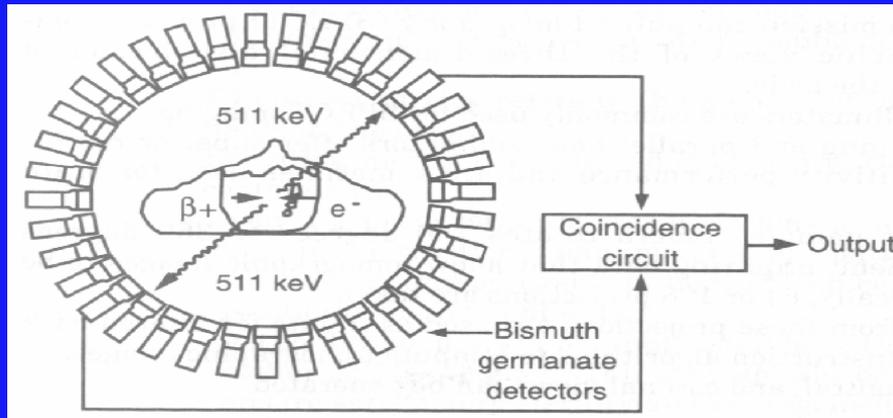
Cámaras Gamma PET

Tomografía (PET).

Se basa en la detección en coincidencia de la aniquilación del positrón con emisión de dos fotones gamma de 511 keV.

Isótopos mas usados: F-18, C-11, O-15, N-13, Rb-86, Ga-68

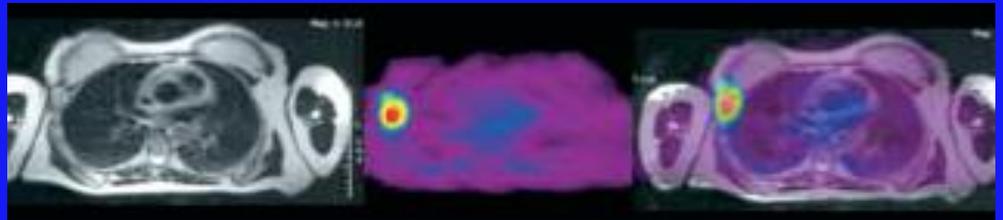
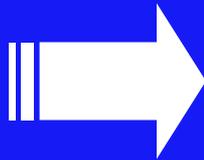
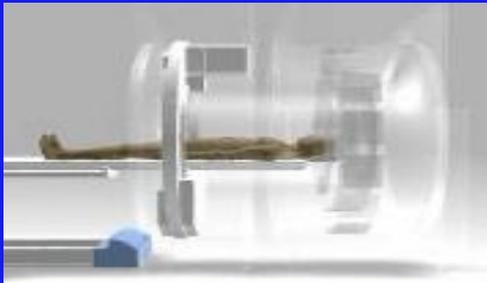
FDG



3. Equipos usados en MN.

Equipos híbridos: SPECT-CT y PET-CT

- Básicamente se trata de unificar en una sola imagen la información bioquímica de la técnica de MN con la información anatómica que proporciona el CT, para obtener una información diagnóstica más precisa.
- Las imágenes híbridas abren nuevas oportunidades en diagnóstico y planificación de Radioterapia y nuevas relaciones entre las especialidades médicas radiológicas.



Conclusiones:

- 1) **La práctica de Medicina Nuclear tiene objetivos diagnósticos y terapéuticos.**
- 2) **La Medicina Nuclear Diagnóstica puede utilizar técnicas “In Vivo” y técnicas “In Vitro”**
- 3) **En Medicina Nuclear se usan diferentes tipos de radiofármacos atendiendo al objetivo clínico que se pretende y observando las características de los equipos disponibles.**
- 4) **Existen una gran diversidad de equipos que pueden usarse en medicina nuclear atendiendo a los objetivos del estudio que sean previstos.**

