
PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y GARANTÍA DE CALIDAD EN PET Y PET/CT

Mariana L. de Cabrejas

Instrumentación e Imágenes

Comisión Nacional de Energía Atómica

Buenos Aires - Argentina

OBJETIVO DE LA MEDICINA NUCLEAR y CT

MEDICINA NUCLEAR

- ❖ Detectar lesiones
- ❖ Cuantificar tamaño y contraste
- ❖ Realizar estudios dinámicos y determinar parámetros con sentido fisiológico

TOMOGRAFÍA COMPUTADA

- ❖ Detectar lesiones
- ❖ Cuantificar tamaño y d
- ❖ Localizar anatómicamente las lesiones

PET permite detectar y cuantificar las lesiones.
FUSIONANDO IMAGENES de PET y CT las lesiones se pueden localizar anatómicamente.

PET / CT SIEMENS



GARANTÍA DE CALIDAD

Cubre todos los aspectos de la práctica clínica

- Recepción del paciente con sus solicitudes
- Preparación, distribución y administración del trazador
- **Protección Radiológica del Paciente, Personal y Público general**
- Programación de los pacientes y de los estudios
- **Instalación, empleo y mantenimiento de los instrumentos**
- Metodología de los procedimientos clínicos
- Análisis e interpretación de los datos medidos
- Informe de los resultados
- Archivo de informes

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL PACIENTE

- La Dosis de radiación (D) administrada al paciente no tiene límites legales, pero rige ALARA: hay que tratar de minimizar la exposición.
- La D absorbida por la administración de un radiofármaco depende del tipo de decaimiento, la energía y vida media ($T_{1/2}$) efectiva del trazador (función del $T_{1/2}$ físico y biológico) y de la cinética de distribución.
- La $T_{1/2ef}$ es del orden de la más corta de las $T_{1/2f}$ y $T_{1/2b}$: ej.: para O-15 ($T_{1/2} = 2\text{min}$) y N-13 ($T_{1/2} = 10\text{min}$) la eliminación del trazador del cuerpo es de menor importancia mientras que para F-18 y I-124 esto no se así.

Protección del Paciente en PET / CT

- Hay que considerar:
 - ❖ **PET**: la D absorbida por el trazador (depende de la captación en cada órgano específico)
 - ❖ **CT**: la D durante el estudio de CT, es mucho mayor que la de PET por tener un flujo grande de RX de menor energía que los γ (depende del μ del tejido).
- Cuando la determinación de μ se hace con una fuente puntual de Cs-137, el flujo de fotones es 2 o 3 veces menor, siendo despreciable frente a la dosis absorbida por los positrones. Este método no permite ubicar anatómicamente la lesión.

DOSIS EFECTIVA EN PACIENTES DE PET vs. OTROS MÉTODOS DE IMÁGENES

<u>APLICACIÓN</u>	<u>PROTOCOLO</u>	<u>DOSIS EFECTIVA (mSv)</u>	
♦ Oncología	[F-18] FDG	370 MBq	7.0
	[C-11] metionina	400 MBq	2.1
	[Tc-99m] mibi	1 GBq (reposo)	9.0
♦ Cerebro	[F-18] FDG	370 MBq	7.0
	[Tc-99m] HMPAOi	800 MBq	7.4
♦ Miocardio	[F-18] FDG	250 MBq	4.8
	[Tc-99m] mibi	1.3 GBq (protocolo 1 día reposo/esfuerzo)	10.6
	[Tl-201] clouro	140 MBq (protocolo esfuerzo/ reinyección)	30.8
♦ Hueso	[F-18] NaF	250 MBq	6.0
	[Tc-99m] MDP	800 MBq	4.6
♦ CT *	Cerebro	Promedio 1.63 cortes /examen	2.6
	Torax	Promedio 1.40 cortes /examen	10.4
	Abdomen	Promedio 1.72 cortes /examen	16.7
	Pelvis	Promedio 1.50 cortes /examen	11.0

PROTECCIÓN DEL PERSONAL

- Cerca de la superficie del paciente los positrones emiten una dosis no despreciable, la que es absorbida más eficientemente en los tejidos blandos que en el aire.
- La radiación recibida por el personal en servicios PET es mayor que en servicios convencionales debido a la alta energía que hace más difícil el blindaje de los 2 fotones de aniquilamiento de 511 keV.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN AL PERSONAL

➤ Reducción del tiempo de exposición

- ❖ planeamiento óptimo del trabajo
- ❖ uso de sistemas automáticos para la preparación de la jeringa y la inyección
- ❖ uso de sistemas automáticos para sacar muestras de sangre y medir la presión

MEDIDAS DE PROTECCIÓN AL PERSONAL

➤ Blindaje

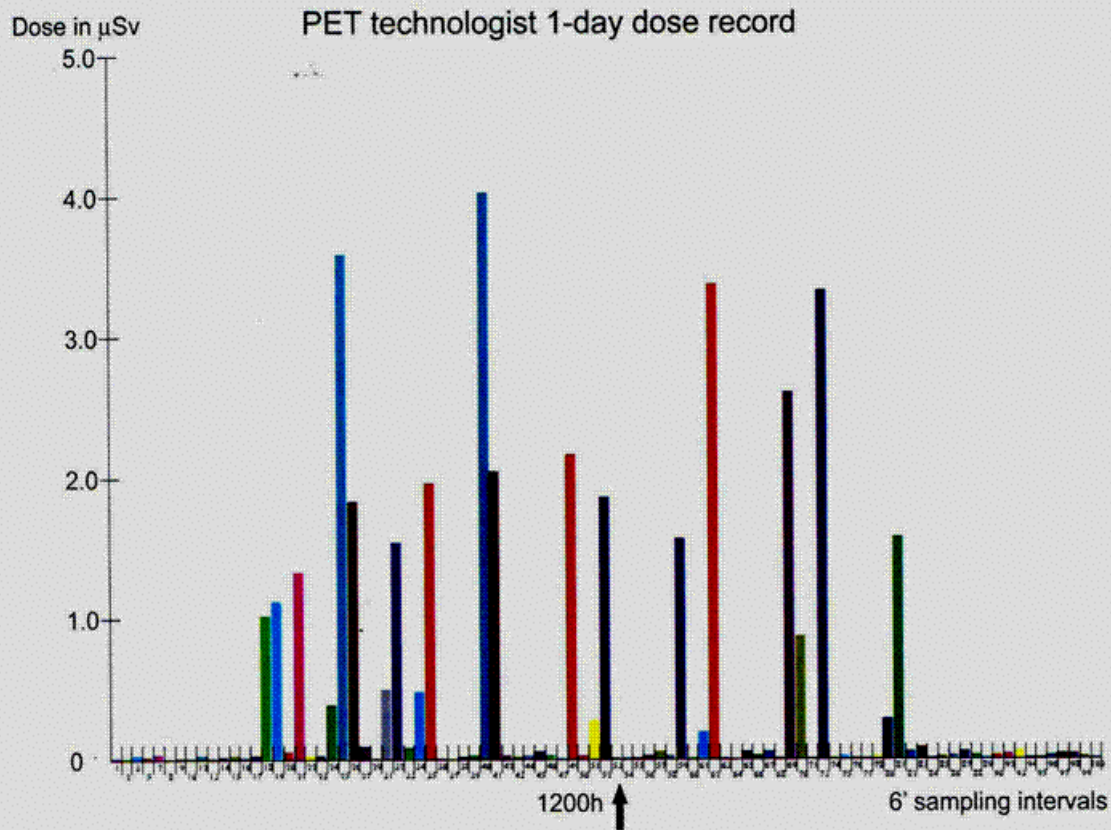
- Se necesitan espesores grandes de Pb (HVL para F-18 = 0.42cm) o Tungsteno, muy pesados y difíciles de trasladar
- Existen blindajes montados sobre ruedas de difícil desplazamiento
- La componente de positrones de la radiación se puede blindar efectivamente con acrílico sobre todo cuando se usan jeringas, lo que al mismo tiempo aumenta la distancia entre la fuente y los dedos del operador

MEDIDAS DE PROTECCIÓN AL PERSONAL

Distancia

- La dosis es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la fuente y el punto de medida, por lo tanto se debe maximizar la distancia paciente – operador al preparar el radionucleido, administrarlo al paciente y mientras se espera que éste se distribuya en el paciente
- Se debe monitorear al personal con TLD para el cuerpo y los dedos
- Debe haber monitores de contaminación para manos y pies

DOSIS DIARIA RECIBIDA POR LOS TÉCNICOSTÉCNICOS



Dosis recibida por un técnico de PET durante un día: lecturas cada 6 minutos

Los picos corresponden a preparación e inyección del radiofármaco

PROTECCIÓN DEL PÚBLICO

- ICRP recomienda una Dosis límite de 1 mSv/año, con la restricción de 0.3 mSv/evento
- Miembros de la familia que colaboran en sostener al paciente tienen límites más altos: 5 mSv/evento
- Miembros de la familia que no colaboran, se ajustan al límite del público común: 0.3mSv/evento

LÍMITES de DOSIS según ICRP

PERSONAL

PÚBLICO

Dosis efectiva

20 mSv/año, promediado
en 5 años y no más de
50 mSv/año

1 mSv/año

Dosis equivalente

Cristalino

150 mSv/año

15 mSv/año

Piel

500 mSv/año

50 mSv/año

Manos y pies

500 mSv/año

Garantía de Calidad

- Con todo tipo de imágenes es necesario poder hacer **DIAGNOSTICOS** con buena **SENSIBILIDAD** y **ESPECIFICIDAD** (# alto de Verdaderos Positivos y # bajo de Falsos Positivos).
- Los instrumentos deben estar bien calibrados y funcionar en forma estable. Un **Programa de Calidad** eficiente y optimizado lo verifica.
- De esta manera se logran Diagnósticos certeros y se evita la sobre-irradiación de los pacientes por repetición de tests.

CONTROL DE CALIDAD DEL PET

- Pruebas NEMA / IEC / AS-NZS:
 - * Aceptadas por los todos los fabricantes (NEMA la más común)
 - * Homogeneizan los resultados y parámetros técnicos
 - * Existe Software incluido en las computadoras
- Pruebas incluidas en los protocolos:
 - * Parámetros de performance: Resolución, Sensibilidad, Uniformidad, Tiempo Muerto, NEC
 - * Control de las correcciones: Atenuación, Scattering, Métodos de Reconstrucción,
 - * Control de la Calidad de Imagen y Cuantificación con SUV

CONTROL DE CALIDAD DEL PET (QC) y CT

Necesidades para poder realizar QC de PET

- F-18 en determinadas horas y determinadas concentraciones
- Tiempo de para medir en el PET
- Activímetro calibrado para F-18
- Fantomas para PET:
 - * Cilindro con solución sólida de Ge-68 (cómodo pero caro) o en su defecto un cilindro rellenable con F-18
 - * Fantoma NEMA (NU2-2001) o Fantoma con insertos para determinar Resolución y Efecto del Volumen Parcial

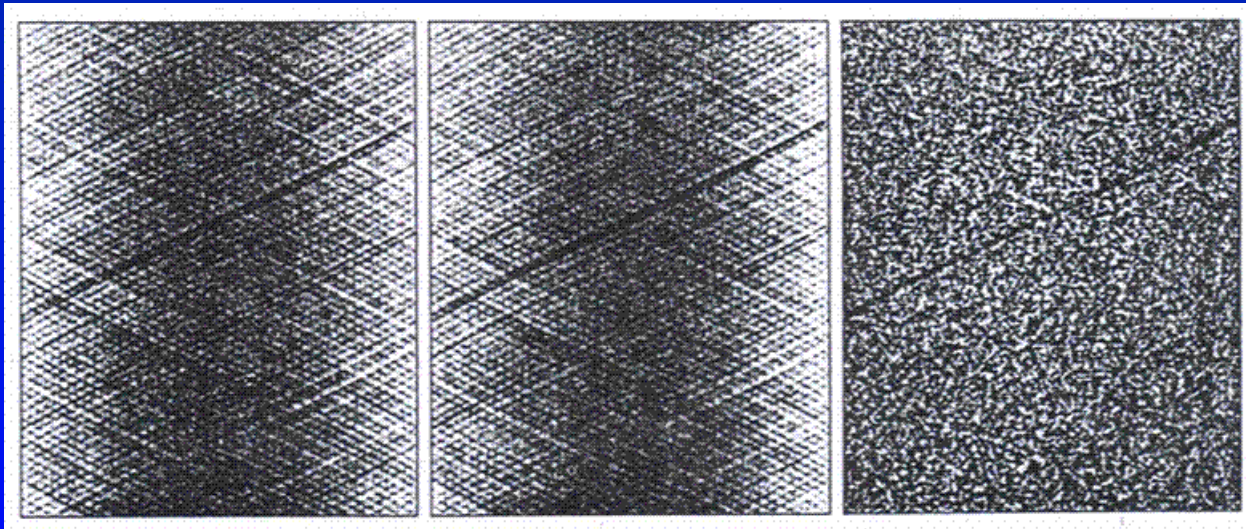
Necesidades para poder realizar QC de CT:

- Fantoma para CT que permite determinar los parámetros de performance.

PARÁMETROS DE PERFORMANCE

- **UNIFORMIDAD DE RESPUESTA** determinada con una fuente cilíndrica llena con un trazador uniforme: es el indicador más crítico de los cambios en la integridad del sistema (debe determinarse diariamente).
 - La simetría axial ofrece ventajas para ver los defectos, los que también se ven sobre los **sinogramas**
 - El PET puede tener mas de 10000 detectores que por su acoplamiento óptico, su posición relativa, etc. pueden dar respuestas diferentes. No deben ser $> 10 \%$.
 - Se corrige haciendo semanalmente la **NORMALIZACION**: generando coeficientes de

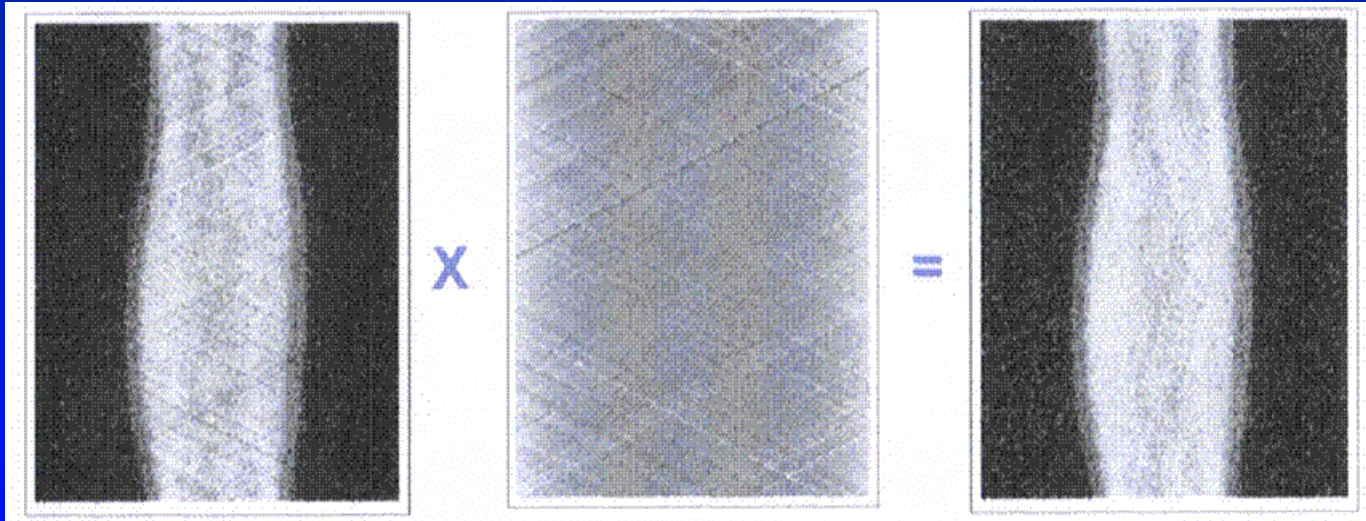
SINOGRAMA: Cambios debido al malfuncionamiento de un Block de detectores



A = Sinograma dia A B = Sinograma dia B
Se ve ruido estadístico Idem
y malfuncionamiento
de un detector

A - B : Muestra el
deterioro de un Block
después de varios días

NORMALIZACIÓN



**Sinogram
a
adquirido**

**Matriz de
Normalizació
n**

**Sinograma
Normalizado**

FRECUENCIA DEL CONTROL CALIDAD

- **Corrimiento de la respuesta de los detectores**
 - * **Diariamente basado en el sinograma**
- **Imagen de transmisión sin objeto**
 - * **Diariamente o semanalmente para Ge-68, semestralmente para Cs-137, diariamente para CT**
- **Calibración de la medición absoluta de la actividad (SUV)**
 - * **Trimestralmente o según requerimiento**
- **Normalización, calibración (picos, etc)**
 - * **Mensualmente, trimestralmente o según requerimiento**
- **Mantenimiento Preventivo, trimestralmente**

CONTROL DE CALIDAD DEL CT

- **Calibración del mA y kVpsemestral**
- **Números CT para aguadiario**
- **Uniformidad de respuesta en el campo de visióndiario**
- **Resolución de Contraste debajo contrastemensual**
- **Resolución espacial de alto contrastemensual**
- **Resolución axial (espesor de corte)semestral**
- **Ruidomensual**
- **Eje de rotaciónsemestral**
- **Determinación de la Exactitud de Localizaciónmensual**
- **Verificación de la co-registración entre CT y PET.....semestral**
- **Verificación de la comunicación entre CT y PETsemestral**
- **Medición de la Dosissemestral**

LÍMITES PARA USAR EL PET/CT

- Factores que impiden obtener imágenes válidas como: adquisición erróneas, movimiento del paciente, problemas de procesamiento indican que es necesario reparar el PET inmediatamente
- Para fallas menores hay que analizar:
 - * si éstas pueden conducir a interpretaciones erróneas
 - * si afectan el beneficio relativo vs. el daño al paciente
 - * si hay urgencia de obtener el resultado.