

Construcción de un fantoma antropomórfico para mediciones de dosis en manos en procedimientos de braquiterapia

Cinthia Papp – Arnulfo Ortiz – Guillermo Álvarez



COMISIÓN NACIONAL
DE ENERGÍA ATÓMICA



INSTITUTO
BALSEIRO



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



Braquiterapia (del griego, *Brachys*: cerca)

Técnica de carga diferida automática o manual



Manipulación de fuentes → Personal médico



Herramientas de protección



Tiempo

Distancia

Blindaje

Parte del cuerpo
más expuesta



Dosímetro de cuerpo
entero y de
extremidades
(pulsera o anillo)

Exposición no uniforme

metacarpo – carpo – yema de los dedos
Piel e interior de la mano



Diferencia entre la dosis máxima y el registro en el dosímetro

Irradiación repetida

A nivel radiobiológico



Inducir reacciones inflamatorias

Importancia de medir en distintos puntos y analizar la distribución de dosis



Radiodermatitis profesional: alteración de las uñas y aspecto hiperqueratósico

Evitar efectos determinísticos y disminuir la probabilidad de efectos estocásticos

Límite de dosis equivalente en extremidades:

$H_T = 500$ mSv (Norma AR 10.1.1 ARN)

Dosímetro de Anillo (Norma AR 8.2.1. ARN)

Tratamientos de braquiterapia intracavitaria ginecológica

❖ Cáncer de cuello y cuerpo uterino - Baja tasa de dosis (LDR) 0.4 a 2 Gy/h –Técnica de carga diferida manual

❖ Fuentes radiactivas selladas de ^{137}Cs modelo CDCSJ (Amersham®) –Diferente Sk – combinables de acuerdo a la dosis prescrita



Fletcher-Suit



Colpostatos
y sonda



Canastillas y
tubo plástico

Molde





Puerta de acceso



Depósito de guarda de fuentes y
mesa de preparados



Carro de transporte



Sala de internación y pantallas
protectoras

Objetivo Principal:

Mostrar las diferencias entre el valor de dosis medido por el dosímetro de extremidad (anillo) y los valores medidos en distintos puntos en el interior de la mano.

1. Diseño y construcción del fantoma antropomórfico de mano

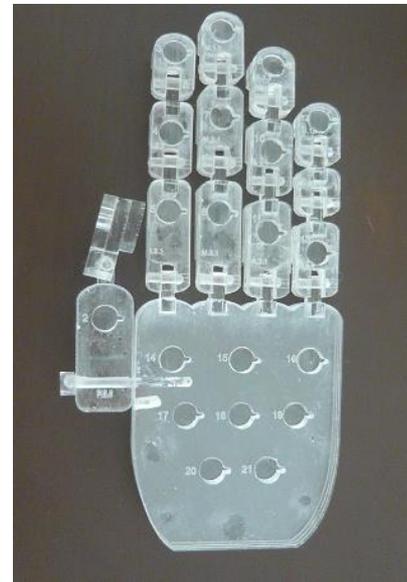
L mano = 18.5 cm

➔ **Diseño** Anatomía mano derecha real ➔ Longitud ➔ Hombre estándar

➔ **Construcción de un prototipo** MDF : Medium Density Fibreboard

➔ **Construcción en material tejido equivalente**

Densidad mano ➔ Hombre estándar 1.16 g/cm^3 / Tomografía 1.172 g/cm^3
(promedio de 15 puntos representativos)



Acrílico
Densidad 1.2 g/cm^3

2. Sistema dosimétrico

TLD Panasonic UD-807

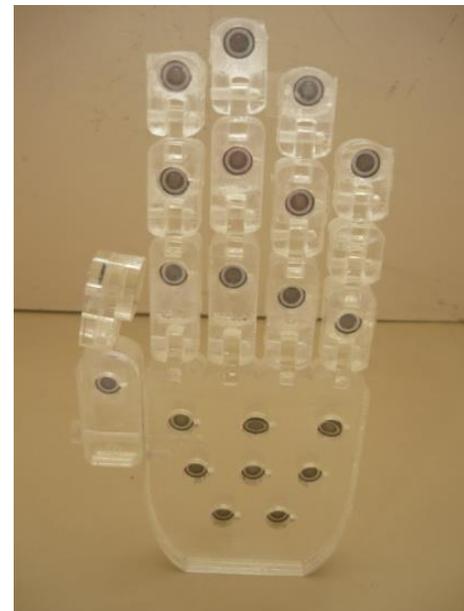


- * Dosimetría de extremidades
- * Ventaja: Número atómico efectivo (Z_{ef}): 7.3
(cercano a tejido equivalente $Z_{\text{ef}}= 7.4$)
- * Desventaja: variabilidad de respuesta y en reproducibilidad

Caracterizados Fuente ^{137}Cs



1 anillo base dedo medio +
21 detectores fantoma



2. Análisis de los procedimientos y tiempos

➔ *Pasos implicados en el movimiento de fuentes*



➔ *Tiempos implicados en el movimiento de fuentes*



Fundamentales para realizar las simulaciones con el fantoma

 **Tiempos implicados en el movimiento de fuentes**

Procedimiento con aplicadores tipo Fletcher-Suit

Carga		Retiro	
Procedimiento	Promedio ± D.E. [min] n = 10	Procedimiento	Promedio ± D.E. [min] n = 10
Permanencia previa	1.550 ± 0.638	Permanencia previa	0.990 ± 0.550
Carga canastillas	0.573 ± 0.482	Retiro	0.950 ± 0.590
Carga tubo plástico	0.480 ± 0.434	Transporte	0.192 ± 0.042
Manipulación Total	2.207 ± 0.880	Retiro canastillas	0.617 ± 0.318
Transporte	0.268 ± 0.126	Retiro tubo plástico	1.052 ± 1.015
Carga	1.625 ± 0.768	Manipulación Total	2.245 ± 1.325
Tiempo Total	6.703	Tiempo Total	6.046

Variaciones en el desarrollo de los procedimientos

Procedimiento con aplicadores tipo molde

Carga		Retiro	
Procedimiento	Promedio ± D.E. [min] n = 5	Procedimiento	Promedio ± D.E. [min] n = 5
Permanencia previa	0.792 ± 0.388	Permanencia previa	0.938 ± 0.630
Manipulación	1.608 ± 0.753	Retiro	0.527 ± 0.413
Transporte	0.217 ± 0.086	Transporte	0.203 ± 0.057
Carga	0.427 ± 0.137	Manipulación	1.377 ± 0.315
Tiempo Total	3.044	Tiempo Total	3.045

Análisis de los procedimientos y recomendaciones

4. Medición de dosis en el interior del fantoma

➔ *Simulación utilizando un aplicador tipo Fletcher-Suit*

Arreglo de fuentes de mayor intensidad N° simulaciones: 3(cada una: equivalente 6 braqui)

1. Permanencia previa a la manipulación



2. Carga y descarga de fuentes en las canastillas



3. Carga y descarga de fuentes en el tubo plástico



4. Transporte



5. Carga y descarga de fuentes en la paciente



6. Previo al retiro de fuentes de la paciente



4. Medición de dosis en el interior del fantoma

➔ Simulación utilizando un aplicador tipo Molde

Arreglo de fuentes de mayor intensidad N° simulaciones: 3 +1 (cada una: equivalente a 3 braquiterapias)

1. Permanencia previa a la manipulación

2. Manipulación



3. Transporte

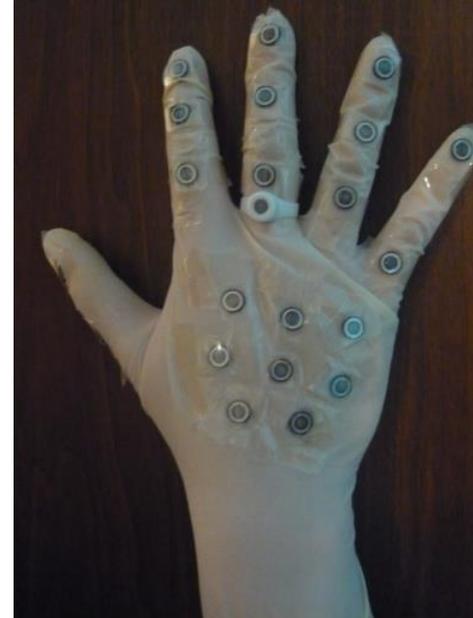
4. Carga y descarga de fuentes en la paciente



5. Previo al retiro de fuentes de la paciente

5. Medición de dosis en la superficie de la mano del personal médico

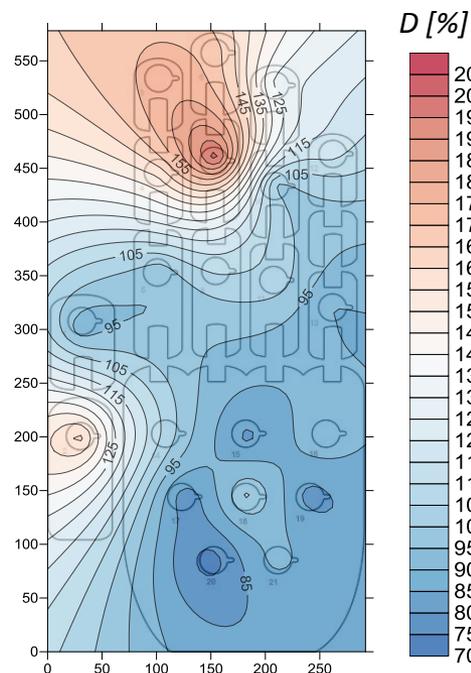
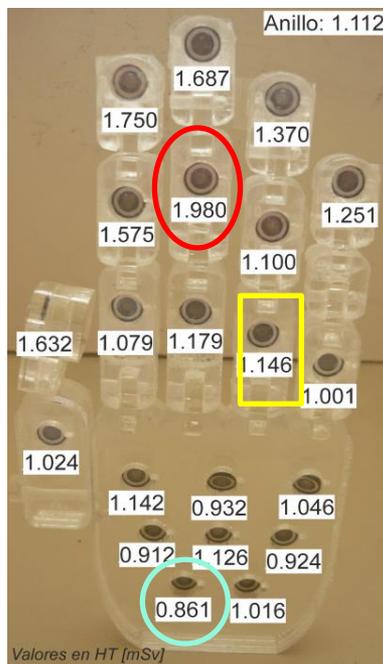
- * 21 detectores (respectando posiciones) guante
- * 1 detector de anillo – base del dedo medio
- * 3 mediciones
- * Personal médico diferente



RESULTADOS

Simulaciones con aplicador tipo Fletcher-Suit

Simulación	Anillo	Media		Máxima		Mínima	
	H _T [mSv]	H _T [mSv]	D _n [%]	H _T [mSv]	D _n [%]	H _T [mSv]	D _n [%]
1°	0.916	0.943	103	1.609	176	0.546	60
2°	1.112	1.119	101	1.980	178	0.861	77
3°	1.015	1.026	101	1.952	192	0.807	80



Patrones de concentración de dosis similares

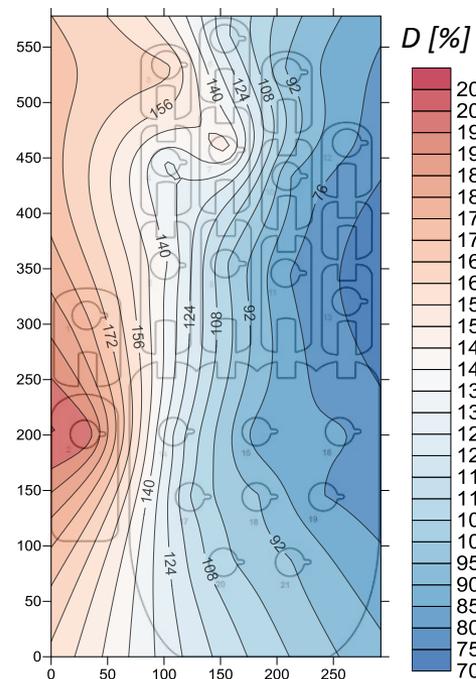
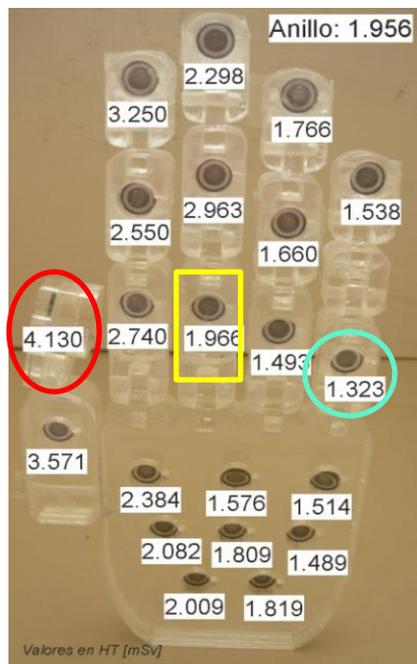
$$D [\%] = \frac{D_{FM}}{D_{DE}} \cdot 100 \%$$

Porcentaje de dosis normalizada

RESULTADOS

➔ Simulaciones con aplicador tipo molde

Simulación	Anillo	Media		Máxima		Mínima	
	H_T [mSv]	H_T [mSv]	D_n [%]	H_T [mSv]	D_n [%]	H_T [mSv]	D_n [%]
1° A	1.956	1.961	100.3	4.130	211	1.323	68
2° A	2.791	2.260	81	4.551	163	1.505	54
3° A	2.070	1.992	96	3.851	186	1.016	49
4° B	3.764	3.630	96	7.588	202	1.657	44



➔ Anillo

Mayor dosis en la 2ª simulación atribuible en error en el paso de manipulación

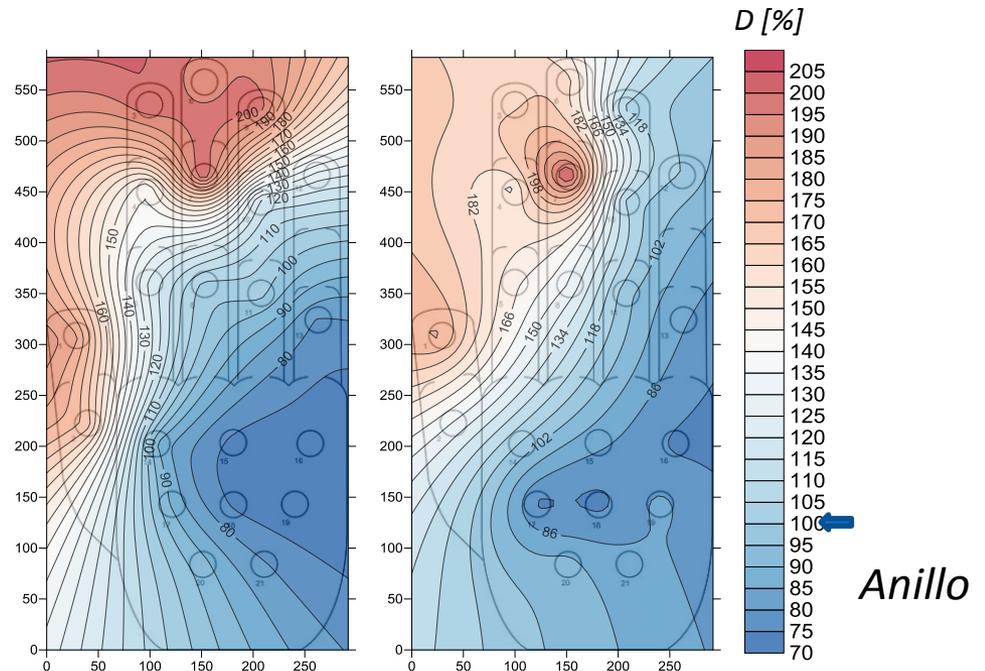
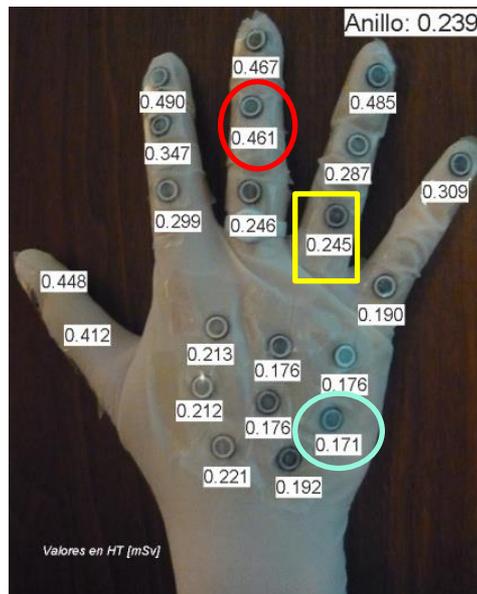
RESULTADOS

Mediciones con aplicador tipo Fletcher-Suit

Medición	Anillo	Media		Máxima		Mínima	
	H_T [mSv]	H_T [mSv]	D_n [%]	H_T [mSv]	D_n [%]	H_T [mSv]	D_n [%]
1°	0.358	0.390	109	0.865	242	0.273	76
2°	0.239	0.246	103	0.491	205	0.171	72
3°	0.271	0.286	106	0.698	258	0.123	45

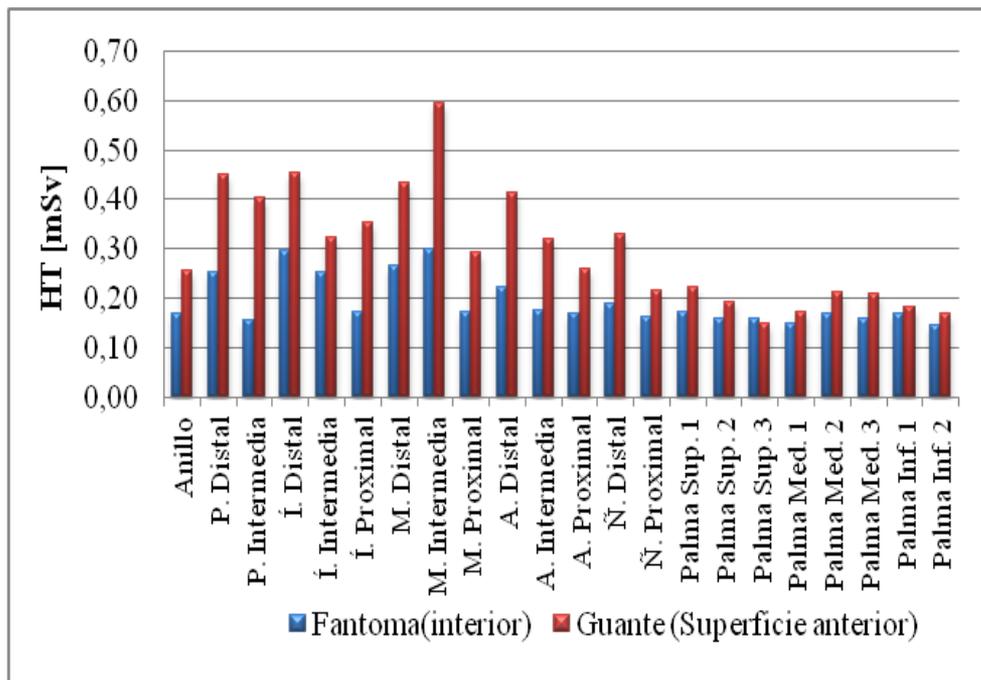


FACTOR HOMBRE



RESULTADOS

➔ Comparación fantoma-mano (aplicador tipo Fletcher-Suit)



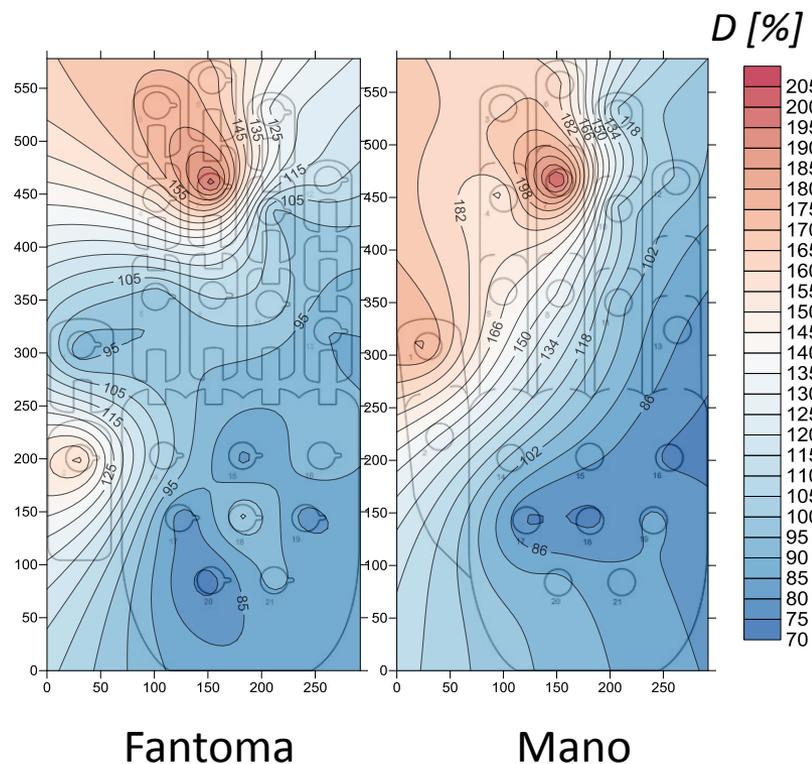
$$H_T(\text{Mano}; d=0.07 \text{ mm}) > H_T(\text{Fantoma}; d=10 \text{ mm})$$



Simulación ➔ Simplificación

Atenuación de fotones en material tejido equivalente

Curvas de distribución de dosis
↓
Patrones de concentración similares



RESULTADOS

Coeficientes de corrección

$$C_{MÁX} = \frac{D_{imáx}}{D_{DE}}$$

$$C_{MIN} = \frac{D_{imin}}{D_{DE}}$$

En relación al dosímetro de anillo en la base del dedo medio

➔ Interior de la mano ($d=10$ mm)

Simulación	Aplicador			
	Fletcher -Suit		Molde	
	$C_{MÁX}$	C_{MIN}	$C_{MÁX}$	C_{MIN}
1°	1.8	0.5	2.1	0.7
2°	1.8	0.9	1.6	0.5
3°	1.9	0.8	1.9	0.5
Promedio	1.8	0.7	1.9	0.6

➔ Piel ($d=0.07$ mm)

Medición	Fletcher -Suit	
	$C_{MÁX}$	C_{MIN}
1°	2.4	0.8
2°	2.1	0.7
3°	2.6	0.5
Promedio	2.4	0.7

Optimización de pasos implicados en el movimiento de fuentes de ^{137}Cs

El presente es un protocolo realizado para optimizar los pasos implicados en el movimiento de fuentes de ^{137}Cs utilizadas en el servicio de radioterapia de la FUESMEN para tratamientos de braquiterapia intracavitaria ginecológica. El protocolo se basa en observaciones realizadas, indicando los pasos recomendados a seguir tanto para el médico como para el físico y tiene por finalidad reducir la dosis recibida principalmente por el personal médico, quien manipula las fuentes.

(...)

CARGA DE FUENTES

Médico

1. Verificar la presencia de un físico.
2. Portar el dosímetro de cuerpo entero y extremidades.
3. Colocar la pantalla de blindaje delante de la cama de la paciente.
4. Verificar que no se encuentren atomilladas las tapas de la sonda y el colpostato.
5. Anotar el nombre de la paciente y fuentes a cargar en la pizarra.
6. Se recomienda realizar las explicaciones pertinentes a la paciente previo a la carga de fuentes.
7. Verificar que el carro de transporte esté acomodado en el bunker de guarda de fuentes.

Aplicador tipo Fletcher-Suit

(...)

Físico

1. Asistir al bunker de braquiterapia previo a la manipulación de fuentes con el detector portátil Geiger-Müller.
2. Portar el dosímetro de cuerpo entero.
3. Verificar que se cumplan los pasos previos a la manipulación de fuentes.
4. Verificar que se cumplan los pasos de movimiento de fuentes de forma correcta.
5. Asesorar al médico durante la manipulación de las fuentes en caso de ser necesario.
6. Registrar en la planilla de movimiento de fuentes: fecha, hora, nombre de la paciente, nombre del físico presente, nombre del médico presente y fuentes cargadas.
7. Verificar que luego del procedimiento, el depósito de guarda de fuentes esté cerrado con candado.
8. Verificar con el detector portátil que no han quedado fuentes sobre la mesada con o sin su contenedor, en el piso, en el carro de transporte o cesto de residuos.

RETIRO DE FUENTES

Médico

1. Verificar la presencia de un físico.
2. Portar el dosímetro de cuerpo entero y extremidades.
3. Verificar que el carro de transporte se encuentre próximo a la cama.

Aplicador tipo Fletcher-Suit

CONCLUSIONES

- ✓ Protocolo estandarizado de manipulación, recomendaciones al servicio, importancia del entrenamiento del personal con fuentes ficticias y capacitaciones periódicas “escuela”-instauración de “cultura de la seguridad”
- ✓ Simulaciones: conocer dosis en el interior y distribución característica
- ✓ Dosis anillo: similar a la dosis media de los 21 puntos
- ✓ Cálculo y unificación de coeficientes de corrección máximos y mínimos
- ✓ Medición con detectores en guante: efectividad de las simulaciones
- ✓ Uso de dosímetro en base de dedo anular
- ✓ Valores de dosis registradas bajas, tranquilidad PR

En condiciones normales - 1 Sólo operador - mayor intensidad de fuentes – cantidad máxima de tratamientos por mes

Respecto del límite anual (500 mSv):

media → piel 36 % → interior 32 %

máxima → piel 76 % → interior 65 %

Agradecimientos

- A todos los que colaboraron en el desarrollo de este trabajo con apoyo técnico.
- Al personal médico y técnico del servicio de radioterapia de la FUESMEN por su colaboración y permitir realizar este trabajo.
- Al servicio de RFS por colaboración con el servicio de dosimetría.



Cynthia Papp
cpapp@cnea.gov.ar