

FORMACION EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL TRABAJADOR EN RADIOLOGÍA INTERVENCIONISTA

F. García Cases

Servicio de Protección Radiológica
Hospital Quirón

- ◆ En radiología intervencionista las dosis ocupacionales son las más altas de las registradas en las instalaciones de rayos X.
- ◆ Si la carga de trabajo es importante y no se aplican los procedimientos de protección radiológica operacional, se pueden llegar a producir lesiones por radiación después de algunos años de trabajo.

Factores que influyen en la dosis a trabajadores

- ◆ Existen muchas variables que afectan a las exposiciones al personal: la distancia operador-paciente, la orientación del haz, el uso de pantallas protectoras, tipo de procedimiento y su complejidad, el entrenamiento, la formación en PR, las características técnicas de funcionamiento del equipo, etc.

Factores más importantes:

- ◆ Carga de trabajo.
- ◆ Recursos técnicos del equipo.
- ◆ Técnicas de realización del procedimiento.
- ◆ Sistemas de protección radiológica disponibles.
- ◆ Formación del personal.

La formación a los trabajadores

- ◆ Para poder reducir las dosis, es imprescindible que el trabajador conozca en detalle el equipo y sus posibilidades y sea consciente de la importancia de reducir las mismas.
- ◆ Para ello debe existir un plan de formación del trabajador desde el punto de vista técnico y de protección radiológica.
- ◆ Dicho plan quedará recogido en el PGC de la instalación.

La formación a los trabajadores

- ◆ Las diferencias en el entrenamiento de los operadores y en el conocimiento de la protección radiológica pueden explicar la gran variabilidad detectada en las dosis registradas en diferentes instalaciones.
- ◆ Por ejemplo en su primer año de formación, la exposición de los facultativos es unas 1,6 veces mayor que en el segundo año de residencia debido a los tiempos de fluoroscopia más largos que se necesitan para posicionar los catéteres durante el primer año.

Valores típicos de niveles de radiación dispersa en estas instalaciones

- ◆ Como ya hemos indicado existen múltiples factores que influirán decisivamente en los valores de dosis que reciben los especialistas que realizan este tipo de pruebas.
- ◆ Indudablemente un factor de variabilidad será el tipo de prueba realizada y su dificultad. Para mejorar la comparación de dosis se puede hacer una normalización de los valores a un índice de dosis (por ejemplo el DAP).

Valores típicos de dosis en intervencionismo: cardiología

Personal	Dosis (μ Sv/procedimiento)
Cardiólogo	Rango: 0.2-8. Media: 4.7
DUE/TER	Rango: 0.1-3.7. Media: 1.5

- ◆ Algunos autores registran valores de más del doble del valor máximo teniendo como causa probable la realización del procedimiento por parte de cardiólogos en formación.

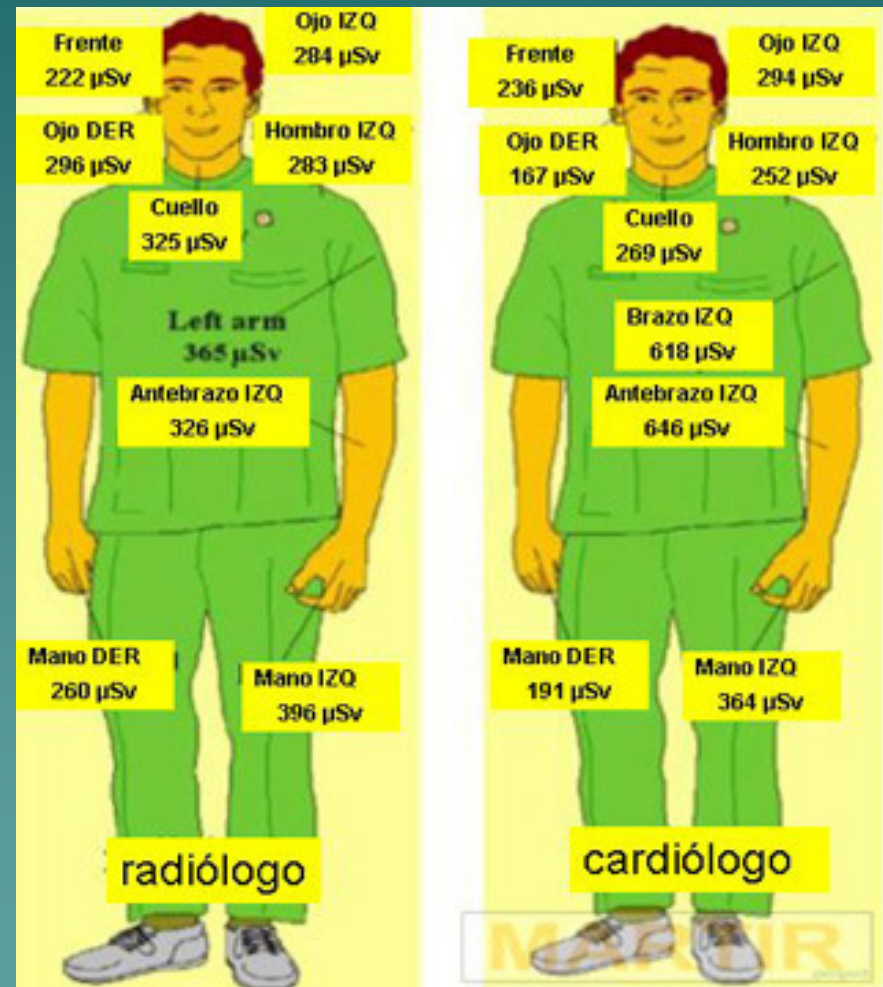
Valores típicos de dosis en cardiología: cristalino y manos

Personal	Dosis (μ Sv/procedimiento)
Cristalino	Rango: 75-400
Manos	Rango: 5-680

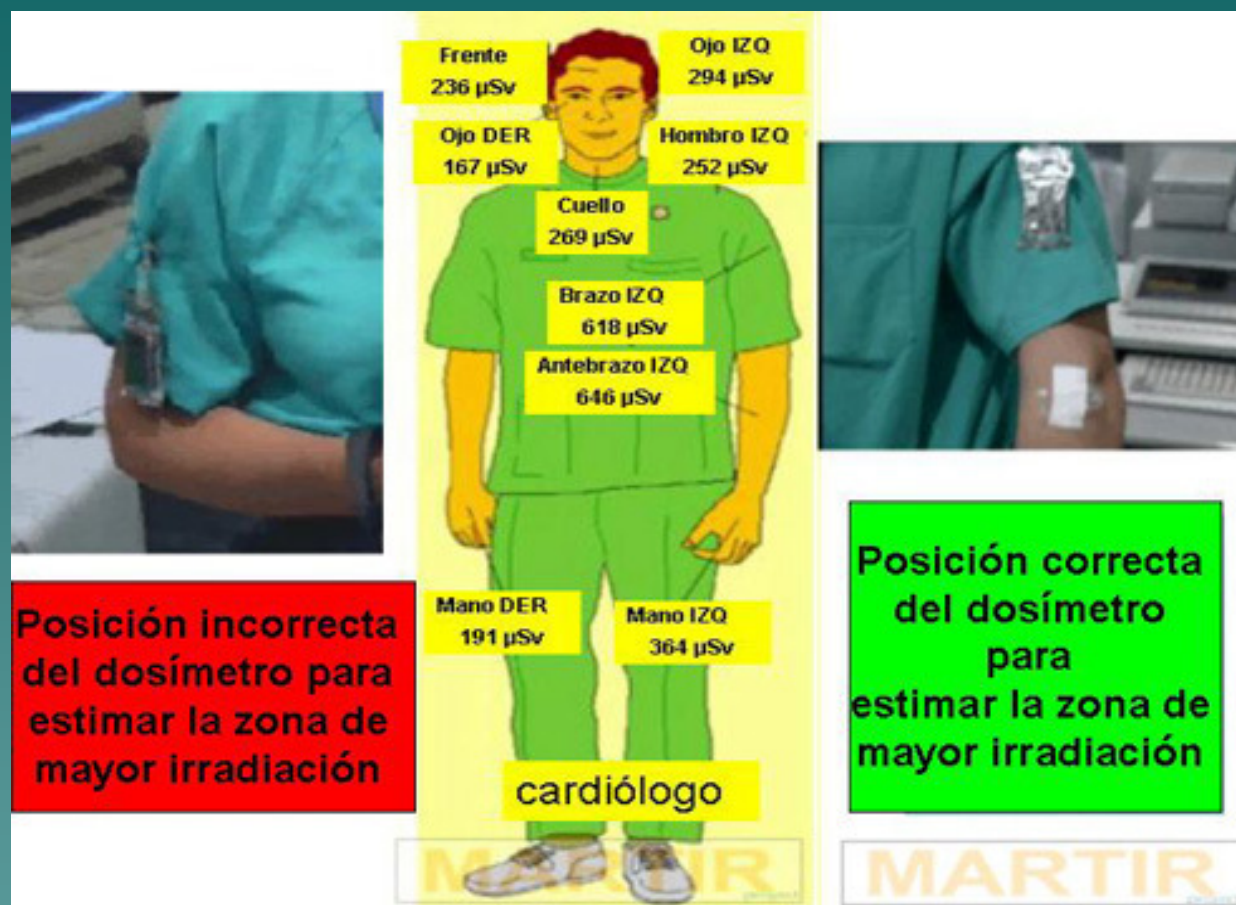
- ◆ No existen muchos datos publicados.
- ◆ Para manos las dosis recogidas son las del primer operador (cardiólogo).

Valores típicos de dosis en salas de cateterización cardíaca y vascular

◆ Las diferencias están justificadas por la posición variable que adopta el radiólogo respecto al paciente, mientras que en cardíaca la posición habitual de permanencia en el procedimiento es la izquierda.



Dificultad en la estimación de dosis



- ◆ El uso incorrecto del dosímetro puede conducir a errores en la estimación de dosis del trabajador.

Valores de dosis normalizados al DAP: cardiología

Personal	Dosis (mSv/Gy·cm ²)
Cardiólogo	Rango: 0.0-0.4. Media: 0.11
DUE/TER	Rango: 0.0-0.04. Media: 0.02

◆ Para el cardiólogo, la diferencia tan pronunciada entre los valores extremos revela gran diferencia en la optimización de la PR y el entrenamiento entre los centros.

Valores comparativos intercentros

- ◆ Las dosis en cristalino en algunos casos son superiores al 50% del LAD, sin embargo la dosis efectiva es inferior al 15%.

país	Hp(10) mSv/año		Dosis efectiva mSv/año	
	cardiólogo	enferm/tecn.	cardiólogo	enferm/tecn.
Madrid España	86.9	17.4	3.0	0.6
Atenas Grecia	26.2	4.4	1.8	0.3
Udine Italia	7.5	3.6	0.5	0.2

MARTIR

Factores técnicos que influyen en las dosis a los trabajadores

- ◆ Distancia al paciente.
- ◆ Angulación del arco.
- ◆ Modo de escopia y de adquisición de imágenes.
- ◆ Colimación: volumen irradiado.
- ◆ Espesor del paciente.
- ◆ Geometría tubo, paciente e intensificador.
- ◆ Parámetros generador- tubo.

Distancia al paciente y su colocación

- ◆ Cuanto más alejado menos dosis.
- ◆ La dosis a la entrada en el lado más cercano al haz de radiación es entre 1,5 y 2,5 veces superior a la dosis a la entrada en el lado frontal.
- ◆ La radiación al cristalino depende también de la dirección en que el especialista controla la prueba. Es decir, si el operador está mirando en la dirección del tubo o no.

Monitores de TV: posición

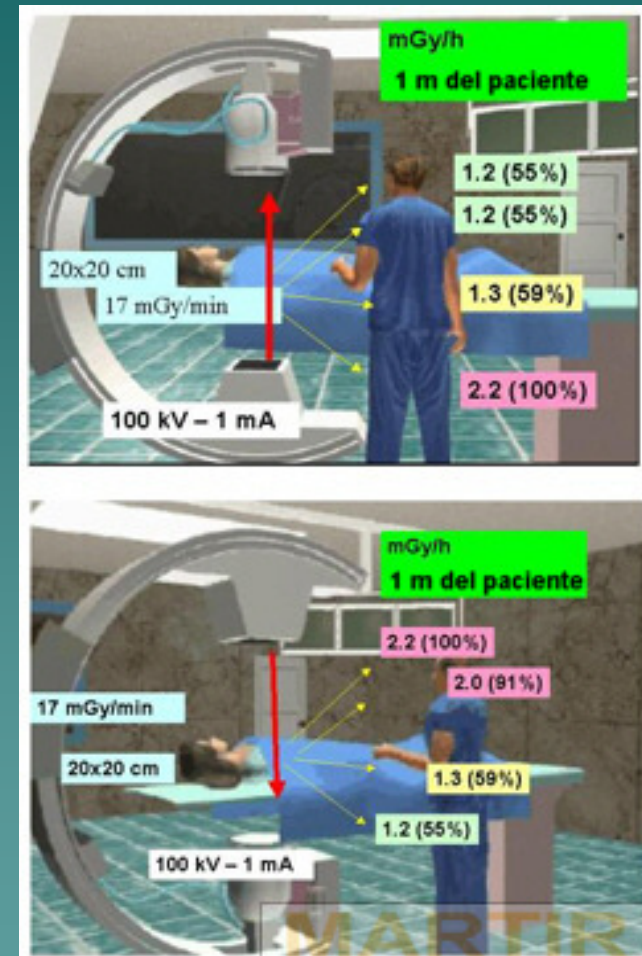
- ◆ Por ello, la colocación de monitores de TV en la sala es muy importante. Los monitores deben estar suspendidos del techo y ser móviles. Deben evitarse monitores fijos cerca del paciente.

Monitor de TV fijo y en posición incorrecta



Angulación del arco

- ◆ La geometría de tubo sobre mesa no es recomendable frente a la de tubo bajo mesa.
- ◆ Gran irradiación al cristalino.



Modo de escopia y de adquisición de imágenes: reducción de dosis (I)

- ◆ Minimizar los tiempos de fluoroscopia.
- ◆ Reducir el número de imágenes adquiridas.
- ◆ Reducir la frecuencia de filmación.
- ◆ Mejoras técnicas de interés: la última imagen congelada o el mapa de ruta.
- ◆ Trabajar preferentemente en modos de escopia de baja tasa o pulsada.

Modo de escopia y de adquisición de imágenes: reducción de dosis (II)

- ◆ Al utilizar modos de operación de alto contraste, la tasa de radiación dispersa puede aumentar en un factor 2 (desde 3 hasta 7 mSv/h).
- ◆ Al pasar de fluoroscopia baja a la adquisición de secuencias de cine, la tasa de radiación dispersa puede aumentar en un factor 10 (desde 2 hasta 20 mSv/h).

Modo de escopia y de adquisición de imágenes: reducción de dosis (III)

- ◆ La dosis del operador debido al cine se reduce en un factor de 2 si se emplea una frecuencia de filmación de 12.5 imágenes/s en lugar de los 25.
- ◆ La fluoroscopia pulsada comparado con la continua reduce la dosis del operador en un 54%.

Colimación: volumen irradiado

- ◆ A mayor volumen de paciente irradiado, mayor cantidad de radiación dispersa y por tanto mayor dosis al trabajador.



Volumen del paciente (I)

- ◆ Al aumentar el espesor de paciente irradiado con fluoroscopia normal, de 10 a 30 cm de espesor, la tasa de radiación dispersa medida puede aumentar en un factor 15 (desde 0.2 hasta 3 mGy/h).
- ◆ Por tanto si oblicuamos el haz sobre el paciente indirectamente estamos aumentando su espesor y el volumen irradiado, con el mismo tamaño de campo.

Volumen del paciente (II)

- ◆ Además la calidad de imagen sufre un deterioro progresivo que nos conduce instintivamente a modificar los parámetros de irradiación, repercutiendo en un aumento de la dosis dispersa adicional.

Con 30 cm de PMMA la calidad de la imagen se degrada notablemente.

10 cm: 57 kV, 1,13 mA, 1,8 mGy/min
20 cm: 73 kV, 2,67 mA, 8,9 mGy/min
30 cm: 99 kV, 2,99 mA, 25,7 mGy/min

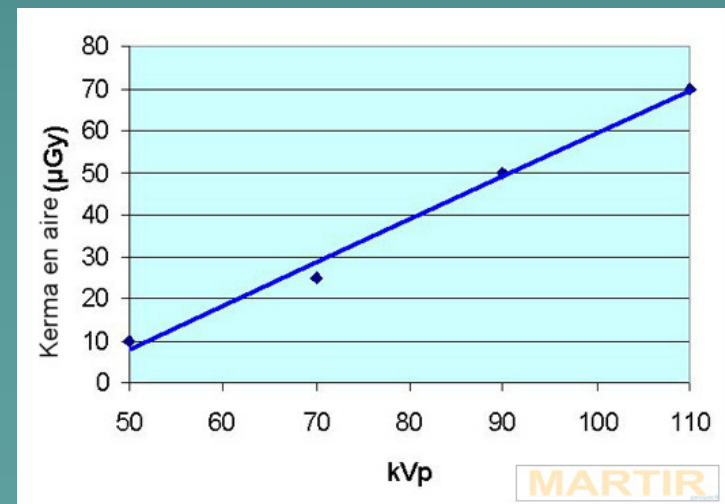


Geometría tubo, paciente e intensificador

- ◆ El aumento de la distancia foco-piel del paciente implica mayor radiación dispersa a menos que la colimación se ajuste automáticamente.
- ◆ El aumento de la distancia del intensificador de imagen a la piel del paciente puede hacer que el colimador se abra más extensamente. En este caso, puede aumentar las dosis de radiación al personal.

Influencia de los parámetros técnicos del equipo en la radiación dispersa (I)

- ◆ La corriente del tubo, es directamente proporcional a la cantidad de radiación impartida y por tanto proporcional a la radiación dispersa.
- ◆ La radiación dispersa es proporcional a la tensión del tubo en cuyo caso se elevan las dosis ocupacionales.



Influencia de los parámetros técnicos del equipo en la radiación dispersa (II)

- ◆ La mayoría de los sistemas de fluoroscopia operan con el control automático de brillo con diferentes lógicas de control del kVp, por lo que es difícil analizar su efecto en la radiación dispersa.
- ◆ Sin embargo mayor kV implica mayor penetración por lo que se pueden usar mA menores que contrarrestan el efecto siempre que exista un buen ajuste kV-mA.

Accesorios de protección radiológica

Además de los blindajes estructurales de la sala, en radiología intervencionista ante la necesidad de que los trabajadores expuestos estén presentes dentro de la sala de rayos x durante el procedimiento, se debe disponer de dispositivos de protección adicionales.

DELANTALES (I)

- ◆ Aunque reciben el nombre de plomados actualmente se fabrican con materiales más ligeros, reduciendo el peso en un 23%, sin reducir la protección.
- ◆ Pueden tener diferentes presentaciones.



DELANTALES (II)

- ◆ Deben tener una protección equivalente al menos a 0,25 mm de Pb si el equipo de rayos x opera hasta 100kV y a 0,35 mm si opera por encima de 100kV. Deben figurar etiquetas que identifiquen la protección.
- ◆ En intervencionismo, debido a los altos niveles de radiación dispersa se deben usar delantales equivalentes a 0,5 mm de plomo. Si el portador está siempre de frente a la radiación se usan delantales con menor protección en la espalda para minimizar pesos.

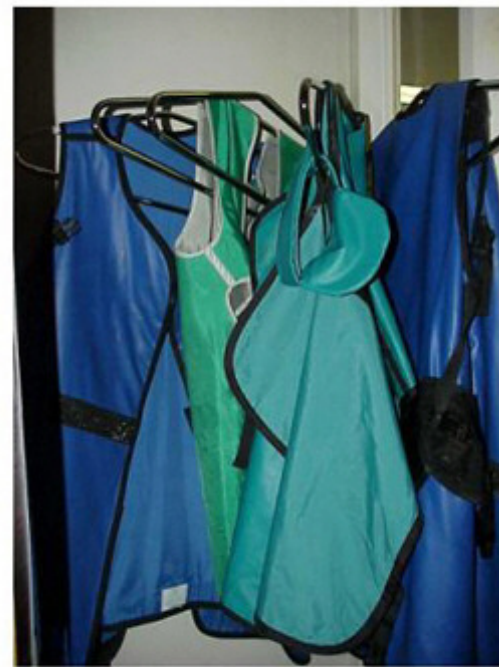
DELANTALES (IV)

- ◆ Debido a su tamaño y peso debe prestarse un cuidado especial en su almacenamiento, porque podrían producirse roturas en los mismos.



Incorrecto

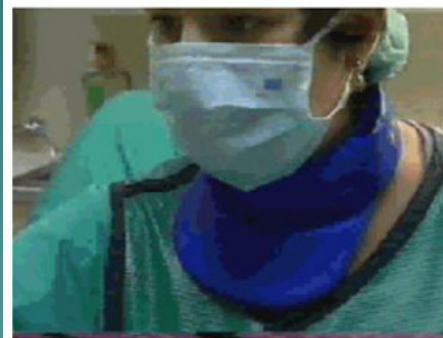
MARTIR



Correcto

PROTECTORES DE TIROIDES (I)

- ◆ Cuando en intervencionismo se esperan dosis dispersas altas, se debe disponer de protección específica para los ojos y el tiroides.



MARTIR

- ◆ Algunos trajes incluyen un collarín que cubre el tiroides, pero en la mayoría de los casos, será necesario un collarín independiente para el tiroides.

PROTECTORES DE TIROIDES (II)

- ◆ Su uso es beneficioso para cualquier nivel de dosis ya que tiene una gran influencia en la dosis efectiva.
- ◆ Matemáticamente, para reducir las dosis efectiva siempre es mejor proteger más órganos radiosensibles que colocar más espesor protector en los mismos órganos.
- ◆ El collarín de tiroides proporciona una reducción alrededor del 80% en la dosis en tiroides y en el esófago superior.

CORTINILLAS PLOMADAS (I)

- ◆ En radiología intervencionista, cuando el tubo de rayos X debe operar en geometría bajo la camilla, los niveles de radiación dispersada pueden reducirse considerablemente con el uso de cortinas plomadas en el lateral de la mesa.
- ◆ Como el peso es soportado por la camilla, se pueden usar valores mayores de atenuación equivalente de plomo.

CORTINILLAS PLOMADAS (II)

- ◆ Las cortinillas plomadas son muy útiles para proteger las extremidades inferiores y el cuerpo cuando se requieren largos tiempos de fluoroscopia con la posición del tubo de rayos X fijo con geometría debajo de la mesa.
- ◆ En esta geometría, la radiación retrodispersa del paciente es muy intensa bajo la mesa y las piernas y pies deben tener una protección añadida.

GUANTES Y MANOPLAS (I)

- ◆ Las manoplas son guantes pesados de vinilo de plomo. Su difícil manejo en muchos casos aumenta la duración del procedimiento y por tanto la dosis. Por ello, deben ser usados cuando proceda.
- ◆ Existen guantes plomados ligeros como los de cirugía. Estos deben usarse con precaución, pues atenúan en menor medida la radiación y sólo son efectivos a Kv bajos.

GUANTES Y MANOPLAS (II)

- ◆ Los especialistas deben estar familiarizados con los guantes de protección y deben sopesar la necesidad de la sensibilidad táctil durante el procedimiento y el tiempo previsto con las manos cerca del haz de rayos X.
- ◆ Aún llevando guantes de protección, las manos no se deben interponer en el haz directo a menos que esté muy atenuado por el paciente.

GUANTES Y MANOPLAS (III)

- ◆ Los guantes de protección quirúrgicos:

- ◆ Tienen una transmisión del orden de 40% a 50%, o aun más.

- ◆ Reducen la sensibilidad al tacto.

- ◆ Para usar en las manos sobre el paciente en el lado opuesto al tubo de rayos X, por lo que la tasa de dosis sería baja, comparada con la existente en el lado de entrada.

GUANTES Y MANOPLAS (IV)

- ◆ Es importante ser consciente que el uso de guantes protectores no proporciona una protección total y no interponer las manos en el haz de forma prolongada.
- ◆ Debido al control automático de tasa de exposición, cuando el guante está en el campo, el sistema genera un mayor rendimiento para penetrar las dos capas de los guantes de plomo (sin embargo las manos del operador están únicamente protegidas por una capa).

GUANTES Y MANOPLAS (V)

- ◆ En los fluoroscopios con el intensificador debajo de la mesa y tubo encima, la palpación sólo se hará con dispositivos mecánicos.
- ◆ La palpación directa con los guantes de plomo no se recomienda ya que su interacción con los controles automáticos de ganancia puede aumentar la corriente del tubo y la anatomía detrás de los guantes no será visible.

GAFAS (I)

- ◆ Se han documentado lesiones oftalmológicas en algunos procedimientos de radiología intervencionista que utilizaban el sistema de tubo de rayos X encima de la mesa.
- ◆ En estos casos, es posible que el cristalino del ojo del operador reciba una dosis anual que se aproxime o exceda los límites legales de dosis (150 mSv).

GAFAS (II)

- ◆ En estos casos, es esencial llevar protección ocular mediante gafas con lentes plomadas.
- ◆ Para que la protección ocular sea efectiva, las gafas protectoras deben equiparse con blindajes laterales para reducir la dosis radiación en dicha dirección.
- ◆ Las gafas deben ser cómodas incluso para los usuarios de lentes correctoras.



GAFAS (III)

- ◆ Normalmente las gafas plomadas se diseñan con 0,5 mm equivalentes de plomo.
- ◆ Sin embargo las gafas pueden resultar pesadas y romperse con facilidad en caso de caída.



MAMPARAS MOVILES (I)

- ◆ Las ventanas de cristal o plástico plomadas son comunes en la protección de área de control de los rayos X.
- ◆ Sin embargo en los equipos intervencionistas es muy frecuente el uso de mamparas móviles transparentes, articuladas y montadas en el techo.
- ◆ Este tipo de mamparas se colocarán entre el personal y el área irradiada del paciente .

MAMPARAS MOVILES (I)

- ◆ El mayor efecto se obtiene cuando los dispositivos están cerca del paciente y bloquean la línea de visión del punto de entrada del haz.
- ◆ En angulaciones craneales, en las que el tubo tiende a mover la mampara suspendida del techo, los especialistas prefieren retirar la mampara.



MAMPARAS MOVILES (II)

- ◆ Su uso proporciona protección tanto para los ojos como para el tiroides.
- ◆ A menudo, se sujetan tiras de vinilo de plomo debajo de la ventana para proporcionar una protección adicional al torso.
- ◆ Las mamparas deben de estar grabadas con la equivalencia de plomo y la máxima tensión del tubo para la cual son válidas.

MAMPARAS MOVILES (V)

- ◆ El uso de una mampara de techo determina una reducción de la dosis del operador en un factor aproximadamente 3.



Verificación de los dispositivos de protección

Todos los dispositivos de protección deben ser verificados periódicamente, ya que si el vinilo no se almacena correctamente puede deteriorarse, causando una pérdida de protección. El daño no será detectado por inspección visual, pero pueden verificarse con un fluoroscopio, a unos 60 kVp. Las prendas defectuosas deben ser inmediatamente desechadas.

Particularidades de la dosimetría personal en las salas de radiología intervencionista



Vigilancia dosimétrica en intervencionismo (I)

- ◆ Como en cualquier instalación de RX es necesaria la vigilancia dosimétrica individual y de área.
- ◆ No obstante, las altas dosis que se registran en este tipo de instalaciones, obligan a la realización de una vigilancia dosimétrica más exhaustiva.
- ◆ Los trabajadores expuestos de estas instalaciones son principalmente de categoría A y es obligatorio el uso de dosímetro.

Vigilancia dosimétrica en intervencionismo (II)

- ◆ Además la necesidad de interactuar cerca del campo de radiación por el especialista, requiere del uso de dosimetría de extremidades.
- ◆ Los tipos de dosímetros personales más habituales son:
 - Película dosimétrica.
 - Dosímetros termoluminiscentes (TLD).
 - Dosímetros personales electrónicos.

Vigilancia dosimétrica en intervencionismo (III)

Según la ICRP:

- ◆ **Un solo dosímetro debajo del delantal plomado dará una estimación razonable de la dosis efectiva para la mayoría de los casos.**
- ◆ **Es factible llevar un dosímetro adicional a nivel del cuello, por encima del delantal que nos dará una estimación de la dosis en cristalino y tiroides.**

Vigilancia dosimétrica en intervencionismo (IV)

- ◆ En los servicios con alta carga de trabajo cabe la posibilidad de usar el dosímetro adicional encima del delantal, para combinando la lectura de los dos dosímetros obtener una mejor estimación de la dosis efectiva.
- ◆ En este supuesto el dosímetro debajo del delantal deberá colocarse a la altura de la cintura y el de encima a nivel del cuello.

Vigilancia dosimétrica en intervencionismo (V)

- ◆ La estimación de dosis efectiva en este supuesto se realizará con la siguiente expresión: $E = 0.06 \times (D_{\text{encima}} - D_{\text{debajo}}) + D_{\text{debajo}}$
- ◆ La presencia de un protector de tiroides puede reducir la dosis efectiva E en un factor 2.
- ◆ El conocimiento de la posición del dosímetro es importante para evaluar o comparar las dosis del personal. Ojo posicionamiento incorrecto.

Vigilancia dosimétrica en intervencionismo (VI)

- ◆ Se establecerán unos niveles de investigación y seguimiento para realizar la vigilancia del trabajador, de modo que cuando se sobrepasen esos valores realizar las oportunas acciones correctoras.
- ◆ Los niveles de investigación son:
 - ◆ Dosímetro debajo: $> 0.5 \text{ mSv/mes}$
 - ◆ Dosímetro encima: $> 5 \text{ mSv/mes}$
 - ◆ Dosímetro extremidad: $> 5 \text{ mSv/mes}$

Bibliografía

- ◆ Programa europeo “MARTIR” de formación en radiología intervencionista.