

RECOMENDACIONES PARA INTERVENCIONISMO

Touzet R.¹, Descalzo A.², Peralta O.³

¹Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)

²Colegio Argentino de Cardioangiólogos Intervencionistas (CACI)

³Hospital Italiano de Buenos Aires, Servicio de Diagnóstico por Imágenes

RESUMEN

Los avances tecnológicos en intervencionismo han permitido obtener resultados positivos impensables en diagnóstico y tratamiento de diversas patologías lo que es utilizada actualmente, además de los Radiólogos, por Cardiólogos, Gastroenterólogos, Cirujanos Cardiovasculares, Neurocirujanos, Urólogos, y Traumatólogos, muchos de los cuales no poseen una formación adecuada en protección radiológica.

El uso de las radiaciones ionizantes sin aplicar los principios de radioprotección puede determinar injurias tanto en el paciente como en el operador, de distinta gravedad.

De todas formas se debe enfatizar que el uso de técnicas intervencionistas ha disminuido mucho la morbi-mortalidad en comparación con el uso de los viejos procedimientos quirúrgicos equivalentes, por lo que los beneficios, en todos los casos, superan todos los inconvenientes que pueda generar el uso de radiaciones.

Dada la importancia de los riesgos involucrados, la Sociedad Argentina de Radiología y el Colegio Argentino de Cardioangiólogos Intervencionista designaron un grupo de trabajo integrado por radiólogos cardiólogos y especialistas en protección radiológica médica para establecer recomendaciones con el fin de optimizar las prácticas.

Como resultado de esta tarea se evaluaron varios procedimientos en un grupo de servicios de la Ciudad de Buenos Aires y se establecieron recomendaciones para las diferentes etapas de intervención y destinatarios:

1. Lo que el cardiólogo debe saber antes de entrar en el quirófano.
2. Lo que el cardiólogo debe verificar antes de iniciar una secuencia de cine.
3. Criterios a aplicar durante una secuencia de cine.
4. Qué debe registrarse al final de una intervención.
5. Medidas a ser tomadas por el Hospital
6. Medidas a ser tomadas por la autoridad competente
7. Factores para minimizar las dosis para el paciente y el médico.
8. Cómo calcular la dosis en el personal involucrado.

Estas recomendaciones fueron difundidas mediante folletos y carteles instalados en los servicios de intervencionismo.

Introducción:

La radiología intervencionista es una de las aplicaciones médicas que produce las mayores dosis de radiación en el paciente y en el personal operador así como la posible ocurrencia de lesiones graves.

El uso de las técnicas de RI se ha multiplicado en forma vertiginosa en los últimos tiempos y en algunos servicios se llegó a duplicar el número de intervenciones en tres años.

El uso de estas técnicas era originalmente exclusividad de los radiólogos pero la multiplicidad de aplicaciones determinó luego la participación de los cardiólogos y posteriormente la de otros especialistas como urólogos, gastroenterólogos, cirujanos vasculares, neurocirujanos, pediatras, y traumatólogos sin una preparación adecuada en Protección Radiológica, Dosimetría y Radiopatología. Esta situación ha determinado que pacientes y operadores reciban dosis excesivas y se han descrito casos de pacientes con lesiones muy graves en piel que han sido tratados en el Instituto del Quemado y de algunos clínicos intervencionistas han sufrido daño en sus manos y ojos.

Este escenario se irá seguramente acentuando en el futuro próximo por lo que parece urgente tomar medidas para que a la calificación clínica se sume una adecuada formación específica en protección radiológica y seguridad.

También se recomienda que los servicios de dosimetría personal participen en el trabajo de evaluación dosimétrica a fin de poder establecer procedimientos prácticos de trabajo que permitan hacer un seguimiento sistemático de las dosis de los pacientes y de los operadores de manera confiable.

El programa nacional de Protección Radiológica del Paciente recomienda que los procedimientos sean evaluados periódicamente para que sean optimizados los riesgos radiológicos.

En línea general si se protege al paciente se protege también al operador y viceversa por lo que siempre conviene hacer una evaluación conjunta y optimizar ambas situaciones.

Objetivos del trabajo:

Establecer “criterios de protección radiológica” para el Paciente y para el personal interviniente a fin de que las dosis involucradas sean tan bajas como sea razonablemente posible considerando las limitaciones que tiene cada técnica utilizada y sus objetivos.

Establecer criterios para la prevención de lesiones en la piel del paciente por exposiciones prolongadas e intensas cuando surgen complicaciones en el procedimiento.

Establecer niveles de referencia para algunos procedimientos bien acotados.

Establecer procedimientos para el control dosimétrico del paciente y del personal operador.

Estos criterios de trabajo serán establecidos por el equipo de radiología intervencionista con la participación de especialistas en radioprotección, física médica, dosimetría y especialistas de los equipos de rayos X utilizados.

Plan de Tareas:

1. Determinar las dosis en el paciente en distintas condiciones operativas para comparar con los Niveles de Referencia (NR) utilizados en otras partes y/o establecer nuevos NR para cada procedimiento específico.

2. Determinar como juega cada parámetro o condición operativa en las dosis recibidas por el paciente y en los operadores para poder optimizar las dosis en paciente y operador ajustando los parámetros y las técnicas operativas.- Si se conocen los valores habituales de dosis para un dado procedimiento y cuales son las variables que afectan dichas dosis se pueden determinar las condiciones favorables para que las dosis sean reducidas al mínimo que permite el procedimiento.

3. Evaluar las dosis habituales en los operadores para distintas condiciones operativas a fin de establecer un algoritmo para la dosimetría personal. O sea, determinar la relación existente entre la dosis medida por el dosímetro y la dosis efectiva recibida por el operador en diferentes circunstancias y condiciones de trabajo.

4. Analizar algunos procedimientos habituales registrando los tiempos de escopía, el número de imágenes adquiridas, las posiciones relativas del personal, el espesor del paciente, el tamaño del campo, las posiciones del arco en C, el tipo de proyección del haz, etc, con el fin de hacer una evaluación teórica de las dosis involucradas a fin de compararlas con los datos experimentales y posteriormente establecer los niveles de referencia

Dificultades para la evaluación de las dosis:

Evaluar las dosis que recibe el paciente es una muy tarea compleja y más aun la tarea de determinar las dosis que recibe el operador por muchas razones:

Los campos son fuertemente inhomogéneos por lo que los diferentes órganos y tejidos del cuerpo del paciente y de los operadores reciben simultáneamente dosis distintas. A su vez la dosis que recibe cada órgano es también inhomogénea.

La radiación dispersa es de baja energía por lo que la dosis en función de la profundidad varía rápidamente.

La fuente de radiación cambia de posición durante los procedimientos y además al cambiarse de posición varía también el espesor atravesado por lo que el equipo corrige automáticamente tanto la energía como la intensidad del haz de rayos X lo que cambia obviamente las dosis involucradas.

El personal no permanece fijo en un lugar ni tampoco la posición relativa de su cuerpo.

Se usan varios blindajes de protección personales y móviles por lo que hay algunas partes del cuerpo protegidas y otras que no lo están.

El cuerpo de los operadores actúa a su vez como material dispersante y representa una fuente de irradiación secundaria que además está en movimiento.

Durante cada procedimiento se pueden cambiar las condiciones de trabajo de escopía a secuencia de imágenes con diferente velocidad y se cambia también la superficie del campo variando la colimación.

Los cambios en la posición y en las condiciones del equipo, así como las posiciones relativas tanto del paciente como de los operadores no son automáticamente registradas por lo que proceder a posteriori a su evaluación es una tarea muy compleja que implica múltiples imprecisiones.

La evaluación de la dosis efectiva implica determinar la dosis equivalente de cada uno de los órganos del cuerpo y hacer la suma de las mismas multiplicadas por el factor de ponderación correspondiente.

Por todas estas circunstancias, y otras más que no se mencionan, la determinación por cálculo manual de las dosis involucradas es dificultosa y se puede realizar experimentalmente sólo con la ayuda de fantasmas antropomórficos y tejido equivalente, profusamente instrumentados y mediante el uso del método de Montecarlo el cual a su vez tiene una serie de aproximaciones que afectan su exactitud.

Por las dificultades mencionadas el objetivo del trabajo no fue conocer con exactitud científica las dosis involucradas en cada caso sino más bien obtener la información necesaria para elegir una estrategia de trabajo con el fin de:

1. Saber si las dosis que recibe el paciente están optimizadas en comparación con NR establecidos.
2. Saber si el operador cumple con los límites de dosis establecidos.
3. Contar con toda la información necesaria para mejorar la Radioprotección.
4. No es necesario saber exactamente los valores de dosis sino más bien saber que dichos valores son los mínimos que se pueden obtener en la práctica y que son inferiores a los límites establecidos para el caso del operador.

Materiales y fantasmas:

De acuerdo a los recursos y el tiempo disponible se utilizó un fantoma realizado con un conjunto de 4 bidones de agua de diferente forma y tamaño que simulaban aproximadamente un cuerpo humano.

Las personas del equipo de trabajo fueron representadas por una percha de suero con un bidón colgado que simula el tórax provisto de un delantal plomado con un dosímetro interno y otro externo, en la zona de las rodillas, la cintura y la cabeza.

Las perchas fueron colocadas en 4 posiciones diferentes aproximadas a las que puede tomar el equipo de trabajo (médico, ayudante, técnico y anestesista)

Se simulaban diferentes espesores de paciente utilizando diferentes volúmenes de agua en los bidones horizontales.

Instrumental y equipos:

Para medir las dosis en el paciente (haz directo) se utilizó una cámara de pequeña cavidad Marca PTW, modelo UNIDOS-E, un tester de Rayos X también marca PTW, una cámara multipropósito Radcal y dosímetros termo-luminiscentes calibrados para una energía efectiva de 60 Kev.

Para medir las dosis en el operador (radiación dispersa) se utilizaron 3 cámaras de ionización de marcas diferentes (Babyline, Termo y LR), dosímetros para determinar las energías y un set de dosímetros TLD y dosímetros de película fotográfica provistos por 4 empresas de dosimetría personal.

Se hizo previamente una medición piloto con cámaras de ionización para determinar los tiempos de irradiación y evitar que algunos dosímetros se sometieran a dosis por debajo de su límite de detección o superaran las dosis de saturación.

Métodos de dosimetría personal:

La técnica seguida actualmente para utilizar el dosímetro personal es muy variable dependiendo de los diversos servicios. Algunos lo usan afuera del delantal plomado y otros lo usan debajo del delantal plomado en un bolsillo existente en los mismos. En ambos casos la dosis informada debe corregirse para determinar las dosis efectivas pues uno peca por exceso y el otro por defecto.

El NCRP (publicación 122) recomienda el uso de dos dosímetros simultáneos aplicando un algoritmo que multiplica por un factor de 0.5 el interior y por un factor de 0.025 el exterior, y sumando finalmente ambos valores para obtener la dosis efectiva. ($D_{ext} \cdot 0.5 + D_{int} \cdot 0.025 = E$)

Este algoritmo de la Publicación 122 es un valor obtenido empíricamente que no puede extrapolarse a cualquier situación operativa porque la atenuación del blindaje depende de la energía de la radiación dispersa y por lo tanto las relaciones de valores de dosis arriba y debajo del guardapolvo plomado son variables cambiantes que dependen de las circunstancias operativas.

Por ejemplo: en las condiciones de operación habituales (con el tubo debajo de la mesa), las exposiciones de las rodillas del médico son el doble o el triple que la exposición a nivel del pecho pero la exposición debajo del guardapolvo plomado (3 mm Pb) es mayor a nivel del pecho que a nivel de las rodillas.. Esto se explica porque la dispersión hacia abajo (retro-dispersión) es de menor energía promedio que la dispersión hacia arriba donde el haz se desvía menos y por esa razón la atenuación de la parte

superior del guardapolvo es de 2 a 4 veces mayor que la atenuación de la parte inferior del guardapolvo (Ej: factor 20 en el pecho contra factor 70 en las rodillas).

Debido a las mismas razones también se debe considerar que la dosis en piel es proporcionalmente mayor en la parte inferior del cuerpo (extremidades inferiores) y en cambio la dosis profunda (10cm) es mayor en la parte superior (cara y cuello).

Estas diferencias que se pueden observar en el caso del médico no se presentan en el caso del técnico o el anestesista que se encuentran a una distancia promedio de 2 o 3 metros de tubo y entonces la energía de la radiación dispersa es prácticamente la misma a diferentes alturas.

Las mismas consideraciones se pueden hacer cuando se trabaja con el arco en C a 45°: Si el tubo se aleja del médico, entonces la exposición en piel de la cabeza y los brazos es menor pero la exposición profunda aumenta pues el haz se desvía poco. En cambio si el tubo se acerca al médico la exposición en las piernas aumenta al doble o triple dependiendo de la distancia pero la radiación tiene menos energía que en caso anterior y la exposición en piel aumenta mucho. (cuando se pasa de 90° a 45° sobre el tórax del paciente el espesor interpuesto aumenta y el equipo aumenta también el voltaje.)

De todas formas en cualquier caso se debe chequear cada situación pues esto varía fuertemente con las todas las variables en juego, tales como el espesor del paciente, la zona de intervención y el área de observación.

Si el dosímetro interior se encuentra cercano al borde del delantal plomado la radiación dispersa por el cuerpo de la persona es muy superior a la radiación directa atenuada por el delantal.

Variables registradas:

La experiencia dosimétrica requiere registrar todas las variables operativas que afectan las dosis del paciente y los operadores a fin de poder realizar los cálculos y poder predecir las dosis en forma anticipada.

Los parámetros registrados durante las mediciones (ver planilla de trabajo en anexo 5) fueron los siguientes:

- Proyecciones del haz de RX
- Órgano blanco: Tórax (60% de las veces) cabeza, cuello y extremidades.
- Condiciones de operación: scopía o secuencia de imágenes (velocidad de 2 a 5 imág/seg)
- Tiempo de scopía y número de imágenes/s.
- Posición y distancia de los operadores: 4 posiciones habituales definidas para el médico, ayudante, técnico y anestesista.
- Posición del dosímetro en los operadores: cintura, pecho, pecho bajo guardapolvo y rodillas
- Tensión del tubo: es variable durante el procedimiento
- Intensidad de corriente: también es variable durante el procedimiento
- Superficie del campo por colimación: 17, 20, 25, 31 y 38 cm
- Distancias tubo - paciente – intensificador (en la gran mayoría de los casos el intensificador está pegado al paciente salvo en algunas intervenciones (Ej: para AAA se separa unos 15 cm).
- Espesor del paciente standard: aproximadamente 20 cm de espesor ant/post en tórax
- Protecciones utilizadas: guardapolvo plomado + protector tiroideo siempre; anteojos y pantalla móvil a veces, guantes plomados no se usan.
- La Magnificación (zoom) cambia parámetros del monitor pero no los parámetros operativos.

Tareas realizadas:

El trabajo se realizó en tres etapas: observación, mediciones en fantomas, mediciones en operación.

Primero se observaron intervenciones para registrar las distancias, los tiempos, las posiciones, etc, sin medir la dosis.

Luego se hicieron mediciones con fantomas de agua y operadores simulados en diferentes condiciones de trabajo para determinar las dosis, las energías de la radiación dispersa y las curvas de isodosis.

En algunas mediciones se invitó a participar a especialistas de diferentes instituciones que aportaron experiencia y equipamiento. También se recibió la colaboración de varias empresas de dosimetría personal y el apoyo de técnicos de la empresa fabricante del equipo.

Finalmente se trabajó en los procedimientos propiamente dichos, realizando mediciones en distintas condiciones operativas y en las posiciones de los diferentes integrantes del equipo de trabajo a fin de validar los resultados obtenidos en la etapa anterior.

Resultados obtenidos:

Se produjeron diversos documentos que se incluyen como anexos:

Anexo 1: Recomendaciones Generales

Anexo 2: Recomendaciones para folletos

Anexo 3: Consenso del CACI

Anexo 4: Instrucciones para mediciones básicas de los equipos

Anexo 5: Planilla de mediciones

Anexo 1: Recomendaciones Generales (Rev-5)

1 - Recomendaciones y criterios generales para la operación de los equipos:

- **Equipos flexibles:** Los equipos de radiología intervencionista o de arco en C son sumamente flexibles y adaptables a una gran variedad de procedimientos y situaciones operativas pero para permitir dicha flexibilidad no son inherentemente seguros por lo que *“se requiere el conocimiento de los riesgos y las medidas a tomar para lograr la mejor relación costo-beneficio y que las dosis en el paciente y los operadores sean tan bajas como sea razonablemente loggable”*. Para el éxito de la tarea se requiere una buena comunicación y el trabajo conjunto de los profesionales médicos, los técnicos y los especialistas de la empresa proveedora del equipo, y el asesoramiento de un dosimetrista o especialista en protección radiológica.
- **Velocidad:** El factor más determinante en las dosis tanto del paciente como de los operadores es la rapidez del profesional médico en realizar la intervención lo cual depende de su habilidad y experiencia.
- **Colimación:** Colimar el campo para reducirlo a la zona de interés minimiza las dosis integrales del paciente y del operador y disminuye la probabilidad de que el radiólogo o sus asistentes interpongan sus manos en el haz.
- **Filtros:** Que el tubo cuente con los filtros más adecuados para cada energía permite automáticamente mejorar la imagen y disminuir las dosis en el paciente y el operador. Las energías muy bajas aumentan la dosis en piel sin contribuir a formar la imagen; las energías muy altas son muy penetrantes y no discriminan las diferencias de densidades (poco contraste); los filtros permiten que el espectro de energías utilizado sea el óptimo para obtener la mejor imagen con la menor dosis. El uso de materiales de fibra de carbono en la camilla también absorben las energías bajas y permiten reducir las dosis en la piel del paciente.
- **Distancias:** La distancia entre tubo y el intensificador es constante pero se puede variar la posición relativa del paciente en el medio de ambos. Cuanto mayor es la distancia tubo/paciente menor es la dosis en piel por lo que se debe intentar mantener siempre tan cerca como sea posible al intensificador de imágenes.
- **Proyecciones:** Las proyecciones oblicuas aumentan significativamente las dosis debido al mayor espesor que se debe atravesar. Es muy importante tener especial cuidado de no estar irradiando zonas innecesariamente (por ejemplo los brazos del paciente) que incrementan aún más las dosis y puede generar problemas posteriores fundamentalmente en el lugar de incidencia del haz.
- **Ajustes:** El operador del equipo debe conocer el impacto que tienen los ajustes de imagen como el brillo y el contraste en la dosis que recibe el paciente y los operadores. En algunos casos los ajustes actúan sobre la ganancia del amplificador de video o sobre la óptica de enfoque con un diafragma óptico y en otros casos el ajuste implica cambiar el voltaje del tubo o la intensidad de corriente. O sea que en algunos casos los ajustes no afectan las dosis y en otros casos sí.

- Magnificación: Cuando se magnifica el tamaño en el Intensificador (zoom) implica que un área más pequeña va a convertir rayos X a luz por lo que la intensidad de luz a la salida del mismo va a ser necesariamente mucho menor. Esto trae aparejado que se deba aumentar proporcionalmente las dosis para poder mantener el nivel de video constante y también el tamaño del diafragma de la cámara. Si en cambio la magnificación se realiza en el post-proceso, sólo de manera óptica, la dosis no cambia pero en este segundo caso la calidad de imagen obviamente disminuye a medida que se va aumentando la magnificación óptica.
- Brillo: Asimismo en algunos equipos el control automático de ganancia puede mantener el brillo constante hasta un cierto espesor pero por arriba del mismo modifica la salida del tubo de RX. En este caso también hay una zona donde no se modifica la dosis y otra en que si se hace. Todos estos detalles de los ajustes de brillo, contraste y magnificación y su respectiva implicancia en las dosis involucradas para la piel del paciente, deben ser comprendidos e interpretados correctamente por los operadores y en este campo es vital la colaboración y el asesoramiento de los ingenieros responsables de la provisión y mantenimiento de los equipos.
- Calidad de Imagen: El objetivo es saber como obtener la mejor imagen con la mínima dosis pero esto debe ser probado o ensayado previamente sin el paciente y con un fantomas. El médico intervencionista debe poder evaluar en todo momento el riesgo / beneficio para alcanzar condiciones óptimas de trabajo lo cual no significa siempre obtener la mejor calidad de imagen
- Ruido: También se debe tener en cuenta que una imagen con mucho ruido dificulta la observación o hace el procedimiento más complejo pues requiere mayor tiempo de scopia lo que redundaría en mayores dosis. También se debe recordar que cuanto más pequeños son los elementos a introducir en los vasos, mejor debe ser la calidad de la imagen. Y que una mejor calidad de imagen también permite reducir la concentración de contraste.
- Modos: Los equipos disponen habitualmente de tres modos de scopia, baja media y alta dosis. En general el modo habitual es el de baja dosis salvo cuando se requieran ver dispositivos muy pequeños o de bajo contraste.
- Cine: En modo de adquisición de imágenes (cine) la dosis aumenta en la medida que aumenta el número de imágenes por segundo. El número de imágenes requerida depende a su vez de la velocidad de circulación del torrente sanguíneo en los vasos que se deben observar: en zonas alejadas como por ejemplo las extremidades inferiores la velocidad de circulación es baja y entonces una secuencia de 1 o 2 imágenes por segundo es suficiente, en cambio para los pulmones se requieren 6 imágenes por segundo y para la coronarias los fenómenos que se deben observar son aun más rápidos por lo que la velocidad debe ser mucho mayor pudiendo llegar a 40 ó 60 imágenes por segundo. Para cada caso el equipo determina la amplitud (A) y altura del pulso (V)
- Programas: Los equipos cuentan con programas predeterminados para cada tipo de intervención estando fijados el voltaje, la intensidad de corriente y el número de imágenes por segundo. Conviene que la optimización de dichos programas sea realizada por un equipo de trabajo que incluya un médico senior, al especialista del equipo y a un dosimetrista a fin de lograr las mejores alternativas que permitan una imagen aceptable con un mínimo de dosis.
- Preparación: En síntesis, el operador debe tener siempre bien claro que pasa con la imagen y con las dosis cuando se cambian los ajustes. Pero esto no puede ser determinado durante un procedimiento cuando la mente del radiólogo debe estar centrada en el objetivo clínico sin estar interferida por las necesidades de protección y seguridad del paciente y de su propia protección... Por esta razón la preparación y el entrenamiento previo es fundamental.
- Información en pantalla: Naturalmente que tener en la pantalla los valores de dosis integradas es lo más adecuado. El caso ideal es cuando se puede realizar el monitoreo de la dosis en piel en tiempo real durante el procedimiento.. pero lamentablemente no todos los equipos disponen de esta información. Igualmente el conocimiento claro de las tasas de dosis de entrada en piel y el uso de un timer es una herramienta de decisión simple y eficaz que puede suplir de alguna forma a la información que no se presenta en pantalla.

- Seguimiento: Otro valor importante es el producto entre el área irradiada por la dosis esperada que es un factor valioso de decisión para evaluar los riesgos estocásticos y para el seguimiento del paciente. En algunos protocolos europeos se recomienda el valor de 200 Gy.cm^2 como nivel de disparo para el seguimiento posterior de los pacientes. Se debe siempre determinar este nivel cuando se pasa la hora de scopía continua.
- Evaluaciones previas: Todas las evaluaciones que se han mencionado se deben hacer previamente antes del inicio de la práctica considerando todos los escenarios posibles para evitar tener que hacer los cálculos. Se debe pensar en los escenarios antes de que uno sea parte del propio escenario...!!!!
- Fantomas: El entrenamiento en blanco con fantomas, aunque sea en forma parcial, es un elemento insustituible para una buena planificación del procedimiento y al experiencia juega naturalmente un papel fundamental para la optimización. El entrenamiento consiste siempre en saber como evitar las dosis innecesarias.
- El pedal: La mejor alternativa es siempre apagar el tubo cuando realmente no se necesita, no pisar el pedal innecesariamente y retener congelada la última imagen en el monitor.
- Las manos: La interposición de las manos en el haz de RX debe naturalmente evitarse pero cuando es imprescindible hacerlo se le debe pedir al técnico que registre los tiempos de exposición a fin de llevar un registro que permita hacer luego las evaluaciones.
- Resumen: El desarrollo de los procesos de intervención exige la toma de decisiones rápidas y acertadas, sin disponer de demasiado tiempo para la reflexión, por lo que la planificación y el entrenamiento previo, y suponiendo todos los escenarios posibles, es un elemento clave para el éxito. La experiencia y el entrenamiento del radiólogo intervencionista es el elemento de mayor valor para la protección radiológica del paciente. Si además está asesorado por especialistas para el ajuste del equipo y radioprotccionistas para la evaluación de las dosis la situación es ideal.

2 - Recomendaciones para la protección el paciente

- Todas las recomendaciones generales indicadas en el punto anterior están orientadas a disminuir las dosis del paciente.
- Cámara de ionización incorporada: Un elemento de valor para la protección del paciente es que el equipo cuente con una cámara interpuesta en el haz que permita una lectura directa de las dosis en la pantalla. En algunos equipos modernos la cámara es un opcional que se recomienda enfáticamente adquirir. De todas formas cuando hay varios cambios de proyecciones y algunas de ellas superpuestas no es sencillo determinar cual es la dosis máxima administrada.
- Dosimetría personal del paciente: Si no se cuenta con una cámara de ionización incorporada se debe determinar la dosis por cálculo o utilizando un dosímetro en los casos de intervenciones prolongadas o repetitivas que implique dosis en piel cercanas a los umbrales de efectos determinísticos (de 2 a 4 Gy) . Los dosímetros más apropiados son las placas radiográficas de alta dosis que se usan en radioterapia y que pueden colocarse en la camilla debajo del paciente. Se recomienda el uso de estas placas en los casos de intervenciones con pacientes obesos o cuando se esperan complicaciones o en intervenciones repetidas.
- Seguimiento del paciente: En cualquier caso cuando se sospeche que se han superado los valores umbrales para efectos determinísticos se debe hacer un seguimiento del paciente. Si se trata de un paciente ambulatorio bastará con darle instrucciones para que algún familiar le observe diariamente el torso y se comunique con el servicio en el caso de observarse un enrojecimiento de la piel. El protocolo europeo recomienda hacer el seguimiento siempre que el producto dosis superficie supera los 200 Gy.cm^2 . Esto implica medir en cada caso la dosis y el área de colimación.
- Nivel de investigación: Si no se cuenta con la dosimetría del paciente es conveniente establecer algún valor aproximado para hacer el seguimiento del paciente que nos permita asegurar que las eventuales lesiones no pasarán nunca desapercibidas para el médico. El valor para la aparición de lesiones en piel es de 5 Gy. Si establecemos un factor de seguridad de 10 podemos confiar en que los errores de estimación de dosis y la eventual

mayor sensibilidad de nuestro paciente estarán cubiertas. De acuerdo a esta idea podemos hacer un seguimiento cada vez que la dosis en piel supere los 0.5 Gy.

Si por ejemplo: si las mediciones determinan que para protocolos de tórax los valores medidos son de 12 mGy / min en piel para escopía y además se comprueba que 10 imágenes equivalen a 1 minuto de escopía. Esto daría el Nivel de Investigación (NI) para 40 minutos de escopía o para 400 imágenes y para combinar ambos se puede usar el siguiente algoritmo:

$$\text{Minutos de escopía} + \text{Imágenes}/10 \geq 40 \text{ (NI)}$$

Expresado en palabras: Si la suma de los minutos de escopía más el número de imágenes dividido 10 supera 40 conviene hacer un seguimiento e investigar si el paciente no tiene enrojecimientos o ardor en la piel.

Este Nivel de Investigación es establecido en base al ejemplo dado que corresponde a un equipo moderno y en buenas condiciones, pero debe ser determinado para cada equipo de acuerdo a los valores de dosis que sean medidos en cada caso particular...!! Es muy útil que el equipo disponga de una alarma sonora que avise al médico cuando los tiempos de escopía sumados al número de imágenes tomadas se acerca a valores cercanos a los efectos determinísticos (por ejemplo 2 Gy en piel) a fin de que se puedan tomar algunas medidas preventivas tales como variar la zona de ingreso del haz.

Pacientes jóvenes: En el caso de pacientes jóvenes, y siempre que el protocolo lo permita, es conveniente tener cuidado en proteger las gónadas y la tiroides evitando la irradiación prolongada de dichas zonas o utilizando alguna protección plomada. (3 mm de Pb es suficiente para la radiación dispersa)

3 - Recomendaciones para el uso de dispositivos de protección para el personal:

- Guardapolvos plomados: Los guardapolvos deben ser usados por todo el personal incluso el que está más alejado o el que ingresa por poco tiempo. Las dosis son muy importantes y no está justificado desprotegerse en ningún caso. Los guardapolvos deberán cubrir la parte delantera y la parte trasera desde los hombros a las rodillas y tendrán un factor de atenuación promedio para radiación dispersa, en las condiciones operativas habituales, mejor que 25 (o sea que debe dejar pasar menos del 4% de la radiación dispersa presente en el lugar donde se ubica en el quirófano) Si bien hay delantales más gruesos se debe considerar que son más pesados y que deben llevarse durante varias horas y teniendo en cuenta que un 20 % del cuerpo está siempre descubierto no tiene mucho sentido aumentar más la atenuación para la parte protegida porque el resultado final para el conjunto de los órganos, varía muy poco...!!! Es más eficaz usar en todo momento las pantallas móviles y cortinas blindadas para las partes expuestas...
- Blindaje cortina inferior: Un opcional importante es una cortina corrediza plomada ubicada en la parte inferior de la camilla blindando las piernas del tubo de Rx y de la radiación dispersa que se produce hacia abajo que dada la exposición a que están sometidas las extremidades inferiores es una protección importante que no causa mayores interferencias en el trabajo.
- Biombos colgantes móviles: Es importante contar con un biombo plomado transparente que cubra el intensificador cuando no es necesario trabajar debajo del mismo porque protege en particular a la persona más expuesta bajando las dosis en general por un factor 5 dado que los brazos no se pueden proteger.
- El protector tiroideo: Se debe saber que la diferencia entre usar y no usar un protector tiroideo implica duplicar las dosis dado el factor de ponderación de la tiroides y el cuello.
- Los anteojos de protección: El riesgo más importante para el médico es la opacidad del cristalino y las cataratas cuyo umbral es de 100 y 150 mSv en el año. Considerando que las exposiciones habituales son del orden del mSv/h no es necesario destacar la importancia de que un médico que está expuesto a varios cientos de horas de escopía por año no puede de ninguna forma dejar de usarlos en todo momento. Es conveniente que los anteojos tengan una protección lateral pues la radiación dispersa puede venir de cualquier lado...(incluso de atrás o del techo)

- Los guantes quirúrgicos plomados: Ofrecen un bajo factor de protección, no mejor del 50%, y lentifican el trabajo del médico pues se pierde sensibilidad y además son caros por lo que no parece apropiado recomendarlos. Lo que si es importante es evitar interferir el haz con los dedos aunque sea por algunos segundos pues la dosis se multiplica por factor 100 en forma instantánea.

4 - Recomendaciones para la dosimetría personal

- Cálculo de dosis efectiva: Para el control del cumplimiento de los límites de dosis por parte del personal es menester convertir las dosis absorbidas (D) informadas por el servicio de dosimetría personal en dosis efectivas(E). Al usar un guardapolvo plomado algunos órganos están expuestos a la radiación y otros están protegidos. Si el dosímetro se usa encima del guardapolvo se obtiene información de los órganos expuestos y si se usa debajo se obtiene información de los órganos protegidos. Para determinar la dosis hay que tener la información de la exposición de todo el cuerpo o en su defecto se debe hacer una extrapolación considerando la atenuación del guardapolvo plomado que actúa de blindaje para la radiación.
- Cantidad de dosímetros: Por razones prácticas conviene usar doble dosímetro y tener un dato más preciso en los casos del personal más expuesto (médicos) y usar un solo dosímetro cuando las dosis esperadas son inferiores al 30% de los límites establecidos (técnicos). Es útil además el uso de dosímetros locales para manos, cabeza o piernas a fin de conocer la distribución de dosis y determinar si se pueden superar los límites para extremidades o piel pero esto debe hacerse en forma transitoria dado que su uso permanente y rutinario determina una carga de trabajo que habitualmente es rechazada por la mayor parte de los servicios de salud.
- Criterio: El criterio a utilizar depende de la cercanía de los valores de dosis recibidos con los límites establecidos. Si las dosis son muy inferiores a los límites, por ejemplo del 20 %, no vale la pena hacer demasiado esfuerzo en mejorar la exactitud. Si en cambio los valores son cercanos a los límites entonces se deben extremar las medidas para mejorar el control aumentando la información y por ende el número de dosímetros utilizados.
- Médicos: En el caso de los médicos intervencionistas deberán usar al menos dos dosímetros: uno debajo del delantal plomado (lejos de los bordes) y otro encima del lado izquierdo del pecho.
- Técnicos y ayudantes: Los técnicos en general, de acuerdo a su ubicación en el quirófano, reciben una dosis estimada que es aproximadamente un décimo de la recibida por el médico podrán usar un solo dosímetro por encima del guardapolvo plomado de su lado derecho. Si el dosímetro se usa debajo del delantal, los valores esperados, que son muy bajos, están generalmente por debajo del límite de detección de un servicio de dosimetría por lo que no se pueden utilizar.
- Para estimar la dosis efectiva “si no se realiza un estudio específico” se usará un algoritmo que tiene en cuenta el factor de atenuación del guardapolvo plomado.
- Algoritmos: Para el caso del doble dosímetro y siempre que el factor de atenuación del guardapolvo sea mejor que 30 se usará el siguiente algoritmo:

$$D_{ext} \times 0.025 + D_{int} \times 0.5 = E$$

O sea que la dosis efectiva se obtiene sumando la dosis externa medida multiplicada por 0.025 más la dosis interna medida multiplicada por 0.5.
- Para el caso del dosímetro único usado por el técnico, el ayudante o el anestesista por encima del guardapolvo del lado derecho y siempre que el factor de atenuación del guardapolvo sea mayor que 30 se usará el factor de corrección empírico 0.043

$$D_{ext} \cdot 0.043 = E$$

O sea que la dosis Efectiva se obtiene multiplicando la dosis externa medida por 0.043
- Atenuación: El factor de atenuación del guardapolvo deberá ser medido en las condiciones de operación habituales utilizando el mayor valor de tensión del tubo que se utilice. Se debe recordar que la atenuación es función del espectro de energía de la radiación dispersa el cual cambia según la posición, la distancia, las proyecciones y los parámetros

operativas usados. La atenuación mínima será la determinada para la radiación directa del haz pero obviamente esta condición no es esperable que se presenta en la práctica habitual.

- Ejemplo de aplicación: En el caso de un servicio típico se puede usar un valor de tensión de 75 Kv si el mismo es superado solo en muy contadas ocasiones (cuando el paciente es muy obeso). Los factores de atenuación del guardapolvo habitualmente medidos con esa tensión varían entre 20 y 90 de acuerdo a las posiciones de distancia y altura por lo que se puede tomar como dato conservativo un valor promedio de 30. Pero esto es sólo un ejemplo y corresponde que sea medido en cada caso con los delantales utilizados.

- Recomendación: Si las dosis efectivas anuales recibidas por una persona superan los 15 mSv, dada la incertidumbre existente en algunos factores se recomienda realizar un estudio dosimétrico más detallado utilizando todos los dosímetros que sean necesarios.

Sobre las dosis recibidas por el médico, que es el más expuesto, se deberán aplicar los factores de seguridad necesarios para poder afirmar que: sea cual fuera lo condición operativa "las dosis serán en cualquier caso inferiores a los límites establecidos y tan bajas como es posible lograr".

Advertencia muy importante: Estas recomendaciones han sido establecidas sobre la base de mediciones realizadas en determinados servicios de radiología intervencionista que cuentan con equipamiento adecuado y no son extrapolables a cualquier servicio o situación..!!!!

Pueden ser usadas como guía general "cuando no se cuente con información específica del servicio considerado" pero se recomienda muy enfáticamente proceder, en el menor tiempo posible, a realizar las mediciones propias que permitan corroborar estos criterios y adaptarlos a las características de los equipos usados y los parámetros operativos correspondientes a la instalación en que serán aplicados, en particular en el caso de equipos antiguos u obsoletos donde las dosis involucradas pueden ser muy superiores (de hasta 50 o 100 mGy/min para dosis en piel...)

Anexo 2: Recomendaciones para folletos

RADIOPROTECCIÓN PARA PROCEDIMIENTOS INTERVENCIONISTAS

(Borrador para Folleto de difusión en Congresos y Poster en salas)

Introducción

El desarrollo del diagnóstico por imágenes incluye la incorporación de su uso como guía para distintos procedimientos intervencionistas en una gran multiplicidad de especialidades médicas, muchas de las cuales no están familiarizadas con las bases físicas de las radiaciones y los principios de radioprotección.

El uso de las radiaciones ionizantes sin aplicar los principios de radioprotección puede determinar injurias tanto en el paciente como en el operador, de distinta gravedad.

Debido a esta situación se están tomando diversas medidas para lograr la optimización de las dosis de radiación involucradas en las diferentes intervenciones, con el objeto de disminuir la probabilidad de aparición de los diferentes efectos adversos de las radiaciones.

En el caso de los niños el riesgo puede ser mayor debido a su mayor sensibilidad, y porque proporcionalmente se irradia un mayor volumen del cuerpo. Las dosis recomendadas en los niños son menores por su menor peso y grosor, y porque el acceso vascular es de menor complejidad.

De todas formas se debe enfatizar que el uso de técnicas intervencionistas con procedimientos que son guiados por imágenes de radioscopía ha disminuido mucho la morbi-mortalidad en comparación con el uso de los viejos procedimientos quirúrgicos equivalentes, por lo que los beneficios, en todos los casos, superan a todos los inconvenientes que pueda generar el uso de radiaciones

DEFINICIONES y CONCEPTOS:

Antes de establecer los criterios de radioprotección es conveniente recordar algunos conceptos, así como las unidades de dosis de radiación para diferentes condiciones de trabajo.

Los efectos provocados por las radiaciones en los tejidos biológicos se los divide en dos tipos: efectos determinísticos, y efectos estocásticos.

Los efectos determinísticos son aquellos que se presentan a partir de una dosis mínima (dosis umbral) que para una exposición de cuerpo entero el umbral es de aproximadamente 500 mSv y en un corto período de latencia. La severidad o gravedad del efecto aumenta a partir de la dosis umbral. Hay una relación clara entre el agente causante y el efecto.

Los efectos estocásticos son aquellos que cuya probabilidad de ocurrencia es proporcional a la dosis recibida. En este caso, no existe una dosis umbral o valor mínimo de dosis. Entre los efectos biológicos estocásticos de la radiación tenemos el cáncer y los efectos hereditarios. Sin embargo, ante la generación de cáncer no se puede decir con certeza que éste fue ocasionado por la radiación, sino que se puede estimar la probabilidad de que ese cáncer haya sido producido por la radiación a cierta dosis.

Los valores más importantes para evaluar los riesgos son:

- ❑ La dosis pico en piel (Gy), para evaluar “efectos determinísticos” y
- ❑ El producto “dosis x área” (Gy.cm²) para evaluar “efectos estocásticos”
- ❑ Existen especialistas en dosimetría que se dedican a realizar estas mediciones.

Los factores propios del paciente que aumentan la aparición de efectos son:

- ❑ El peso del paciente
- ❑ La complejidad del procedimiento
- ❑ La tortuosidad del sistema vascular (aumenta con la edad)
- ❑ Las dosis recibidas recientemente (otras intervenciones, radioterapia, tomografías computadas)
- ❑ La sensibilidad individual
- ❑ Algunas enfermedades (diabetes mellitus)

Algunos procedimientos se asocian con mayor riesgo debido su complejidad:

- ❑ Embolización (incluyendo la quimioembolización)
- ❑ Angioplastia renal
- ❑ Intervención biliar compleja
- ❑ Nefrostomía por cálculos renales

Debe quedar claro que un procedimiento NUNCA se interrumpe por dosis involucradas (el principio que apoya esta conducta es que está completamente demostrado que el beneficio del procedimiento es superior al riesgo potencial)

Lo que debe saber el médico intervencionista antes de entrar al quirófano

- ❑ Saber cuál es la tasa de dosis que puede recibir el paciente en radioscopía y en cine.
- ❑ Conocer cómo varían las dosis con las proyecciones oblicuas en diferentes posiciones.
- ❑ Saber cómo varía la dosis en función del espesor del paciente, en particular en obesos.
- ❑ Saber cómo se comparan las dosis con algunos “Niveles de Referencia” aplicables.
- ❑ Conocer los valores umbral para los efectos determinísticos en la piel del paciente.
- ❑ Saber qué hacer cuando se prolonga la intervención por dificultades o complicaciones.

Lo que debe verificar el médico intervencionista antes de iniciar una secuencia de cine

- ❑ Que todo el personal en el quirófano tiene puestas las protecciones.
- ❑ Que el intensificador de imágenes está lo más cerca posible del paciente.
- ❑ Que el campo está bien centrado y el isocéntrico está en el punto de máximo interés
- ❑ Que el tubo de Rx está lo más alejado posible del paciente
- ❑ Que la colimación del tubo se ajusta bien al campo de interés.
- ❑ Que en el campo no hay densidades muy diferentes que no estén compensadas (y que el filtro de cuña está disponible para usarse)
- ❑ Que está colocado el filtro adecuado para el voltaje de trabajo (si no es automático)
- ❑ Que los brazos del paciente no se interponen en el haz primario del tubo.
- ❑ Si se trata de un paciente joven se han protegido las partes sensibles que no sean de interés.
- ❑ Que no hay personas innecesariamente cerca del arco en C
- ❑ Que se dispone de todos los elementos, dispositivos y accesorios necesarios para la intervención.

Criterios que debe aplicar el médico intervencionista durante una secuencia de cine

- ❑ Iniciar la adquisición de imágenes sólo cuando el campo ya está bien centrado y definido
- ❑ Soltar el pedal cuando no se mira la pantalla o cuando se puede trabajar con la imagen congelada.
- ❑ No usar cine cuando con scopía se logra una calidad de imagen aceptable para cumplir los objetivos.
- ❑ Usar radioscopía pulsada cuando se disponga.
- ❑ Usar sólo la magnificación apropiada al objeto de interés, y no una mayor.
- ❑ Evitar en lo posible secuencias de cine muy prolongadas congelando la imagen.
- ❑ Soltar el pedal cuando el contraste ya alcanzó el máximo valor y se empieza a lavar.
- ❑ Saber siempre que dosis está recibiendo el paciente.

Los datos que debe registrar un asistente al finalizar la intervención de un paciente

(para el caso de equipos que no disponen de una cámara a la salida del tubo para estimación de dosis, y que no se haya utilizado una placa dosimétrica de lectura directa)

- ❑ Tiempo y modo de radioscopía que se ha utilizado (Ej: 25 minutos de radioscopía de media)
- ❑ Cantidad de imágenes y altura e intensidad de los pulsos (Ej: 240 imágenes de 80kv y 30mA)
- ❑ Peso aproximado o espesor del paciente.
- ❑ Índice de complejidad del protocolo utilizado
- ❑ Cuántas proyecciones o posiciones del arco en C se utilizaron
- ❑ Cualquier otra información relacionada con la dosis que registre el equipo

Medidas que debe tomar la Dirección del Hospital / Sanatorio / Centro de Salud

- ❑ Que el equipo está bien mantenido y calibrado, para lo que se harán pruebas periódicas de Control de Calidad y Protección Radiológica por personal competente.
- ❑ Contar con los elementos de Radioprotección para todo el personal (delantales, gafas Pb, pantallas fijas y protectores tiroideos)
- ❑ Disponer de cortinas corredizas en la mesa y varias pantallas móviles transparentes.
- ❑ Contar con una persona entrenada, al menos part-time, para tareas de Protección Radiológica.
- ❑ Comparar las dosis que recibe el paciente para cada protocolo con los Niveles de Referencia.
- ❑ Proveer elementos de protección (Bi) para los Pacientes jóvenes (gónadas, tiroides y pechos)
- ❑ Controlar la Recertificación periódica de los médicos y su capacitación en Radioprotección
- ❑ Proveer un monitor de radiación y/o sistema de monitoreo electrónico para medir las dosis.

- ❑ Implementar un Sistema de Calidad adecuado a las necesidades del servicio
- ❑ Disponer de protocolos para seguimiento de pacientes que hayan superado los valores de alarma establecidos (se recomienda usar un valor para follow-up de 200 Gy.cm^2)

Factores que permiten minimizar las dosis recibidas por el paciente y por el médico:

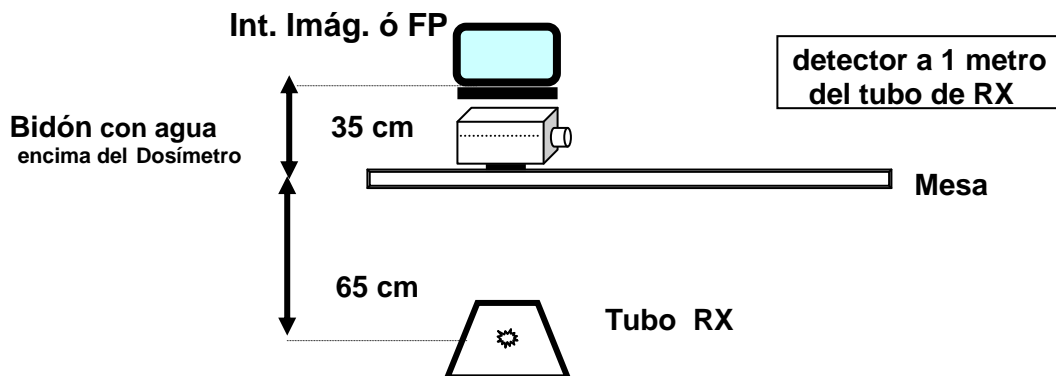
- ❑ Mantenimiento de los equipos debidamente calibrados y controlados, realizando las pruebas de sus parámetros esenciales en forma periódica y por personal calificado.
- ❑ Una adecuada planificación del procedimiento permite ahorrar imágenes y tiempo de radioscopia.
- ❑ El monitoreo de la radiación durante el procedimiento debe ser realizado por un técnico especializado o adiestrado en protección radiológica y dosimetría que pueda avisarle al médico interviniente de los niveles de aviso o alarma de los parámetros monitoreados.
- ❑ Usar la radioscopia de menor dosis que permita una imagen adecuada, y en radioscopia pulsada usar el menor número de pulsos por segundo que permitan una imagen adecuada.
- ❑ Usar el menor tiempo de radioscopia y adquirir el menor número de imágenes.
- ❑ Usar una adecuada colimación del campo.
- ❑ Usar la menor distancia paciente/Intensificador de imágenes o flat panel y la mayor distancia tubo/paciente.
- ❑ Usar la menor magnificación posible, y sólo lo necesario.
- ❑ Variar los ángulos de proyección del arco en C cuando sea posible.
- ❑ Proteger las partes sin interés, en especial en los chicos, con protectores de bismuto

Se adjuntarán al folleto y al Poster 3 tablas actualizadas:

1. Niveles de Referencia en Intervencionismo (dosis promedio para diferentes protocolos)
2. Umbrales de dosis en piel para efectos determinísticos
3. Tabla de conversión de distintas unidades de dosis y algoritmos de cálculo

Anexo 4: Instrucciones para mediciones básicas de los equipos

INSTRUCCIONES PARA REALIZAR LA MEDICION DE DOSIS



A - Medición de dosis en la piel del paciente durante scopia

1. Conseguir un bidón de 20 lts para simular un tórax y llenarlo con agua (18 cm)
2. Sacar la colchoneta de la mesa y dejarla libre para poner el dosímetro y encima el bidón
3. Disponer el Intensificador de imágenes o Flat Panel a 1 metro del tubo de RX
No de la ventana del tubo., sino del ánodo del tubo o foco (a veces hay una marca)
4. Colocar la mesa a 65 cm del tubo y a 35 cm del Intensificador o Flat Panel (si el equipo es fijo y no se puede mover respetar solo los 65 cm del tubo a la mesa)
5. Conviene usar una moneda para centrar el equipo y hacer una marca en el lugar
6. Colocar el dosímetro sobre la mesa bien centrado (sobre la marca) y encima colocar el bidón también bien centrado. Anotar en la planilla en número del dosímetro
7. Reseteo el equipo para llevar todo a 0 y como nombre de paciente poner: "prueba"
8. Poner el equipo en las condiciones habituales para hacer una angiografía coronaria
9. Habitualmente se usa un campo de 22 cm ó 9 pulgadas y scopia normal o pulsada
10. Cuando está todo listo irradiar durante 1 minuto anotando en la hoja todos los parámetros operativos de interés (kV - mA - etc) guardar el sobre al terminar todo.

B - Medición de dosis en la piel del paciente durante adquisición digital (cine)

Se dejan las mismas distancias y condiciones ya establecidos pero se cambia el dosímetro y se pone el de cine también bien centrado (sobre la marca de la moneda) ver Pasos 1 al 7

8. Poner el equipo en condiciones de adquisición digital o cine y resetear de nuevo.
9. Habitualmente para coronarias se usan 15 frames por segundo (ó 12.5 fr/seg)
10. Cuando está todo listo irradiar 30 segundos en cine Si para hacer cine es necesario hacer primero scopia entonces hacer un disparo previo muy corto (1 seg) Si el equipo se corta automáticamente antes de los 30 segundos., entonces repetir varias veces el disparo hasta lograr los 30 segundos totales..)

Una vez realizadas las dos mediciones, completar todos los datos de la hoja adjunta poniendo los valores que registra el equipo y guardar bien los 2 dosímetros en el sobre de correo, agregar la hoja de datos y remitirlo al CACI.

NOTAS:

Mientras se irradia un dosímetro el otro debe quedar protegido y fuera del quirófano... Anotar en la hoja adjunta todos los parámetros operativos usados por ejemplo Kv, mA, campo, fr/seg, tipo de scopia utilizada, el valor kerma.superficie (mSv.cm²) etc. Finalmente enviar los dosímetros (incluyendo el testigo) y la hoja de datos al CACI

