

Guía Mundial de WGO (Organización Mundial de Gastroenterología)



# Protección contra la radiación en la sala de endoscopia

**Minimización de la exposición r dica para pacientes y personal en endoscopia:  
Guía conjunta de ASGE\*/IAEA\*\*/WGO\*\*\***

*Equipo de Revisión:*

Lance Uradomo (EEUU)  
Henry Cohen (Uruguay)  
Michael Fried (Suiza)  
John Petrini (EEUU)  
Madan Rehani (Austria)

\* American Society for Gastrointestinal Endoscopy (Sociedad Americana de Endoscopia Gastrointestinal)

\*\* International Atomic Energy Agency (Agencia Internacional de Energía Atómica)

\*\*\* World Gastroenterology Organization (Organización Mundial de Gastroenterología)

---

## Contenido

- 1 Introducción
- 2 Radiación en gastroenterología
- 3 Efectos de la radiación
- 4 Protección del personal y los pacientes contra la radiación
- 5 Cascadas: opciones de manejo teniendo en cuenta los recursos disponibles
- 6 Circunstancias especiales
- 7 Apéndice: cantidades y unidades de radiación
- 8 Referencias

---

## 1 Introducción

La radiación ionizante se utiliza en medicina con fines tanto diagnósticos como terapéuticos. La mayoría de los gastroenterólogos están familiarizados con el uso de la radiación para el diagnóstico de la patología del tracto GI, la evaluación de las vísceras macizas abdominales y la colocación de dispositivos terapéuticos. En todos los casos, es esencial contar con indicaciones apropiadas, evitando la exposición innecesaria de los pacientes y el personal a una irradiación potencialmente nociva. Los usos terapéuticos de la radiación están más allá del alcance de esta guía.

---

## 2 Radiación en gastroenterología

El uso de radiación ionizante en gastroenterología se encuentra actualmente en un período de transición. En el pasado, los gastroenterólogos realizaban una serie de intervenciones que implicaban exposición radica, incluyendo estudios radiológicos del aparato gastrointestinal, colocación de tubos para biopsia en el intestino delgado, dilatación esofágica, y para asistir en la realización de la colonoscopia, además de los procedimientos diagnósticos y terapéuticos practicados en el sistema biliar pancreático durante la CPRE (colangio pancreatografa retrógrada endoscópica o ERCP por sus siglas en inglés). La mayor parte de la exposición a los rayos X en la actualidad se debe a la CPRE, la colocación de stents lumenales y la dilatación luminal. Los gastroenterólogos que trabajan con procedimientos de CPRE pueden trabajar en centros especializados y es posible que realicen múltiples procedimientos a diario. Siempre que se usen equipos fluoroscopicos y/o de rayos X, los gastroenterólogos deben reducir al máximo los riesgos que corran los pacientes, ellos mismos y el resto del personal.

Se recomienda disminuir al máximo el tiempo de fluoroscopia cuando se la use ya sea para ayudar en la colonoscopia, para una dilatación, o para colocar un stent en la luz.

Durante la CPRE se utiliza la fluoroscopia para verificar la posición de los catéteres y los cables guia. Luego de inyectado el contraste, se utiliza la fluoroscopia para evaluar la anatomía de los sistemas de conductos del árbol biliar y el páncreas, y ayuda a determinar si la enfermedad se encuentra presente. Habitualmente se obtiene un registro fotográfico para documentar los hallazgos, captando la última imagen fluoroscópica, una imagen puntual, o una secuencia de imágenes, dependiendo de las características del equipo usado. Finalmente, también se utiliza la fluoroscopia para ayudar en la terapia—por ejemplo, con esfinterotomía, extracción de litiasis, biopsia o citología, y colocación de un stent. Otros aparatos que permiten la visualización directa de la anatomía canalicular pueden reducir la necesidad de fluoroscopia.

Para el paciente, la fuente de exposición es el rayo X directo proveniente del tubo de rayos X. Se estima que los pacientes reciben alrededor de 2 a 16 minutos de fluoroscopia durante la CPRE, y que los procedimientos terapéuticos toman mucho más tiempo aún. Los estudios han hallado que durante una CPRE se usan valores del producto dosis área (PDA) de aproximadamente 13–66 Gy/cm<sup>2</sup>. Se han descrito dosis eficaces que van de 2 a 6 mSv por procedimiento.

Para los endoscopistas y el resto del personal, la principal fuente de exposición a los rayos X es la radiación que proviene del paciente, y no el haz de rayos X primario. Se han observado dosis eficaces promedio de alrededor de 0.07 mSv por procedimiento para el caso de los endoscopistas que usan delantal de plomo. Si bien el cuerpo del endoscopista está bien protegido con el delantal de plomo, es posible que las partes de su cuerpo no protegidas reciban dosis importantes. Se han descrito dosis promedio en ojos de alrededor de 0.1–1.7 mGy por procedimiento y de alrededor de 0.5 mGy en manos. Las dosis que recibe el personal auxiliar habitualmente son unos pocos factores más bajas, dependiendo de la posición y el tiempo que pasen cerca de la fuente de rayos x, ya que habitualmente se quedan parados más lejos del paciente.

---

### 3 Efectos de la radiación

Los rayos X consisten en radiación ionizante, como rayos gama u otros tipos de radiación emitida por las sustancias radiactivas. Los rayos provocan ionización en el medio que atraviesan. Esa ionización puede provocar daño del ADN o muerte celular. El tema de los efectos de la radiación precisa explicaciones, ya que a menudo lo que determina la percepción del riesgo es el miedo a la radiación, o la complacencia con respecto a la radiación, más que el riesgo real de la radiación, o sus efectos.

Los efectos de la radiación se dividen básicamente en dos categorías: *los efectos deterministas*, como la formación de cataratas, infertilidad, lesión cutánea, y caída de cabello; y *los efectos estocásticos* (cáncer y efectos genéticos). Los efectos deterministas (principalmente cataratas y caída de cabello) han sido ya documentados en radiólogos y cardiólogos intervencionistas. No se han descrito efectos de ese tipo en gastroenterólogos. La cantidad de radiación que están usando los gastroenterólogos es relativamente pequeña, si se la compara con la que usan los radiólogos intervencionistas y los cardiólogos intervencionistas.

El daño depende de la radiación absorbida en el cuerpo humano, conocida como la dosis de radiación o simplemente la “dosis.” Mientras que los efectos deterministas tienen un umbral, los efectos estocásticos pueden aparecer a cualquier nivel de exposición rídica, aunque sea pequeña. El principio que rige los efectos estocásticos es que la probabilidad de que aparezcan es proporcional a la dosis de radiación. En base a esto, las organizaciones internacionales han acordado el principio de “as low as reasonably achievable” (ALARA) (la dosis más baja razonablemente alcanzable). Esto no implica que no aparezcan efectos carcinogénicos o hereditarios definitivamente a niveles inferiores de radiación (dosis de unos pocos milisieverts por año). Es como el riesgo de tener un accidente al cruzar la calle. Cuanto mayor sea la frecuencia que cruzamos la calle, más probable será que tengamos un accidente. Uno puede cruzar 100 veces sin tener ningún accidente, pero la probabilidad aumenta con cada cruce. Es a la luz de esto que cobra importancia el principio de ALARA.

No es posible documentar los efectos de la radiación al nivel al que están expuestos los gastroenterólogos al realizar una CPRE o una fluoroscopia— cuando se utilizan las herramientas y principios de protección contra radiación apropiados, lo habitual es que se apliquen dosis eficaces de cuerpo total de 0–3 mSv/año. El límite de dosis recomendado por la Comisión Internacional para la Protección Radiológica (International Commission on Radiological Protection: ICRP) y adoptada por la mayoría de los países es 20 mSv/año. Para situaciones en las que el límite de dosis

anual supere los 20 mSv, se recomienda no superar una dosis de 50 mSv en ningún año en particular o 100 mSv en el curso de 5 años. Este límite de dosis se basa en el cálculo del riesgo de radiación en el curso de toda una vida de trabajo desde los 18 a los 65 años (47 años) a una tasa de 20 mSv por año, alcanzando  $20 \times 47 = 940$  mSv (aproximadamente 1 Sv), lo que da un exceso de riesgo de cáncer de uno en 1000 por encima de la incidencia natural de cáncer.

---

## 4 Protección contra la radiación para personal y pacientes

Los gastroenterólogos tal vez pregunten si es posible trabajar durante toda su carrera profesional con radiación sin sufrir ningún efecto. La respuesta es que sí, es posible—en condiciones optimizadas, siempre que:

- Se examine el equipo periódicamente para confirmar que esté funcionando correctamente.
- Se utilicen los dispositivos de protección personal (delantal con una equivalencia adecuada de plomo de 0.25–0.35 mm y del tipo envolvente, protector de tiroides, protector ocular, o protecciones para la cara/cabeza y región de miembros inferiores). Según los datos recientes, actualmente se reconoce que la protección de los ojos contra la formación de cataratas es más importante que lo que se pensaba anteriormente.
- Se utilicen dispositivos de control de personal para estimar la exposición ródica.
- Se utilice una técnica apropiada, tal como se discute a continuación.

Mientras que las manos pueden tolerar más radiación (500 mSv por año como límite de dosis), se considera mejor práctica mantener las manos fuera del haz de radiación primario, en vez de usar guantes de plomo.

Hay situaciones en las que la protección del paciente puede plantear un desafío considerable. Hasta hace tan sólo unos 10 años, los programas de protección contra radiación estaban fundamentalmente determinados por las preocupaciones de índole de protección al personal. La mayoría de los países han adoptado un sistema que obliga a controlar la dosificación ródica del personal que trabaja con radiación y mantener registros de las dosis de toda la vida del personal. Se pensaba que la protección a los pacientes era menos importante, bajo el supuesto erróneo de que los pacientes son sometidos a exámenes con radiación ionizante sólo unas pocas veces durante el curso de sus vidas. Siempre se pensaba que el concepto de limitación de dosis no se aplicaba a los pacientes, ya que era importante no limitar los beneficios médicos asociados al uso de la radiación. Sin embargo, se han documentado casos de injuria ródica, particularmente en la piel de los pacientes, entre los individuos sometidos a procedimientos intervencionistas en cardiología y radiología que requirieron períodos de fluoroscopia prolongados (1 hora o más), o en aquellos que fueron sometidos a procedimientos repetidos en un mismo sitio. La protección de los pacientes está cobrando ahora una mayor importancia, ya que se ha reconocido la posibilidad de que los pacientes estén expuestos a una radiación mucho mayor; un paciente durante unas pocas tomografías computadas (TC) puede llegar a recibir más radiación que un miembro del personal durante el curso de toda su vida.

El énfasis inicial sobre la protección del personal efectivamente mejoró su seguridad. Los datos presentados por el United Nations Scientific Committee on the

Effects of Atomic Radiation: (UNSCEAR) (la Comisión Científica de Naciones Unidas sobre los efectos de la Radiación Atómica) muestran que la dosis de radiación eficaz promedio que reciben los sujetos que trabajan con radiación ionizante en la práctica médica habitualmente es inferior a 2 mSv por año [1]. Esto es más bajo que lo que la gente recibe de fuentes de radiación naturales, conocidas como radiación de fondo (por ejemplo de la radiación cósmica, radones, radiación proveniente de materiales de construcción, el planeta, los alimentos). La radiación de fondo depende de una serie de factores, fundamentalmente vinculados al lugar de residencia. La dosis promedio global es 2.4 mSv por año, pero puede llegar hasta 10 mSv por año en unos pocos lugares del planeta donde se sabe que hay grandes depósitos de sustancias radiactivas, y dependiendo del nivel local de radón.

La dosis de radiación que recibe el paciente depende de una serie de factores, incluyendo los abajo enumerados.

### Factores relacionados con el paciente

- Masa corporal o espesor de la parte del cuerpo que se expone al haz de rayos-x. Los pacientes en los que se coloca una parte del cuerpo que ofrezca un mayor espesor dentro del haz requieren dosis más altas, que permitan obtener imágenes de buena calidad.
- Jóvenes. Los tejidos en pacientes pediátricos (incluyendo tiroides, gónadas y mamas) son mucho más susceptibles a los efectos nocivos de la radiación que los de los adultos.
- La enfermedad del paciente y las indicaciones del procedimiento. Los diagnósticos complejos y aquellos que probablemente hagan que el paciente sea sujeto a intervenciones terapéuticas difíciles se acompañan de mayores dosis.
- Exposición previa a radiaciones. Esto puede aumentar el riesgo de lesión radica.
- Radiosensibilidad en algunos pacientes (por ejemplo los que presentan ataxia-telangiectasia), patología del tejido conectivo (lupus discoide), y diabetes mellitus.

### Factores del equipo

- La programación de fábrica para las dosis fluoroscópicas.
- La posición de la fuente de rayos X en relación con el paciente y el personal. Si se coloca el tubo de rayos X por debajo del paciente (undercouch) se somete al personal a una menor dispersión de la radiación.
- Frecuencia de pulsos. Las tasas de pulsos más bajas (como 7.5 o 15 marcos por segundo) producen dosis de radiación total inferiores por cada procedimiento.
- Control de calidad apropiado. Un componente importante de la seguridad de la radiación es que el equipo fluoroscópico y el equipo de protección del personal funcionen correctamente.
- La función de retención de la imagen y captura de la imagen. Esto permite al usuario dedicar un mayor tiempo para revisar la imagen fluoroscópica sin necesidad de una exposición continua a los rayos X.
- Niveles de alarma por tiempo y tasas de dosis más altas en fluoroscopia. Sirven como recordatorios eficaces para limitar la fluoroscopia al tiempo más breve posible.

- El uso de máquinas de rayos X digitales. Si bien estos aparatos más nuevos son capaces de reducir las dosis de radiación, pueden acompañarse de dosis de radiación más altas debido a un aumento de la claridad de la imagen sin una sobreexposición reconocible.

### Factores vinculados al procedimiento

- Tiempo de fluoroscopia
- Colimación, para reducir el área de exposición
- Número de imágenes radiográficas obtenidas
- Ampliación
- Distancia entre el paciente y el receptor de la imagen (intensificador de imágenes o detector de panel plano)
- Distancia entre el tubo de rayos X y el paciente, y el ángulo del tubo

La dosis del paciente se puede minimizar optimizando los factores arriba enumerados manteniendo la mayor calidad de imagen exigida para que el procedimiento salga bien. Específicamente, los pasos recomendados incluyen:

- Aumentar la dosis entre el tubo de rayos X y el paciente
- Mantener el receptor de imagen lo más cerca posible al paciente
- Mantener el pie sobre el pedal sólo cuando sea esencial
- Reducir el número de imágenes (corridas)
- Colimar el haz de rayos X
- Utilizar fluoroscopia pulsada
- Evitar las ampliaciones
- Reducir la exposición a los órganos radiosensibles como la mama
- Reducir las tomas oblicuas

---

## 5 Cascadas: opciones de manejo considerando los recursos disponibles

La protección contra la radiación es tan importante en las instalaciones modernas como en las instalaciones provistas de equipos más antiguos. Es esencial tomar una historia adecuada de los pacientes, evaluando los procedimientos radiológicos a los que hayan sido sometidos anteriormente, sus antecedentes de radiosensibilidad, y otros factores que puedan influir en la exposición a la radiación. En todas las circunstancias, se exige aplicar el concepto de ALARA. Los niveles abajo enumerados brindan opciones de manejo según los recursos disponibles.

### Nivel 1: niveles de recursos altos

- Licencia otorgada por la autoridad rectora de radiación correspondiente
- Pruebas regulares y periódicas de control de calidad del equipo y de los dispositivos de protección para mantener un desempeño óptimo
- Captura de la última imagen, uso de la fluoroscopia pulsada a una frecuencia de pulsos optimizada

- Dispositivos de protección personal como delantales, gafas de plomo, protectores de tiroides, colgajos y pantallas de plomo
- Uso correcto de las identificaciones de dosimetría del personal por parte de todo el personal
- Participación en un programa institucional de seguridad de radiación
- El personal que quede parado al costado del receptor de imágenes, más que al lado de la fuente de rayos X, maximizando la distancia entre el personal y la fuente de radiación
- Uso de la técnica correcta para minimizar la dosis de radiación al paciente (por ejemplo manteniendo el tubo de rayos X lo más lejos posible del paciente y el receptor de la imagen lo más cerca posible, colimación, menor aumento)
- Registro de los factores de exposición a la radiación para el paciente—tiempo de fluoroscopia y el producto dosis área, conocidos como producto dosis-área (PDA)
- Asegurarse que los miembros del personal sean conscientes de las dosis de radiación que reciben ellos mismos y los pacientes, mediante capacitación, particularmente del personal nuevo
- Acreditación por parte de un organismo profesional apropiado

## Nivel 2: niveles de recursos promedio

- Licencia otorgada por la autoridad rectora de radiación correspondiente
- Dispositivos de protección del personal (delantal de plomo)
- Uso correcto de las identificaciones de dosimetría del personal por el operador principal
- El personal parado al costado del receptor de la imagen más que al costado de la fuente de rayos X, maximizando la distancia entre el personal y la fuente de radiación
- Uso de la técnica apropiada para minimizar la dosis de radiación al paciente (por ejemplo, manteniendo el tubo de rayos X lo más lejos posible del paciente y el receptor de la imagen lo más cerca como sea factible, colimación, menor aumento)
- Registro de los factores de exposición del paciente a la radiación—tiempo fluoroscópico y el producto dosis área, conocido como el Producto Dosis Área (PDA o DAP por sus siglas en inglés)
- Asegurarse que todos los miembros del personal sean conscientes de las dosis de radiación que reciben ellos mismos y los pacientes a través de entrenamiento, particularmente del personal nuevo

## Nivel 3: niveles de recursos mínimos

- Licencia otorgada por la autoridad rectora de radiación correspondiente
- Dispositivos de protección del personal (delantal de plomo)
- El personal parado al costado del receptor de la imagen más que al costado de la fuente de rayos X, maximizando la distancia entre el personal y la fuente de radiación
- Uso de la técnica apropiada para minimizar la dosis de radiación al paciente (por ejemplo, manteniendo el tubo de rayos X lo más lejos posible del paciente y el



receptor de la imagen lo más cerca como sea factible, colimación, menor aumento)

- Registro de los factores de exposición del paciente a la radiación—tiempo fluoroscópico)
- Asegurarse que todos los miembros del personal sean conscientes de las dosis de radiación que reciben ellos mismos y los pacientes a través de entrenamiento, particularmente del personal nuevo

## 6 Circunstancias especiales

### Embarazo

Cuando una paciente embarazada requiere CPRE con fines terapéuticos, es preciso optimizar el procedimiento respetando estrictamente una buena técnica, tal como se describe arriba. Además, si existe una posibilidad de que el haz primario de rayos X pueda interceptar al feto, una medida eficaz es colocar un delantal de plomo entre la fuente de rayos X y el feto. Para la proporción de exposición del feto a la radiación producida por la radiación que se dispersa dentro del cuerpo de la paciente, la protección que brinda un delantal de plomo colocado externamente es ineficaz. Debería ajustarse la posición de la paciente (supina, prona, o lateral) para minimizar la exposición del feto [2]. Se recomienda utilizar una proyección pósterio-anterior de los rayos X, ya que eso da lugar a una dosis fetal que es 20–30% más baja que en la proyección ántero-posterior, ya que aumenta la protección que dan los tejidos de la madre. La proyección de perfil también ofrece una mayor protección para el feto, pero la dosis en la superficie de entrada de la paciente puede ser de tres a siete veces más alta comparado con la toma de frente. Como resultado, la toma de perfil produce una dosis fetal más elevada [2].

Una técnica alternativa, que evita por completo la exposición a la radiación, implica realizar la CPRE sin fluoroscopia, usando técnicas de cateterismo con cable guía. Se puede usar coledocoscopia para confirmar que se han despejado las litiasis; este enfoque es técnicamente difícil y solo ha sido utilizado por endoscopistas de la vía biliar con mucha experiencia.

### Niños

Todas las recomendaciones arriba mencionadas se aplican a la pediatría, y debe enfatizarse especialmente la protección de la tiroides y la protección de las mamas de las niñas pequeñas, cubriendo esas regiones o ajustando el haz de rayos siempre que sea factible.

## 7 Apéndice: cantidades y unidades de radiación

**Dosis absorbida** es la energía absorbida por unidad de masa en un punto dado. Se expresa como joules por kilogramo ( $\text{J kg}^{-1}$ ), representando la unidad SI gray (Gy). Por una descripción más detallada consulte el Informe 74 de ICRU [3] y el Informe Técnico del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) 457 [4].

**Dosis del órgano** es una cantidad definida por la ICRP [5,6] en relación con la probabilidad de aparición de efectos estocásticos (principalmente inducción de cáncer) como la dosis absorbida promediada en un órgano—es decir, el cociente de la energía total impartida al órgano y la masa total del órgano. Se expresa como joules por kilogramo ( $\text{J kg}^{-1}$ ), representando el gray (Gy) la unidad SI.

**Dose equivalente.** La dosis equivalente a un órgano o tejido es la dosis al órgano corregida por un factor de ponderación de radiación que tenga en cuenta la efectividad biológica relativa de la radiación incidente para producir efectos estocásticos. Este factor de corrección es numéricamente 1 para los rayos X. Se lo expresa como joules por kilogramo ( $\text{J kg}^{-1}$ ), representando el sievert (Sv) la unidad SI.

**Dosis eficaz** es una cantidad definida por la ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica) [5,6] como una suma ponderada de dosis equivalentes a todos los tejidos y órganos relevantes, que pretenden “indicar la combinación de las diferentes dosis a varios de los diferentes tejidos de un modo que probablemente se correlacione bien con el total de efectos estocásticos.” Por consiguiente, esto es aplicable aún cuando la distribución de la dosis absorbida en el cuerpo humano no sea homogénea. Se expresa como joules por kilogramo ( $\text{J kg}^{-1}$ ), representando el sievert (Sv) la unidad SI.

La dosis efectiva para los pacientes debe ser utilizada con cautela, tal como se indica en el informe de UNSCEAR 2000 (Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas):

La Comisión siempre ha indicado que estas dosis eficaces no deberían utilizarse directamente para estimar el efecto deletéreo (a individuos o poblaciones) de las exposiciones médicas que surjan de la aplicación, por ejemplo, de los coeficientes nominales de probabilidad de muerte proporcionados por ICRP ... Dichas valoraciones no serían apropiadas y no sirven, en vista de las incertidumbres que surgen de las diferencias demográficas potenciales (en términos de estado de salud, edad, y sexo) entre las poblaciones particulares de pacientes y las poblaciones generales para las que ICRP derivó los coeficientes de riesgo. Por ejemplo, se ha sugerido que la dosis eficaz podría subestimar ampliamente el detrimento de las exposiciones de pacientes jóvenes con fines diagnósticos por un factor de alrededor de 2 y, a la inversa, podría sobrestimar el efecto deletéreo producido por la exposición de los pacientes añosos por un factor de por lo menos 5 ... A pesar de la advertencia arriba expresada, en este Anexo se resume la práctica en radiología diagnóstica con fines comparativos, principalmente en términos de las dosis eficaces que reciben los individuos expuestos a cada tipo de procedimiento, teniendo en cuenta la cantidad de procedimientos y las dosis eficaces colectivas en las poblaciones expuestas [ref. 1, pp. 296–7].

Por lo tanto, se puede usar la dosis eficaz e inclusive la dosis colectiva para evaluar la exposición médica diagnóstica, siempre y cuando esto se haga sólo con fines comparativos y para las mismas poblaciones de pacientes, o poblaciones similares. Si se lo usara para comparar con otras poblaciones, requeriría otras consideraciones adicionales o correcciones significativas.

**El kerma en aire** es la suma de la energía cinética de todas las partículas cargadas liberadas por unidad másica. Numerosas publicaciones pasadas han expresado mediciones en términos de la dosis absorbida al aire. Publicaciones recientes y un Código de Práctica de AIEA que está por publicarse señalan lo difícil que es determinar la dosis liberada al aire, especialmente en las cercanías de una interfaz; en realidad, lo que registra el equipo de dosimetría no es la energía absorbida a partir de la radiación por el aire, sino la energía transferida por la radiación a las partículas cargadas resultantes de la ionización. Es por ello que el Código de Práctica de la AIEA y el Informe 74 de ICRU recomiendan el uso del kerma en aire en vez de la

dosis absorbida al aire. La unidad es joules por kilogramo ( $\text{J kg}^{-1}$ ), representando el gray (Gy) la unidad SI.

Esta corrección se aplica a cantidades determinadas en el aire, tales como el kerma en el aire de la superficie de entrada (más que la dosis de aire de la superficie de entrada), el índice de kerma en aire de la tomografía computarizada (en vez del índice de la dosis de la tomografía computarizada), el producto área kerma (más que el producto dosis área) y la longitud del área del kerma en aire (más que el producto dosis - longitud).

La recomendación arriba descrita se refiere al aire. Al referirse a los tejidos, también es correcto estimar la dosis absorbida por la piel aplicando el coeficiente de corrección necesario para obtener la dosis absorbida al tejido del kerma en el aire.

**La dosis colectiva** es una medida de la cantidad total de la dosis efectiva multiplicada por el tamaño de la población expuesta. Habitualmente se la mide en unidades de persona-sieverts.

---

## 8 Referencias

- 1 United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources and effects of ionizing radiation: report to the General Assembly, with scientific annexes. New York: United Nations, 2000 [<http://www.unscear.org/docs/reports/annexd.pdf>].
- 2 Baron TH, Schueler BA. Pregnancy and radiation exposure during therapeutic ERCP: time to put the baby to bed? *Gastrointest Endosc* 2009;69:832–4 [PMID 19327473].
- 3 International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU). Patient dosimetry for X rays used in medical imaging (Report 74). *J ICRU* 2005; 5(2):1–113 [doi:10.1093/jicru/ndi018].
- 4 International Atomic Energy Agency (IAEA). Dosimetry in diagnostic radiology: an international code of practice. (Technical Reports Series, no. 457, STI/DOC/010/457). Vienna: IAEA, 2007 [[http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TRS457\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TRS457_web.pdf)].
- 5 International Commission on Radiological Protection (ICRP). 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP 60). *Ann ICRP* 1991;21(1–3):1–201 [superseded by ref. 6 below].
- 6 International Commission on Radiological Protection (ICRP). The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP 103). *Ann ICRP* 2007;37(2–4):1–332 [Chinese, French, German, and Italian translations available, [http://www.icrp.org/annals\\_list.asp](http://www.icrp.org/annals_list.asp)].