

ARTÍCULO ESPECIAL

Niveles de referencia de dosis en radiología intervencionista

E. Vañó Carruana^{a,b,c,*}, J.M. Fernández Soto^{a,b,c}, R.M. Sánchez Casanueva^{b,c}
y J.I. Ten Morón^{a,c,d}

^a Departamento de Radiología, Facultad de Medicina, Universidad Complutense, Madrid, España

^b Servicio de Física Médica, Hospital Clínico San Carlos, Madrid, España

^c Instituto de Investigación Sanitaria, Hospital Clínico San Carlos (IdISSC), Madrid, España

^d Servicio de Radiodiagnóstico, Hospital Clínico San Carlos, Madrid, España

Recibido el 23 de enero de 2013; aceptado el 21 de agosto de 2013

Disponible en Internet el 8 de noviembre de 2013

PALABRAS CLAVE

Dosis;
Intervencionista;
Niveles de referencia;
Optimización;
Protección
radiológica

Resumen Se describe el concepto de los niveles de referencia de dosis para diagnóstico («diagnostic reference levels») propuestos por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) como ayuda para la aplicación del criterio de optimización en radiodiagnóstico y en procedimientos intervencionistas. Dichos niveles se establecen habitualmente como el tercer cuartil de las distribuciones de dosis a pacientes en una muestra amplia de centros y se supone que son valores representativos de buena práctica desde un punto de vista de la protección del paciente. Durante su determinación, se debe evaluar también la calidad de las imágenes para asegurar que es suficiente para el diagnóstico. Cuando los valores de las dosis a los pacientes resultan ser sistemáticamente mayores o mucho más bajos que los valores de referencia, procede realizar una investigación para la posible aplicación de medidas correctoras. Las normativas europea y española de protección del paciente obligan a utilizar los valores de referencia en los programas de calidad. Para los procedimientos intervencionistas se suelen utilizar como valores de referencia el producto dosis área (o producto kerma área) junto con el tiempo de fluoroscopia y el número total de imágenes adquiridas. En los equipos más modernos, se puede también utilizar el valor de la dosis acumulada a la entrada del paciente para optimizar la distribución de la dosis en la piel. La ICRP recomienda que se tenga en cuenta la complejidad de los procedimientos intervencionistas cuando se establecen los valores de referencia. Los servicios de diagnóstico por imagen dispondrán en el futuro de sistemas automáticos de gestión de datos dosimétricos a pacientes que permitirán la auditoría continua de las dosis y recibir alertas sobre procedimientos individuales que puedan registrar dosis varias veces por encima de los valores de referencia. Se presentan también los aspectos que requieren aclaraciones para el mejor aprovechamiento de los niveles de referencia en intervencionismo. © 2013 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correos electrónicos: eliseov@med.ucm.es, eliseo.mobile@gmail.com (E. Vañó Carruana).

KEYWORDS

Dosage;
Interventional
radiologist;
Reference levels;
Optimization;
Radiological
protection

Diagnostic reference levels in interventional radiology

Abstract This article discusses the diagnostic reference levels for radiation exposure proposed by the International Commission on Radiological Protection (ICRP) to facilitate the application of the optimization criteria in diagnostic imaging and interventional procedures. These levels are normally established as the third quartile of the dose distributions to patients in an ample sample of centers and are supposed to be representative of good practice regarding patient exposure. In determining these levels, it is important to evaluate image quality as well to ensure that it is sufficient for diagnostic purposes. When the values for the dose received by patients are systematically higher or much lower than the reference levels, an investigation should determine whether corrective measures need to be applied. The European and Spanish regulations require the use of these reference values in quality assurance programs. For interventional procedures, the dose area product (or kerma area product) values are usually used as reference values together with the time under fluoroscopy and the total number of images acquired. The most modern imaging devices allow the value of the accumulated dose at the entrance to the patient to be calculated to optimize the distribution of the dose on the skin. The ICRP recommends that the complexity of interventional procedures be taken into account when establishing reference levels. In the future, diagnostic imaging departments will have automatic systems to manage patient dosimetric data; these systems will enable continuous dosage auditing and alerts about individual procedures that might involve doses several times above the reference values. This article also discusses aspects that need to be clarified to take better advantage of the reference levels in interventional procedures.

© 2013 SERAM. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) propuso en 1990 el uso de los niveles de referencia de dosis para diagnóstico («diagnostic reference levels», DRL) para ayudar en la optimización de la protección radiológica (PR) en la obtención de imágenes médicas con radiaciones ionizantes^{1,2}. Los DRL se introdujeron para identificar procedimientos de obtención de imágenes en los que se pudieran impartir dosis de radiación a los pacientes, más altas que las consideradas «aceptables» o mucho más bajas que esos niveles de referencia. En ambos casos se sugiere una revisión de los ajustes de los equipos de imagen o de los protocolos (técnicas radiográficas y parámetros geométricos) utilizados para obtener las imágenes. Los DRL se consideran unos valores de dosis razonables para obtener imágenes de suficiente calidad diagnóstica, teniendo en cuenta el nivel de la tecnología existente cuando se determinan dichos niveles.

En función de las recomendaciones de la ICRP, cualquier exposición médica a radiaciones ionizantes debe estar justificada (el beneficio clínico debe ser mayor que el riesgo derivado de la exposición a la radiación) y optimizada (la dosis de radiación debe ser lo menor posible para obtener imágenes de calidad suficiente). En el caso de las exposiciones médicas, la ICRP recomienda que no se apliquen límites de dosis como se hace en el caso de los trabajadores con radiaciones ionizantes. Los DRL son un instrumento que se debe utilizar en la optimización pero que no se debe aplicar a procedimientos o pacientes individuales ya que un procedimiento concreto puede requerir dosis de radiación superior a los DRL (por ejemplo, un paciente obeso o un procedimiento especialmente complejo). Los especialistas médicos tienen la libertad y la responsabilidad de utilizar las técnicas de imagen adecuadas y las dosis de radiación necesarias

para obtener imágenes de calidad suficiente. Pero no sería «aceptable» ni se seguirían las recomendaciones de la ICRP si en un equipo concreto de rayos X se realizaran procedimientos en los que los valores medios de las dosis a los pacientes fueran consistentemente mayores que los DRL. El requisito de comparar los valores típicos de dosis en cada equipo de rayos X para los procedimientos de imagen más frecuentes, con los DRL, forma parte de los programas de calidad en la normativa europea y española de PR de los pacientes.

Los DRL se obtienen habitualmente como el tercer cuartil de los valores medios o las medianas de las dosis impartidas a los pacientes para un tipo de procedimiento concreto, en una muestra amplia de centros sanitarios. Se han publicado valores de DRL a nivel local, nacional y regional como se detalla posteriormente.

Algunos países han utilizado maniqués para obtener los DRL y en las recomendaciones iniciales de la ICRP se admitía esta posibilidad², aunque su utilización solo permite evaluar los ajustes de los equipos de imagen pero no siempre las técnicas empleadas en la práctica clínica.

La ICRP ha creado recientemente un grupo de trabajo para preparar un documento de actualización de las recomendaciones sobre el uso de los DRL en las nuevas técnicas de imagen y en radiología intervencionista. Uno de los aspectos que discutirá ese grupo de trabajo es si el nombre de «niveles de referencia para diagnóstico» es adecuado para su uso en procedimientos intervencionistas o si otra alternativa como «niveles de referencia para intervencionismo» podría ser más adecuada.

Este trabajo desarrolla los avances realizados durante los últimos años en la aplicación de los DRL en los procedimientos intervencionistas guiados por fluoroscopia³⁻²⁰ y plantea algunos de los problemas que quedan por resolver para el uso

eficaz de este instrumento de optimización en las prácticas intervencionistas.

Niveles de referencia de dosis a pacientes en intervencionismo

En 2001, la ICRP publicó un conjunto de recomendaciones específicas actualizando la forma de utilizar los DRL e incluyendo su posible uso en radiología intervencionista²¹. Se destacó la necesidad de evaluar la calidad de las imágenes (que debía ser suficiente para el diagnóstico) en paralelo a las determinaciones de las dosis a los pacientes. Se indicaba que la calidad de las imágenes debe ir ligada al objetivo clínico del procedimiento radiológico ya que no siempre se precisa la misma calidad en las imágenes.

Habitualmente, los DRL son niveles de dosis que si se sobrepasan de forma reiterada requieren iniciar una investigación de las causas y un procedimiento correctivo como parte de los programas de garantía de calidad, pero en ningún caso deben considerarse los niveles de referencia como una frontera entre «la buena y la mala medicina», especialmente cuando se trata de grupos de pacientes o procedimientos especiales. Trabajar por debajo de los niveles de referencia no siempre es indicativo de hacerlo en las mejores condiciones. Hay situaciones en las que se puede intentar utilizar dosis más bajas que serían indicativas de la utilización de condiciones de trabajo más optimizadas. Conviene tener presente que los DRL se establecen en función del tercer cuartil de las distribuciones de dosis de varios centros y se puede desear trabajar con unos niveles de dosis similares a los de la mediana en vez de los del tercer cuartil.

Se pueden utilizar diferentes magnitudes radiológicas y parámetros relacionados con las dosis a los pacientes, cuando se calculan los niveles de referencia. Las magnitudes seleccionadas dependen del tipo de procedimiento (o de modalidad de imagen) y son diferentes para radiografías de proyección, para mamografía, para tomografía computarizada y para radiología intervencionista. Se tiende a utilizar magnitudes que sean fácilmente medibles y que puedan ser suministradas directamente por los equipos radiológicos (aunque siempre habrá que aplicar los correspondientes factores de calibración y corrección).

Para establecer los DRL es preferible utilizar (sobre todo si las muestras son pequeñas) grupos de pacientes en un cierto rango de normalidad en tamaño y peso. Cuando las muestras son suficientemente grandes, puede no ser necesaria esa selección.

Conveniencia de considerar los niveles de complejidad de los procedimientos

La ICRP ha destacado²¹ que para los procedimientos intervencionistas guiados por fluoroscopia, las distribuciones de dosis pueden ser muy amplias, incluso para un mismo procedimiento, debido a la distinta duración y complejidad, por lo que las circunstancias clínicas individuales pueden tener un impacto mucho mayor en las distribuciones de dosis en comparación con otras técnicas de imagen. Se citan como posibilidades para utilizar mejor los DRL en intervencionismo la clasificación de los procedimientos en distintos niveles de complejidad y el uso de varias

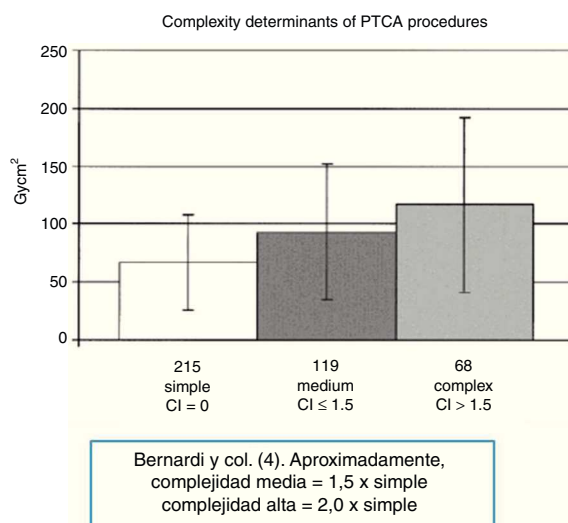


Figura 1 Ejemplo del impacto en las dosis a los pacientes, del nivel de complejidad de los procedimientos en cardiología. En ordenadas figura la dosis a los pacientes (en Gy cm²). En abscisas se presentan los 3 grupos de complejidad propuestos para los procedimientos de cardiología intervencionista. CI: Complexity Index. (Tomada de Bernardi et al.⁴)

magnitudes dosimétricas o parámetros relacionados con las dosis a los pacientes y que puedan ayudar a la optimización.

Ya existe experiencia en la aplicación de los niveles de complejidad para establecer diferentes niveles de referencia de dosis en cardiología, ofreciendo valores del producto kerma área (equivalente al producto dosis área), tiempo de fluoroscopia, número de series y número de imágenes de cine o sustracción digital adquiridas^{3,4,12,14}. La figura 1 presenta un ejemplo de los resultados obtenidos en un estudio europeo⁴. Ya se han propuesto valores de referencia en España para procedimientos de radiología intervencionista en un programa patrocinado por la Sociedad Española de Radiología Vasculare e Intervencionista (SERVEI)^{16,17}. La tabla 1 presenta esos valores actualizados en diciembre de 2012. Un programa similar se ha iniciado recientemente en colaboración con la Sección de Hemodinámica y Cardiología Intervencionista de la Sociedad Española de Cardiología, habiéndose propuesto un primer conjunto de niveles de referencia para los procedimientos intervencionistas más frecuentes en cardiología¹⁴. La tabla 2 presenta esos valores actualizados en diciembre de 2012. Los valores de referencia obtenidos en la muestra de centros españoles que han participado en el estudio promovido por la Sociedad Española de Cardiología¹⁴ son entre un 30 y un 40% más bajos que los publicados previamente en Europa en 2003¹² y en el estudio del Organismo Internacional para la Energía Atómica de 2008³.

Distribución de dosis en la piel de los pacientes

La ICRP ha indicado hasta ahora que los DRL no se deben utilizar para la gestión de los riesgos de efectos deterministas²¹⁻²³. Sin embargo, el valor del kerma en aire en el punto de referencia a la entrada del paciente (15 cm por debajo del isocentro en dirección al foco del tubo de

Tabla 1 Valores de referencia para radiología intervencionista

Procedimiento	N	PDA (Gy cm ²)	Tiempo de fluoroscopia (min)	Número de series de sustracción digital	Número de imágenes de sustracción digital
Fistulografía	213	10	2,9	6	73
Arteriografía de miembros inferiores	1.283	69	3,6	7	156
Arteriografía renal	77	98	8,6	6	131
Drenaje biliar	423	45	20	6	21
Quimioembolización hepática	389	251	25	10	216
Stent iliaco	114	94	14	10	155
Mioma uterino	90	181	30	10	186

N: tamaño de la muestra; PDA: producto dosis área.

rayos X) que permite estimar la dosis acumulada en la piel del paciente a lo largo del procedimiento intervencionista (si se trabaja en el isocentro) es un parámetro dosimétrico que suministran todos los equipos modernos de rayos X utilizados para estas técnicas. Tener en cuenta este parámetro dosimétrico puede ser muy relevante en la optimización de los procedimientos intervencionistas y en conseguir una disminución del riesgo de lesiones por radiación en la piel, especialmente en procedimientos muy complejos o en los casos de pacientes que precisen varias intervenciones en pocos meses. Valorar su incorporación en los niveles de referencia será algo que probablemente discutirá también el grupo de trabajo de ICRP. La visualización de las distribuciones de las dosis en la piel de los pacientes y la estimación de la «dosis pico en la piel» es algo en lo que ya está trabajando la industria radiológica y que se espera que pueda estar a disposición de los especialistas médicos en un próximo futuro.

Utilización de los valores de referencia de dosis en intervencionismo

El uso de los DRL en radiodiagnóstico y particularmente en intervencionismo es todavía muy escaso y su forma de utilizarlo es incorrecta en bastantes ocasiones. Se debería hacer un esfuerzo para incorporarlo en los programas de formación tanto de los prescriptores de procedimientos de imagen como en los especialistas médicos que los realizan^{24,25}.

La optimización es un reto en muchas de las nuevas modalidades de imagen. Los fabricantes de los equipos de rayos X han hecho un gran esfuerzo durante los últimos años para incorporar nuevos avances tanto en los dispositivos de los equipos (hardware) como en los programas informáticos de

adquisición y procesado de las imágenes (software) para reducir las dosis a los pacientes manteniendo o incluso mejorando la calidad de las imágenes. Pero esos avances deben ser conocidos, valorados e incorporados en la práctica clínica una vez entendidas sus ventajas y limitaciones.

Hace algunos años los indicadores estadísticos (valores medios o medianas) de las dosis que se impartían a los pacientes se obtenían a partir de muestras relativamente pequeñas ya que la medida y registro de las dosis se hacía manualmente. Actualmente ya es posible recoger, archivar y procesar automáticamente (incluso en tiempo real) los parámetros dosimétricos de prácticamente todos los procedimientos intervencionistas que se hacen en un hospital a partir de la información contenida en las cabeceras DICOM de las imágenes (o series de imágenes) o utilizando otros servicios DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) como el MPPS (modality performed procedure step) o RDSR (radiation dose structured reports)^{26,27}. Ello permite manejar globalmente las distribuciones de dosis a los pacientes y realizar un análisis estadístico mucho más completo evaluando con detalle las zonas de dosis altas de las distribuciones para analizar individualmente esos casos cuando sea conveniente (figs. 2 y 3). La tecnología digital ha permitido que se transmitan y procesen de forma automática prácticamente los datos de todos los procedimientos (en vez de únicamente una pequeña muestra). Se pueden gestionar no solo los datos de dosis sino otro tipo de parámetros que tienen gran influencia en la optimización de los procedimientos como detalles geométricos de la angulación del arco, distancias foco detector de imagen, colimación, protocolo de adquisición de imagen utilizado, etc. Incluso es posible incorporar algún tipo de programa informático que calcule las dosis en órganos de forma individualizada para cada procedimiento y los

Tabla 2 Valores de referencia para cardiología intervencionista

Procedimiento	N	PDA (Gy cm ²)	Tiempo de fluoroscopia (min)	Número de series de cine	Número de imágenes de cine
Angiografía coronaria	1.849	32	6,5	9	750
Angioplastia coronaria	2.105	67	15,0	26	1.240

N: tamaño de la muestra; PDA: producto dosis área.

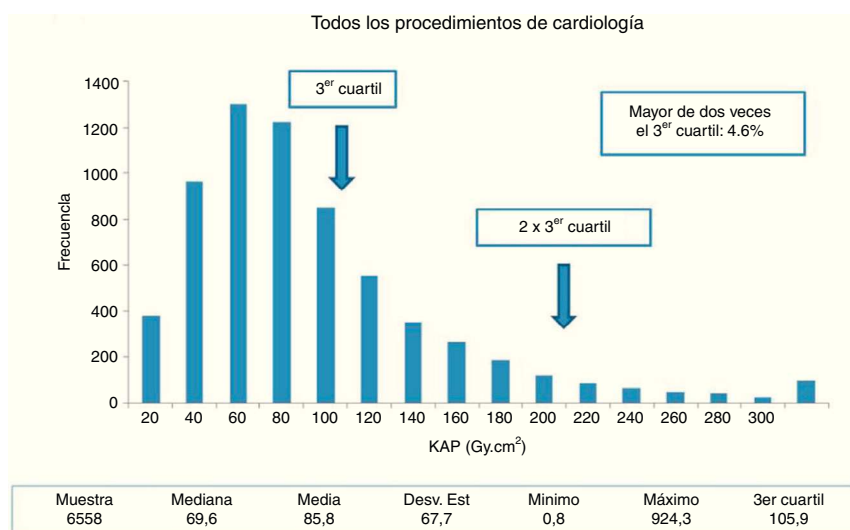


Figura 2 Histograma de los valores de dosis a los pacientes durante los años 2010 y 2011 en el Hospital Clínico San Carlos de Madrid. Los valores de la figura corresponden a la totalidad de la muestra (procedimientos diagnósticos y terapéuticos). Un 4,6% de los procedimientos tienen dosis superiores al doble del tercer cuartil (considerado como del nivel de referencia local). Las cifras de la parte inferior presentan los descriptores estadísticos de la muestra. KAP (*Kerma Area Product*) es el acrónimo que recomienda utilizar la Comisión Internacional de Unidades Radiológicas y es equivalente al PDA (Producto Dosis Área).

mapas de distribución de dosis en la piel para tratar de evitar los efectos deterministas.

Sin embargo, todos estos avances y la gestión masiva de muchos miles de datos requieren un control de calidad más estricto para evitar errores que podrían llegar a ser significativos. Los aspectos básicos de calidad que se deberían incorporar son los siguientes:

a) Evaluación periódica (y su aplicación en las bases de datos dosimétricos) de los factores de calibración y corrección de las magnitudes dosimétricas que aportan los equipos de rayos X.

b) Detección automática y alertas para los casos de procedimientos con dosis altas (por encima de unos niveles «de alarma» previamente establecidos) para los pacientes.

c) Análisis estadístico con la posibilidad de actualizar o revisar periódicamente los valores de referencia de dosis (DRL).

d) Indicar acciones correctoras inmediatas cuando alguno de los parámetros que se están auditando se desvíe sustancialmente de los valores adoptados como «normales» (por ejemplo, distancias del foco al detector de imagen anormalmente grandes, número muy alto de imágenes por segundo, series de imágenes muy largas, etc.).

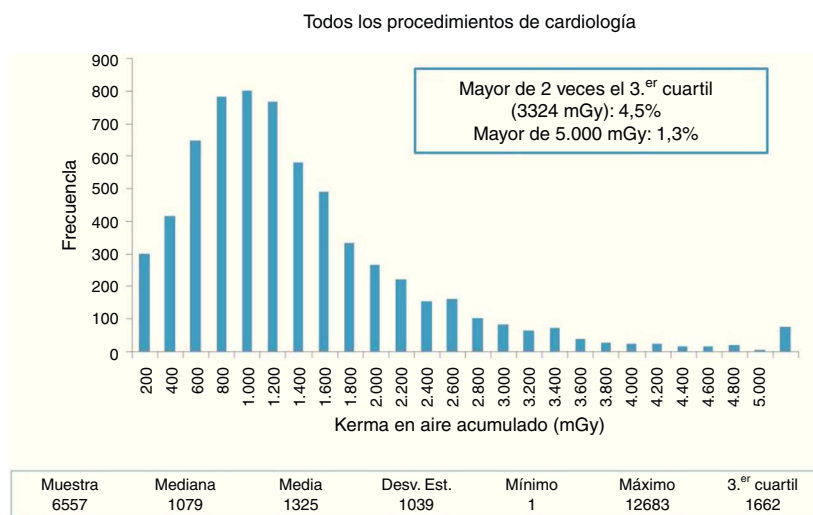


Figura 3 Histograma de los valores de kerma en aire acumulado en el punto de referencia a la entrada del paciente (representativo de la dosis acumulada en la piel) durante los años 2010 y 2011 en el Hospital Clínico San Carlos de Madrid. Los valores de la figura corresponden a la totalidad de la muestra (procedimientos diagnósticos y terapéuticos). Un 4,5% de los procedimientos tienen dosis superiores al doble del tercer cuartil y un 1,5% tienen valores superiores a los 5 Gy (que requieren una valoración para posible seguimiento clínico). Las cifras de la parte inferior presentan los descriptores estadísticos de la muestra.

	Muestra	Gy cm ² Mediana	Gy cm ² 3er cuartil	Gy cm ² Intercuartil	Intercuartil % mediana
Cardiología diagn.	2377	46	56	10	22
Cardiología terap.	3409	97	138	41	42
Cardiología electrof.	563	24	48	24	101
Vascular total	1270	47	111	64	136
Cerebral total	695	87	190	102	118

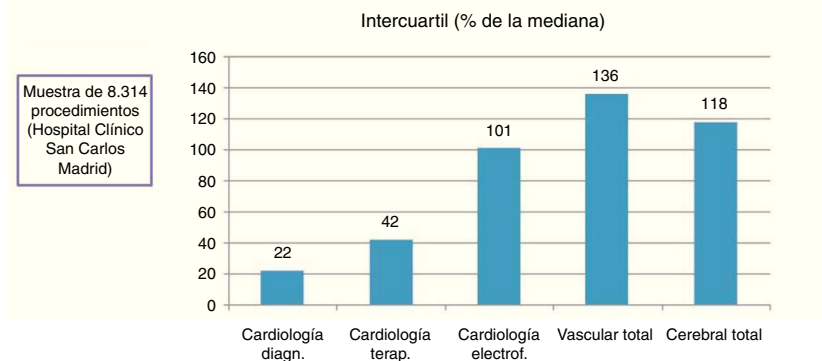


Figura 4 Resumen de valores de dosis a pacientes en procedimientos intervencionistas realizados durante los años 2010 y 2011 en el Hospital Clínico San Carlos. El valor del intercuartil comparado con la mediana (en porcentaje en la figura) es indicativo de la dispersión relativa de las dosis a los pacientes, relacionada con las diferencias de complejidad de los procedimientos.

Ya se han desarrollado algunas experiencias para la gestión automática de dosis a los pacientes en procedimientos intervencionistas en el Hospital Clínico San Carlos de Madrid con un sistema denominado DOLIR (dose on line for interventional radiology)²⁸.

La normativa europea y las guías publicadas sobre su aplicación señalan que las dosis a los pacientes en procedimientos intervencionistas deben ser medidas y archivadas individualmente²⁹. En algunos países de la Unión Europea (entre ellos, España) esta medida y registro es ya obligatoria. En la nueva directiva sobre Normas Básicas de Seguridad que está finalizando la Comisión Europea³⁰, este requisito de medida y archivo de las dosis en los procedimientos intervencionistas (y tomografía computarizada) se prevé que sea obligatorio para todos los países de la Unión Europea.

La Sociedad de Radiología Intervencionista de Estados Unidos ha publicado recientemente un documento sobre «Quality improvement guidelines for recording patient radiation dose in the medical record for fluoroscopically guided procedures»³¹ en el que también se recomienda este registro y archivo.

El National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP) de Estados Unidos ha publicado también en 2012 un documento dedicado a los DRL³² titulado «Reference levels and achievable doses in medical and dental imaging: Recommendations for the United States». Las llamadas dosis alcanzables («achievable doses») se definen como la mediana (percentil del 50%) de las distribuciones de dosis, lo que implica que el 50% de los centros involucrados en los muestreos de dosis trabajan por debajo de ese nivel de dosis. La Health Protection Agency (HPA) del Reino Unido (antes llamada National Radiological Protection Board) ha utilizado prácticamente siempre los DRL definiéndolos según el tercer cuartil (percentil del 75%). Los DRL o las dosis alcanzables deben considerarse como valores que van cambiando con el tiempo para adaptarse a las nuevas tecnologías y

requerimientos de los nuevos procedimientos clínicos^{6,32,33}. En Estados Unidos (y también en alguna de las publicaciones más recientes de la ICRP) se ha utilizado el término de «substantial radiation dose levels» (SRDL) que se ha definido como un valor de dosis por debajo del cual no es esperable que se produzcan efectos tisulares (efectos deterministas)^{32,34}.

Aspectos de los valores de referencia en intervencionismo que pueden necesitar recomendaciones adicionales

Los aspectos que podrían necesitar alguna precisión o recomendaciones específicas por parte de la ICRP en los próximos años serían los siguientes:

- El uso de maniqués para estimar los niveles de referencia de dosis y sus limitaciones en procedimientos intervencionistas. Los maniqués pueden servir para evaluar los ajustes de los equipos y determinados protocolos, pero tienen serias limitaciones para evaluar la práctica clínica real.
- Relaciones entre los DRL y la calidad de las imágenes o información diagnóstica necesaria para las diferentes tareas clínicas. Algunas de las nuevas modalidades de adquisición de imagen (rotacional, «cone beam CT», etc.) deben contrastarse con los modos tradicionales de cine o imágenes de sustracción digital para los criterios de optimización.
- Estandarización y consenso con implicación de las sociedades médicas, para los niveles de complejidad que tengan especial impacto en las dosis a los pacientes^{3,4,18}.
- Metodología para derivar de forma adecuada los DRL con muestras de procedimientos de diferentes tamaños

(número de procedimientos por centro) y con centros que tengan cargas de trabajo muy distintas.

- Metodología para tener en cuenta de forma adecuada las diferentes magnitudes dosimétricas y parámetros que puedan utilizarse como DRL en algunas modalidades (por ejemplo, producto kerma área y kerma acumulado en aire, etc.)³⁵⁻³⁷.
- Aportar criterios sobre la periodicidad adecuada para revisar los DRL y factores que se deben considerar para establecer dicha periodicidad.
- Posibilidad de establecer «niveles de alarma» desde los DRL (por ejemplo, 2 o 3 veces los DRL) para investigar valores de dosis considerados muy altos en pacientes individuales (figs. 2 y 3) indican los porcentajes típicos en procedimientos de cardiología). También en estos casos habrá que considerar el número de procedimientos ya realizados en un mismo paciente^{32,34}.
- Análisis y explotación de las distribuciones de dosis completas en vez de únicamente algunos indicadores estadísticos³⁸. La figura 4 presenta ejemplos de los valores de los intercuartiles de las distribuciones de dosis (en porcentajes con respecto a las medianas) que pueden ser indicativos de la dispersión de las distribuciones y del impacto de los distintos niveles de complejidad.
- Uso de los DRL como parte de la auditoría clínica. Ventajas (por ejemplo, identificar equipos de rayos X con ajustes incorrectos o utilizar protocolos inadecuados para cierto tipo de procedimientos de imagen) y limitaciones (por ejemplo, su aplicación a muestras de pacientes impide identificar casos singulares con dosis de radiación muy altas).
- Cómo tratar el tamaño de los pacientes en la obtención de los DRL y su aplicación en procedimientos intervencionistas.

Conclusiones

La experiencia de los últimos años en la aplicación de los valores de referencia de dosis en procedimientos intervencionistas ha sido positiva permitiendo refinar los ajustes de los equipos de rayos X y los protocolos utilizados. Su aplicación ha supuesto en muchos casos una reducción de dosis a los pacientes sin detrimento de la calidad de las imágenes ni de la información diagnóstica obtenida. Las nuevas recomendaciones que pueda publicar la ICRP en este aspecto ayudarán a clarificar algunos detalles que hoy se interpretan de forma diferente, haciendo que los resultados de la literatura científica no sean siempre comparables. Los valores de referencia en intervencionismo deberían permitir optimizar las distribuciones de dosis en piel y evitar algunos de los efectos deterministas especialmente en casos de repetición de procedimientos. Cuando se generalice el proceso automático de registro y análisis de dosis de pacientes, se potenciará el uso de los valores de referencia y su impacto en la mejora de la práctica clínica y la seguridad radiológica de los pacientes y de los profesionales que realizan los procedimientos.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. ICRP. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann ICRP. 1991;21:1-200.
2. ICRP. Radiological protection and safety in medicine. ICRP Publication 73. Ann ICRP. 1996;26:1-47.
3. Balter S, Miller DL, Vano E, Ortiz Lopez P, Bernardi G, Coteló E, et al. A pilot study exploring the possibility of establishing guidance levels in x-ray directed interventional procedures. Med Phys. 2008;35:673-80.
4. Bernardi G, Padovani R, Morocutti G, Vano E, Malisan MR, Rinuncini M, et al. Clinical and technical determinants of the complexity of percutaneous transluminal coronary angioplasty procedures: Analysis in relation to radiation exposure parameters. Catheter Cardiovasc Interv. 2000;51:1-9, discussion 10.
5. Gray JE, Archer BR, Butler PF, Hobbs BB, Mettler Jr FA, Pizzutiello Jr RJ, et al. Reference values for diagnostic radiology: Application and impact. Radiology. 2005;235:354-8.
6. Hart D, Hillier MC, Shrimpton PC. Doses to patients from radiographic and fluoroscopic x-ray imaging procedures in the UK-2010 review. Report HPA-CRCE-034;2012. Health Protection Agency, UK, June 2012 [consultado 15 Oct 2013]. Disponible en: <http://www.hpa.org.uk/Publications/Radiation/CRCEScientificAndTechnicalReportSeries/HPACRCE034/>
7. IAEA. Establishing guidance levels in X ray guided medical interventional procedures: A pilot study. Safety Reports Series No. 59. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2009.
8. Marshall NW, Chapple CL, Kotre CJ. Diagnostic reference levels in interventional radiology. Phys Med Biol. 2000;45:3833-46.
9. Miller DL, Balter S, Schueler BA, Wagner LK, Strauss KJ, Vañó E. Clinical radiation management for fluoroscopically guided interventional procedures. Radiology. 2010;257:321-32.
10. Miller DL, Balter S, Cole PE, Lu HT, Schueler BA, Geisinger M, et al. Radiation doses in interventional radiology procedures: The RAD-IR study Part I. Overall measures of dose. J Vasc Interv Radiol. 2003;14:711-27.
11. Miller DL, Kwon D, Bonavia GH. Reference levels for patient radiation doses in interventional radiology: Proposed initial values for U.S. practice. Radiology. 2009;253:753-64.
12. Neofotistou V, Vano E, Padovani R, Kotre J, Dowling A, Toivonen M, et al. Preliminary reference levels in interventional cardiology. Eur Radiol. 2003;13:2259-63.
13. Peterzol A, Quai E, Padovani R, Bernardi G, Kotre CJ, Dowling A. Reference levels in PTCA as a function of procedure complexity. Radiat Prot Dosimetry. 2005;117:54-8.
14. Sanchez R, Vano E, Fernandez JM, Sotil J, Carrera F, Armas J, et al. A national programme for patient and staff dose monitoring in interventional cardiology. Radiat Prot Dosimetry. 2011;147(1-2):57-61.
15. Stecker MS, Balter S, Towbin RB, Miller DL, Vano E, Bartal G, et al., SIR Safety and Health Committee; CIRSE Standards of Practice Committee. Guidelines for patient radiation dose management. J Vasc Interv Radiol. 2009;20 7 Suppl:S263-73.
16. Vano E, Sanchez R, Fernandez JM, Rosales F, Garcia MA, Sotil J, et al. Importance of dose settings in the x-ray systems used for interventional radiology: A national survey. Cardiovasc Interv Radiol. 2009;32:121-6.
17. Vano E, Sanchez R, Fernandez JM, Gallego JJ, Verdu JF, de Garay MG, et al. Patient dose reference levels for interventional radiology: A national approach. Cardiovasc Interv Radiol. 2009;32:19-24.
18. Vehmas T. Radiation exposure during standard and complex interventional procedures. Br J Radiol. 1997;70:296-8.
19. Wall BF. Diagnostic reference levels. The way forward. Br J Radiol. 2001;74:785-8.

20. Wall BF, Shrimpton PC. The historical development of reference doses in diagnostic radiology. *Radiat Prot Dosim.* 1998;80:15–9.
21. ICRP. Reference levels in medical imaging: review and additional advice. ICRP Supporting Guidance 2. *Ann ICRP.* 2001;31:33–52.
22. ICRP. 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann ICRP.* 2007;37(2–4):1–332.
23. ICRP. Radiological protection in medicine. ICRP Publication 105. *Ann ICRP.* 2007;37:1–63.
24. ICRP. Education and Training in Radiological Protection for Diagnostic and Interventional Procedures. ICRP Publication 113. *Ann ICRP.* 2009;39:1–68.
25. Vano E, Gonzalez L. Approaches to establishing reference levels in interventional radiology. *Radiat Prot Dosimetry.* 2001;94:109–12.
26. Vano E, Fernandez JM, Ten JI, Gonzalez L, Guibelalde E, Prieto C. Patient dosimetry and image quality in digital radiology from online audit of the X-ray system. *Radiat Prot Dosimetry.* 2005;117:199–203.
27. Vano E, Fernández JM, Ten JI, Prieto C, González L, Rodríguez R, et al. Transition from screen-film to digital radiography: evolution of patient radiation doses at projection radiography. *Radiology.* 2007;243:461–6.
28. Ten JI, Fernandez JM, Vañó E. Automatic management system for dose parameters in interventional radiology and cardiology. *Radiat Prot Dosimetry.* 2011;147:325–8.
29. European Commission. Council Directive 97/43/EURATOM on health protection of individuals against the dangers of ionizing radiation in relation to medical exposure, and repealing Directive 84/466 EURATOM. *Off J Eur Commun.* 1997;L180:22–27.
30. European Commission Proposal for a Council Directive laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation. Brussels 30.05.2012.
- COM(2012) 242 final [consultado 15 Oct 2013]. Disponible en: http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation.protection/doc/2012_com_242.pdf (acceso de 6 agosto 2013).
31. Miller DL, Balter S, Dixon RG, Nikolic B, Bartal G, Cardella JF, et al. Society of Interventional Radiology Standards of Practice Committee. Quality improvement guidelines for recording patient radiation dose in the medical record for fluoroscopically guided procedures. *J Vasc Interv Radiol.* 2012;23:11–8.
32. NCRP report 172. Reference levels and achievable doses in medical and dental imaging: Recommendations for the United States. National Council on Radiation Protection and Measurements. Bethesda, Maryland, 2012.
33. IPEM. Guidance on the establishment and use of diagnostic reference levels for medical X-ray examinations. Institute of Physics and Engineering in Medicine Report 88. York: IPEM; 2004.
34. NCRP report 168. Radiation dose management for fluoroscopically-guided interventional medical procedures. National Council on Radiation Protection and Measurements. Bethesda, Maryland, 2010.
35. IEC, Report 60601. Medical electrical equipment-Part 2-43. Particular requirements for the safety of X-ray equipment for interventional procedures. 2nd ed. Ginebra: International Electrotechnical Commission; 2010.
36. ICRP Publication 120. Radiological protection in cardiology. *Ann ICRP.* 2013;42:1–125.
37. ICRP Publication 117. Radiological protection in fluoroscopically guided procedures performed outside the imaging department. *Ann ICRP.* 2010;40:1–102.
38. Joint Position Statement on the IAEA Patient Radiation Exposure Tracking [consultado 15 Oct 2013]. Disponible en: <https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/News/position-statement-IAEA-exposure-tracking.htm> (acceso 6 agosto 2013).