



Objetivos para un Programa de Protección Radiológica para el Paciente en servicios de tomografía computada en México

RESUMEN

Antecedentes: en años recientes se ha identificado que la tomografía computada es el estudio de imagen que más contribuye a la dosis poblacional. Los servicios de radiología tienen la responsabilidad de implementar acciones para limitar los riesgos y maximizar los beneficios de estos estudios.

Objetivo: describir los objetivos de un Programa de Protección Radiológica para el Paciente, en los servicios de tomografía, con base en las recomendaciones de instituciones expertas y soportados en el marco regulatorio de la radiología en México.

Metodología: se realizó una revisión de la literatura para identificar las recomendaciones de entidades científicas y académicas con autoridad en seguridad radiológica. Se hizo un análisis de la normativa en México para identificar cómo se relaciona con las recomendaciones internacionales.

Resultados: la Comisión Internacional de Protección Radiológica y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) son entidades de referencia que estudian los riesgos por exposiciones médicas a la radiación y promueven su regulación. Los Principios Fundamentales de Seguridad son una de las declaraciones básicas del OIEA que deben incluirse en un Programa de Protección Radiológica para pacientes. La mayoría de esos principios tienen traducción en la normativa mexicana y otros requieren acciones específicas por parte de los responsables de los servicios de tomografía.

Conclusión: un Programa de Protección Radiológica para el Paciente, en los servicios de tomografía, debe contener acciones sistemáticas en cuanto a justificación, optimización, registro y análisis de dosis, limitación de riesgos y prevención. La participación de la alta administración, radiólogos, residentes, técnicos y físicos es esencial.

Palabras clave: protección radiológica, pacientes, tomografía.

Objectives for a Patient Radiological Protection Program in computed tomography services in Mexico

ABSTRACT

Background: In recent years it has been confirmed that computed tomography is the image study that contributes the most to the population

Montoya-Mendoza N¹

Franco-Cabrera MC²

¹ Residente del cuarto año de la Especialidad de Radiología eImagen.

² Médico Físico del Departamento de Radiología. Hospital San José-Tec Salud, Av. Morones Prieto Pte. #3000, Col. Los Doctores, 64710 Monterrey, Nuevo León. Teléfono: 044 811 965 8415.

Recibido: 13 de febrero, 2014

Aceptado: 4 de noviembre, 2014

Correspondencia: Natalia Montoya Mendoza
dra.natalia.montoya@gmail.com

Este artículo debe citarse como

Montoya-Mendoza N, Franco-Cabrera MC. Objetivos para un Programa de Protección Radiológica para el Paciente en servicios de tomografía computada en México. Anales de Radiología México 2015;14:99-107.

dose. Radiology services have a responsibility to implement actions to limit the risks and maximize the benefits of such studies.

Objective: Describe the objectives of a Patient Radiological Protection Program in tomography services, based on recommendations of expert organizations and supported by the regulatory framework for radiology in Mexico.

Methodology: We conducted a literature review to identify recommendations by scientific and academic entities with authority in matters of radiological safety. We analyzed the regulatory framework in Mexico to identify how it correlates with international recommendations.

Results: The International Commission Radiological Protection and the International Atomic Energy Agency (IAEA) are reference organizations which study the risks of medical exposure to radiation and promote its regulation. The Fundamental Safety Principles are one of the IAEA's basic declarations which should be included in any Radiological Protection Program for patients. Most of these principles have corollaries in Mexican regulations and others require specific actions by the persons responsible for tomography services.

Conclusion: A Patient Radiological Protection Program in tomography services should include systematic actions relating to rationale, optimization, recording, and analysis of dose and risk mitigation and prevention. The involvement of senior management, radiologists, residents, technicians, and physicists is essential.

Key words: radiological protection, patients, tomography.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha acrecentado la conciencia sobre la dosis de radiación ionizante que recibe la población sometida a estudios para diagnóstico. Por la magnitud de su contribución a la dosis poblacional la tomografía es una de las tecnologías que más atención ha recibido al respecto.^{1,2} En algunos países de Europa y en Estados Unidos la preocupación y las acciones emprendidas por la comunidad científica y profesional de la radiología, así como la presión ejercida por el público, han derivado en políticas de salud para controlar los riesgos radiológicos en tomografía.

No hay motivos para pensar que los hallazgos y señalamientos surgidos en otros países, sobre

la importancia de vigilar la dosis de radiación, no aplican a la práctica de la radiología en México. Aunque hoy en día nuestro país cuenta con un marco regulatorio que fomenta el uso responsable de los rayos X para diagnóstico médico, las normas y reglamentos en sí mismos no garantizan la protección radiológica de las personas. Un componente esencial para lograrlo es la implementación de *programas* planificados y organizados para garantizar un ejercicio efectivo y sistemático de la protección radiológica del paciente.

El objetivo de este artículo es proponer los objetivos generales y específicos en los que debiera fundamentarse un Programa de Protección Radiológica del Paciente a ser implementado en Servicios de Tomografía Computarizada de nues-



tro país. Para llegar a esta propuesta haremos una revisión de las experiencias y recomendaciones de organizaciones reconocidas, con autoridad en materia de protección radiológica, y describiremos su relación con el marco normativo de la radiología en México. Así, este trabajo tiene como intención contribuir a la difusión de ideas que promuevan la seguridad como uno de los aspectos de responsabilidad profesional esenciales de la radiología actual.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para realizar este trabajo se recurrió a la revisión de la literatura para conocer: 1) el origen de la preocupación internacional sobre la seguridad radiológica del paciente en tomografía y las acciones en las que derivó y 2) cuáles son las entidades científicas y académicas de mayor autoridad en la materia y sus recomendaciones más recientes. Así mismo, se realizó una revisión de la normativa de la seguridad radiológica en México para identificar cómo se relaciona con las recomendaciones de las autoridades internacionales. Esta información permitió establecer los principios, objetivos y responsabilidades que deben ser contemplados en un programa de protección radiológica para el paciente en nuestro país.

RESULTADOS

El reporte número 87 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP por sus siglas en inglés), titulado “Manejo de la dosis al paciente en tomografía computada”, fue publicado en el año 2000. Este es el primer documento de dicha organización surgido en respuesta a la observación de sus expertos sobre el riesgo de que los servicios de tomografía estuvieran entregando dosis altas a los pacientes de manera inadvertida.¹ Siete años más tarde, ante el acelerado desarrollo de la tecnología multicorte, la ICRP publicó el reporte número 102: “Manejo

de la dosis al paciente en tomografía computada multidetector”.^{2,3}

En 2009 el Consejo Nacional de Protección y Mediciones Radiológicas (NCRP, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos publicó su reporte 160 en el que señalaba que la población de ese país recibió 7 veces más radiación ionizante por exposiciones médicas en 2006, que lo que recibió en el mismo periodo a principios de la década de los ochenta. La mayor contribución a este incremento en la dosis efectiva poblacional se debió a los estudios de tomografía que aportaron casi la mitad de las exposiciones médicas recibidas. Este incremento se explica por el notable aumento en el número de estudios tomográficos realizados por año, que pasó de 3 millones en los años 80 a 67 millones en 2006.⁴ Dicho reporte causó inquietud en Estados Unidos y en el mundo debido a la conocida relación entre el riesgo de cáncer y la exposición a la radiación ionizante. Entre 2007 y 2009 diversas organizaciones profesionales y académicas como el Colegio Americano de Radiología, la Asociación Americana de Físicos en Medicina y el Colegio Europeo de Radiología, entre otros, emitieron declaraciones para exhortar a los profesionales de la salud a promover activamente el uso racional y justificado de los estudios radiológicos, enfatizando las modalidades de imagen cuyo acelerado desarrollo tecnológico y difusión las coloca como las de mayor capacidad de entrega de dosis: la tomografía y el intervencionismo vascular.⁴⁻⁷

La Comisión Europea (*European Commission, Directorate General for Energy*) ordenó y patrocinó un proyecto para crear la red médica europea ALARA (*European Medical ALARA Network o EMAN*) que reúne a asociaciones profesionales y académicas, representantes de las autoridades reguladoras en Europa y representantes de la industria y que tiene como misión *contribuir a la optimización de la protección radiológica de*

*los trabajadores de la salud y de los pacientes en Europa y propagar una cultura efectiva de seguridad en el sector médico.*⁸ Entre los temas que aborda su reporte final, presentado a la Comisión Europea en 2012, se destaca la importancia de la optimización en tomografía.^{9,10}

Las organizaciones certificadoras de servicios de salud también han reaccionado actualizando sus estándares de calidad en protección radiológica. El Consejo de Salubridad General (CSG) y la *Joint Commission International* (JCI) son dos organizaciones certificadoras en calidad y seguridad que operan en nuestro país y abordan el tema. El Consejo de Salubridad General establece en sus estándares de certificación de hospitales el requisito de que cuenten con un programa de seguridad radiológica consistente con los riesgos y peligros identificados y que incluya mecanismos para poner en marcha las prácticas de protección y medidas de prevención para personal y pacientes.¹¹ La *Joint Commission International*, por su parte, emitió en 2011 una alerta para hacer que las organizaciones de salud atiendan y apliquen medidas para reducir el riesgo de daño a largo plazo y el riesgo acumulativo en los pacientes que requieren someterse a estudios diagnósticos de control con rayos-X. En 2012 esa comisión clasificó las auditorías de los servicios de radiología como “de segunda generación”, que significa que por ser considerados de alto riesgo requieren auditorías detalladas de sus procesos para asegurar que exista un sistema implementado que asegure que los pacientes se someten al estudio correcto, con la cantidad de dosis apropiada y con personal competente que opere y de mantenimiento a los equipos; el área de tomografía se incluye en este apartado.^{12,13}

La revisión de la literatura sobre las referencias internacionales en protección radiológica mostró a la Comisión Internacional de Protección Radiológica y al Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) como las fuentes principales

de estándares y recomendaciones en la materia. La Comisión Internacional de Protección Radiológica es una organización internacional independiente y de carácter científico que ha elaborado, mantenido y desarrollado lo que hoy conocemos como el Sistema Internacional de Protección Radiológica. Este sistema sirve como base común, a escala internacional, para el establecimiento de estándares, legislación, guías, programas y prácticas en seguridad radiológica.¹⁴ El Organismo Internacional de Energía Atómica, por otro lado, es una institución intergubernamental independiente que pertenece a la Organización de las Naciones Unidas; realiza su mandato con y para los estados miembros con la participación de múltiples colaboradores en el mundo para promover el uso seguro de la tecnología nuclear con fines pacíficos, incluyendo sus usos médicos. Es una institución con influencia sobre las políticas de salud pública internacional en cuanto a los usos médicos de la radiación.¹⁵

El conocimiento que se reúne a través de la investigación científica sobre los efectos biológicos de la radiación es analizado por los expertos de la Comisión Internacional de Protección Radiológica y deriva en recomendaciones que se reportan en las publicaciones oficiales de dicha organización. Estas recomendaciones son recogidas por el Organismo Internacional de Energía Atómica y por otras organizaciones con objetivos relacionados con el uso de la radiación. El Organismo Internacional de Energía Atómica, en particular, emite Estándares Internacionales de Seguridad fundamentados en las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica y nutridos con la experiencia de sus colaboradores en diferentes naciones.¹⁴

Los Estándares Internacionales de Seguridad del Organismo Internacional de Energía Atómica quedan a disposición de los estados miembros de la Organización de las Naciones Unidas para servir como una referencia armonizada, para



que elaboren e implementen su propio marco regulatorio o para que, en ausencia de éste, sirvan de guía para el uso seguro de la radiación. Así es como el Organismo Internacional de Energía Atómica contribuye a asegurar que las radiaciones se utilicen de manera segura y a facilitar la cooperación técnica internacional en la materia.¹⁶

El estándar de seguridad más básico, aquél del que se derivan los requisitos y guías de seguridad del Organismo Internacional de Energía Atómica para los diversos usos de la radiación, se encuentra en la publicación de 2006 “Principios Fundamentales de Seguridad”.¹⁷ Ese documento establece que “el objetivo fundamental de la seguridad es proteger a las personas y al ambiente de los efectos dañinos de la radiación ionizante”. Esta protección debe alcanzarse *sin limitar indebidamente la operación de los servicios y las actividades que realizan* pues ello iría en detrimento del beneficio que las personas reciben del uso de la radiación. El Cuadro 1 presenta la definición de los diez principios fundamentales de seguridad del Organismo Internacional de Energía Atómica.¹⁷

En esta sección haremos una revisión de la normativa mexicana en cuanto a protección radiológica y explicaremos cómo ésta se relaciona con los objetivos fundamentales de seguridad.

En 1996 la Secretaría de Salud en México emprendió un Programa Nacional de Protección Radiológica en el Diagnóstico Médico con Rayos-X con el objeto de “garantizar la existencia de programas de Seguridad Radiológica y aseguramiento de la calidad en la utilización y operación de fuentes generadoras de radiación ionizante de uso médico-diagnóstico con rayos-X”.¹⁸ Ese programa ya dejó de existir pero logró consolidar un marco normativo para la práctica de la radiología en el país. Los ordenamientos de la NOM-229-SSA1-2002, publicada en

2006 y vigentes hasta la fecha, tienen el fin de “garantizar la protección a pacientes, personal ocupacionalmente expuesto y público en general”.¹⁹

El primer principio fundamental establece que: “La responsabilidad primordial de la seguridad recae en la persona u organización responsable de las instalaciones o actividades que originan el riesgo por exposición a la radiación”. Este principio está expresado en la NOM-229 a través de las figuras de responsabilidad que define en los servicios de radiología: titular (representante legal de la instalación), responsable de operación y funcionamiento (médico radiólogo reconocido por la autoridad reguladora como responsable, junto con el titular de la seguridad radiológica, del cumplimiento de los ordenamientos legales), médicos radiólogos del establecimiento, técnicos radiólogos del establecimiento y el asesor especializado en seguridad radiológica (persona física o moral que apoya a las instalaciones en el cumplimiento de los ordenamientos legales abarcando aquellas funciones y actividades que pueden rebasar la competencia profesional del personal médico y técnico de la instalación).¹⁹

La existencia de un marco regulatorio es uno de los aspectos centrales para la implementación práctica del segundo principio fundamental de seguridad, que es el de la función del gobierno. A este respecto México cuenta con un órgano regulador independiente, desconcentrado de la Secretaría de Salud: la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Entre las atribuciones de esta comisión se encuentra la regulación y vigilancia de los establecimientos de salud, incluyendo a las instalaciones de diagnóstico médico con rayos-X.²⁰

El tercer principio fundamental es el de Liderazgo y Gestión por la Seguridad, que apunta a la importancia de planificar las acciones por la seguridad radiológica de una manera efectiva,

Cuadro 1. Principios fundamentales de seguridad de acuerdo con la Organización Internacional de Energía Atómica

1. Responsabilidad	La responsabilidad primordial de la seguridad recae en la persona u organización responsable de las instalaciones o actividades que originan el riesgo por exposición a la radiación
2. Función del gobierno	Los gobiernos deben establecer y mantener un marco jurídico efectivo sobre la seguridad radiológica, incluyendo a un organismo regulador independiente
3. Liderazgo y gestión por la seguridad	Debe establecerse liderazgo y gestión efectiva de la seguridad dentro de las organizaciones donde se realizan actividades que originan riesgos radiológicos
4. Justificación de las instalaciones y actividades	Las instalaciones y actividades que generan riesgos asociados con las radiaciones deben reportar un beneficio general
5. Optimización de la protección	La protección debe optimizarse para proporcionar el nivel de seguridad más alto que razonablemente sea posible
6. Limitación de los riesgos para las personas	Las medidas de control de los riesgos asociados con las radiaciones deben garantizar que ninguna persona se vea expuesta a algún riesgo de daños inaceptable
7. Protección de las generaciones presentes y futuras	Deben protegerse contra los riesgos asociados con las radiaciones las personas y el medio ambiente del presente y del futuro
8. Prevención de accidentes	Deben desplegarse todos los esfuerzos posibles para prevenir los accidentes nucleares o radiológicos y para mitigar sus consecuencias
9. Preparación y respuesta en casos de emergencia	Deben adoptarse disposiciones de preparación y respuesta para casos de incidentes nucleares o radiológicos
10. Medidas protectoras para reducir los riesgos a radiaciones no reglamentadas	Las medidas de protección para reducir los riesgos a las radiaciones existentes o no reglamentados deben justificarse y optimizarse

congruente y sustentable; capaz de hacerse parte de la cultura del trabajo con radiación. Aunque este principio no está declarado explícitamente en la NOM-229 las responsabilidades normativas de titular, radiólogo responsable de operación y funcionamiento y del asesor especializado en seguridad radiológica son un apoyo sobre el cual esas personalidades pueden cimentar un liderazgo y justificar una planificación de seguridad radiológica apropiada a las condiciones de cada establecimiento.

Los cuarto, quinto y sexto principios fundamentales son: la justificación de las exposiciones, su optimización (el principio ALARA) y la limitación de los riesgos a las personas; son tres conceptos con los que todo profesional de la radiología debería estar familiarizado. La NOM-229 los aborda puntualmente en sus capítulos dedicados a protección del personal ocupacionalmente expuesto, del público y del paciente, así como en los requisitos de funcionamiento de los equipos de rayos-x.

El séptimo de los principios fundamentales señala la necesidad de tomar acciones específicas para proteger a generaciones presentes y futuras. Este aspecto está expresado en nuestra normativa a través de los requerimientos con los que se trata de evitar la irradiación inadvertida de un embrión o feto, la irradiación de gónadas, así como en las medidas de protección y límites de dosis para el personal ocupacionalmente expuesto.

Las probabilidades de accidentes radiológicos y situaciones de emergencia en radiología diagnóstica es muy baja y la NOM-229 no las aborda explícitamente. Es aquí donde hay que destacar que las tecnologías de imagen en las que hoy reconocemos un riesgo mayor por su alta capacidad de entrega de dosis, como la tomografía y la radioscopía intervencionista, requieren medidas de prevención que exceden el alcance de la NOM-229.

De esta revisión concluimos que los principios fundamentales de seguridad proveen lineamien-



tos básicos exhaustivos para el uso seguro de fuentes de radiación en general. La mayoría de esos principios están expresados para el contexto del Diagnóstico Médico con Rayos-X en la NOM-229 y ésta representa, por su contenido y carácter obligatorio, un marco de referencia inicial para la implementación de programas de garantía de calidad y protección radiológica del paciente.

DISCUSIÓN

Con base en el marco de referencia que nos dan los Principios Fundamentales de Seguridad del Organismo Internacional de Energía Atómica y la normativa de la Radiología Diagnóstica en México, definimos que un Programa de Protección Radiológica para Pacientes de Tomografía Computada debe tener el objetivo fundamental de: *proteger a los pacientes del servicio de tomografía de los efectos potencialmente dañinos de la exposición a los rayos-X*. Esto debe lograrse mediante un conjunto de acciones planificadas y sistemáticas dirigidas a cumplir los siguientes objetivos específicos:

- Justificación: los estudios de tomografía que se realizan están justificados.
- Optimización: el procedimiento técnico con el que se realizan produce la información diagnóstica requerida con la cantidad de radiación más baja que, razonablemente, sea posible para responder la pregunta diagnóstica del estudio.
- Registro y análisis de la dosis: la dosis de radiación que reciben los pacientes se documenta, se compara con niveles de referencia apropiados y se toman acciones acordes con los hallazgos.
- Limitación de riesgos y prevención: en la atención de pacientes pediátricos, por tener mayor vulnerabilidad a los efectos potencialmente dañinos de la radiación, se toman medidas específicas de pro-

tección. Los procedimientos que por la naturaleza de la pregunta diagnóstica que responden demandan dosis altas y localizadas (en una sola región anatómica) están identificados y se toman medidas para evitar que produzcan lesiones en los pacientes.

La responsabilidad de declarar la existencia de este programa es del nivel administrativo superior del Servicio de Radiología, que es el titular (representante legal) del Establecimiento de Diagnóstico Médico con Rayos-X. En esta persona recae, como lo indica el artículo 7.2.3 de la NOM-229, la obligación de establecer y aplicar las disposiciones técnicas, operativas y administrativas necesarias para asegurar la disponibilidad de los recursos indispensables para la aplicación adecuada de las medidas de protección y seguridad radiológica aplicables a su establecimiento.¹⁹

Por otro lado la responsabilidad del diseño e implementación de un programa de protección radiológica para el paciente sometido a tomografía recae en el titular de la instalación y en el responsable de operación y funcionamiento. Como médico radiólogo el responsable de operación y funcionamiento es la figura de responsabilidad normativa que tiene los conocimientos y competencias profesionales necesarias para ejercer el papel de liderazgo en el servicio para implementar el Programa. Como lo prevé la NOM-229, el titular y el responsable de operación y funcionamiento pueden optar por los servicios de un asesor especializado en seguridad radiológica en el proceso de diseñar, implementar y mantener el programa.

Por último, los médicos radiólogos y los técnicos radiólogos del servicio de tomografía tienen la responsabilidad (como también lo establece la NOM-229) de aportar su experiencia y conocimientos al proceso de diseño de los procedimientos operacionales del programa y

de llevarlos a cabo durante la atención a los pacientes.

Tradicionalmente, en la práctica radiológica se tienen presentes tres principios básicos de seguridad: justificación, optimización y limitación de la dosis. La revisión de la literatura realizada en este trabajo permitió conocer que esos principios fueron revisados por el Organismo Internacional de Energía Atómica y ampliados a 10 Principios Fundamentales de Seguridad. En el ámbito de la radiología esta ampliación parece una respuesta apropiada al reconocimiento de los riesgos de ciertas tecnologías de imagen como la tomografía y la radioscopy en intervencionismo.

Para aterrizar las recomendaciones internacionales al contexto local nos pareció importante respaldar las acciones de protección radiológica en las normas y reglamentos, así como en la autoridad administrativa de las instituciones. Esta es una consideración importante porque, en la revisión de la literatura especializada, no parece haber precedentes formalmente documentados de programas de protección a pacientes de tomografía en instituciones mexicanas.

Es de suma importancia reconocer que se requiere un esfuerzo integral por parte de las instituciones de salud que deseen implementar un Programa de Protección Radiológica para los pacientes de tomografía con los componentes y objetivos que recomiendan las autoridades de referencia que identificamos en este trabajo. Cada institución deberá establecer los niveles de responsabilidad para el programa describiendo los departamentos o personas encargadas de definir, implementar y poner en práctica cada uno de los objetivos específicos.

Consideramos que el objetivo de *justificación* de los estudios de tomografía es uno de los que requiere un mayor esfuerzo debido a que demanda un trabajo multidisciplinario entre los médicos,

técnicos radiólogos y médicos solicitantes para, por ejemplo, adoptar guías y criterios para la indicación apropiada de los estudios de tomografía. Por otro lado, creemos que el principio de *optimización* es una gran oportunidad debido a que la responsabilidad de su desarrollo recae enteramente en residentes, médicos y técnicos radiólogos; de lograrse, tendría impacto directo e inmediato en la reducción de las dosis a los pacientes. En relación con el *registro y análisis de la dosis a los pacientes* las instituciones deben aprovechar al máximo los recursos tecnológicos que se tengan a la mano, de tal forma que se faciliten las tareas de revisión de dosis relacionadas con proyectos de optimización.

En este trabajo hemos propuesto los objetivos y responsabilidades de un Programa de Protección Radiológica para Pacientes de tomografía. La normativa mexicana para diagnóstico médico con rayos-X provee un marco de referencia útil, pero no suficiente. Para conseguir una implementación exitosa es fundamental que el programa esté avalado por las estructuras administrativas departamental y hospitalaria. Es igualmente esencial generar y sostener un trabajo colaborativo en el que participen médicos radiólogos, residentes, técnicos radiólogos y físicos.

La revisión que hemos realizado constituye el punto de partida del diseño e implementación inicial de un Programa de Protección Radiológica para el Paciente en Tomografía Computada en nuestra institución. Creemos que el reporte formal de la metodología y los resultados alcanzados en la implementación de este tipo de esfuerzos en instituciones nacionales sería una aportación valiosa para la práctica de la radiología en el país.

Agradecimientos

A los residentes y médicos radiólogos que se comprometieron con este proyecto, así como a



todo el personal de los servicios de tomografía de nuestra institución.

REFERENCIAS

1. International Commission on Radiological Protection. Managing Patient Dose in Computed Tomography - ICRP Publication 87. Ann ICRP. 2000.
2. International Commission on Radiological Protection. Managing Patient Dose in Multi-Detector Computed Tomography (MDCT) – ICRP Publication 102. Ann ICRP. 2007.
3. Rehani MM. ICRP and IAEA actions on radiation protection in computed tomography. Ann ICRP. 2012.
4. Schauer DA y Linton OW. National Council on Radiation Protection and Measurements Report Shows Substantial Medical Exposure Increase. Radiology 2009;253(2):293-6.
5. Amis ES, Butler PF, Applegate KE, Birnbaum SB, Brateman LF, et al. American College of Radiology White Paper on Radiation Dose in Medicine. J Am Coll Radiol 2007;4:272-84.
6. Geleijns JK, Kalender W, Krispijn W, Schneider K and Shrimpton P. European Commission – Nuclear Science and Technology. Safety and Efficacy of Computed Tomography: A broad Perspective (CT Safety and Efficacy). 2008.
7. United Nations. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 2010. 2011.
8. European Medical ALARA Network (EMAN). Objectives [Versión electrónica]. Actualizado en Marzo 2013. Disponible en: <http://www.eman-network.eu/spip.php?article195.29.08.13>
9. European Medical ALARA Network (EMAN). Optimisation of Patient Exposures in CT Procedures – WP1 Final Report. 2012.
10. Pauwels EK y Bourguignon M. Cancer induction caused by the radiation due to computed tomography: A critical note. Acta Radiologica 2011;52:767-73.
11. Consejo de Salubridad General. Manual del Proceso para la Certificación de hospitales. 2012.
12. Commission on Accreditation of Healthcare Organizations. New alert warns of risks from diagnostic imaging [Versión electrónica]. 2011. Joint Commission Perspectives 2011;31(11):8-11.
13. The Joint Commission. Tracer 101 Methodology: Second Generation Tracer–Diagnostic Imaging. The Source 2012;10(4):8-10.
14. Clarke RH y Valentin J. The History of ICRP and the Evolution of its Policies. Ann ICRP 2009;39(1):75-110.
15. International Atomic Energy Agency. About the IAEA - The IAEA Mission Statement [Versión electrónica]. Disponible en: <http://www.iaea.org/About/mission.html.29.08.13>
16. International Atomic Energy Agency. Publications - IAEA Safety Standards. [Versión electrónica]. Disponible en: <http://www-ns.iaea.org/standards/default.asp?s=11&l=90&w=1> 29.08.13
17. International Atomic Energy Agency–Safety Standards. Fundamental Safety Principles for Protecting People and the Environment. Safety Fundamentals. Viena. 2006.
18. Verdejo SM y Ramírez GR. Programa Nacional de Protección Radiológica en el Diagnóstico Médico con Rayos X en México. Secretaría de Salud, Organización Panamericana de la Salud. 2000. México.
19. Secretaría de Salud. Diario Oficial de la Federación. Norma Oficial Mexicana 229-SSA1-2002, Salud Ambiental. Requisitos Técnicos Para las Instalaciones, Responsabilidades Sanitarias, Especificaciones Técnicas para los Equipos y Protección Radiológica en Establecimientos de Diagnóstico Médico con Rayos-X. Diario Oficial de la Federación. 2006. México, D.F. 33-73.
20. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Atribuciones, Funciones y Características de la COFEPRIS: <http://www.cofepris.gob.mx/cofepris/Paginas/AtribucionesFuncionesYCaracteristicas.aspx> 29.08.13