

# ICRP

PUBLICACIÓN 113

**Capacitación y entrenamiento en Protección Radiológica  
para procedimientos diagnósticos e intervencionistas**



**S.A.R.**

Sociedad Argentina  
de Radioprotección



# ICRP

Publicación 113

## Capacitación y entrenamiento en Protección Radiológica para procedimientos diagnósticos e intervencionistas



S.A.R.

Sociedad Argentina  
de Radioprotección



Traducción oficial al español de la Publicación 113.

Editada por la Sociedad Argentina de Radioprotección con la autorización

de la International Commission on Radiological Protection (ICRP)

Sociedad Argentina de Radioprotección

ICRP : Publicación 113. Capacitación y entrenamiento en protección radiológica para procedimientos diagnósticos e intervencionistas / coordinado por Beatriz Gregori. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Sociedad Argentina de Radioprotección, 2015.

E-Book.

Traducido por: Aimé Navarro

ISBN 978-987-26798-3-5

1. Radiología. 2. Diagnóstico . I. Gregori, Beatriz, coord. II. Navarro, Aimé, trad.  
CDD 616.075 7

Diseño de tapa e interior: El Grifo, comunicación visual  
Publicación digital

Primera edición: junio 2015

ISBN 978-987-26798-3-5



© Sociedad Argentina de Radioprotección

Av. Del Libertador 8250 – C1429BNP – Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Teléfono / Fax: (54-11) 4704-1472

[www.radioproteccionsar.org.ar](http://www.radioproteccionsar.org.ar)

e-mail: [radioproteccionsar@gmail.com](mailto:radioproteccionsar@gmail.com)

Queda hecho el depósito que establece la ley 11.723

Impreso en la Argentina

Reservados todos los derechos. Queda prohibida, sin la autorización escrita de los titulares del Copyright, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, incluidos la reprografía y el tratamiento informático.

## **Publicación 113 de la ICRP**

Capacitación y entrenamiento en Protección Radiológica  
para procedimientos diagnósticos e intervencionistas

### **Traducción realizada y editada por**

Sociedad Argentina de Radioprotección con la autorización  
de la International Commission on Radiological Protection (ICRP)

### **Patrocinada por**

Autoridad Regulatoria Nuclear  
Comisión Nacional de Energía Atómica  
Colegio Argentino de Cardioangiólogos Intervencionistas

### **Traducción**

Aimé Navarro

### **Revisión técnica**

Amalia Descalzo

Cinthia Papp

## Prólogo a la edición en idioma español

Las exposiciones médicas implican un desafío para la aplicación de los principios básicos de protección radiológica desarrollados por el ICRP. Hecho aún más relevante, si consideramos que la contribución de las prácticas diagnósticas a la dosis en la población es el 95% del total debido a las aplicaciones no naturales de las radiaciones ionizantes. Es por lo tanto imperiosa la capacitación y entrenamiento del personal de salud que trabaja con radiaciones ionizantes en protección radiológica.

La presente publicación profundiza considerablemente sobre las recomendaciones básicas publicadas en el ICRP 103 e ICRP 105 en relación a las diversas categorías de facultativos médicos y otros profesionales de asistencia médica que llevan a cabo o asisten en procedimientos diagnósticos e intervencionistas utilizando radiaciones ionizantes y terapia de medicina nuclear.

La Sociedad Argentina de Radioprotección (SAR) consideró que la difusión de este documento en idioma español sería un nuevo aporte al fortalecimiento de la Protección Radiológica en el área médica.

La traducción al español, realizada con la autorización del ICRP, se llevó a cabo contando con la colaboración de la Comisión Nacional de Energía Atómica, el Colegio Argentino de Cardioangiólogos Intervencionistas y la Autoridad Regulatoria Nuclear.

La SAR agradece profundamente a la ICRP y a todos aquellos que han trabajado para la culminación exitosa de este proyecto.

Beatriz Gregori  
Presidenta de la SAR

Diana Dubner  
Secretaria de la SAR

## **Anales del ICRP**

Publicado en nombre de la Comisión Internacional de Protección Radiológica  
[International Commission on Radiological Protection, ICRP]

### **Objetivos y Alcance**

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (International Commission on Radiological Protection - ICRP) es el organismo principal en la protección contra la radiación ionizante. La ICRP es una sociedad de beneficencia registrada y por tanto, es una organización no gubernamental independiente la cual fue establecida en 1928 por el Congreso Internacional de Radiología, con el propósito de fomentar la ciencia de la protección radiológica en beneficio público. La ICRP provee recomendaciones y guías sobre la protección contra los riesgos asociados a la radiación ionizante proveniente de fuentes artificiales ampliamente utilizadas en la medicina, la industria en general y emprendimientos nucleares, y a partir de fuentes naturales. Estos informes y recomendaciones se publican aproximadamente cuatro veces al año en nombre de la ICRP bajo el nombre de Anales de la ICRP. Cada tema provee una cobertura exhaustiva de un área temática específica.

Los suscriptores a la publicación reciben cada nuevo informe tan pronto como se publica, a fin de mantenerlos actualizados sobre los últimos desarrollos en este importante ámbito. En tanto muchos suscriptores prefieren adquirir el conjunto completo de los informes y recomendaciones de la ICRP, también se encuentran disponibles temas específicos de la publicación para aquellos individuos u organizaciones que precisan un informe individual que abarque su propio campo de interés. Para gestionar un pedido debe contactar a su vendedor, al agente de suscripciones o a la editorial.

La ICRP se encuentra conformada por una Comisión Principal, una Secretaría Científica y cinco Comités Permanentes sobre: efectos de la radiación, dosis por exposición a la radiación, protección en medicina, aplicación de las recomendaciones de la ICRP y la protección del ambiente. La Comisión Principal cuenta con un Presidente y doce miembros. Los Comités comprenden usualmente entre 10 y 15 miembros. Actualmente, la membresía se encuentra dominada por biólogos y doctores en medicina, mientras que los físicos cuentan con una buena representación.

La ICRP forma Grupos de Trabajo para desarrollar ideas y Grupos de Tareas para preparar sus informes. Un Grupo de Tareas es usualmente presidido por un miembro del Comité de la ICRP y generalmente comprende un número de especialistas externos a la estructura de la Comisión. Por tanto, la ICRP es una red independiente e internacional de especialistas de los diversos campos en la protección radiológica. En simultáneo, aproximadamente cien científicos distinguidos y responsables políticos se encuentran comprometidos activamente en el trabajo de la ICRP. Es responsabilidad de los Grupos de Tareas preparar documentos sobre diversos temas, los cuales son revisados y finalmente aprobados por la Comisión Principal. Dichos documentos son posteriormente publicados bajo la denominación Anales de la ICRP.

### **Comisión Internacional de Protección Radiológica**

- Secretaría Científica: **C.H. Clement**, ICRP, Ottawa, Ontario, Canadá; [sci.sec@icrp.org](mailto:sci.sec@icrp.org)
- Presidente: **Dr. C. Cousins**, Departamento de Radiología, Addenbrooke's Hospital de Cambridge, Reino Unido
- Vicepresidente: **Dr. A.J. González**, Autoridad Regulatoria Nuclear, Buenos Aires, Argentina

## Miembros de la Comisión Principal de la ICRP en el período 2009–2013

- J.D. Boice Jr, *Rockville, MD, EE.UU.*
- J.R. Cooper, *Didcot, Reino Unido*
- J. Lee, *Seúl, Corea*
- J. Lochard, *Fontenay-Aux-Roses, Francia*
- H.-G. Menzel, *Ginebra, Suiza*
- O. Niwa, *Chiba, Japón*

- Z. Pan, *Pekín, China*
- R.J. Pentreath, *Cornwall, Reino Unido*
- R.J. Preston, *Research Triangle Park (parque tecnológico), CN, EE.UU.*
- N. Shandala, *Moscú, Rusia*
- E. Vañó, *Madrid, España*

### Miembros Eméritos

- R.H. Clarke, *Hampshire, Reino Unido*
- B. Lindell, *Estocolmo, Suecia*
- C.D. Meinhold, *Brookhaven, NY, EE. UU.*
- F.A. Mettler Jr., *Albuquerque, NM, EE. UU.*
- W.K. Sinclair, *Escondido, CA, EE. UU.*
- C. Streffer, *Essen, Alemania*

## Miembros del Grupo de Tarea que elaboró el presente informe:

### Miembros Titulares

- E. Vañó (Presidente)
- M. Rosenstein
- J. Liniecki
- M. Rehani

### Miembros a distancia

- C.J. Martin
- R.J. Vetter

## ÍNDICE

PRÓLOGO A LA EDICIÓN EN IDIOMA ESPAÑOL	4
ANALES	5
RESUMEN	9
EDITORIAL INVITADO	10
RESUMEN EJECUTIVO	11
1. INTRODUCCIÓN	16
1.1. Necesidad de mayor conciencia sobre la protección radiológica	
1.2. Capacitación y entrenamiento en Protección Radiológica	17
1.3. Conocimiento que debería proveer la capacitación y entrenamiento en PR	18
1.4. Recomendaciones en las Publicaciones de la ICRP N° 103 y 105	21
1.5. Entrenamiento en interpretación de imágenes	22
1.6. Referencias	
2. ENTRENAMIENTO DE PROFESIONALES DE ASISTENCIA MÉDICA	
2.1. Consecuencias de la falta de entrenamiento en protección radiológica	23
2.2. Categorías de profesionales médicos y de asistencia médica que requieren capacitación y entrenamiento	
2.3. Entrenamiento de profesionales de asistencia médica	25
2.4. Referencias	27
3. PRIORIDAD DE TEMAS A INCLUIR EN EL ENTRENAMIENTO	
3.1. Objetivos del entrenamiento	
3.2. Temas del curso para estudiantes de medicina y profesionales médicos	28
3.3. Recomendaciones para el entrenamiento de diversas categorías de personal médico	29
3.4. Referencias	30
4. OPORTUNIDADES DE ENTRENAMIENTO Y METODOLOGÍAS SUGERIDAS	35
4.1. Programas de entrenamiento	
4.2. Entrenamiento	37
4.3. Cantidad de entrenamiento	38
4.4. Capacitación médica continua	39
5. CERTIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO	
5.1. Terminología	
5.2. Criterios para la acreditación de organizaciones para brindar entrenamiento en Protección Radiológica	40
5.3. Evaluación para confirmar la finalización exitosa del entrenamiento	
5.4. Los roles de diversas organizaciones en el entrenamiento en Protección Radiológica	41

ANEXO A. EJEMPLOS DEL CONTENIDO SUGERIDO PARA CURSOS DE ENTRENAMIENTO	43
ANEXO B. DESCRIPCIÓN DE LOS OBJETIVOS EDUCACIONALES ESPECÍFICOS PARA RADIOLOGÍA PEDIÁTRICA	50
ANEXO C. EJEMPLOS DE FUENTES DE MATERIAL DE ENTRENAMIENTO	54
ANEXO D. REFERENCIAS CON INFORMACIÓN DE INTERÉS PARA EL PRESENTE INFORME	55



ICRP - Publicación 113  
**Capacitación y entrenamiento en Protección Radiológica para  
procedimientos diagnósticos e intervencionistas**



Publicación 113 del ICRP

Aprobada por la Comisión en octubre de 2010

### RESUMEN

La cantidad de procedimientos médicos diagnósticos e intervencionistas que utilizan radiaciones ionizantes se encuentra en constante aumento, y los procedimientos que resultan en un incremento de las dosis al paciente y al personal se llevan a cabo de modo más frecuente. Por lo tanto, la necesidad de capacitación y entrenamiento del personal médico (incluyendo estudiantes de medicina) y otros profesionales de asistencia médica sobre los principios de la protección radiológica, es en la actualidad más imperiosa que en el pasado.

La Comisión ha elaborado recomendaciones básicas para la capacitación y entrenamiento de tales individuos en sus Publicaciones 103 y 105 (ICRP, 2007 a,b). La presente publicación profundiza considerablemente sobre dichas recomendaciones básicas en relación a las diversas categorías de facultativos médicos y otros profesionales de asistencia médica que llevan a cabo o asisten en procedimientos diagnósticos e intervencionistas utilizando radiaciones ionizantes y terapia de medicina nuclear. Del mismo modo, provee una guía sobre la capacitación y el entrenamiento en protección radiológica necesarios para ser utilizada por:

- reguladores competentes, autoridades de salud, instituciones médicas, y organismos profesionales con responsabilidad por la protección radiológica en la medicina;
- la industria que produce y comercializa el equipamiento empleado en estos procedimientos; y
- universidades y otras instituciones académicas responsables por la capacitación de profesionales involucrados en el uso de radiación ionizante en asistencia médica.

En el contexto de la presente publicación, el término “capacitación” hace referencia al acto de impartir conocimiento y entendimiento sobre los efectos de la radiación en la salud, cantidades y unidades de radiación, principios de la protección radiológica, legislación sobre protección radiológica, y los factores en la práctica que afectan las dosis al paciente y al personal. Dicha capacitación debería encontrarse dentro del plan de estudios para títulos asociados a la medicina, odontología, radiología y otros relacionados al cuidado de la salud; y para especialistas como ser los radiólogos, especialistas en medicina nuclear y físicos médicos.

El término “entrenamiento” hace referencia al acto de proporcionar instrucciones respecto de la protección radiológica para la aplicación justificada de las modalidades específicas de las radiaciones ionizantes (por ejemplo, la tomografía computada o la fluoroscopia) que un facultativo médico u otro profesional de atención o de asistencia utilizará en el rol que le corresponda durante la práctica médica.

Asimismo, se brinda asesoramiento sobre la acreditación y certificación de la capacitación y el entrenamiento recomendados. En el contexto de esta publicación, el término “acreditación” significa que una organización ha sido aprobada por un organismo autorizado para proveer capacitación o entrenamiento sobre aspectos de la protección radiológica en el uso de procedimientos radiológicos para diagnóstico o intervención en medicina. La organización acreditada debe cumplir con estándares que hayan sido establecidos por el organismo autorizado. El término “certificación” significa que un individuo profesional médico o clínico ha completado satisfactoriamente la capacitación o entrenamiento proporcionado por una organización acreditada para llevar a cabo procedimientos diagnósticos o intervencionistas de manera individual.

El individuo debe demostrar competencia en la materia de la forma requerida por el organismo acreditado.

©2011 ICRP publicado por Elsevier Ltd. Todos los derechos reservados.

Palabras clave: Capacitación; Entrenamiento; Protección Radiológica; Cuidado de la Salud; Médico

### Referencias

ICRP, 2007a. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.

ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2–4).

ICRP, 2007b. Radiological protection in medicine. ICRP Publication 105. Ann. ICRP 37 (6).

## Editorial invitado

### Capacitación en protección radiológica en medicina: un elemento esencial pero a menudo ausente

*Las Publicaciones 103 y 105 (ICRP, 2007 a,b) definen con claridad los dos elementos clave en la protección radiológica: la justificación y la optimización. En medicina, a fin de maximizar el beneficio respecto del riesgo, es necesario conocer el riesgo así como también los medios para minimizarlo. La justificación significa prescribir el procedimiento adecuado para una indicación clínica específica, y optimización significa utilizar la dosis correcta.*

*Es evidente el aumento acelerado en los usos y en la frecuencia de procedimientos médicos con radiación a nivel global, y particularmente en países desarrollados. El Comité 3 de la ICRP ha elaborado un número de informes que han detallado el tema de los efectos estocásticos y los daños determinísticos producidos por la tecnología médica actual, así como también sobre métodos para disminuir el riesgo.*

*El impulso para realizar este informe fue comprender que muchos de los millones de miembros del personal médico que emplean equipos que producen radiación, o aquellos que prescriben procedimientos que involucran radiaciones ionizantes, poseen escaso conocimiento o valoración de los efectos potenciales de la radiación o de la metodología de optimización. Por lo tanto, la capacitación y el entrenamiento en este ámbito se han convertido en prioridades urgentes.*

*Sin embargo, existen dos grandes obstáculos respecto de la implementación. El primero es la falta de consenso en relación al entrenamiento que debería proveerse o requerirse, la identificación de quiénes deberían obtenerlo o la cantidad de tiempo necesario. Claramente, existe una gran variedad de tareas, equipos y complejidad de usos de la radiación en medicina. Asimismo, existe una variación significativa debido a que muchos países poseen diferentes títulos y responsabilidades ocupacionales, lo cual significa que los programas educativos necesitan contar con muchos niveles diferentes, así como también con un contenido variado. El segundo obstáculo es la disponibilidad de cuerpo docente experto en la materia y material de entrenamiento. A lo largo de las últimas dos décadas y a medida que la medicina se ha complejizado, aquellos con intención de enseñar protección radiológica han encontrado cada vez más difícil competir con otros contenidos, obteniendo tan solo una cantidad específica de tiempo en el plan de estudios médico. Los cambios vertiginosos en la tecnología médica [desde los avances en la Tomografía por Emisión de Positrones/Tomografía Computada (TC) y Radioterapia guiada por TC] han dificultado que un miembro facultado pueda mantenerse actualizado sin contar con una fuente central de material preparado por expertos y de fácil acceso.*

*El presente informe contiene un enfoque global sobre la capacitación y entrenamiento de la protección radiológica en medicina. Asimismo, incluye contenidos sugeridos, objetivos, enfoques de gestión y el tiempo aproximado necesario para capacitar y entrenar a una extensa variedad de profesionales y personal médico. El informe no contiene material de entrenamiento específico; sin embargo, incluye los detalles de una selección de páginas web que ofrecen material especializado disponible para descargar de manera gratuita y que puede ser utilizado por profesores y entrenadores. Será responsabilidad de los organismos profesionales y autoridades competentes idear e implementar un programa apropiado para el entrenamiento y la capacitación continua.*

Fred A. Mettler Jr, MD, MPH

Miembro Emérito de la Comisión Principal de la ICRP

## Referencias

ICRP, 2007a. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.

ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2–4).

ICRP, 2007b. Radiological protection in medicine. ICRP Publication 105. Ann. ICRP 37 (6).

## RESUMEN EJECUTIVO

(a) Los reguladores, autoridades sanitarias, instituciones médicas y organismos profesionales con responsabilidad por la protección radiológica (PR) en medicina, así como también la industria que produce y comercializa el equipamiento utilizado en procedimientos médicos de rayos X y medicina nuclear, deberían considerar la presente guía. Asimismo, la misma debería ser tomada en consideración por universidades y demás instituciones académicas responsables por la capacitación de profesionales involucrados en el uso de la radiación en la atención médica.

(b) Los médicos y otros profesionales de la salud involucrados en los procedimientos que irradian pacientes deben ser entrenados conforme a los principios de la PR, incluyendo los principios básicos de la física y la biología (ICRP, 2007a).

## 1. REQUERIMIENTOS DE ENTRENAMIENTO PARA PROFESIONALES DE LA ASISTENCIA MÉDICA

### 1.1. Objetivos de entrenamiento

(c) La regla básica que siempre debería cumplirse para la prescripción de cualquier exposición médica es que la misma debe encontrarse justificada desde el punto de vista de la influencia que tendrá sobre el tratamiento del paciente.

(d) Es importante que el profesional médico y demás profesionales de asistencia médica comprendan los riesgos de la radiación a fin de evitar riesgos innecesarios para el público en su totalidad. La falta de conocimiento podría resultar en el requerimiento de más pruebas de diagnóstico por imágenes con radiación ionizante, mientras se podrían emplear otros exámenes no radiológicos o pruebas de diagnóstico por imágenes con menor dosis. Este punto es de particular importancia en el caso de los escaneos de tomografía computada, los cuales implican dosis relativamente altas a los pacientes.

(e) Se debería requerir el entrenamiento en PR de médicos, odontólogos y otros profesionales de atención médica que solicitan, conducen o asisten en procedimientos médicos u odontológicos que utilizan radiación ionizante en procedimientos diagnósticos o intervencionistas, medicina nuclear y radioterapia. La responsabilidad final por la exposición a la radiación recae en el médico u otro profesional regulado que provea la justificación por la que se lleva a cabo la exposición y quien por consiguiente, debería ser consciente de los riesgos y beneficios de los procedimientos involucrados (ICRP, 2007b).

### 1.2. Médicos prescriptores

(f) Los médicos prescriptores de técnicas de diagnóstico por imágenes que utilizan radiación ionizante, y los estudiantes de medicina y odontología, deberían recibir capacitación sobre la protección radiológica. Dichos médicos deben encontrarse familiarizados con los criterios de prescripción apropiados para la diversidad de exámenes que probablemente soliciten.

(g) La Comisión recomienda que debe darse un mayor énfasis a la transferencia de conocimiento a los médicos prescriptores sobre la PR y su aplicación. Dicha recomendación se aplica especialmente a los médicos y especialistas externos a las especializaciones radiológicas. Debido a que es probable que todos los profesionales médicos prescriban exposiciones médicas, la Comisión también sugiere que la capacitación básica sobre PR para los médicos se encuentre integrada al título médico.

### 1.3. Médicos y otros profesionales de asistencia médica que utilizan técnicas de radiación

- (h) Los profesionales involucrados más directamente en el uso de la radiación ionizante deberían recibir capacitación y entrenamiento en PR al comienzo de su plan de estudios, y el proceso de capacitación debería continuar a lo largo de su carrera profesional a medida que evoluciona el conocimiento colectivo en la materia. Asimismo, debería incluir el entrenamiento específico en los aspectos relacionados con la PR en tanto se incorporen nuevos dispositivos o técnicas médicas en los centros médicos. El personal involucrado debería encontrarse registrado en un esquema de desarrollo profesional continuo.
- (i) Los procedimientos intervencionistas pueden implicar dosis altas de radiación, y se debe tomar en particular consideración el riesgo radiológico si se desean evitar los efectos determinísticos sobre la piel. En la Publicación 85 de la ICRP (ICRP 2000) se propuso un segundo nivel de entrenamiento en PR para los radiólogos y cardiólogos intervencionistas, además del entrenamiento recomendado para médicos que utilizan rayos X. Este punto debería ser aplicado también a otros médicos que llevan a cabo procedimientos intervencionistas guiados fluoroscópicamente (por ejemplo, cirujanos vasculares).
- (j) En la mayoría de los países, el entrenamiento en protección radiológica dirigido a cardiólogos y otros médicos intervencionistas que llevan a cabo procedimientos intervencionistas guiados fluoroscópicamente (por ejemplo, cirujanos vasculares) es acotado. La Comisión considera que debe ser prioritario brindarle a esos grupos más entrenamiento en protección radiológica.

### 1.4. Físicos médicos

- (k) Los físicos médicos que trabajan en PR, medicina nuclear y radiología diagnóstica deberían contar con el nivel más alto de entrenamiento en la materia debido a sus responsabilidades adicionales como instructores en PR de la mayoría de los médicos clínicos.
- (l) Los físicos médicos deben probar su conocimiento y competencia profesional mediante una certificación profesional o registro estatal previo a ser autorizados a ejercer de manera independiente o a enseñar a otros profesionales médicos. Asimismo, deben ingresar en un esquema de desarrollo profesional continuo.

### 1.5. Profesionales de asistencia médica que trabajan en ambientes donde se utiliza radiación

- (m) El personal de enfermería y demás profesionales de atención médica que presten asistencia en procedimientos fluoroscópicos requieren conocimiento sobre los riesgos y precauciones a fin de minimizar su exposición y la de terceros.
- (n) Habitualmente, los ingenieros de mantenimiento y los especialistas en aplicaciones reciben cierto entrenamiento en protección radiológica, aunque el mismo se concentra principalmente en la PR del personal. Debe ampliarse el entrenamiento en PR de los pacientes, particularmente en relación a la radiología digital y al nuevo equipamiento.
- (o) La Comisión recomienda el entrenamiento del personal del laboratorio de radionucleidos en relación a su práctica, lo cual podría implicar una mayor duración ya que dicho personal podría trabajar con radionucleidos a tiempo completo.

## 2. ENTRENAMIENTO Y CURSOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA ESPECIALISTAS NO RADIOLÓGICOS

### 2.1. Requerimientos del curso

- (p) Es esencial que los cursos sobre protección radiológica para profesionales médicos sean considerados relevantes y necesarios, y que solo requieran un tiempo limitado de asistencia a fin de persuadir a los individuos con las ventajas que tiene realizarlos.
- (q) Luego de las actividades de entrenamiento en PR debe existir una evaluación del conocimiento adquirido en el programa de entrenamiento, lo cual permitirá la acreditación a los participantes. Los diplomas o cer-

tificados otorgados a los participantes del programa de entrenamiento en PR deberían incluir los detalles básicos del mismo.

- (r) Previo a otorgarle la certificación al individuo, se debería complementar la capacitación y entrenamiento en PR con sistemas formales de examinación para corroborar su competencia.
- (s) En caso de que la certificación en PR sea requerida para algunas prácticas (como ser en el área de cardiología intervencionista), el certificado debería ser obtenido previo a que el profesional se encuentre involucrado en el ejercicio de la especialidad en el centro médico específico. Si se aplica el requerimiento en un país luego de que los profesionales ya se encuentran trabajando en la especialidad, los responsables de brindar asistencia médica deben habilitar los recursos para entrenar a sus propios profesionales sobre protección radiológica.
- (t) El análisis sobre los resultados de valoración por parte de los participantes al finalizar las actividades o cursos de entrenamiento debería formar parte del seguimiento para mantener la acreditación de las organizaciones que proveen entrenamiento.

## **2.2. Programas de entrenamiento**

- (u) Los programas de entrenamiento deben estar preparados para una variedad de diversas categorías de personal médico y clínico con mayor o menor contacto con exposiciones médicas.
- (v) El entrenamiento en protección radiológica de los profesionales de asistencia médica debería estar relacionado a sus trabajos y roles específicos.
- (w) Un componente clave en el éxito de cualquier programa de entrenamiento es convencer al personal involucrado sobre la importancia del principio de optimización en la PR, a fin de que lo implementen en su práctica rutinaria. Con dicho objetivo, el material de entrenamiento debe ser relevante y presentado de manera tal que los clínicos puedan relacionarlo a su propia situación.
- (x) Los temas prioritarios a ser incluidos en el entrenamiento dependerán de la participación de los diferentes profesionales en exposiciones médicas. Una orientación útil sobre algunos de los temas a incluir en el programa de capacitación en PR para estudiantes médicos podría ser la Guía de Soporte ICRP 2, "La radiación y el paciente: Una guía para profesionales médicos" (ICRP, 2001).
- (y) Un programa de entrenamiento en PR para profesionales de asistencia médica debe estar orientado al tipo de entrenamiento al cual la audiencia a la que se dirige está acostumbrada. El entrenamiento práctico debería llevarse a cabo en un ambiente similar al lugar en el que los participantes ejercerán sus prácticas.
- (z) Se debe reconocer la necesidad de recursos adecuados para la capacitación y entrenamiento en PR para el futuro personal profesional y técnico que solicita o participa en prácticas radiológicas en medicina. Los programas de entrenamiento deberían incluir entrenamiento inicial para todo el personal novato, actualización y reentrenamiento regular y la acreditación del mismo (ICRP, 2007b).
- (aa) Los requerimientos mínimos para la acreditación de un programa de entrenamiento deberían considerar todos los aspectos involucrados. Los mismos deberían incluir el apoyo administrativo suficiente; las garantías para el almacenamiento de archivos, diplomas, etc. durante un número mínimo de años; el suficiente soporte didáctico; profesores calificados en los temas a ser enseñados y con experiencia en física médica en hospitales; instrumentación para ejercicios prácticos y la disponibilidad de instalaciones clínicas para sesiones prácticas.

## **2.3. Profesores y entrenadores**

- (bb) El entrenador principal en PR debería ser una persona experta en protección radiológica en relación a la práctica que se trata. Esto implica que sea una persona que, además de contar con un entendimiento detallado sobre PR, posea conocimiento sobre la práctica clínica en el uso de la radiación.
- (cc) Los profesores en los cursos de entrenamiento deberían ser competentes en lo que a la PR respecta; lo

- cual debe demostrarse mediante una certificación profesional, un registro estatal o un sistema de reconocimiento profesional equivalente. Asimismo, deben poseer experiencia en PR en instalaciones médicas y labor práctica en ambientes clínicos (por ejemplo, físicos médicos, técnicos en radiología, etc.).
- (dd) Un grupo de profesionales del área radiológica, cada uno con conocimiento específico, debería ofrecer el entrenamiento de aquellos individuos que utilizan equipos de imágenes por radiación.
  - (ee) Los entrenadores que participan en estas actividades deberían cumplir con los requerimientos locales, y demostrar un conocimiento suficiente respecto de los aspectos de PR de los procedimientos que llevan a cabo los especialistas médicos involucrados en la actividad de entrenamiento.
  - (ff) Debido a la magnitud del requerimiento de entrenamiento en PR, resultaría útil que las organizaciones desarrollen sistemas de evaluación en línea. La Comisión conoce que dichos métodos en línea se encuentran disponibles en la actualidad, principalmente por parte de organizaciones que se ocupan de exámenes llevados a cabo a gran escala. Asimismo, se promueve el desarrollo de sistemas de autoevaluación.

## **2.4. Capacitación continua**

- (gg) Los programas de capacitación y entrenamiento organizados por organismos profesionales, universidades y otras instituciones médicas cumplirán un rol primordial posibilitando el desarrollo profesional continuo.
- (hh) Debido a que muchas instituciones médicas utilizan herramientas computarizadas para su plan de estudios, así como también para la capacitación continua, resulta razonable utilizar la misma estrategia para la capacitación continua en la radiobiología y las exposiciones a la radiación en la medicina.
- (ii) El entrenamiento en PR debería actualizarse cuando ocurre un cambio significativo en las técnicas radiológicas o en los riesgos de la radiación, y a intervalos no mayores a los 36 meses.

## **3. RESPONSABILIDADES POR LA ADMINISTRACIÓN DEL ENTRENAMIENTO**

### **3.1. Roles de diversas organizaciones**

- (jj) Las autoridades regulatorias y sanitarias, así como también los organismos profesionales y sociedades científicas, deberían fomentar la capacitación y entrenamiento en PR para el personal médico. Las universidades e instituciones que proveen asistencia médica deberían implementar programas de capacitación en PR coordinados a niveles locales y nacionales, a fin de ofrecer cursos basados en programas de estudios acordados y estándares similares.

### **3.2. Universidades**

- (kk) Tanto la capacitación como el entrenamiento deberían llevarse a cabo en escuelas médicas durante los estudios médicos y posteriormente, conforme al rol de cada categoría de médico, deberían realizarse durante la residencia y en cursos específicos. Asimismo, debe existir una evaluación del entrenamiento y un reconocimiento apropiado en el que figure que el individuo ha completado el entrenamiento satisfactoriamente. Además, deberían haber requerimientos para el entrenamiento en PR correspondiente para otra clase de personal clínico que participa en la realización de procedimientos que utilizan radiación ionizante, o en el cuidado de pacientes en etapa de diagnóstico o tratamiento con radiación ionizante (ICRP, 2007b).

### **3.3. Autoridades regulatorias**

- (ll) Las autoridades regulatorias y sanitarias tienen la capacidad de hacer cumplir con algunos niveles de entrenamiento y certificación en PR a aquellos involucrados en exposiciones médicas, y de decidir si resulta necesaria una actualización periódica para determinados grupos de especialistas. Asimismo, cuentan con la

capacidad de dirigir recursos para dichos programas de entrenamiento, promover y coordinar la preparación de material de entrenamiento y, en ciertos casos, mantener un registro de los profesionales certificados.

(mm) La disponibilidad de infraestructura para la organización de programas de entrenamiento y los recursos financieros son asuntos fundamentales que los organismos regulatorios y las autoridades sanitarias deben considerar al requerir a los profesionales médicos una certificación en PR.

(nn) El personal de la autoridad regulatoria precisará recibir un entrenamiento limitado en PR, el cual debería incluir los aspectos de optimización y PR práctica.

### **3.4. Organismos profesionales y sociedades científicas**

(oo) Las sociedades científicas y profesionales deben contribuir con el desarrollo de programas de estudio para asegurar un enfoque consistente, y con la promoción y apoyo a la capacitación y entrenamiento. Los congresos científicos deberían incluir cursos de actualización en PR cuya asistencia podría ser un requerimiento para el desarrollo profesional continuo de los profesionales que utilizan radiación ionizante.

(pp) La Comisión insta a las sociedades profesionales a que el personal médico y de PR relevante trabaje en conjunto para desarrollar una capacitación continua en colaboración con quienes brindan asistencia médica.

(qq) Se estimula a los organismos profesionales a realizar presentaciones sobre PR que sean relevantes a su especialidad en congresos médicos, a fin de facilitar el desarrollo profesional continuo.

### **3.5. Fabricantes de equipamiento**

(rr) Los fabricantes de equipamiento radiológico cumplen un rol importante en el entrenamiento en PR respecto de las nuevas tecnologías. La industria radiológica debería producir material de entrenamiento de manera simultánea con la introducción de nuevos sistemas de rayos X o de diagnóstico por imágenes con el propósito de promover los avances en PR de los pacientes. Los fabricantes de equipamiento deberían alertar a los operadores respecto del impacto de sus tecnologías sobre las dosis al paciente en caso de que el equipo no funcione de manera apropiada.

(ss) Los fabricantes de equipamiento tienen la responsabilidad de desarrollar y habilitar herramientas apropiadas que formen parte de los equipos radiológicos para facilitar una determinación sencilla y conveniente y registrar la exposición con una precisión razonable.

(tt) Los fabricantes de equipamiento deberían asegurar que los ingenieros de mantenimiento responsables por los sistemas de imágenes y los especialistas en aplicaciones clínicas cuenten con entrenamiento en PR de los pacientes. Es importante que ellos comprendan cómo la configuración de los sistemas de rayos X y los ajustes que pudieran realizar pueden influenciar sobre las dosis de radiación a los pacientes.

## **4. Referencias**

ICRP, 2000. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. ICRP Publication 85. Ann. ICRP 30(2).

ICRP, 2001. Radiation and your patient – a guide for medical practitioners. ICRP Supporting Guidance 2. Ann. ICRP 31(4).

ICRP, 2007a. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37(2–4).

ICRP, 2007b. Radiological protection in medicine. ICRP Publication 105. Ann. ICRP 37(6).

## 1. INTRODUCCIÓN

(1) La cantidad de procedimientos médicos diagnósticos e intervencionistas que utilizan radiaciones ionizantes se encuentra en constante aumento, y los procedimientos que requieren dosis más altas al paciente se llevan a cabo de modo más frecuente. Por consiguiente, la necesidad de capacitación sobre protección radiológica por parte del personal médico y otros profesionales de asistencia médica resulta más imperiosa. Sin embargo, en la mayoría de los países el entrenamiento en protección radiológica (PR) es deficiente, principalmente para los profesionales médicos. En el presente capítulo, se trata la necesidad de capacitación de diferentes grupos, incluyendo a quienes prescriben procedimientos radiológicos y estudiantes de medicina. Se recomienda que la capacitación cubra los efectos determinísticos y estocásticos de la radiación ionizante con ejemplos específicos de los factores de la PR que deben tomarse en consideración. Asimismo, dicha capacitación debería cubrir la necesidad de manejar las dosis de radiación conforme a los principios de la protección radiológica. Si bien la Comisión ha presentado recomendaciones previamente, el presente informe es el primero que trata específicamente la capacitación y el entrenamiento de personal médico y otros profesionales de asistencia médica involucrados en el uso de radiación ionizante en procedimientos diagnósticos [radiografía, fluoroscopia, tomografía computada (TC) y medicina nuclear], intervencionistas [guiados fluoroscópicamente], y de terapia por medicina nuclear.

### 1.1. Necesidad de mayor conciencia sobre la protección radiológica

- (2) Muchos individuos se exponen a radiación ionizante en procedimientos médicos diagnósticos e intervencionistas. Las dosis de radiación a los pacientes individuales podrían encontrarse dentro de las más altas entre las provenientes de actividades humanas, aun excluyendo la radioterapia. En algunos países con sistemas de asistencia médica de avanzada, el número promedio anual de procedimientos diagnósticos médicos que utilizan radiación ionizante se acerca o excede a uno por año por miembro de la población. Además, las dosis a los pacientes debidas a exámenes diagnósticos por rayos X difieren ampliamente entre distintos centros médicos, lo cual indica que existe una necesidad general de optimizar la PR (ICRP, 2000).
- (3) A fin de evitar riesgos innecesarios, se deberían llevar a cabo procedimientos radiológicos sólo cuando se espera que los mismos influyen el tratamiento del paciente. Con el objetivo de asegurar la justificación de todos los procedimientos radiológicos médicos, se debe aumentar la conciencia respecto de sus beneficios y riesgos entre los clínicos que los prescriben. Los recientes aumentos en número, variedad y complejidad de procedimientos intervencionistas pueden resultar en dosis de radiación a los pacientes lo suficientemente altas para inducir efectos determinísticos, y las dosis a los profesionales médicos que los llevan a cabo pueden acercarse a los límites de dosis ocupacional (ICRP, 2000b). Por consiguiente, es importante prestar particular atención al manejo (reducción) de las dosis en los procedimientos intervencionistas, tanto a los pacientes como a los profesionales.
- (4) La optimización de la PR para los pacientes y el personal médico en procedimientos diagnósticos e intervencionistas requiere la convicción, compromiso y desempeño competente del personal médico, radiólogo, físico y técnico involucrado. Los programas de capacitación y entrenamiento planeados para dicho personal son esenciales para garantizar la PR razonable de pacientes y trabajadores.
- (5) En muchos países, la capacitación y el entrenamiento en PR es deficiente para casi todas las clases de profesionales médicos que prescriben o realizan procedimientos diagnósticos e intervencionistas. Asimismo, existen deficiencias para otros profesionales involucrados en las exposiciones médicas. En la actualidad, profesionales de la radiología y PR comparten ampliamente esta visión, y concuerdan respecto de la importancia del entrenamiento del personal médico a fin de mejorar la situación.
- (6) El presente informe presenta recomendaciones para el entrenamiento en PR por parte de profesionales médicos, radiólogos, físicos, odontólogos, técnicos, y otros profesionales de atención médica que realicen o provean asistencia en procedimientos diagnósticos e intervencionistas que utilizan radiación ionizante.

Asimismo, presenta una guía a ser considerada por reguladores, autoridades sanitarias, instituciones médicas y organismos profesionales con responsabilidad por la PR en la medicina, así como también por la industria que produce y comercializa el equipamiento utilizado en tales procedimientos. Esta guía también debería ser considerada por universidades y otras instituciones académicas responsables por la capacitación de los profesionales involucrados en el uso de la radiación en la atención médica. Del mismo modo, se presentan guías sobre los requerimientos de capacitación en PR para aquellos que realizan derivaciones a procedimientos diagnósticos e intervencionistas y para estudiantes de medicina y odontología que lo harán en el futuro, a fin de contribuir con la selección del contenido correspondiente a carreras de medicina y estudios médicos de postgrado. Este informe no trata la radioterapia, excepto en lo que respecta a algunos aspectos de la terapia de medicina nuclear.

- (7) Uno de los principales temas sin resolver para lograr la capacitación y entrenamiento en PR para los profesionales médicos es el establecimiento de métodos de enseñanza que se focalicen en el contenido relevante y destaquen las cuestiones prácticas. En el caso particular de los profesionales médicos, es esencial que los cursos se perciban como relevantes y necesarios, y que requieran un tiempo limitado de atención a fin de persuadir a los individuos sobre las ventajas que surgen de la asistencia a los mismos. El uso de estructuras de aprendizaje en línea (e-learning) permitiría a los profesionales completar el entrenamiento en momentos que les sean convenientes, y a organizar su aprendizaje conforme a su conocimiento previo. Los Anexos A, B y C proveen información sobre el contenido de los cursos y sobre páginas de Internet con material disponible.

## **1.2. Capacitación y entrenamiento en Protección Radiológica**

- (8) En el contexto del presente informe, la capacitación y el entrenamiento deben de comprenderse del siguiente modo.
- (9) El término “capacitación” hace referencia al acto de impartir conocimiento y entendimiento sobre temas como: riesgos de la radiación, cantidades y unidades de radiación, principios de la PR, legislación sobre protección radiológica, y los factores de la misma que afectan las dosis al paciente o al personal, entre otros. Los planes de estudios de títulos asociados a la medicina, odontología y otros relacionados a la asistencia médica deberían incluir un nivel básico de instrucción. La capacitación de los técnicos debería garantizar un entrenamiento específico en PR, y los títulos de postgrado deberían incluir una capacitación en profundidad sobre dichos temas para otro tipo de especialistas, como ser los radiólogos y físicos médicos.
- (10) El término “entrenamiento” hace referencia a la instrucción y práctica relacionadas a las modalidades de radiación ionizante (por ejemplo, TC o fluoroscopia) utilizadas por el individuo en la práctica médica. Asimismo, debería incluir el conocimiento específico requerido para la optimización de la PR, y abarcar un módulo significativo sobre las habilidades prácticas.
- (11) Las autoridades regulatorias y sanitarias deberían fomentar la capacitación y entrenamiento en PR para el personal médico. Las universidades e instituciones que proveen atención médica deberían implementar programas de capacitación en PR coordinados a niveles locales y nacionales, a fin de ofrecer cursos basados en programas acordados y estándares similares. Las sociedades científicas y profesionales cumplen un rol importante respecto de la consistencia de la capacitación y el entrenamiento, y deberían contribuir tanto al desarrollo de programas como a la promoción y asistencia a capacitaciones y entrenamientos. Los congresos científicos deberían incluir cursos de actualización en PR, cuya asistencia podría constituir un requerimiento para el desarrollo profesional continuo de aquellos que utilizan radiación ionizante.
- (12) Debido a que la mayoría de los médicos y odontólogos precisarán prescribir exposiciones médicas, es adecuado incluir una capacitación básica en PR dentro de los planes de estudios médicos y odontológicos. La inclusión de la PR en los programas de instituciones médicas y odontológicas requiere la cooperación intersectorial a nivel local y nacional (es decir, universidades, ministerios de educación). La definición de

un médico prescriptor es un clínico médico, odontólogo u otro profesional de asistencia médica habilitado para derivar individuos a un profesional para recibir exposiciones médicas, conforme a los requerimientos nacionales. El clínico prescriptor forma parte del proceso de justificación debido a que posee pleno conocimiento de la historia clínica del paciente, aunque la decisión final respecto de la justificación de la exposición es tomada por el médico radiólogo, quien posee la responsabilidad clínica por la exposición debido a su mayor conocimiento y entrenamiento en PR y sobre técnicas de diagnóstico por imágenes. En situaciones en las que el especialista en radiación no confirme la justificación del médico prescriptor, quien realizó la misma deberá tomar un entrenamiento sustancialmente mayor en técnicas radiológicas y riesgos de la radiación a fin de habilitarlo a convertirse en un profesional.

- (13) Los profesionales involucrados más directamente en el uso de la radiación ionizante deberían recibir capacitación y entrenamiento en PR al comienzo de su plan de estudios, y el proceso de capacitación debería continuar a lo largo de su carrera profesional a medida que evoluciona el conocimiento colectivo en la materia. Asimismo, debería incluir el entrenamiento específico en los aspectos de la PR relacionados en tanto se incorporen nuevos dispositivos o técnicas médicas en los centros médicos.
- (14) Los físicos médicos tienen un rol fundamental en todos los programas de capacitación y entrenamiento en PR ya que conocen sobre la naturaleza y tipo de radiación, y los requerimientos en PR para la aplicación de la radiación ionizante. Los físicos médicos, técnicos y radiólogos deberían trabajar en conjunto con sus colegas especialistas médicos para el establecimiento y ejecución de programas de entrenamiento.
- (15) Los fabricantes de equipamiento radiológico cumplen un rol importante en la optimización de la PR ya que tienen la responsabilidad de concientizar a los usuarios sobre las implicancias dosimétricas de los procedimientos y de informarlos sobre la aplicación apropiada de la tecnología de reducción de dosis. Los fabricantes de equipamientos también tienen la responsabilidad de desarrollar y proporcionar herramientas apropiadas que sean incorporadas en el equipamiento radiológico a fin de facilitar una determinación sencilla y práctica, y registrar la exposición con una precisión razonable.

### **1.3. Conocimiento que debería proveer la capacitación y entrenamiento en PR**

#### **1.3.1. Efectos potenciales causados por la exposición a la radiación**

- (16) El propósito de manejar la dosis de radiación en procedimientos diagnósticos e intervencionistas es evitar efectos determinísticos en la salud, y mantener la probabilidad de efectos estocásticos de la radiación ionizante tan baja como sea razonablemente posible, tomando en consideración la necesidad del procedimiento médico.
- (17) Los efectos determinísticos (reacciones tisulares dañinas, como ser lesiones moderadas o severas en la piel inducidas por la radiación) ocurren cuando muchas células en un órgano o tejido se encuentran afectadas. Los efectos serán observados clínicamente sólo si la dosis de radiación es superior a determinado umbral. Dichos valores umbral pueden alcanzarse en regiones ubicadas en la piel de un paciente como resultado de procedimientos intervencionistas complejos guiados fluoroscópicamente (ICRP, 2000b). En la actualidad, se debate si los operadores que realizan procedimientos intervencionistas alcanzan ocasionalmente el umbral para la lesión del cristalino del ojo, induciendo así a un aumento en la frecuencia de cataratas.
- (18) Los efectos estocásticos (por ejemplo, el cáncer o efectos hereditarios) pueden ocurrir debido a un daño radioinducido en el ADN de las células, el cual puede causar la transformación de células que aún tengan la capacidad de reproducción y provocar una condición maligna. Si se inflige el daño inicial en las células germinales de la gónada, pueden ocurrir efectos hereditarios, y esa probabilidad podría aumentar proporcionalmente con la dosis para los niveles de radiación ionizante que se experimentan en los procedimientos diagnósticos e intervencionistas. La edad al momento de la exposición, el género y la susceptibilidad genética al cáncer, influyen en el aumento en la probabilidad para la inducción del cáncer (ICRP, 2007b).

## *Efectos en el embrión y en el feto*

- (19) Existe la probabilidad que haya efectos por radiación en el embrión/feto que están relacionados a la etapa del desarrollo fetal y la dosis absorbida (ICRP, 2003b, 2007b). Los efectos determinísticos posibles incluyen la reabsorción del embrión durante el período de pre-implantación, aunque este caso es posible pero muy infrecuente, y malformaciones que pueden ocurrir en varios órganos entre la tercer y la octava semana luego de la concepción (organogénesis). El daño al sistema nervioso central en desarrollo puede ocurrir en la etapa fetal temprana, particularmente entre la octava y la decimoquinta semana luego de la concepción, y en menor medida entre la decimosexta y la vigesimoquinta semana luego de la concepción. Estos efectos determinísticos tienen un valor umbral de dosis de radiación relativamente alto (>100 mSv) y no deberían ocurrir en procedimientos diagnósticos optimizados. Respecto de los efectos estocásticos, existe un aumento en la probabilidad de leucemia y otros tipos de cáncer que podrían ocurrir durante la niñez a causa de irradiación durante todas las etapas del desarrollo fetal. Tales efectos son de naturaleza estocástica y por consiguiente, es probable que no exista una dosis umbral; por tanto, pueden ocurrir luego de dosis bajas, aunque la probabilidad es leve.
- (20) Cuando el personal se encuentra correctamente capacitado y entrenado en PR, las dosis producidas por procedimientos diagnósticos y, en su mayor parte, por los procedimientos intervencionistas fluoroscópicamente guiados, no deberían alcanzar el valor umbral para efectos determinísticos. La probabilidad de efectos estocásticos no puede eliminarse en su totalidad, por lo que el enfoque apropiado es derivar o llevar a cabo procedimientos solo cuando se encuentran justificados, y ejecutar todos los pasos razonables para manejar las dosis al paciente y al personal involucrado en los mismos, a fin de garantizar la optimización de la PR.

### **1.3.2. Ejemplos del manejo necesario de las dosis de radiación**

- (21) Se debe llevar a cabo un análisis de la necesidad para identificar los objetivos de aprendizaje para cada grupo. A continuación se pueden observar algunos ejemplos de la necesidad de capacitación y entrenamiento.
- (22) Respecto de las pacientes embarazadas (ICRP, 2000a):
- Se debe considerar el embarazo de la paciente en la justificación de los procedimientos para pacientes individuales.
  - La manera en la cual se realiza un examen depende de si el embrión/feto se encontrará en el haz directo, y si el procedimiento requiere una dosis relativamente alta.
- (23) Respecto de los procedimientos intervencionistas (ICRP, 2000b):
- Los procedimientos intervencionistas guiados fluoroscópicamente están siendo utilizados por un número creciente de clínicos, y muchos intervencionistas no son conscientes del potencial de lesión correspondiente a dichos procedimientos o de los métodos simples para disminuir su incidencia. Ocasionalmente, han ocurrido lesiones severas en la piel inducidas por la radiación.
  - Los procedimientos intervencionistas son complejos y exigentes, y tienden a ser muy dependientes del operador, existiendo en los centros médicos sólo pequeñas diferencias en las técnicas. Los individuos que llevan a cabo los procedimientos deben encontrarse entrenados adecuadamente tanto en la técnica clínica como en conocimientos sobre protección radiológica. Es esencial una segunda etapa de entrenamiento más específico en protección radiológica, adicional al realizado para la radiología diagnóstica.
  - Los pacientes sometidos a procedimientos difíciles deben ser informados sobre los riesgos de la radiación, y deben seguirse clínicamente cuando las dosis de radiación asociadas pudieren provocar una lesión. El médico personal del paciente debe ser informado cuando existe la posibilidad de que existan efectos causados por la radiación.

(24) Respecto de los procedimientos de TC (ICRP, 2000c, 2007a):

- Los procedimientos de TC pueden implicar dosis relativamente altas a los pacientes, particularmente con los escáneres modernos de tomografía computada que emplean arreglos de detectores de múltiples filas que permiten un escaneo rápido y una cobertura de escaneo más amplia. Las dosis de procedimientos múltiples a menudo alcanzan o exceden los niveles conocidos de estudios epidemiológicos para aumentar la probabilidad de cáncer.
- La tomografía computada por emisión de fotón único (SPECT, por su sigla en inglés) en escáneres de SPECT/TC y la tomografía por emisión de positrones (PET) en escáneres de PET/TC a menudo combinan un procedimiento de medicina nuclear de alta dosis con un escáner de TC y por consiguiente, resultan en dosis particularmente altas.
- El médico prescriptor debería evaluar si el resultado de cada procedimiento de TC afectará al tratamiento clínico del paciente, y el radiólogo debería coincidir en que el procedimiento es justificado; lo cual incluye un entendimiento de la clasificación de las indicaciones clínicas entre aquellas que requieren procedimientos para altas dosis, y aquellas para las cuales son suficientes los procedimientos para dosis menores.
- El radiólogo y el técnico deben ser conscientes de las posibilidades del manejo de las dosis al paciente mediante la adaptación de los parámetros técnicos a cada paciente y del procedimiento específico, con particular atención al tratarse de pacientes pediátricos.
- Existe la posibilidad de reducción de dosis con todos los sistemas de TC. Es importante que los radiólogos, cardiólogos, físicos médicos y técnicos comprendan la relación entre la dosis al paciente y la calidad de la imagen, y que no todas las tareas diagnósticas requieren imágenes de alta calidad.
- Los técnicos deberían comprender la reducción que puede realizarse en una exposición mediante la aplicación de factores específicos para pacientes pediátricos. En el pasado muchos niños han sido examinados utilizando factores para adultos y expuestos a dosis altas e innecesarias.
- Los operadores de escáneres de SPECT/TC y PET/TC deberían considerar que el componente tomografía computada es usualmente fundamental para la identificación anatómica del sitio donde se ubica el radiofármaco, por lo que imágenes con menor nivel de calidad y opciones con menor dosis podrían ser apropiadas.

(25) Respecto de los procedimientos de radiología digital (ICRP, 2003a):

- Las técnicas digitales tienen el potencial para mejorar la práctica de la radiología, pero podrían administrarse dosis más altas de las necesarias sin ninguna mejora resultante en la calidad de la imagen.
- Diversas tareas médicas de diagnóstico por imágenes requieren distintos niveles de calidad de imagen. Debería evitarse el uso de una mayor radiación para obtener un mayor nivel en la calidad de la imagen en los casos en que no exista un beneficio adicional para el propósito clínico.
- Es muy sencillo obtener (y eliminar) imágenes con los sistemas de fluoroscopia digital, y podría existir una tendencia a obtener más imágenes de las necesarias.
- La industria debería promover herramientas para informar a los radiólogos, técnicos y físicos médicos sobre los parámetros de exposición recomendados y las dosis resultantes al paciente asociadas a los sistemas digitales.
- La industria debería cooperar estrechamente con los radiólogos, técnicos y físicos médicos para desarrollar procedimientos y optimizar protocolos a fin de minimizar las dosis administradas a los pacientes.

(26) Respecto de las dosis a los operadores (ICRP, 2000a,b):

- Si una profesional médica que participa en procedimientos que utilizan radiación declara a su empleador que se encuentra embarazada, se deben considerar controles adicionales a fin de lograr el nivel de protección para el embrión/feto similar al brindado usualmente para los miembros del público.
- Los intervencionistas con gran carga laboral pueden estar expuestos a dosis altas. En ocasiones puede resultar necesario limitar la práctica de individuos en particular para reducir el riesgo de lesiones causadas por la radiación.

- Las diferentes posiciones adyacentes a la ubicación del paciente exponen al personal a mayores o menores tasas de dosis. El personal debe estar capacitado sobre el modo en el que las tasas de dosis varían en el área adyacente al equipamiento intervencionista de rayos X.
- En la Publicación 103 (ICRP, 2007b, Párr. 249), la Comisión establece que: “Sin embargo, se esperan nuevos datos sobre la radiosensibilidad del ojo con respecto al deterioro visual. Cuando dichos datos estén disponibles la Comisión considerará su posible significado para el límite de dosis equivalente en el cristalino. Debido a la incertidumbre acerca de este riesgo, debería ponerse particular énfasis en la optimización de situaciones en que se exponen los ojos.”

#### 1.4. Recomendaciones en las Publicaciones de la ICRP 103 y 105

(27) El objetivo subyacente para el entrenamiento de los profesionales médicos que llevan a cabo procedimientos diagnósticos e intervencionistas es aumentar la aptitud de los profesionales médicos en el manejo de las dosis al paciente y al personal de modo que las dosis de radiación sean proporcionales a la tarea clínica. La Publicación 103 (ICRP, 2007b, Párr. 328) y la Publicación 105 (ICRP, 2007c, Párr. 106, 107, 108, y 110) brindan las siguientes recomendaciones respecto de dicho entrenamiento.

##### (28) *Publicación 103*

“Siempre debería capacitarse en los principios de la protección radiológica, incluyendo los principios básicos de la física y la biología, a médicos y otros profesionales de la salud involucrados en los procedimientos que implican la irradiación de los pacientes. La responsabilidad final de la exposición médica de los pacientes reside en el profesional que por consiguiente debería ser consciente de los riesgos y beneficios de los procedimientos involucrados” (ICRP, 2007b, Párr. 328).

##### (29) *Publicación 105*

“Se debería requerir la obligación de la capacitación en protección radiológica de los médicos, dentistas y otros profesionales de la salud que solicitan, conducen o asisten en procedimientos médicos o dentales que utilizan la radiación ionizante en procedimientos diagnósticos e intervencionistas, medicina nuclear y radioterapia. La responsabilidad final de la exposición a la radiación reside en el médico, quien debería ser consciente de los riesgos y los beneficios de los procedimientos involucrados” (ICRP, 2007c, Párr. 106).

“Con relación al uso de la radiación en medicina, pueden ser identificadas tres categorías distintas de médicos:

- médicos que están capacitados en especialidades médicas directamente relacionadas con la radiación ionizante (por ejemplo, radiólogos, médicos nucleares, radio-oncólogos);
- otros médicos que utilizan radiación ionizante como parte integrante de su práctica (por ejemplo, cardiólogos, cirujanos vasculares, urólogos); y
- médicos que prescriben procedimientos médicos que utilizan radiación ionizante” (ICRP, 2007c, Párr. 107).

Nótese. Dichas categorías se ampliarán en el Capítulo 2 del presente informe, y el Capítulo 3 ofrecerá recomendaciones más detalladas sobre el entrenamiento correspondiente a cada categoría.

“La capacitación y el entrenamiento apropiados para la función del médico de cada categoría deberían ser impartidos en las facultades de medicina, durante la residencia y en cursos focalizados específicamente. Debería haber una evaluación de la capacitación y el apropiado reconocimiento de que el individuo ha completado la capacitación satisfactoriamente. Además, debería haber requerimientos para la capacitación correspondiente en protección radiológica de todo otro personal clínico que participa en la realización de procedimientos que utilizan radiación ionizante, o en el cuidado de pacientes que se someten a los diagnósticos o los tratamientos con radiación ionizante.” (ICRP, 2007c, Párr. 108).

“Una necesidad importante es proporcionar los recursos adecuados para la capacitación y entrenamiento en protección radiológica del futuro personal profesional y técnico que solicitará o participará en prácticas

radiológicas en medicina. El programa de capacitación debería incluir la capacitación inicial de todo el personal incorporado, la debida actualización y reentrenamiento y la certificación de la capacitación.” (ICRP, 2007c, Párr. 110).

(30) El presente informe se limita al entrenamiento sobre PR para procedimientos diagnósticos e intervencionistas y terapia de medicina nuclear.

### 1.5. Entrenamiento en interpretación de imágenes

(31) Un elemento importante para determinar si una exposición médica se encuentra justificada es saber si las imágenes obtenidas pueden proveer la información requerida para la tarea clínica. Por consiguiente, los clínicos para los cuales se administran las imágenes deben contar con el entrenamiento apropiado para interpretar los detalles relevantes en las imágenes. La interpretación de las mismas será frecuentemente realizada por los radiólogos que han experimentado un entrenamiento extensivo. Sin embargo, muchas imágenes serán interpretadas por otros miembros del personal médico, y es importante que ellos reciban el entrenamiento suficiente en su carrera médica o entrenamiento en la especialidad para el nivel de interpretación que precisarán realizar. El entrenamiento en la interpretación de las imágenes no es un tema incluido en el presente informe, pero se lo menciona debido a que dicha interpretación representa un aspecto importante en el proceso de justificación de cualquier exposición clínica.

### 1.6. Referencias

ICRP, 2000a. Pregnancy and medical radiation. ICRP Publication 84. Ann. ICRP 30 (1).

ICRP, 2000b. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. ICRP Publication 85. Ann. ICRP 30 (2).

ICRP, 2000c. Managing patient dose in computed tomography. ICRP Publication 87. Ann. ICRP 30 (4).

ICRP, 2003a. Managing patient dose in digital radiology. ICRP Publication 93. Ann. ICRP 34 (1).

ICRP, 2003b. Biological effects after prenatal irradiation (embryo and fetus). ICRP Publication 90. Ann. ICRP 33 (1/2).

ICRP, 2007a. Managing patient dose in multi-detector computed tomography. ICRP Publication 102. Ann. ICRP 37 (1).

ICRP, 2007b. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2–4).

ICRP, 2007c. Radiological protection in medicine. ICRP Publication 105. Ann. ICRP 37 (6).

UNSCEAR, 2000. Sources and Effects of Ionising Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Report to the General Assembly with Scientific Annexes, United Nations, New York.

## 2. ENTRENAMIENTO DE PROFESIONALES DE ASISTENCIA MÉDICA

(32) En muchos países, el conocimiento limitado sobre los riesgos de la radiación por parte de los médicos ha inducido a la sobre-prescripción de procedimientos radiológicos. Los médicos precisan comprender la naturaleza de los riesgos a fin de tomarlos en consideración al prescribir exposiciones médicas. En el tratamiento de pacientes embarazadas, se debe lograr el equilibrio apropiado entre el beneficio clínico real, la minimización de los riesgos, y la prevención de una interrupción innecesaria. Los procedimientos médicos intervencionistas conllevan el riesgo de efectos determinísticos. Con el objetivo de brindar determinada información sobre la capacitación y entrenamiento a alcanzar en PR, se han identificado 15 categorías de profesionales de la asistencia médica; ocho de los cuales representan diferentes grupos de médicos y odontólogos, y siete que representan a otros profesionales de atención médica involucrados en el uso de la

radiación. Asimismo, se tratan las recomendaciones sobre el entrenamiento para las distintas categorías, incluyendo las dirigidas a estudiantes de medicina y médicos que prescriben procedimientos médicos que utilizan radiaciones ionizantes.

## **2.1. Consecuencias de la falta de entrenamiento en protección radiológica**

- (33) Los procedimientos médicos que utilizan radiación se han expandido rápidamente durante la última década, y las dosis de radiación generadas por exposiciones médicas se han transformado en un componente significativo (y en algunos países, en el más importante) de exposición a la radiación por parte de la población (UNSCEAR, 2000). Es importante que el profesional médico y demás profesionales de asistencia médica comprendan los riesgos de la radiación a fin de evitar riesgos innecesarios para el público en su totalidad. La regla básica para todas las exposiciones debería ser que las mismas se encuentren justificadas desde el punto de vista de la influencia que tendrán sobre el tratamiento del paciente. La falta de conocimiento podría resultar en el requerimiento de más pruebas de diagnóstico por imágenes con radiación ionizante, mientras se podrían emplear otros exámenes no radiológicos o pruebas de diagnóstico por imágenes con menor dosis.
- (34) Además de la sobre-prescripción, existen muchas otras consecuencias que pueden surgir de la escasa conciencia y conocimiento de los facultativos médicos sobre los riesgos de la radiación. En el caso de mujeres embarazadas, algunos médicos han recomendado la interrupción del embarazo luego de cualquier examen médico de diagnóstico por imágenes. Esta práctica es resultado del escaso entendimiento sobre los riesgos de la exposición a la radiación. La falta de conocimiento también podría causar que una mujer embarazada no reciba el cuidado médico necesario debido a miedos exagerados respecto de los riesgos de las exposiciones fetales.
- (35) Aquellos directamente involucrados en las exposiciones precisan un entrenamiento en PR para garantizar la optimización de los procedimientos respecto de la PR, a fin de que las dosis de radiación a los pacientes individuales no sean mayores que lo necesario. A medida que las técnicas evolucionan, surgen desafíos nuevos continuamente. Por ejemplo, la radiología digital tiene el potencial para reducir las dosis al paciente pero asimismo, puede incrementar las dosis significativamente, por lo que los profesionales médicos deben estar entrenados para utilizar dicha tecnología de manera efectiva. La experiencia ha demostrado que muchos departamentos de radiología han realizado la transición a equipos digitales, pero que las dosis al paciente no se han reducido y otras han aumentado considerablemente. La Publicación 93 (ICRP, 2003) es un informe dedicado al manejo apropiado de las dosis de radiación en la radiología digital, e incluye una Sección 2 que trata sobre las necesidades de entrenamiento de radiólogos y técnicos, y un Anexo C con un esquema sobre capacitación y entrenamiento.
- (36) Diversas especialidades médicas que utilizan radiaciones ionizantes como parte de su trabajo clínico precisan contar con determinado conocimiento sobre protección radiológica. El nivel de capacitación y entrenamiento difiere según los usos, la carga laboral, y el nivel de riesgo (dosis de radiación) que implican. Es muy importante que los médicos que utilizan procedimientos guiados fluoroscópicamente se encuentren entrenados y certificados para dicha práctica a fin de evitar exposiciones innecesarias. Asimismo, existen otros grupos de profesionales de asistencia médica que precisan entrenamiento dado que podrían tener participación amplia o limitada en exposiciones a la radiación.

## **2.2. Categorías de profesionales médicos y de asistencia médica que requieren capacitación y entrenamiento**

- (37) A fin de facilitar la especificación del entrenamiento en PR que requieren los diferentes profesionales médicos y de asistencia médica, figuran a continuación las categorías que abarcan a la mayoría de aquellos involucrados.

- Categoría 1 – radiólogos: médicos que iniciarán una carrera en la cual el componente principal implica el uso de radiaciones ionizantes en la radiología, incluyendo a aquellos que llevan a cabo procedimientos radiológicos intervencionistas.
- Categoría 2 – especialistas en medicina nuclear: médicos que iniciarán una carrera en la cual el componente principal implica el uso de radiofármacos en la medicina nuclear con fines diagnósticos o de tratamiento, incluyendo PET o PET/TC.
- Categoría 3 – cardiólogos e intervencionistas de otras especialidades: médicos cuya ocupación implica un nivel de uso de radiaciones ionizantes relativamente alto, sin llegar a conformar la mayor parte de su trabajo, como ser los cardiólogos intervencionistas. Las especialidades involucradas varían a nivel global, pero podrían incluir a los cirujanos vasculares o neurocirujanos.
- Categoría 4 – otros especialistas médicos que utilizan rayos X: médicos cuya ocupación implica el uso de fluoroscopia con rayos X en urología, gastroenterología, cirugía ortopédica, neurocirugía u otras especialidades.
- Categoría 5 – otras especialidades médicas que utilizan medicina nuclear: médicos cuya ocupación implica la prescripción y uso de una variedad limitada de exámenes por medicina nuclear.
- Categoría 6 – otros médicos que asisten en procedimientos radiológicos: médicos, como ser los anestesiólogos, que se encuentran involucrados en procedimientos fluoroscópicos dirigidos por otros; y médicos de salud ocupacional que revisan los registros de quienes trabajan con radiación.
- Categoría 7 – odontólogos: odontólogos que toman e interpretan radiografías dentales de manera rutinaria.
- Categoría 8 – médicos prescriptores: médicos que solicitan exámenes o procedimientos que requieren radiaciones ionizantes, y estudiantes médicos que las solicitarán en el futuro.
- Categoría 9 – físicos médicos: físicos médicos que se especializan en PR, medicina nuclear o radiología diagnóstica.
- Categoría 10 – técnicos en medicina nuclear y rayos X: individuos que iniciarán una carrera cuyo componente principal implica la operación y/o prueba de unidades de rayos X, incluyendo a aquellos que llevan a cabo determinados exámenes en un rango de unidades de rayos X en diversos hospitales y que operan equipos de imágenes para radionucleidos.
- Categoría 11 – ingenieros de mantenimiento y especialistas en aplicaciones clínicas: individuos con responsabilidades por el mantenimiento de los sistemas por imágenes y rayos X (incluyendo medicina nuclear), o brindando asistencia sobre la aplicación clínica de dichos sistemas.
- Categoría 12 – otros profesionales de asistencia médica: otros profesionales, como ser los podólogos, fisioterapeutas o fonaudiólogos que pueden encontrarse involucrados en el uso de técnicas radiológicas para evaluar a sus pacientes.
- Categoría 13 – personal de enfermería: el personal de enfermería y otros profesionales de asistencia médica que brindan apoyo en procedimientos diagnósticos e intervencionistas de fluoroscopia de rayos X, en la administración de radiofármacos o en el cuidado de pacientes de medicina nuclear.
- Categoría 14 – profesionales de asistencia odontológica: higienista dental, enfermería odontológica y asistentes de cuidado dental que toman radiografías y procesan imágenes.
- Categoría 15 – quiroprácticos: quiroprácticos y otros profesionales de asistencia médica que podrían realizar prescripciones, justificar y tomar exposiciones radiográficas.
- Categoría 16 – radiofarmacéuticos y personal de laboratorio de radionucleidos: radiofarmacéuticos e individuos que utilizan radionucleidos con fines diagnósticos, como ser el radioinmunoensayo (RIA, por su sigla en inglés).
- Categoría 17 – reguladores: individuos con responsabilidad por el cumplimiento con la legislación sobre radiaciones ionizantes.

## 2.3. Entrenamiento de profesionales de asistencia médica

### 2.3.1. Profesionales médicos involucrados en el uso de la radiación de manera directa

- (38) En algunos países, los radiólogos de diagnóstico y los especialistas en medicina nuclear reciben durante su residencia un programa extensivo y formal de entrenamiento, y una certificación. Dicho programa abarca típicamente un período de entre 30 y 50 horas de entrenamiento en PR. Dichos grupos de especialistas precisan un nivel elevado de entendimiento sobre los riesgos y la PR para muchos escenarios diferentes. En todos los países se requieren niveles de entrenamiento similares.
- (39) Los procedimientos intervencionistas pueden implicar dosis altas de radiación, y se deben tomar en cuenta los riesgos radiológicos particulares a fin de evitar efectos determinísticos en la piel. En la Publicación 85 (ICRP, 2000), la ICRP propuso un segundo nivel de entrenamiento en PR para los radiólogos y cardiólogos intervencionistas:
- “Los procedimientos intervencionistas son complejos y exigentes, y tienden a ser muy dependientes del operador; existiendo solo pequeñas diferencias en las técnicas entre los centros médicos. En estas circunstancias, es particularmente importante que los individuos que llevan a cabo los procedimientos se encuentren entrenados adecuadamente, tanto en la técnica clínica como en conocimientos sobre PR. Sería conveniente un segundo nivel de entrenamiento específico en PR, adicional al realizado para la radiología diagnóstica. Asimismo, se debería planificar un entrenamiento adicional específico al implementar nuevos sistemas o técnicas de rayos X en un centro médico. Un programa de garantía de calidad para instalaciones radiológicas intervencionistas debería incluir el entrenamiento en PR y la evaluación de la técnica de control de dosis” (ICRP, 2000, Párr. 50).
- (40) En la mayoría de los países el entrenamiento en PR de cardiólogos intervencionistas y de aquellos que conducen TC cardíacas es limitado. La Comisión considera que debería ser prioritario proveer más entrenamiento en PR a este grupo.
- (41) Otros especialistas médicos, como ser los cirujanos vasculares, urólogos, endoscopistas y cirujanos ortopédicos reciben un entrenamiento significativamente menor antes de llevar a cabo técnicas invasivas guiadas fluoroscópicamente. Los tiempos destinados al entrenamiento en PR dependen del conocimiento previo en física de la radiación y radiobiología, pero típicamente deberían durar al menos 15 horas (considerando cursos formales y entrenamiento en el servicio). Se recomienda un entrenamiento similar en PR, pero con un énfasis distinto para los médicos involucrados en la prescripción de un número limitado de exámenes en medicina nuclear relacionados a su especialidad.
- (42) Otras especialidades médicas no relacionadas directamente con la operación de unidades de rayos X o con la administración de radionucleidos pero estrechamente vinculadas con el operador especialista, como ser los anestesiólogos, precisarán entrenamiento sobre los aspectos básicos de la PR [por ejemplo: la radiación dispersa, cómo el uso del equipo afecta su exposición, unidades de radiación, radiobiología, los riesgos durante el embarazo y la lactancia (si se utilizan fuentes abiertas de radiación)]. En el caso de este tipo de personal, una combinación de seminarios y demostraciones prácticas podrían ser el mejor plan para su entrenamiento en PR. Programas de aprendizaje en línea (e-learning) que incluyan videos y otros recursos técnicos pueden mejorar dicha experiencia.
- (43) Los médicos de salud ocupacional que revisan los registros sanitarios y de dosis de quienes trabajan con radiación también precisan capacitarse en PR. Ellos podrían tener que decidir si los individuos continúan trabajando con radiación luego de recibir exposiciones altas, si sufren patologías particulares o en caso de embarazo.

### 2.3.2. Profesionales médicos y de asistencia médica que prescriben exposiciones diagnósticas y estudiantes de medicina

- (44) La gran mayoría de los profesionales médicos precisarán prescribir exámenes y procedimientos diagnósticos que involucran el uso de radiaciones ionizantes. Es necesario brindar un nivel similar de capacitación en PR a los potenciales médicos prescriptores actuales y futuros, con particular énfasis en aquellos relacionados a la pediatría.
- (45) La información que estos grupos precisan conocer es la base de los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes, una idea básica de las cantidades y unidades radiológicas, y la relación entre la dosis de radiación y el aumento en las probabilidades de efectos estocásticos. Los riesgos específicos durante el embarazo también deberían ser considerados. La Comisión Europea ha publicado lineamientos sobre este tema (EC, 2000).
- (46) Los prescriptores deben encontrarse familiarizados con los criterios apropiados de prescripción para la variedad de exámenes que probablemente soliciten. Se recomienda consultar los lineamientos de prescripción para el diagnóstico por imágenes, como ser aquellos publicados por sociedades radiológicas. Los mismos son actualizados periódicamente a medida que se obtiene experiencia colectiva, por lo que es importante volver a verificar los criterios de manera periódica; particularmente cuando se trata de técnicas nuevas.
- (47) La capacitación en PR para futuros médicos prescriptores podría incluirse en un curso corto dedicado al tema, o integrarse en la capacitación sobre los principios de las técnicas de diagnóstico con radiaciones ionizantes en el plan de estudios médico.
- (48) Otros profesionales de asistencia médica, como ser los enfermeros practicantes en los servicios de urgencia y los podólogos, podrían solicitar exposiciones médicas bajo condiciones específicas, y precisarán conocimiento sobre los riesgos de la radiación, aunque más limitado debido al menor alcance de la práctica. En algunos países, se le permite al personal de enfermería y a otros profesionales de asistencia médica ejercer independientemente y prescribir una variedad limitada de exposiciones médicas; por lo tanto, se les debería solicitar a estos individuos un nivel de entrenamiento y certificación similar al que le corresponde a los individuos incluidos en la Categoría 8.

### 2.3.3. Otros profesionales de asistencia médica

- (49) El entrenamiento en PR de profesionales de asistencia médica estará relacionado a sus trabajos y roles específicos. Los físicos médicos que trabajan en PR y otros especialistas de la radiación deberían contar con el más alto nivel de entrenamiento en PR debido a que poseen responsabilidades adicionales como entrenadores en PR de la mayoría de los clínicos.
- (50) Los técnicos en medicina nuclear y rayos X precisarán entrenamiento sustancial en PR debido a que la misma representa un aspecto principal de su trabajo y a que dichos profesionales contribuirán en el entrenamiento de terceros.
- (51) Los ingenieros de mantenimiento con responsabilidades por los sistemas de imágenes y especialistas en aplicaciones clínicas requieren entrenamiento en PR, no solo relacionado a sus roles personales, sino también sobre la PR de los pacientes. Es importante que comprendan que la configuración de los sistemas de rayos X y los ajustes que pudieran realizar, tienen influencia sobre las dosis de radiación a los pacientes.
- (52) El personal de enfermería y otros profesionales de asistencia médica que prestan servicio en procedimientos fluoroscópicos requieren conocimiento sobre los riesgos y precauciones para minimizar su exposición y la de terceros. Existe evidencia del riesgo de opacidad en el cristalino del ojo para aquellos que trabajan en laboratorios de cateterización cardíaca donde la PR no ha sido optimizada.

## 2.4. Referencias

EC, 2000. Referral Criteria for Imaging. Radiation Protection 118. European Commission, Directorate General for the Environment, Luxembourg, 2000 <[http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/118\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/118_en.pdf)>. (accessed March 1, 2011).

ICRP, 2000. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. ICRP Publication 85. Ann. ICRP 30 (2).

ICRP, 2003. Managing patient dose in digital radiology. ICRP Publication 93. Ann. ICRP 34 (1).

UNSCEAR, 2000. Sources and Effects of Ionising Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Report to the General Assembly with Scientific Annexes, United Nations, New York.

## 3. PRIORIDAD DE TEMAS A INCLUIR EN EL ENTRENAMIENTO

(53) El presente capítulo considera los objetivos de la capacitación y los temas que deberían incluirse en el entrenamiento en protección radiológica (PR). Se destaca la necesidad de involucrar a aquellos en proceso de entrenamiento y de concientizarlos sobre las consecuencias y riesgos de la radiación asociados a las técnicas que utilizan. Lograr un entrenamiento efectivo con un enfoque realista sobre el uso de la radiación no es una tarea sencilla. Asimismo, se brinda el contenido recomendado para los cursos que tratan sobre las consecuencias de la radiación, los riesgos y las aplicaciones para todos los médicos. El presente material podría ser tratado en las carreras de medicina y otras de asistencia médica. De mismo modo, se consideran otros temas que varían en función del rol del médico o profesional de asistencia médica. Las Tablas 3.1 y 3.2 presentan las recomendaciones sobre el alcance del entrenamiento y el contenido que resulta relativamente importante para cada grupo.

### 3.1. Objetivos del entrenamiento

(54) Un componente clave en el éxito de cualquier programa de entrenamiento es convencer al personal involucrado sobre la importancia del principio de optimización en la PR, a fin de que lo implementen en su práctica rutinaria. Con dicho objetivo, el material de entrenamiento debe ser relevante y presentado de manera tal que los clínicos puedan relacionarlo a su propia situación.

(55) Los temas prioritarios a incluir en el entrenamiento dependerá del tipo de participación de los diferentes profesionales en exposiciones médicas. Por ejemplo, ciertos aspectos operacionales que son importantes para radiólogos y especialistas en medicina nuclear, no lo son para los médicos prescriptores. Sin embargo, la mayoría de los especialistas médicos requieren conocimiento sobre temas básicos, como ser las consecuencias y los riesgos de la radiación. Los operadores intervencionistas deben ser conscientes de que se deben evitar los efectos determinísticos mediante el manejo de las dosis a los pacientes (y al personal), de manera tal que las mismas se encuentren por debajo de los valores umbrales.

(56) Los efectos determinísticos pueden ser percibidos fácilmente por aquellos con un entendimiento básico sobre los principios de la PR, ya que conforman un simple proceso de destrucción de células. Los programas de enseñanza para radiólogos y cardiólogos intervencionistas deberían proveer información sobre la relación dosis-respuesta para efectos determinísticos, el modo en que ciertos factores secundarios pueden afectarlos, y sobre las magnitudes de las dosis umbrales para distintos tipos de tejido.

(57) Por otra parte, los mecanismos involucrados en la inducción de efectos estocásticos y la probabilidad de que ocurran en función de una dosis, pueden no resultar obvios para todos los médicos y profesionales de asistencia médica. Mientras que el aumento en la incidencia y la mortalidad a causa de afecciones malignas luego de altas dosis no es cuestionado y es comúnmente conocido (como ser el caso de los sobrevivientes de la bomba atómica y muchos otros grupos), la situación a dosis menores (<0,1 Sv) es

diferente, ya que el factor de riesgo deriva de la extrapolación de dosis más altas, y se basa en una hipótesis. Además, la magnitud del riesgo (probabilidad de ocurrencia) en un dominio de baja dosis es pequeña, diferida en el tiempo y no puede atribuirse directamente a una exposición.

- (58) El riesgo de mortalidad o de una seria disfunción de salud es varias veces mayor en la práctica diaria de la medicina clínica que el riesgo atribuible a un fenómeno estocástico resultante de un procedimiento radiológico de diagnóstico o intervencionista. Además, el retraso en la manifestación es relativamente extenso, por lo que no es sorprendente que el riesgo de un fenómeno estocástico ocupe el segundo o tercer lugar entre las preocupaciones de muchos médicos y ayudantes, aun cuando sus consecuencias (en caso de ocurrir) pudieran resultar en un gran sufrimiento o aún en la pérdida de una vida. Del mismo modo, se olvida usualmente que existen ciertos pacientes que experimentan procedimientos diagnósticos radiológicos de manera frecuente, con la consecuencia de un mayor riesgo promedio de inducción al cáncer por irradiación médica. La capacitación y el entrenamiento deberán encontrarse orientados a lograr la transferencia clara y convincente del conocimiento actual y de las recomendaciones sobre la materia aceptadas al momento. El enfoque recomendado por la ICRP para su sistema de PR consta de considerar que no hay umbrales de dosis para los efectos estocásticos, y que el riesgo de los efectos estocásticos es proporcional a la dosis al órgano o tejido.
- (59) El otro extremo en la reacción ante la exposición a la radiación, la cual frecuentemente distorsiona el enfoque razonable sobre el riesgo, se encuentra usualmente asociada al desconocimiento respecto de las consecuencias reales y de su frecuencia. El ejemplo más común es la exageración sobre los riesgos de la exposición intra-uterina, relacionada a la inducción de malformaciones. A menudo, los individuos no son conscientes de que dichos efectos son determinísticos por naturaleza, por lo que no ocurrirán cuando la dosis al embrión sea baja, como ocurre en el caso de los procedimientos diagnósticos. La Publicación 84 (ICRP, 2000) trata este tema de manera clara y detallada.
- (60) La presentación clara de los principios básicos de la radiobiología y las consecuencias de la exposición a radiaciones ionizantes debería convencer a quienes se encuentran en proceso de entrenamiento de que la optimización de la PR es correcta, tanto lógica como éticamente. Asimismo, debería proveer evidencia convincente sobre los beneficios a la salud que proveen los procedimientos médicos diagnósticos e intervencionistas que utilizan radiaciones ionizantes, cuando se aplican adecuadamente los principios operacionales de la PR. Dichos beneficios usualmente exceden de manera sustancial a las posibles consecuencias perjudiciales que se le atribuyen al riesgo radiológico.

### **3.2. Temas del curso para estudiantes de medicina y profesionales médicos**

- (61) El desafío para la capacitación médica es identificar la información que los médicos precisan conocer para la práctica diaria. Sin embargo, los cursos en PR dentro de las carreras de medicina son limitados, a pesar de que muchos estudiantes serán médicos que utilizarán equipamiento de rayos X, prescribirán exámenes radiológicos de diagnóstico por imágenes, o deberán responder a consultas de sus pacientes sobre la seguridad de la radiación. La capacitación en PR podría vincularse a cursos sobre aplicaciones de diagnóstico por imágenes y al entrenamiento en la interpretación de imágenes por rayos X en la carrera de medicina.
- (62) Una orientación útil sobre algunos de los temas a incluir en el programa de capacitación en PR para estudiantes médicos es la Guía de Soporte 2 del ICRP, "La radiación y el paciente: Una guía para profesionales médicos" (ICRP, 2001).
- (63) El contenido principal para dichos programas debería incluir (además de los requerimientos locales):
- propiedades de la radiación ionizante (rayos X, partículas beta y electrones);

- método para cuantificar la cantidad de radiación; cantidades y unidades radiológicas;
- mecanismos radiológicos de interacción con materiales biológicos;
- clasificación de efectos radiológicos: determinísticos y estocásticos;
- magnitud de los riesgos de cáncer y efectos hereditarios;
- el uso de la radiación en radiología diagnóstica, TC, radiología intervencionista, medicina nuclear, PET/TC, y radioterapia;
- recomendaciones y requerimientos legales aplicables a las exposiciones médicas, ocupacionales y del público;
- principios y métodos de protección a los pacientes y al personal en la radiología diagnóstica e intervencionista;
- principios de justificación de procedimientos radiológicos, optimización de la PR, y limitación de dosis;
- dosis típicas de procedimientos médicos diagnósticos;
- aplicación del riesgo en el proceso de justificación;
- la importancia del principio de optimización y el uso de niveles de referencia diagnósticos en el manejo de la exposición de los pacientes;
- el rol apropiado de la dosis efectiva en la medicina;
- dosis que pueden inducir a efectos determinísticos (procedimientos intervencionistas);
- la información que pueden brindar distintas técnicas de diagnóstico por imágenes y la utilidad relativa de técnicas alternativas;
- modos de obtener lineamientos sobre criterios de prescripción para diversos exámenes;
- el principio de llevar a cabo investigaciones radiológicas diagnósticas sólo cuando las mismas influenciarán al tratamiento del paciente;
- los riesgos de la radioterapia, la medicina nuclear y la radiología diagnóstica e intervencionista;
- la consideración particular para con niños y mujeres embarazadas en procedimientos diagnósticos e intervencionistas;
- los riesgos para mujeres embarazadas (pacientes o miembros del personal) y para los fetos en la medicina nuclear (incluyendo terapia) y en la radiología diagnóstica e intervencionista;
- ocasiones en las que pacientes tratados con radiación o en tratamiento por medicina nuclear o exámenes PET pueden poner en riesgo a terceros;
- conocimiento y habilidades para asesorar a pacientes sobre los riesgos de la radiación, previa y posteriormente a exposiciones médicas;
- preguntas frecuentes y respuestas sugeridas;
- legislación nacional e internacional, lineamientos e instituciones; y
- asuntos legales y litigios.

### **3.3. Recomendaciones para el entrenamiento de diversas categorías de personal médico**

(64) Las Tablas 3.1 y 3.2 incluyen los diferentes grupos de temas y el nivel de entrenamiento recomendado para las diversas categorías de personal médicamente calificado y de otros profesionales de asistencia médica. Las mismas han sido elaboradas en base a lineamientos existentes, como ser los de la Comisión Europea (EC, 2000). Se ha ampliado el contenido del curso y extendido las listas, a fin de brindar un desglose más completo para las categorías del personal involucrado con los diferentes aspectos de las exposiciones a la radiación.

(65) Se conoce que la división de tareas entre los profesionales varía según el país. Por lo tanto, los requerimientos de entrenamiento serán diferentes en función de los roles que cumplan los individuos, y el alcance de capacitación y entrenamiento debería determinarse según una evaluación de la necesidad y la identificación de objetivos específicos de entrenamiento. Los grupos identificados en las Tablas 3.1 y 3.2

se presentan a modo de ejemplo. Un mismo individuo puede ser parte de más de una categoría. Por ejemplo, un cardiólogo intervencionista que también realiza prescripciones y evalúa exámenes cardiológicos nucleares debe cumplir con requerimientos tanto de la Categoría 3 como de la Categoría 5. Los elementos que existan en común entre ambas categorías deberán cumplirse sólo una vez.

- (66) Las áreas y niveles sugeridos en las tablas deberían ser considerados como el conocimiento principal. Podría requerirse un entrenamiento adicional y más detallado para algunos de los grupos. La aplicación práctica de la PR específica para una modalidad relevante debería incluirse en la "PR operacional". Los programas de entrenamiento deberían incluir los procedimientos a seguir luego de ocurrir dosis accidentales o no intencionadas a los pacientes en prácticas radiológicas, así como también algunos aspectos sobre cuestiones éticas. Un enfoque útil en el desarrollo de la estructura para los cursos y el material de entrenamiento podría ser la elaboración de módulos separados, relacionados a los diferentes roles que cumplen los médicos prescriptores, los operadores y los profesionales.
- (67) El número de horas indicado en las tablas debería ser considerado como un indicador del alcance del entrenamiento, que podría contener componentes de diferentes períodos de capacitación y entrenamiento; como ser los programas básicos de residencia y los cursos particulares de entrenamiento.
- (68) Los físicos médicos deberían contar con el nivel más alto de conocimiento sobre todas las áreas de entrenamiento, además de la física y todos los aspectos relevantes de los programas de garantía de calidad debido a que cumplirán un rol principal asesorando a terceros sobre la optimización de la PR y brindando entrenamiento. Este grupo necesitará mantener su competencia a fin de garantizar que se mantienen actualizados respecto del conocimiento actual sobre las consecuencias y riesgos de la radiación, las innovaciones en técnicas y equipamientos, y los requerimientos legislativos. Asimismo, deberán requerir sustancialmente más entrenamiento que otras categorías consideradas en el presente documento.
- (69) La duración de los programas de entrenamiento (trabajo teórico y práctico) dependerá del conocimiento previo sobre física radiológica, radiobiología, etc., entre los diversos grupos de profesionales de asistencia médica en los diferentes países. Una herramienta útil para definir la cantidad de horas necesarias de entrenamiento, podría ser el uso de lineamientos que contengan objetivos educacionales específicos. Las partes del curso deberían adaptarse para el cumplimiento de los objetivos, y debería establecerse una duración de tiempo realista.
- (70) El entrenamiento en PR debería incluir ejercicios y sesiones prácticas para aquellos directamente involucrados en los procedimientos. Se recomienda una sesión práctica en una instalación clínica que dure al menos 1-2 horas para los programas de entrenamiento más simples; y en cursos más extensivos, un 20-40% del tiempo total contemplado en el cronograma podría ser dedicado a ejercicios prácticos.
- (71) El Anexo A brinda algunos ejemplos del contenido del curso para diferentes grupos involucrados en exposiciones médicas. Los radiólogos y técnicos involucrados en radiología pediátrica, mamografías y TC requerirán entrenamiento específico relacionado a asuntos de la PR para dichos exámenes. El Anexo B presenta los objetivos de entrenamiento específicos para aquellos que trabajan en el área de radiología pediátrica.

### 3.4. Referencias

- EC, 2000. Guidelines for Education and Training in Radiation Protection for Medical Exposures. Radiation Protection 116. European Commission, Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, Luxembourg.
- ICRP, 2000. Pregnancy and medical radiation. ICRP Publication 84. Ann. ICRP 30 (1).
- ICRP, 2001. Radiation and your patient – a guide for medical practitioners. ICRP Supporting Guidance 2. Ann. ICRP 31 (4).

Tabla 3.1. Requerimientos de entrenamiento en protección radiológica recomendados para diferentes categorías de médicos y odontólogos.

Área de entrenamiento	Categoría							
	1 RD	2 MN	3 CI I	4 EMX	5 EMN	6 MAP	7 O	8 MD
Estructura atómica, producción de rayos X e interacción de la radiación	m	a	b	b	b	b	b	-
Estructura nuclear y radiactividad	m	a	b	-	m	-	-	-
Cantidades y unidades radiológicas	m	a	m	m	m	b	b	b
Características físicas de los equipos de rayos X	m	b	m	m	b	b	m	-
Principios de la detección de la radiación	m	a	b	b	m	-	b	-
Principio y proceso de justificación	a	a	a	a	a	a	a	m
Fundamentos de radiobiología; efectos biológicos de la radiación	a	a	m	m	m	b	b	b
Riesgos de cáncer y enfermedades hereditarias	a	a	m	m	m	b	m	m
Riesgo de efectos determinísticos	a	a	a	m	b	b	m	b
Principios generales de la PR, incluyendo la optimización	a	a	a	m	m	m	m	b
PR Operacional	a	a	a	m	a	m	m	b
Aspectos particulares de la PR de los pacientes	a	a	a	a	a	m	a	b
Aspectos particulares de la PR del personal	a	a	a	a	a	m	a	b
Dosis típicas de procedimientos diagnósticos	a	a	m	m	m	m	m	m
Riesgos de la exposición fetal	a	a	b	m	m	b	b	b
Control de Calidad y Garantía de la Calidad	m	a	m	b	b	-	b	-
Regulaciones nacionales y estándares internacionales	m	m	m	m	m	b	m	b
Cantidad de horas de entrenamiento sugerida	30-50	30-50	20-30	15-20	15-20	8-12	10-15	5-10

*PR, protección radiológica; RD, especialistas en radiología diagnóstica; MN, especialistas en medicina nuclear; CI, cardiólogos intervencionistas; I, intervencionistas de otras especialidades; EMX, otros especialistas médicos que utilizan sistemas de rayos X; EMN, otros especialistas médicos que utilizan medicina nuclear; MAP, otros médicos que asisten en procedimientos de fluoroscopia, como ser los anestésicos y médicos de asistencia ocupacional; O, odontólogos; MD, médicos que prescriben exposiciones médicas y estudiantes de medicina; b, bajo nivel de conocimiento que indica un conocimiento y comprensión general de los principios; m, nivel medio de conocimiento indicando el entendimiento básico en la materia, suficiente para influenciar en las prácticas involucradas; a, nivel alto de conocimiento y comprensión detallados, suficiente para poder capacitar a terceros.*

Tabla 3.2. Requerimientos de entrenamiento en protección radiológica recomendados para diferentes categorías de profesionales de asistencia médica distintos de los médicos u odontólogos.

Área de entrenamiento	Categoría								
	9 FM	10 TMNX	11 IMAE	12 PAM	13 EA	14 PCO	15 QUI	16 RLR	17 REG
Estructura atómica, producción de rayos X e interacción de la radiación	a	m	m	b	b	m	b	m	b
Estructura nuclear y radiactividad	a	m	m	-	-	-	-	m	b
Cantidades y unidades radiológicas	a	m	m	b	b	b	m	m	m
Características físicas de los equipos de rayos X	a	a	a	m	-	b	m	b	b
Principios de la detección de la radiación	a	a	a	b	b	b	b	m	b
Principio y proceso de justificación	a	a	-	b	b	b	a	-	m
Principios de radiobiología; efectos biológicos de la radiación	a	m	b	m	b	b	m	m	b
Riesgos de cáncer y enfermedades hereditarias	a	a	b	m	b	m	m	m	m
Riesgo de efectos determinísticos	a	a	-	b	b	b	m	b	m
Principios generales de la PR, incluyendo la optimización	a	a	m	m	m	m	m	m	m
PR Operacional	a	a	m	m	m	m	m	a	m
Aspectos particulares de la PR de los pacientes	a	a	m	a	m	m	a	-	m
Aspectos particulares de la PR del personal	a	a	m	a	m	m	a	a	m
Dosis típicas de procedimientos diagnósticos	a	a	b	b	-	b	m	-	b
Riesgos de la exposición fetal	a	a	b	m	b	b	m	m	b
Control de Calidad y Garantía de la Calidad	a	a	a	b	-	m	m	b	m
Regulaciones nacionales y estándares internacionales	a	m	a	m	b	b	m	m	a
Cantidad de horas de entrenamiento sugerida	150-200	100-140	30-40	15-20	8-12	10-15	10-30	20-40	15-20

*PR, protección radiológica; FM, físicos médicos especialistas en PR, medicina nuclear y radiología diagnóstica; TMNX, técnicos en medicina nuclear y rayos X; PAM, profesionales de asistencia médica involucrados directamente en procedimientos de rayos X; EA, personal de enfermería que asiste en procedimientos de rayos X o medicina nuclear; PCO, profesionales de cuidado odontológico, incluyendo higienista dental, enfermería odontológica y asistentes de cuidado dental; IMAE, ingenieros de mantenimiento y especialistas en aplicaciones clínicas; QUI, quiroprácticos y otros profesionales que prescriben, justifican y llevan a cabo procedimientos radiográficos (la cantidad de entrenamiento depende del rango de tareas realizadas); RLR, radiofarmacéuticos y personal de laboratorio de radionucleídos; REG, reguladores; b, bajo nivel de conocimiento que indica un conocimiento y comprensión general de los principios; m, nivel medio de conocimiento indicando el entendimiento básico en la materia, suficiente para influenciar las prácticas involucradas; a, nivel alto de conocimiento y comprensión detallados, suficiente para poder capacitar a terceros.*

## 4. OPORTUNIDADES DE ENTRENAMIENTO Y METODOLOGÍAS SUGERIDAS

(72) El presente capítulo brinda recomendaciones sobre el entrenamiento de una selección de categorías de personal, seguidas por un debate sobre el enfoque de los cursos, y sugerencias respecto de los individuos que deberían realizar las presentaciones y llevar a cabo el entrenamiento. Los físicos médicos y otros profesionales proveerán gran parte del entrenamiento en PR; sin embargo, los profesionales médicos y de asistencia médica que realizan procedimientos radiológicos tendrán un rol importante. Asimismo, se desarrollarán los temas relacionados al método de enseñanza, los tiempos adecuados de capacitación, y la necesidad de continuar con el entrenamiento a lo largo de la carrera profesional de cada individuo como parte de su desarrollo profesional continuo.

### 4.1. Programas de entrenamiento

(73) Los programas de entrenamiento deben estar preparados para una variedad de categorías diferentes de personal médico y clínico, con mayor o menor contacto con exposiciones médicas.

(74) En general, las profesiones incluidas en las Categorías 1 y 2 (Tabla 3.1), y 9 y 10 (Tabla 3.2) contarán con una capacitación adecuada en PR y con un sistema formal de examinación que corroborará su competencia antes de que los individuos reciban su título. A fin de que un individuo se encuentre calificado y habilitado para ejercer la profesión y enseñar a otros profesionales, no solo es necesaria su capacitación sino también un entrenamiento formal en PR con prueba de su competencia profesional mediante certificación profesional. Generalmente, el título odontológico para la Categoría 7 incluye la capacitación y entrenamiento en PR. En el caso de los profesionales de asistencia odontológica, la capacitación y entrenamiento en PR podrían encontrarse incluidos en cursos específicos de entrenamiento (Categoría 14).

(75) Respecto del resto de los profesionales médicos considerados en las Categorías 3, 4 y 5 (Tabla 3.1) y otros profesionales de asistencia médica en la Categoría 12 (Tabla 3.2) directamente involucrados en procedimientos que utilizan radiación, la Comisión es consciente que ha existido una considerable falta de capacitación y entrenamiento a nivel global que debe ser remediada. La ICRP recomienda que los niveles de capacitación y entrenamiento sean proporcionales al nivel de uso de la radiación. Asimismo, los físicos, el personal de enfermería y otros profesionales de asistencia médica (Categorías 6 y 13) que se encuentran involucrados en procedimientos radiológicos que no influyen directamente a las dosis al paciente precisan cierto entrenamiento en PR.

(76) Las necesidades de entrenamiento en PR de los médicos que prescriben exposiciones médicas (profesionales en la Categoría 8), han permanecido en gran parte desatendidas. Es desafortunado que en el pasado el entrenamiento en PR haya sido relacionado solamente a la seguridad del personal, y que los temas relacionados a la seguridad del paciente hayan sido descuidados. El entrenamiento de esta categoría de personal es importante debido a su influencia directa sobre la seguridad del paciente. Entre los principios de PR de la ICRP para la justificación, optimización y límites de dosis, los médicos que realizan prescripciones cumplen un rol significativo en la justificación de los exámenes médicos. Otros profesionales de asistencia médica que derivan pacientes a un conjunto específico de exposiciones, requieren un nivel de entrenamiento en PR similar a la de los profesionales incluidos en la Categoría 8 en relación a dichas exposiciones.

(77) Existen diferencias significativas en el número de exposiciones médicas que se llevan a cabo en países desarrollados con un nivel de asistencia médica supuestamente similar. Si bien algunas de estas variaciones podrían ser producto del uso de procedimientos más avanzados, las diferencias en el nivel de control sobre la prescripción y justificación de las exposiciones, y en los métodos de distribución y

financiación de la asistencia médica son los factores contribuyentes más importantes. Ciertas investigaciones han señalado que los médicos prescriptores cuentan con un escaso nivel de conocimiento sobre PR, y se ha identificado que solo algunos de los responsables de prescribir o realizar exámenes médicos se encuentran familiarizados con las cantidades y unidades utilizadas para especificar la cantidad de radiación o nivel de riesgo de los procedimientos comunes. Por consiguiente, la Comisión recomienda colocar un mayor énfasis en la transferencia de conocimiento sobre la PR y su aplicación a los médicos prescriptores. Dicha recomendación aplica particularmente a los médicos generales y especialistas médicos externos a las especializaciones radiológicas. Debido a que es probable que todos los profesionales médicos prescriban exposiciones médicas, la Comisión recomienda que se brinde una capacitación básica en PR a los médicos (Categoría 8) como parte de su título médico. Asimismo, la ICRP alienta a las sociedades profesionales para que miembros relevantes del personal médico y de PR trabajen en conjunto a fin de desarrollar una capacitación continua, en colaboración con los prestadores de asistencia médica.

- (78) La transferencia de conocimiento a los médicos prescriptores actuales es más difícil de tratar. Además de la información básica sobre PR y dosis de radiación que deriva de los diferentes procedimientos que se enseñan a todos los estudiantes de medicina, se alienta a las organizaciones internacionales de PR y organismos profesionales a facilitar la transferencia de conocimiento a los médicos prescriptores actuales poniendo a su disposición material apropiado y de fácil acceso, y brindándoles oportunidades de aprendizaje. Algunos métodos alternativos posibles podrían incluir la distribución de material impreso sobre PR, quizás acompañados de folletos sobre lineamientos de prescripción, la promoción de programas cortos de aprendizaje en línea orientados específicamente a los médicos prescriptores, y la inclusión de presentaciones sobre PR en conferencias para profesionales médicos en general y otras especialidades médicas.
- (79) Los ingenieros de mantenimiento y especialistas en aplicaciones clínicas (Categoría 11) reciben actualmente cierto entrenamiento en PR, el cual se encuentra focalizado principalmente en la PR del personal. Es necesario ampliar el entrenamiento en PR de los pacientes, en particular en lo que respecta a la radiología digital y el nuevo equipamiento. En el entrenamiento de los ingenieros se deberían recalcar los principios y procedimientos sobre la calidad de imagen y optimización de dosis. A fin de lograr este objetivo, será necesario cierto grado de coordinación a nivel nacional.
- (80) Los quiroprácticos (Categoría 15) requieren entrenamiento para prescribir exposiciones radiográficas; no obstante, precisarán también un entrenamiento adicional y extensivo, tanto práctico como teórico, en caso de justificar exposiciones y operar su propio equipamiento de rayos X. Por lo tanto, el rango de horas destinadas a este grupo es amplio, y la cantidad de entrenamiento adquirido precisa ser ajustado en consecuencia.
- (81) No se debe confundir al personal de laboratorio de radionucleidos (Categoría 16) con otras categorías debido a que el riesgo de la exposición a la radiación es sólo para el personal, y no para el personal y los pacientes. Los requerimientos en PR serán menores para quienes trabajan con determinados radionucleidos, y el alcance de capacitación y entrenamiento debe definirse en consecuencia. En muchos casos, el monitoreo al personal podría no ser necesario. No obstante, la Comisión recomienda que el entrenamiento para el personal de laboratorio se adecúe a sus necesidades, lo cual podría implicar una mayor duración ya que dicho personal podría trabajar con radionucleidos a tiempo completo. Del mismo modo, algunos podrían encontrarse exentos del monitoreo de personal por ser inapropiado conforme al tipo de radiación emitida por el material radiactivo que manejan.
- (82) El personal de las autoridades regulatorias (Categoría 17) debería estar integrado por físicos médicos experimentados o equivalentes con fuertes competencias en radioprotección, aunque pudieran precisar cierto entrenamiento adicional.

## 4.2. Entrenamiento

- (83) El objetivo de cualquier entrenamiento llevado a cabo en una instalación hospitalaria es adquirir conocimiento y habilidades, y existen diversas estrategias a fin de lograrlo. Los programas de entrenamiento convencionales utilizan una estructura basada en los planes de estudios. Existe una diferencia fundamental entre las metodologías de entrenamiento empleadas en materias médicas (o clínicas) y las no médicas. Si bien el entrenamiento no médico -particularmente en el pasado- se ha basado en la transmisión de conocimiento, el entrenamiento clínico siempre ha colocado un gran énfasis en impartir habilidades para resolver problemas diarios. De hecho, en la actualidad, gran parte del entrenamiento se encuentra orientado hacia la práctica en muchas áreas de materia no médica. Un programa de entrenamiento en PR para profesionales de asistencia médica debe estar orientado al tipo de entrenamiento al cual la audiencia a la que se dirige está acostumbrada. Las clases deberían tratar los conocimientos básicos y esenciales, y asesorar sobre situaciones prácticas. Asimismo, las presentaciones deberían estar orientadas a situaciones clínicas a fin de impartir habilidades en el contexto adecuado. El entrenamiento práctico debería llevarse a cabo en un ambiente similar al lugar en el que los participantes ejercerán sus prácticas, y debería proveer tanto el conocimiento como las habilidades necesarias para llevar a cabo procedimientos clínicos. Del mismo modo, dicho entrenamiento debería presentar el amplio rango de situaciones que probablemente afrontarán los individuos.
- (84) El entrenamiento debería ser provisto por un grupo de profesionales del área radiológica, cada uno brindando su conocimiento específico. El entrenador principal debería ser una persona experta en Protección Radiológica en relación a la práctica que trata. Normalmente, este lugar lo ocupa un físico médico, aunque los radiólogos y otros profesionales del área tienen un rol importante. Asimismo, el entrenador principal debería poseer conocimiento sobre la práctica clínica en el uso de la radiación, la naturaleza de la misma, el modo de medición, la manera en que interactúa con los tejidos, el tipo de efectos a los que puede conducir, los principios y filosofías de la PR, y los lineamientos internacionales y nacionales. Debido a que la PR se encuentra incluida en la legislación de casi todos los países del mundo, es esencial el conocimiento de la legislación nacional y las responsabilidades de los individuos y organizaciones.
- (85) En muchas ocasiones, el entrenador en PR podría no contar con el conocimiento de los aspectos prácticos, y por lo tanto, exponer desde un punto de vista irreal en base a situaciones idealizadas. El aspecto más importante en cualquier entrenamiento exitoso es que el entrenador cuente con una percepción clara de los antedichos aspectos prácticos en el trabajo que el entrenamiento debe abarcar. Asimismo, debería tratar las cuestiones que los individuos pueden practicar en el trabajo diario. Ciertos entrenadores en PR no pueden evitar la tentación de tratar con más profundidad de la necesaria algunos temas básicos como las unidades de radiación, la interacción de la radiación con la materia, e incluso la estructura del átomo y las radiaciones atómicas. Dichos temas básicos, aunque esenciales en programas de capacitación, sólo deberían tratarse en el nivel que sea apropiado para el propósito en cuestión. Un entrenador exitoso se guía por la utilidad de la información para la audiencia y no incluirá definiciones extremadamente complejas meramente por propósitos académicos. Lo mismo aplica para los requerimientos regulatorios. El entrenador debería comunicarse con el lenguaje de los usuarios a fin de transmitir la información necesaria sin comprometer a los requerimientos regulatorios. Es importante que los encargados del entrenamiento en PR actualicen sus conocimientos de manera continua a fin de mantenerse al corriente de las nuevas técnicas y tecnologías clínicas. Los técnicos y otros profesionales de la salud que utilizan radiación en su trabajo diario en hospitales y que administran dosis de radiación a los pacientes tienen conocimiento sobre los problemas prácticos que conlleva tratar con pacientes que pueden encontrarse muy enfermos. Ellos comprenden los problemas con los equipos de radiación que manejan, las limitaciones de tiempo para tratar con un gran número de pacientes, y la falta de herramientas de medición y protección radiológica, y pueden prestar una valiosa contribución al entrenamiento de otros grupos. Se recomienda firmemente la inclusión de presentaciones de clínicos prácticos en los cursos para las Categorías 1-8. No

obstante, para brindar apoyo a los clínicos prácticos, que podrían no contar con el conocimiento teórico y regulatorio actualizado que se precisa, podría ser útil que el entrenador en PR se encuentre disponible durante dichas presentaciones a fin de comentar y debatir sobre los temas que surjan.

### 4.3. Cantidad de entrenamiento

- (86) La cantidad de entrenamiento es otro tema que debe ser tomado en consideración. La mayoría de los individuos y organizaciones siguen el camino relativamente sencillo de prescribir el número de horas. El presente informe brinda algunas recomendaciones sobre la cantidad de horas de capacitación y entrenamiento en las Tablas 3.1 y 3.2. Las mismas deben ser consideradas como simples guías y no como un instructivo de estricta aplicación, lo cual es ventajoso en términos de implementación y control de la actividad de entrenamiento. Debería evitarse la flexibilidad extrema en lo que a la cantidad de entrenamiento respecta debido a que podría derivar en variaciones en los estándares de la práctica.
- (87) La cantidad de entrenamiento debería asociarse al conocimiento previo de los individuos en entrenamiento y a la metodología de evaluación. Se debe tener conciencia de los objetivos educativos del entrenamiento; es decir, el de adquirir conocimiento y habilidades. Muchos programas se limitan a proveer entrenamiento sin constatar el logro de los objetivos. Si bien ciertos programas cuentan con evaluaciones pre y post entrenamiento para validar el conocimiento obtenido, solo algunos programas de entrenamiento evalúan la adquisición de las habilidades prácticas. El uso de la metodología moderna de examinación en línea permite la determinación instantánea de los resultados. Sería apropiado fomentar el desarrollo de cuestionarios y sistemas de examinación para evaluar el conocimiento y las habilidades, en lugar de prescribir el número de horas de entrenamiento. Se debería promover el desarrollo de esquemas de evaluación a nivel nacional o esquemas elaborados por organismos profesionales, ya los mismos garantizarían la consistencia de los estándares. Debido a la magnitud del requerimiento de entrenamiento en PR, resultaría útil que las organizaciones desarrollen sistemas de evaluación en línea. La Comisión conoce que dichos métodos en línea se encuentran disponibles en la actualidad, principalmente por parte de organizaciones que se ocupan de exámenes llevados a cabo a gran escala. Se promueve el desarrollo de sistemas de autoevaluación a fin de permitir a los individuos en entrenamiento utilizarlos en la comodidad de su hogar, en una computadora personal, o en cualquier sitio con acceso disponible a Internet. La ICRP recomienda que la evaluación ocupe un lugar primordial.
- (88) La cantidad de entrenamiento debería contemplar el tipo de trabajo radiológico que se realiza, el nivel de riesgo, la frecuencia del procedimiento y la probabilidad de que ocurran sobreexposiciones al paciente o al personal. Por ejemplo, los procedimientos intervencionistas pueden administrar dosis a la piel de algunos gray (Gy) a pacientes específicos, y las dosis de radiación a pacientes de exámenes de TC son relativamente altas, por lo que la necesidad de PR es proporcionalmente mayor. Se debería prestar particular atención a la cantidad de veces que puede repetirse un procedimiento como la TC en un mismo paciente. Si bien el nivel de radiación empleado en la mayoría de los procedimientos de diagnóstico por imágenes es menor que en los ejemplos brindados, se debe considerar la minimización de las dosis ya que el número de veces que se lleva a cabo este procedimiento es mucho mayor. Asimismo, deberían considerarse los cambios en el nivel de radiación del trabajo, los cuales pueden ocurrir con bastante rapidez para cualquier profesional médico (por ejemplo, el movimiento del personal) y en cualquier institución médica (por ejemplo, la introducción de servicios nuevos), ya que podría requerir un entrenamiento adicional en PR en ciertos puntos durante la carrera del clínico.
- (89) La práctica de la cardiología intervencionista implica altas dosis localizadas de radiación a pacientes, las cuales podrían inducir a daños cutáneos. Por consiguiente, a medida que la cantidad de radiación empleada en la cardiología aumenta hasta igualar la cantidad utilizada en la radiología intervencionista, los estándares del entrenamiento sobre los efectos de la radiación, la física de la radiación, y la PR en la cardiología intervencionista debería igualar a aquellas de los aspectos intervencionistas de la radiología.

#### 4.4. Capacitación médica continua

(90) El entrenamiento en PR debería actualizarse cuando ocurre un cambio significativo en las técnicas radiológicas o en los riesgos de la radiación, y a intervalos no mayores a los 36 meses. Se estimula a los organismos profesionales a realizar presentaciones sobre PR que sean relevantes para su especialidad en congresos médicos, a fin de facilitar el desarrollo profesional continuo. Debido a que muchas instituciones médicas utilizan herramientas computarizadas tanto para su plan de estudios como para la capacitación continua, resulta razonable utilizar la misma estrategia para la capacitación continua en la radiobiología y las exposiciones a la radiación en la medicina. De acuerdo con estudios sobre el aprendizaje en línea relacionado a la medicina, existen diversos factores clave para considerar al momento de diseñar el material para este ámbito, incluyendo los requerimientos de los usuarios, el apoyo disponible por parte de la organización que lo desarrolla y la adaptabilidad a contextos variados.

### 5. CERTIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO

(91) El presente capítulo brinda recomendaciones para la acreditación de organizaciones que proveen entrenamiento y asisten en la certificación de individuos, e incluye información sobre los requerimientos mínimos y la experiencia necesaria para los profesores de los cursos. Se destaca la importancia de obtener una devolución por parte de los participantes sobre dichos cursos a fin de garantizar que el entrenamiento es el apropiado para su nivel de responsabilidad. Se trata la necesidad de evaluar el conocimiento obtenido del entrenamiento, y se brindan ejemplos de evaluación que podrían ser utilizados. Se recomienda que las universidades y sociedades científicas profesionales colaboren en la organización y acreditación de los cursos con el objetivo de garantizar que se dispone de programas de entrenamiento adecuados. Las autoridades regulatorias tendrán el rol de fomentar la participación. Las organizaciones internacionales pueden proveer material de entrenamiento acorde para su uso en los cursos de PR. Los proveedores de equipamiento radiológico están en buena posición para desempeñar un rol importante en el entrenamiento relacionado al uso efectivo de los nuevos sistemas de diagnóstico por imágenes.

#### 5.1. Terminología

(92) Los profesionales médicos y de asistencia médica involucrados en exposiciones médicas precisarán asistir a cursos de entrenamiento formales y acreditados. Asimismo, podrían recibir ciertos módulos de entrenamiento, particularmente aspectos prácticos en centros médicos locales, y todo el entrenamiento recibido debería ser formalmente registrado. Los cursos formales necesitarán brindar una certificación a los individuos entrenados.

(93) En el contexto de la presente publicación, los términos “acreditación” y “certificación” deben comprenderse del siguiente modo:

(94) “Acreditación” significa que una organización ha sido aprobada por un organismo autorizado para proveer entrenamiento a profesionales médicos sobre aspectos de la protección radiológica en el uso de procedimientos radiológicos para diagnóstico o intervención en medicina. La organización acreditada debe cumplir con estándares que hayan sido establecidos por el organismo autorizado.

(95) “Certificación” significa que un individuo profesional médico o clínico ha completado satisfactoriamente el entrenamiento proporcionado por una organización acreditada en los aspectos de PR de los procedimientos diagnósticos o intervencionistas que llevará a cabo de manera individual. El individuo debe demostrar competencia en la materia de la forma requerida por el organismo acreditado.

(96) Los estándares con los que debe cumplir una organización acreditada y la manera en la que los indivi-

dos certificados demuestran su competencia diferirán según los tipos de profesionales médicos y clínicos, las modalidades médicas, los diversos métodos de entrenamiento y los diferentes países. El presente informe no tiene como propósito establecer estándares (para la acreditación) o métodos para demostrar competencia (para la certificación), sino que provee lineamientos sobre los requerimientos. El organismo que provea acreditación precisará reconocimiento nacional y debería contar con la representación de figuras clave, como ser los organismos profesionales representando a los radiólogos, físicos médicos, técnicos y médicos.

## **5.2. Criterios para la acreditación de organizaciones para brindar entrenamiento en Protección Radiológica**

### **5.2.1. Requerimientos mínimos**

(97) Los requerimientos mínimos para la acreditación de un programa de entrenamiento deberían considerar todos los aspectos involucrados. Éste debería incluir el apoyo administrativo suficiente; la garantía para el almacenamiento de archivos, diplomas, etc. durante un período de tiempo determinado; el suficiente soporte didáctico (aulas, soporte audio-visual, etc.); profesores calificados en los temas a ser enseñados y con experiencia en física médica en hospitales; instrumentación para ejercicios prácticos y la disponibilidad de instalaciones clínicas para sesiones prácticas. El entrenamiento práctico debería ser llevado a cabo en instalaciones médicas, más que utilizar ejercicios de simulación computarizados o en laboratorios.

### **5.2.2. Experiencia de los docentes**

(98) Los docentes de los cursos de entrenamiento deberían ser competentes en lo que a la PR respecta; lo cual debe demostrarse mediante una certificación profesional, un registro estatal o un sistema de reconocimiento profesional equivalente. Asimismo, deben poseer experiencia en PR en instalaciones médicas y práctica en ambientes clínicos. A menudo, los físicos médicos tendrán el liderazgo en este aspecto, aunque otros grupos como los radiólogos, técnicos, y otros clínicos con conocimiento especializado sobre las técnicas pueden encontrarse involucrados. Los entrenadores que participan en estas actividades deberían cumplir con los requerimientos locales, y demostrar un conocimiento suficiente respecto de los aspectos de PR de los procedimientos que aplican los especialistas médicos involucrados en la actividad de entrenamiento (es decir, que para entrenar a los cardiólogos en PR, los entrenadores deberían demostrar previo conocimiento práctico sobre los aspectos de PR en laboratorios cardíacos). Tal experiencia puede adquirirse mediante observaciones y el trabajo con personal médico a fin de optimizar la técnica respecto a la dosis de radiación. No obstante, en ciertos países o regiones podría requerir la organización de ciertas actividades para “entrenar a los entrenadores”.

La asistencia a las presentaciones que brinda el personal médico en los cursos de PR y la participación en los debates durante los mismos podrían ser componentes útiles para el desarrollo del conocimiento del entrenador sobre técnicas y prácticas.

### **5.2.3. Devolución de los participantes**

(99) El análisis sobre los resultados de valoración por parte de los participantes al finalizar las actividades o cursos de entrenamiento, debería formar parte del seguimiento para mantener la acreditación de las organizaciones que proveen entrenamiento. Dichas valoraciones deben incluir aspectos sobre el contenido de la capacitación, la metodología, el material de entrenamiento, la duración del mismo, los trabajos prácticos, y la aptitud de los profesores para entrenar en temas específicos.

## **5.3. Evaluación para confirmar la finalización exitosa del entrenamiento**

(100) Luego de las actividades de entrenamiento en PR debe existir una evaluación del conocimiento adqui-

rido con el programa de entrenamiento, lo cual permitirá la acreditación a los participantes (requerida por las autoridades regulatorias o sanitarias en algunos países) y la verificación y mejoramiento de la calidad y adecuación de los profesores y del programa de entrenamiento (auditoría de la actividad de entrenamiento). En ciertas instituciones de entrenamiento, la auditoría ya se encuentra incluida de manera rutinaria en su sistema de gestión de la calidad.

- (101) Se pueden considerar varios métodos de evaluación. A fin de identificar las posibles debilidades en los programas de entrenamiento, podría utilizarse un simple examen de respuestas múltiples (multiple choice) para evaluar el conocimiento de los participantes y puntuar algunos de los aspectos clave. Este método cuenta con la ventaja de precisar sólo entre 30-60 min para su ejecución y los resultados pueden procesarse de manera sencilla con el software de una computadora convencional. Del mismo modo se podrían considerar otros métodos clásicos de evaluación, como ser el examen escrito, la entrevista oral, la respuesta a preguntas en evaluaciones computarizadas automáticas, la evaluación continua durante el programa de entrenamiento, etc.
- (102) En algunos países, podría establecerse un sistema para acreditar programas de entrenamiento en PR a nivel nacional o regional. Este proceso podría ser llevado a cabo por autoridades regulatorias o sanitarias, con la ayuda de instituciones académicas (universidades) y sociedades científicas o profesionales, o por las mismas instituciones académicas o sociedades profesionales. Asimismo, debería establecerse un registro de los organismos acreditados.
- (103) Podría requerirse una evaluación de competencia y habilidad práctica para las Categorías 1-5 y 7 en la Tabla 3.1., y las Categorías 9-12 y 14-16 en la Tabla 3.2.

### 5.3.1. Diplomas

- (104) Los diplomas o certificados otorgados a los participantes del programa de entrenamiento en PR deberían incluir los detalles básicos del mismo, lo cual incluye la mención del centro médico que llevó a cabo el entrenamiento, la cantidad de horas de entrenamiento acreditado, el proceso de acreditación (examen u otra forma de evaluación), fecha del entrenamiento, y el nombre del miembro(s) del personal académico con responsabilidad por el programa de entrenamiento.
- (105) El estado del conocimiento sobre PR evoluciona, y las técnicas radiológicas utilizadas se desarrollan, cambian y amplían con el tiempo. Por consiguiente, la certificación en PR debería estar limitada a un período de tiempo, y la renovación debería requerir que el personal participe en actividades periódicas de actualización y programas de desarrollo profesional continuo.

## 5.4. Los roles de diversas organizaciones en el entrenamiento en Protección Radiológica

### 5.4.1. Universidades, instituciones de entrenamiento y sociedades científicas

- (106) Las universidades, instituciones de entrenamiento y sociedades científicas podrían tener un rol importante que cumplir en la promoción, organización y acreditación de las actividades de entrenamiento en PR para las exposiciones médicas. Todas ellas tienen el conocimiento científico, la experiencia, la infraestructura y capacidad para seleccionar a los mejores profesores para los mencionados cursos o seminarios. La participación de las sociedades científicas médicas, radiológicas, técnicas, de medicina nuclear y física médica relevantes, es un factor clave para atraer a diversos clínicos a los programas de entrenamiento. Dichas sociedades también cuentan con la capacidad de incluir cursos de actualización en PR en sus congresos científicos con un alto impacto en la audiencia. Las sociedades de radiología, medicina nuclear, cardiología intervencionista, cirugía vascular y otras especialidades relevantes deberían ofrecer y promover cursos de actualización en PR durante los grandes congresos científicos.

#### 5.4.2. Autoridades regulatorias y sanitarias

(107) Las autoridades regulatorias y sanitarias tienen la capacidad de hacer cumplir con algunos niveles de entrenamiento y certificación en PR a aquellos involucrados en exposiciones médicas, y de decidir si resulta necesaria una actualización periódica para determinados grupos de especialistas. Asimismo, cuentan con la capacidad de dirigir recursos para dichos programas de entrenamiento, promover y coordinar la preparación de material de entrenamiento y, en ciertos casos, mantener un registro de los profesionales certificados.

#### 5.4.3. Organizaciones internacionales

(108) Algunas organizaciones internacionales [por ejemplo, la ICRP, el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Comisión Europea (CE), etc.] pueden brindar recomendaciones para el contenido (incluyendo objetivos de capacitación específicos), para el número de horas de entrenamiento reconocido para los diferentes grupos de profesionales, y criterios para la acreditación y certificación. Asimismo, pueden producir y coordinar la preparación de material de entrenamiento u ofrecerlo en sus sitios de internet.

#### 5.4.4. La industria radiológica

(109) La industria radiológica tiene un rol importante que cumplir en el entrenamiento de PR asociado a las nuevas tecnologías. La industria debería producir material de entrenamiento de manera simultánea con la introducción de nuevos sistemas de rayos X o de diagnóstico por imágenes con el propósito de promover los avances en PR de los pacientes y para alertar a los operadores respecto del impacto de sus tecnologías sobre las dosis al paciente en caso de que las nuevas modalidades no fueran utilizadas adecuadamente.

#### 5.4.5. Organización y financiación del entrenamiento

(110) La disponibilidad de infraestructura para la organización de programas de entrenamiento y los recursos financieros son asuntos fundamentales que los organismos regulatorios y las autoridades sanitarias deben considerar al requerir a los profesionales médicos una certificación en PR.

(111) En algunos países o regiones, la cooperación de organizaciones internacionales como ser el OIEA, la Organización Panamericana de la Salud (PAHO, por su sigla en inglés), la CE, etc. podría ser útil en el inicio de las actividades mediante la organización de cursos piloto y el suministro de materiales de entrenamiento a fin de capacitar a los entrenadores. Luego, podría ampliarse el entrenamiento en PR con la cooperación de universidades, centros de investigación y sociedades profesionales o científicas (como ser de física médica, radiología, medicina nuclear, cardiología, etc.).

(112) En caso de que la certificación en PR sea requerida para prácticas como ser la cardiología intervencionista, el certificado debería ser obtenido previo a que el profesional se encuentre involucrado en el ejercicio de la especialidad en el centro médico específico. Si se aplica el requerimiento en un país luego de que los profesionales ya se encuentran trabajando en la especialidad, los responsables de brindar asistencia médica deben habilitar los recursos para entrenar a sus propios profesionales sobre PR.

## ANEXO A. EJEMPLOS DEL CONTENIDO SUGERIDO PARA CURSOS DE ENTRENAMIENTO

### A.1. Medicina Nuclear [Categorías 2 (Tabla 3.1.) y 10 (Tabla 3.2)]

(A1) Los siguientes temas deberían encontrarse incluidos en el entrenamiento y capacitación sobre la optimización de la PR en la administración de radiofármacos a pacientes con propósitos diagnósticos.

- Justificación de la exposición, asegurando un balance positivo entre el beneficio y el riesgo. Las decisiones deberían basarse en evidencia científica y experiencia clínica que muestren que las indicaciones apropiadas cumplen con la antesmencionada condición. Un buen ejemplo son los lineamientos existentes al respecto, como ser las indicaciones para el uso de procedimientos radiológicos elaboradas por la CE (2000b). El entrenamiento debería incluir información sobre la proporción de casos para los cuales existe la posibilidad de utilizar otras modalidades de diagnóstico por imágenes, sin exponer al paciente a las radiaciones ionizantes.
- Las actividades de los radiofármacos utilizados para procedimientos diagnósticos específicos, considerando los niveles de referencia para diagnóstico.
- Elección del radiofármaco desde el punto de vista de las indicaciones clínicas.
- Dosis al órgano y dosis efectivas de diversos exámenes radiofarmacéuticos, y el efecto de la edad (mSv/MBq).
- Magnitud del riesgo en función a la edad.
- Elección del radiofármaco desde el punto de vista de la magnitud de las dosis al órgano o tejido, y la dosis efectiva.
- Elección del radiofármaco desde el punto de vista de las consideraciones económicas y su disponibilidad (logística).
- Condiciones específicas para la identificación de pacientes embarazadas, y limitaciones en los diagnósticos por medicina nuclear en el embarazo.
- Modificaciones de la actividad a administrar, en relación a la masa corporal y/o la edad (infantes, niños, adolescentes).
- Posible relajación de la restricción sobre la cantidad de actividad administrada en diagnósticos oncológicos.
- Mejora de la eliminación de radiofármacos a fin de reducir la exposición.
- Protección especial del feto en diagnósticos por medicina nuclear de la madre, indicaciones y contraindicaciones para ciertos procedimientos.
- Diagnósticos por medicina nuclear en mujeres en período de lactancia, abandono temporal o completo del amamantamiento en función del radiofármaco y la actividad administrada.
- Entendimiento de los principios, garantía de calidad rutinaria, y uso práctico de los calibradores de dosis.
- Entendimiento de los principios y la práctica implicada en las administraciones de radiofármacos vía intravenosa, oral e inhalatoria.
- Acción posterior a una mala administración.
- Procedimientos para tratar con pacientes incontinentes.
- Exposición de voluntarios en investigaciones médicas que implican la administración de radiofármacos – justificación, condiciones y requerimientos (éticos y legales).
- Rol de la gestión y control de la calidad en la optimización de la PR.
- Requerimiento para el cumplimiento de procedimientos autorizados.
- Propósito y alcance de las auditorías – internas y externas.
- Recomendaciones para pacientes que egresan de unidades de medicina nuclear luego de procedimientos de diagnóstico (muy breve).

### **A.1.1. Aspectos adicionales de la protección radiológica para procedimientos terapéuticos por medicina nuclear**

(A2) Los siguientes aspectos se incluyen debido a que usualmente no todos los especialistas en medicina nuclear asisten a los cursos en PR para radioterapia.

- Protección de los pacientes en terapia con radiofármacos, y del personal que prepara y administra radiofármacos.
- Indicaciones y cumplimiento de los procedimientos autorizados. En investigación, aceptación por parte de la comisión de ética.
- Consecuencias clínicas de la administración a una paciente embarazada al momento o en las semanas posteriores a la terapia con radionucleidos.
- Períodos durante los cuales las mujeres deberían evitar concebir luego de la terapia con radionucleidos.
- Tratamiento con terapia con radionucleidos de madres durante el embarazo – dilemas y limitaciones (exclusiones).
- Medidas de seguridad para el manejo de pacientes hospitalizados a los que se les administran dosis terapéuticas de radiofármacos.
- Instrucciones para pacientes que egresan de unidades de medicina nuclear luego de someterse a terapia con radiofármacos, particularmente con  $^{131}\text{I}$  administrado para el tratamiento de cáncer de tiroides o hipertiroidismo.

### **A.1.2. Protección del personal que trabaja en el área de medicina nuclear**

- Normas generales para trabajar con fuentes no selladas.
- Protección especial de las manos (dedos) de los radiofarmacéuticos en el marcado de ligandos con actividades altas de  $\text{Tc}^{99\text{m}}$ .
- Monitoreo de dosis en los dedos, y protección en el momento de inyectar a los pacientes por razones diagnósticas.
- Riesgos potenciales de las dosis altas debidas al manejo de radionucleidos terapéuticos (emisores beta de alta energía).
- Riesgos del manejo de radionucleidos emisores alfa (donde se lleve a cabo).
- Monitoreo de la exposición al personal que trata con actividades altas de  $^{131}\text{I}$ .
- Razones para la exclusión de trabajadoras embarazadas de actividades en áreas controladas.

### **A.1.3. Protección radiológica para personal que trabaja en PET/TC**

(A3) El objetivo general es familiarizarse con la tecnología de la PET/TC, los principios operacionales, el diseño seguro de las instalaciones, la dosimetría relacionada al personal y a los pacientes, y las consideraciones de PR relacionadas al uso de dicha técnica.

- La tecnología básica de la PET/TC incluyendo el ciclotrón, escáneres de PET y TC, y la fusión de ambas tecnologías en PET/TC.
- Requerimientos nacionales e internacionales para la exposición médica en PET/TC: responsabilidades, entrenamiento, justificación, optimización de la PR, niveles de referencia para diagnóstico y cálculos de dosis.
- Los procedimientos de PET/TC desde la perspectiva del paciente, incluyendo su preparación, la administración de radiofármacos, el diagnóstico por imágenes y el alta del paciente.
- Factores que influyen la dosis al paciente, particularmente para pacientes femeninos y pediátricos.
- Factores tomados en consideración para minimizar las dosis al personal y al público al diseñar nuevas instalaciones para PET/TC y/o ciclotrón, incluyendo cuestiones de blindaje y disposición.
- Equipamiento de protección (y su eficiencia) para la reducción de las dosis al personal en las instalaciones del ciclotrón y PET/TC: desde el blindaje hasta los dispositivos de manejo, y el equipamiento personal de protección.

- Monitoreo del personal y del lugar de trabajo; tipo de monitores; dónde, a quién y cuándo monitorear, procedimientos de descontaminación.
- Dosis que recibe el personal de PET/TC y el modo en el que los principios básicos de la PR pueden ser utilizados para minimizarlas; incluyendo al personal que se encuentre en la etapa de embarazo, visitantes a la unidad, y amistades y parientes de los pacientes.
- Aspectos de una instalación de PET/TC: transporte del radionucleido, seguimiento, seguridad de las fuentes, y gestión de residuos en la instalación.
- Organización del programa de PR, evaluación de seguridad/riesgo, designación de áreas, procedimientos escritos, normas de la institución que aseguran la operación segura de la unidad de PET/TC y las instalaciones de producción, y procedimientos de emergencia.
- Control de calidad necesario en la producción de los radiofármacos y la optimización de la PR respecto de cada escáner de PET y TC, y de su uso combinado.

## **A.2. Radiología intervencionista (Categoría 1, Tabla 3.1)**

(A4) Los individuos que trabajan en el área de radiología intervencionista deberían contar con el conocimiento relacionado a los siguientes aspectos (adaptación de la CE, 2000a).

### **A.2.1. Sistemas de rayos X para radiología intervencionista**

- Explicación del efecto de la filtración adicional alta (por ejemplo, filtros de cobre) en los haces convencionales de rayos X.
- Explicación de la colimación virtual y la importancia de los filtros en cuña.
- Explicación de la operación de emisión de rayos X en modo continuo o pulsado.
- Explicación de los beneficios del tubo de rayos X controlado por rejilla al utilizar haces pulsados.
- Explicación del concepto de mapeado ["Road mapping"].
- Explicación de la integración temporal y de sus beneficios en términos de la calidad de imagen.
- Análisis de los cambios en las tasas de dosis al variar la distancia entre el intensificador de imagen y el paciente.

### **A.2.2. Cantidades dosimétricas específicas para la radiología intervencionista**

- Definición de Producto Dosis Área (PDA) (o Producto Kerma Área) y sus unidades.
- Definición de la dosis de entrada y la tasa de dosis de entrada en fluoroscopia.
- Entendimiento de kerma acumulado en aire (cumulative air kerma) y su relación con la dosis de entrada.
- Debate sobre la correlación entre la dosis en la superficie de entrada y el PDA.
- Debate sobre la relación entre el PDA y la dosis efectiva.
- Correlación entre la dosis a la entrada al paciente con la dosis en la superficie de salida y la dosis en la superficie de entrada del intensificador.

### **A.2.3. Riesgos radiológicos en la radiología intervencionista**

- Descripción de los efectos determinísticos que podrían observarse en la radiología intervencionista.
- Análisis de los riesgos de inducción de efectos determinísticos en función a las dosis en superficie recibidas por los pacientes.
- Consideración de la posibilidad de efectos determinísticos en la práctica intervencionista.
- Análisis de la relación entre las dosis recibidas y los efectos determinísticos en el cristalino del ojo.
- Consideración de los intervalos de tiempo probables entre la irradiación y la ocurrencia de los diversos efectos determinísticos, el seguimiento requerido y el control de los pacientes.
- Análisis de los riesgos estocásticos en procedimientos intervencionistas y su dependencia con la edad.

#### **A.2.4. Protección radiológica del personal en la radiología intervencionista**

- Comentarios sobre los factores más importantes que influyen sobre las dosis al personal en las salas de radiología intervencionista.
- Análisis de la influencia del posicionamiento del arco en C de rayos X sobre las dosis ocupacionales.
- Análisis de los efectos del uso de diversos modos fluoroscópicos en las dosis ocupacionales.
- Análisis de los efectos del uso de protección personal (por ejemplo, delantales de plomo, protectores tiroideos, gafas plomadas, guantes, etc.)
- Análisis de los beneficios y desventajas del uso de pantallas articuladas suspendidas desde el techo.
- Entendimiento del beneficio de proteger las piernas utilizando paños de goma emplomada.
- Entendimiento de la importancia de una ubicación adecuada para los dosímetros personales.

#### **A.2.5. Protección radiológica de los pacientes en radiología intervencionista**

- Análisis de la correlación entre el tiempo de fluoroscopia y la cantidad de imágenes tomadas en un procedimiento, y las dosis que reciben los pacientes.
- Análisis de los efectos del uso de diferentes modos fluoroscópicos en las dosis al paciente.
- Debate sobre los efectos de la distancia del foco a la piel y la distancia a la entrada del intensificador de imagen al paciente.
- Análisis de las reducciones de dosis factibles mediante la modificación de la tasa de imagen en la adquisición digital o en cine.
- Ejemplos típicos de valores de dosis de entrada al paciente, por imagen, en diferentes procedimientos.
- Análisis del efecto de utilizar diferentes magnificaciones en la dosis al paciente.
- Debate sobre los parámetros que deberían registrarse en la historia clínica del paciente respecto (o en referencia) a las dosis recibidas.

#### **A.2.6. Garantía de calidad en la radiología intervencionista**

- Debate sobre la diferencia entre los parámetros de desempeño de los equipos que usualmente no se degradan con el paso del tiempo y aquellos que pudieran requerir un control periódico.
- Entendimiento de cómo evaluar la calidad de imagen.
- Debate sobre la importancia de establecer criterios simples para comparar las dosis en la entrada al paciente o al intensificador en diferentes situaciones.
- Resaltar la importancia del control periódico de la dosis al paciente en los programas de garantía de calidad, y su comparación con los niveles de referencia para diagnóstico que consideran la complejidad del procedimiento intervencionista (en este caso, los niveles de referencia para diagnóstico no son utilizados en el sentido estricto de “diagnóstico”, sino para la dosis al paciente que deriva de la fase de diagnóstico por imágenes en un procedimiento intervencionista).
- Normas nacionales e internacionales para la radiología intervencionista.
- Debate sobre las diferentes regulaciones nacionales que aplican a las instalaciones de radiología intervencionista.
- Descripción de las recomendaciones internacionales para radiología intervencionista (OMS, OIEA, ICRP, CE, etc.)
- Proveer información sobre las recomendaciones internacionales respecto de la limitación de los modos con dosis altas.

### **A.2.7. Optimización de los procedimientos respecto de la dosis de radiación en la radiología intervencionista**

- Entendimiento de la influencia del kVp y mA en el contraste de imagen y la dosis al paciente al utilizar los medios de contraste.
- Entendimiento de las diversas características disponibles en el equipamiento radiológico.
- Importancia de la optimización de la PR en procedimientos radiológicos de la radiología intervencionista.
- Debate sobre la importancia de los niveles de referencia para diagnóstico que tienen en cuenta la complejidad del proceso intervencionista, relacionada a la dosis al paciente a niveles locales, nacionales e internacionales.
- Análisis de la importancia del control periódico de la dosis al paciente en cada sala.
- Debate sobre la posibilidad de utilizar distintas orientaciones del arco en C durante procedimientos largos en los cuales podrían alcanzarse los umbrales para efectos determinísticos.
- Análisis de la importancia de registrar las dosis administradas a cada paciente.

### **A.3. Cardiología intervencionista (Categoría 3, Tabla 3.1)**

(A5) Los individuos que trabajan en el área de radiología intervencionista deberían contar con el conocimiento relacionado a los siguientes aspectos (adaptación de la CE, 2000a).

#### **A.3.1. Sistemas de rayos X para cardiología intervencionista**

- Explicación del efecto de la filtración adicional alta (por ejemplo, filtros de cobre) en los haces convencionales de rayos X.
- Explicación de la colimación virtual.
- Explicación de la operación de emisión de rayos X en modo continuo o pulsado.
- Análisis de los cambios en las tasas de dosis al variar la distancia entre el intensificador de imagen y el paciente.

#### **A.3.2. Cantidades dosimétricas específicas para la cardiología intervencionista**

- Definición de Producto Dosis Área (PDA) (o Producto Kerma Área) y sus unidades.
- Definición de la dosis de entrada y la tasa de dosis de entrada en fluoroscopia.
- Entendimiento de kerma acumulado en aire y su relación con la dosis de entrada.
- Debate sobre la correlación entre la dosis en la superficie de entrada y el PDA.
- Debate sobre la relación entre el PDA y la dosis efectiva.

#### **A.3.3. Riesgos radiológicos en la cardiología intervencionista**

- Descripción de los efectos determinísticos que podrían observarse en la cardiología intervencionista.
- Análisis de los riesgos de inducción de efectos determinísticos en función de las dosis superficiales recibidas por los pacientes.
- Análisis de la relación entre las dosis recibidas y los efectos determinísticos en el cristalino del ojo.
- Consideración de los intervalos de tiempo probables entre la irradiación y la ocurrencia de los diversos efectos determinísticos, el seguimiento requerido y el control de los pacientes.
- Análisis de los riesgos estocásticos en procedimientos intervencionistas y su dependencia con la edad.

#### **A.3.4. Protección radiológica del personal en la cardiología intervencionista**

- Comentarios sobre los factores de mayor importancia con influencia sobre las dosis al personal en las salas de cardiología intervencionista.
- Análisis de la influencia del posicionamiento del arco en C de rayos X sobre las dosis ocupacionales.
- Análisis de los efectos del uso de diversos modos fluoroscópicos en las dosis ocupacionales.
- Análisis de los efectos del uso de protección personal (por ejemplo, delantales de plomo, protectores tiroideos, gafas plomadas, guantes, etc.)

- Análisis de los beneficios y desventajas del uso de pantallas articuladas suspendidas desde el techo.
- Entendimiento del beneficio de proteger las piernas utilizando paños de goma emplomada.
- Entendimiento de la importancia de una ubicación adecuada para los dosímetros personales.

#### **A.3.5. Protección radiológica de los pacientes en cardiología intervencionista**

- Análisis de la correlación entre el tiempo de fluoroscopia y la cantidad de imágenes tomadas en un procedimiento, y las dosis que reciben los pacientes.
- Análisis de los efectos del uso de diferentes modos fluoroscópicos en las dosis al paciente.
- Debate sobre los efectos de la distancia del foco a la piel y la distancia de la entrada del intensificador de imagen al paciente.
- Análisis de las reducciones de dosis factibles mediante la modificación de la tasa de imagen en la adquisición digital o en cine.
- Ejemplos típicos de valores de dosis de entrada al paciente, por imagen, en diferentes procedimientos.
- Análisis del efecto de utilizar diferentes magnificaciones sobre la dosis al paciente.

#### **A.3.6. Garantía de calidad en la cardiología intervencionista**

- Debate sobre la diferencia entre los parámetros de desempeño de los equipos que usualmente no se degradan con el paso del tiempo y aquellos que pudieran requerir un control periódico.
- Entendimiento de cómo evaluar la calidad de imagen.
- Importancia en los programas de garantía de calidad del control periódico de la dosis al paciente y su comparación con los niveles de referencia para diagnóstico que consideran la complejidad del procedimiento intervencionista (en este caso, los niveles de referencia para diagnóstico no son utilizados en el sentido estricto de “diagnóstico”, sino para la dosis al paciente que deriva de la fase de diagnóstico por imágenes en un procedimiento intervencionista).
- Debate sobre las diferentes regulaciones nacionales que aplican a las instalaciones de cardiología intervencionista.
- Información sobre las recomendaciones internacionales respecto de la limitación de los modos con dosis altas.

#### **A.3.7. Optimización de los procedimientos en la cardiología intervencionista**

- Entendimiento de las diversas características disponibles en equipamiento cardiológico y su influencia en la dosis al paciente y la calidad de imagen.
- Destacar la importancia de la optimización de la PR en procedimientos radiológicos de la cardiología intervencionista.
- Debate sobre la importancia de los niveles de referencia para diagnóstico que tienen en consideración la complejidad del proceso intervencionista, relacionada a la dosis al paciente a niveles locales, nacionales e internacionales.
- Debate sobre la posibilidad de utilizar distintas orientaciones del arco en C durante procedimientos largos en los cuales podrían alcanzarse los umbrales para efectos determinísticos.
- Análisis de la importancia de registrar las dosis administradas a cada paciente.

#### **A.4. Fluoroscopia en quirófano utilizando equipamiento móvil [Categorías 4 (Tabla 3.1) y 12 (Tabla 3.2)]**

(A6) Aquellos involucrados en el uso de equipamiento móvil de fluoroscopia deberían contar con conocimiento sobre los siguientes aspectos. Los temas recomendados para quienes asisten en los procedimientos (Categorías 6 y 13) se han indicado con un asterisco.

#### A.4.1. Sistemas de rayos X

- Explicación de la operación de emisión de rayos X del modo continuo o pulsado.
- Análisis de los cambios en las tasas de dosis al variar la distancia entre el tubo de rayos X y el paciente, y entre el tubo de rayos X y el receptor de la imagen.
- Definición de PDA, dosis de entrada y tasa de dosis de entrada, y sus unidades.
- Debate sobre la relación entre el PDA y la dosis efectiva.
- Entendimiento de los riesgos estocásticos en la fluoroscopia móvil.

#### A.4.2. Protección radiológica del personal

- Análisis de la influencia del posicionamiento del arco en C de rayos X sobre las dosis ocupacionales y las implicancias del uso de diferentes orientaciones del arco en C. \*
- Análisis de los efectos del uso de protección personal (por ejemplo, delantales de plomo, protectores tiroideos, gafas plomadas, guantes, etc.)
- Entendimiento de la importancia de la ubicación adecuada para los dosímetros personales.\*

#### A.4.3. Protección radiológica de los pacientes

- Análisis de la correlación entre el tiempo de fluoroscopia y la cantidad de imágenes tomadas en un procedimiento, y las dosis que reciben los pacientes. \*
- Análisis de los efectos del uso de diferentes modos fluoroscópicos en las dosis al paciente. \*
- Entendimiento de la influencia de la distancia entre el tubo de rayos X y la piel del paciente sobre la dosis en la piel del mismo. \*
- Debate sobre los parámetros que deberían registrarse en la historia clínica del paciente en relación a las dosis recibidas.
- Debate sobre la importancia de los niveles de referencia para diagnóstico en relación a la dosis al paciente a nivel local.

#### A.5. Referencias

EC, 2000a. Guidelines for Education and Training in Radiation Protection for Medical Exposures. Radiation Protection 116. European Commission, Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, Luxembourg. Available at: [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation\\_protection/doc/publication/116.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/publication/116.pdf) (last accessed 01/03/2011).

EC, 2000b. Referral Criteria for Imaging. Radiation Protection 118. European Commission, Directorate General for the Environment, Luxembourg, 2000. Available at: [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/118\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/118_en.pdf) (last accessed 01/03/2011).

## **ANEXO B. DESCRIPCIÓN DE LOS OBJETIVOS EDUCACIONALES ESPECÍFICOS PARA RADIOLOGÍA PEDIÁTRICA**

(B7) En la radiología pediátrica, los factores relacionados a la calidad de imagen y a la dosis al paciente son más complejos, debido a las variaciones en el tamaño del paciente. Asimismo, son más críticos a causa de la mayor radiosensibilidad de los tejidos de los pacientes pediátricos. Por lo tanto, se brindan más detalles a fin de recordar su inclusión a quienes diseñan los cursos en PR.

### **B.1. Consideraciones generales, sobre el equipamiento y la instalación**

- Justificación de los requerimientos respecto de la potencia del generador y su relación con la necesidad de tiempos cortos de exposición (3 ms).
- Explicación de la conveniencia de usar generadores de alta frecuencia en relación a la precisión y reproducibilidad de las exposiciones en la pediatría.
- Debate sobre las ventajas y limitaciones de los dispositivos automáticos de control de exposición en la pediatría.
- Justificación de los requerimientos técnicos específicos de los dispositivos automáticos de control de exposición en la pediatría.
- Explicación de que la selección manual cuidadosa de los factores de exposición usualmente resulta en dosis menores.
- Explicación de los aspectos de diseño a considerar en las salas pediátricas de rayos X para mejorar la cooperación de los niños (panel de control con fácil visibilidad y contacto con el paciente, etc.)
- Debate sobre las ventajas y limitaciones de las combinaciones de pantalla-película y factores de menor exposición para la radiografía computada.
- Debate sobre las ventajas del uso de materiales de baja absorción en casetes, camilla, etc.
- Análisis del mejoramiento limitado en la calidad de imagen al utilizar rejillas anti-difusoras en la pediatría, y el aumento en la dosis al paciente.
- Análisis de los requerimientos técnicos específicos de las rejillas anti-difusoras para pediatría.
- Explicación de la razón por la cual una rejilla anti-difusora debería ser removible en el equipamiento pediátrico, particularmente en sistemas fluoroscópicos.
- Explicación de la conveniencia de utilizar intensificadores de imagen con factores de alta conversión para reducir la dosis al paciente en sistemas fluoroscópicos.
- Justificación de la conveniencia de las curvas específicas de tasa de dosis kV-mA para el control automático del brillo en los sistemas fluoroscópicos utilizados en pediatría.
- Debate sobre la importancia del uso de parámetros técnicos radiográficos específicos para exámenes de TC en pediatría (mAs más bajos que para los adultos, kV más bajos en algunos casos).
- Análisis de los problemas específicos del uso de unidades de rayos X móviles en la pediatría.
- Explicación de las ventajas y desventajas de unidades fluoroscópicas bajo o sobre camilla en pediatría.
- Debate sobre las ventajas y el rol de la fluoroscopia pulsada.
- Comparación del equipamiento convencional y el digital, y el rol/uso de la técnica de captura de pantalla (frame-grab) en imágenes digitales.
- Debate sobre el valor de “cine playback” (digital) y el “video playback” (fluoroscopia digital/convencional) en exámenes de cribado.
- Debate sobre el rol de la filtración adicional del tubo.

## B.2. Reducción de la exposición

- Análisis de las causas más frecuentes de repetición de películas en pediatría - análisis de rechazos, auditoría y retroalimentación.
- Debate sobre cómo la inmovilización puede reducir la tasa de repetición de radiografías.
- Análisis de los distintos dispositivos de inmovilización disponibles para radiología pediátrica de aplicación no traumática. El rol de recursos sencillos tales como cinta adhesiva, cuñas de esponja y bolsas de arena.
- Explicación de cómo los tiempos cortos de exposición pueden mejorar la calidad de imagen y reducir el número de películas repetidas.
- Explicar la inconveniencia del uso de equipos de rayos X móviles para pediatría y la dificultad para lograr tiempos de exposición cortos.
- Explicación de la importancia de contar con técnicos con entrenamiento específico en radiología pediátrica.
- Debate sobre la importancia de la protección gonadal en radiología pediátrica, y el valor de contar con distintos tamaños y tipos de protectores.
- Análisis sobre la importancia de la colimación (además de la colimación básica de acuerdo al tamaño de película) en pacientes pediátricos, particularmente una protección en ventana para caderas y dispositivos de colimación lateral para seguimiento de la escoliosis.
- Debate sobre la importancia de un correcto posicionamiento del paciente y de la colimación, particularmente para proteger las gónadas del haz directo.
- Debate sobre la importancia de establecer si las jóvenes adolescentes podrían estar embarazadas al prever exploraciones abdominales.
- Debate sobre el hecho de que el movimiento es un gran problema en los niños, el cual podría requerir un ajuste específico de las técnicas radiográficas.
- Debatir la importancia de una relación apropiada de interconsulta entre el médico prescriptor y el radiólogo. Rol de los protocolos acordados y vías para hacer el diagnóstico.
- Debate sobre ciertos ejemplos de exámenes radiológicos de valor cuestionable en niños (como ser algunas radiografías torácicas de seguimiento en una neumonía simple, radiografías abdominales en supuesto estreñimiento, etc.).
- Explicar que la repetición de una examinación radiológica en pediatría debe ser siempre decidida por el radiólogo.
- Debate sobre la conveniencia del uso de proyecciones apropiadas para minimizar la dosis en tejidos de alto riesgo (cuando sea posible, las proyecciones posteroanteriores deben sustituir a las anteroposteriores en exploraciones de columna).
- Debate sobre la conveniencia de disponer de filtros adicionales que puedan cambiarse fácilmente (1 mm Al; 0,1 y 0,2 mm Cu deben estar disponibles).
- Debate sobre el valor de disponer de una sala específicamente pediátrica o de dedicar sesiones completas de una sala a radiología pediátrica. Es de fundamental importancia contar con personal experto, que pueda lograr la confianza y la cooperación del niño en un ambiente seguro y amistoso para reducir la dosis de radiación en pediatría.
- Debate sobre la importancia de disponer de criterios de prescripción específicos, por ejemplo, para daños en la cabeza donde la incidencia de lesiones es baja.
- Debate sobre los criterios de prescripción para todas las exploraciones radiológicas en niños, especialmente las que podrían estar relacionadas con la edad (por ejemplo, escafoides no osificado, por debajo de 6 años; huesos nasales cartilagosos por debajo de 3 años).
- Debate sobre técnicas con kV alto.
- Explicación de la importancia del uso de largas distancias foco-paciente.
- Explicación de la importancia del uso del diafragma del haz luminoso para colocar al paciente en posición, en lugar de situarlo con el haz de rayos X durante procedimientos fluoroscópicos sobre la camilla.

- Debate sobre la necesidad de ajustar factores de exposición para la TC a fin de adecuarlos al tamaño del paciente, y contar con un método acordado para la selección de estos factores.
- Comprensión de la influencia del uso del diagnóstico por imágenes utilizando valores menores de mAs y kV para TC pediátricas.
- Debate sobre el rol de la auditoría y la garantía de calidad en el mantenimiento o mejora de la calidad de la imagen y las dosis.

### **B.3. Factores de riesgo**

- Debate sobre el hecho de que la larga expectativa de vida de los niños implica una mayor probabilidad de manifestación de posibles efectos nocivos de la radiación.
- Considerar que la dosis de radiación utilizada para examinar niños pequeños debe ser generalmente menor que las empleadas en adultos.
- Explicación de que los factores de riesgo para inducción de cáncer en niños son entre dos y tres veces mayores que para adultos, con énfasis en las mamas y gónadas en desarrollo, y la distribución más generalizada de la médula ósea roja en el desarrollo del esqueleto.
- Debate sobre los factores de riesgo para efectos genéticos en los niños.
- Relación con la ocurrencia natural de anomalías congénitas.
- Relación con la incidencia natural del cáncer.

### **B.4. Dosimetría del paciente: niveles de referencia para diagnóstico**

- Explicación de las dificultades específicas de medir las dosis al paciente en pediatría.
- Debate sobre las técnicas dosimétricas disponibles para dosimetría del paciente en pediatría.
- Debate sobre cómo los valores de dosis están relacionados con el tamaño del paciente.
- Análisis sobre ciertos valores típicos de dosis al paciente en la pediatría, y su relación con el tamaño del paciente.
- Análisis de los niveles de referencia para diagnóstico disponibles para pediatría.
- Debate sobre cómo utilizar los niveles de referencia para diagnóstico en la radiología pediátrica.

### **B.5. Protección del personal y de los padres**

- Análisis de la posibilidad de cooperación por parte de los padres en el examen radiológico de sus hijos, y las precauciones a tomar.
- Aclarar que la exposición de los padres en esta situación puede considerarse como una exposición médica, pero que deben aplicarse criterios de optimización.
- Destacar que los padres o ayudantes deben saber con exactitud qué se requiere de ellos.
- Explicar que no se debería permitir a mujeres gestantes prestar asistencia durante exámenes pediátricos.
- Explicación de la importancia del uso de delantales y guantes emplomados (si las manos se encuentran en el campo de radiación directa) en dichas situaciones.

### **B.6. Recomendaciones internacionales**

- Tener en cuenta la existencia de documentación relevante publicada por la ICRP, el Consejo Nacional de Protección Radiológica y Mediciones (NCRP), CE y OMS respecto de la PR en la radiología pediátrica.

### **B.7. Consideraciones en medicina nuclear**

- Explicación de la importancia de contar con técnicos en medicina nuclear con entrenamiento específico en radiología pediátrica.
- Debate sobre el hecho de que el movimiento es un gran problema en los niños, el cual podría requerir un ajuste específico de las técnicas de medicina nuclear.

- Debatir la importancia de una relación apropiada de interconsulta entre el médico prescriptor y el especialista en medicina nuclear.
- Explicar que la repetición de una examinación por medicina nuclear en pediatría debe ser siempre decidida por el especialista en medicina nuclear.
- Debate sobre cómo determinar la cantidad de actividad a ser administrada a los pacientes pediátricos.

## ANEXO C. EJEMPLOS DE ALGUNAS FUENTES DE MATERIAL DE ENTRENAMIENTO

(C8) Diapositivas de PowerPoint de descarga gratuita y uso directo:

[http://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/AdditionalResources/Training/1\\_TrainingMaterial/index.htm](http://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/AdditionalResources/Training/1_TrainingMaterial/index.htm)

(C9) Otras fuentes educacionales:

Preguntas y respuestas específicas sobre diferentes modalidades diagnósticas, intervencionistas y terapéuticas en el sitio web del Organismo Internacional de Energía Atómica sobre la PR de los pacientes:

<http://rpop.iaea.org>

Consultas a Expertos en el sitio web de Física Sanitaria (Health Physics):

<http://hps.org/publicinformation/ate/faqs/>

Sitio web de la Sociedad Radiológica Norteamericana:

<http://www.rsna.org/Education/index.cfm>

Tabla C.1. Enlaces de páginas web de organizaciones con material de entrenamiento (en orden alfabético)

Organización	Enlace de página web
Asociación Americana de Físicos en Medicina [American Association of Physicists in Medicine]	<a href="http://www.aapm.org/">http://www.aapm.org/</a> <a href="http://www.aapm.org/meetings/virtual_library/">http://www.aapm.org/meetings/virtual_library/</a>
Comisión Europea [European Commission]	<a href="http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/publications_en.htm">http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/publications_en.htm</a> <a href="http://bookshop.europa.eu/is-in/ INTERSHOP.enfinity/WFS/EU-Bookshop-Site">http://bookshop.europa.eu/is-in/ INTERSHOP.enfinity/WFS/EU-Bookshop-Site</a> MARTIR project
Sociedad Europea de Radiología Terapéutica y Oncología [European Society for Therapeutic Radiology and Oncology]	<a href="http://www.estro.org/Pages/default.aspx">http://www.estro.org/Pages/default.aspx</a> e-test radiobiology
Organismo Internacional de Energía Atómica [International Atomic Energy Agency]	<a href="http://rpop.iaea.org">http://rpop.iaea.org</a> <a href="http://www.iaea.org/Publications/">http://www.iaea.org/Publications/</a> <a href="http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/publications.asp">http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/publications.asp</a>
Comisión Internacional de Protección Radiológica [International Commission on Radiological Protection]	<a href="http://www.icrp.org/">http://www.icrp.org/</a> Educational material for ICRP Publications 84, 85, 86, 87, and 93
Asociación Internacional de Protección Radiológica [International Radiation Protection Association]	<a href="http://www.irpa.net/">http://www.irpa.net/</a> IRPA10, IRPA11 refresher courses
Perry Sprawls	<a href="http://www.sprawls.org/resources/#radiation">http://www.sprawls.org/resources/#radiation</a>
Oficina de Protección Radiológica. Ministerio de Salud del Estado de Washington, EE.UU. [Office of Radiation Protection. Washington State Department of Health, USA]	<a href="http://www.doh.wa.gov/ehp/rp/factsheets/fsdefault.htm#intros">http://www.doh.wa.gov/ehp/rp/factsheets/fsdefault.htm#intros</a>
Universidad de Washington	<a href="http://www.ehs.washington.edu/rsotrain/">http://www.ehs.washington.edu/rsotrain/</a> <a href="http://courses.washington.edu/radxphys/PhysicsCourse.html">http://courses.washington.edu/radxphys/PhysicsCourse.html</a>
"Image Gently" (Alianza para la Seguridad Radiológica en Imágenes Pediátricas)	<a href="http://www.pedrad.org/associations/5364/ig/index.cfm?page=369">http://www.pedrad.org/associations/5364/ig/index.cfm?page=369</a>

## ANEXO D. REFERENCIAS CON INFORMACIÓN DE INTERÉS PARA EL PRESENTE INFORME

- ACR. Appropriateness Criteria. American College of Radiology, Reston, VA. Available at: [http://www.acr.org/secondarymainmenucategories/quality\\_safety/app\\_criteria.aspx](http://www.acr.org/secondarymainmenucategories/quality_safety/app_criteria.aspx) (last accessed 24/08/2010).
- Caruana, C.J., Wasilewska-Radwansk, M., Aurengo, A., et ál., 2009. The role of the bio-medical physicists in the education of the healthcare professions: an EFOMP project. *Physica Medica – Eur. J. Med. Physics* 25, 133–40.
- Classic, K., Carlson, S., Vetter, R.J., Roessler, G., 2008. Physician Education: Expansion of the Radiation Protection Practice. IRPA 12 Proceedings. International Radiation Protection Association, Buenos Aires.
- EC, 1997. Council Directive 97/43 EURATOM on Health Protection of Individuals Against the Dangers of Ionising Radiation in Relation to Medical Exposure, and Repealing Directive 84/466 EURATOM.
- Official Journal No. L180. European Commission, Luxembourg, pp. 22–7. Available at: [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/doc/legislation/9743\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/doc/legislation/9743_en.pdf) (last accessed 01/03/2011).
- EC, 2000a. Guidelines for Education and Training in Radiation Protection for Medical Exposures.
- Radiation Protection 116. European Commission, Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, Luxembourg. Available at: [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation\\_protection/doc/publication/116.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/publication/116.pdf) (last accessed 01/03/2011).
- EC, 2000b. Referral Criteria for Imaging. Radiation Protection 118. European Commission, Directorate General for the Environment, Luxembourg, 2000. Available at: [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/118\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/118_en.pdf) (last accessed 01/03/2011).
- González, A.J., 2009. The 12th Congress of the International Radiation Protection Association: strengthening radiation protection worldwide. *Health Phys.* 97, 6–49.
- Hadley, J.L., Agola, J., Wong, P., 2006. Potential impact of the American College of Radiology Appropriateness Criteria on CT for trauma. *AJR Am. J. Roentgenol.* 186, 937–42.
- Hendee, W., Mettler, M., Jr, Walsh, M., et ál., 2009. Report of a consultation on justification of patient exposures in medical imaging. *Radiat. Prot. Dosimetry* 135, 137–44.
- Klein, L.W., Miller, D.L., Balter, S., et ál., 2009. Occupational health hazards in the interventional laboratory: time for a safer environment. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 20, 147–50.
- Martin, C.J., Dendy, P.P., Corbett, R.H., 2003. Medical Imaging and Radiation Protection for Medical Students and Clinical Staff. British Institute of Radiology, London.
- Mettler, F.A., Jr, 2006. Medical Radiation Exposure in the US 2006. Preliminary Results of NCRP SC-6-2 Medical Subgroup. Presented at Annual Meeting of NCRP, Crystal City, MD, April 2007.
- NRC, 2006. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionising Radiation: BEIR VII Phase 2. National Research Council of the National Academies, Washington, DC.
- NCRP, 2009. Ionising Radiation Exposure of the Population of the United States. NCRP Report No. 160. National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, MD.
- Peer, S., Faulkner, K., Torbica, P., et ál., 2005. Relevant training issues for introduction of digital radiology: results of a survey. *Radiat. Prot. Dosimetry* 117, 154–61.
- Picano, E., Vañó, E., Semelka, R., Regulla, D., 2007. The American College of Radiology white paper on radiation dose in medicine: deep impact on the practice of cardiovascular imaging. *Cardiovasc. Ultrasound* 5, 37.
- Rehani, M.M., Ortiz-Lopez, P., 2005. Radiation effects in fluoroscopically guided cardiac interventions keeping them under control. *Int. J. Cardiol.* 109, 147–51.
- Rehani, M.M., 2007. Training of interventional cardiologists in radiation protection – the IAEA's initiatives. *Int. J. Cardiol.* 114, 256–60.
- Shiralkar, S., Rennie, A., Snow, M., Galland, R.B., Lewis, M.H., Gower-Thomas, K., 2003. Doctors' knowledge of radiation exposure: questionnaire study. *BMJ* 327, 371–2.

- Vañó, E., Gonzalez, L., Faulkner, K., Padovani, R., Malone, J.F., 2001. Training and accreditation in radiation protection for interventional radiology. *Radiat. Prot. Dosimetry* 94, 137–42.
- Vañó, E., Gonzalez, L., Canis, M., Hernandez-Lezana, A., 2003. Training in radiological protection for interventionalists. Initial Spanish experience. *Br. J. Radiol.* 76, 217–9.
- Vañó, E., Gonzalez, L., 2005. Accreditation in radiation protection for cardiologists and interventionalists. *Radiat. Prot. Dosimetry* 117, 69–73.
- Wagner, L.K., Archer, B.R., 2004. *Minimizing Risks from Fluoroscopy X-rays*, fourth ed. Partners in Radiation Management, The Woodlands, TX.
- WHO, 2000. *Efficacy and Radiation Safety in Interventional Radiology*. World Health Organization, Geneva.

