

RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



PROTECCIÓN DEL PACIENTE EN RADIODIAGNÓSTICO



▲ **Entrevista:**

Eliseo Vañó

Jefe del Servicio de Física Médica del Hospital Clínico San Carlos

▲ **Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Pediátrico**

▲ **Estudio dosimétrico en equipos de TC monocorte en pacientes adultos y pediátricos, y su aplicación en niños con enfermedades neuronales crónicas**

▲ **Riesgo para el paciente en Radiología Intervencionista**

▲ **Dosis a pacientes en mamografía. Estudio retrospectivo de más de 10 años de programa de cribado mamográfico**

Socios colaboradores de la SEPR



ASOCIACIÓN NUCLEAR
ASCÓ - VANDELLOS II, A.I.E.



Directora

Paloma Marchena

Coordinadora

Beatriz Robles

Comité de Redacción

Borja Bravo

Teresa Durán

Rosa Gilarranz

Cristina Garrido

José Gutiérrez

Carlos Huerga

Teresa Navarro

Lola Patiño

Matilde Pelegrí

Pedro Ruiz

Ángeles Trillo

Fernando Usera

Coordinador de la página electrónica

Juan Carlos Mora

Comité Científico

Presidente: José Gutiérrez

David Cancio, Luis Corpas, Felipe Cortés,

Antonio Delgado, Eugenio Gil,

Luciano González, Araceli Hernández,

José Hernández-Armas,

Ignacio Hernando, Rafael Herranz,

Pablo Jiménez, Juan Carlos Lentiño,

Xavier Ortega, Pedro Ortiz, Teresa Ortiz,

Turiano Picazo, Rafael Puchal,

Luis Quindós, Rafael Ruiz Cruces,

Guillermo Sánchez, Eduardo Sollet,

Luis M. Tobajas, Alejandro Ubeda,

Eliseo Vañó.

Realización, Publicidad y Edición:

SENDA EDITORIAL, S.A.

Directora: Matilde Pelegrí

Isla de Saipán, 47 - 28035 Madrid

Tel.: 91 373 47 50 - Fax: 91 316 91 77

Correo electrónico: info@gruposenda.net

Imprime: IMGRAF, S.L.

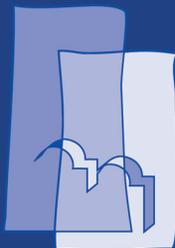
Déposito Legal: M-17158-1993 ISSN: 1133-1747

La revista de la SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA es una publicación técnica y plural que puede coincidir con las opiniones de los que en ella colaboran, aunque no las comparta necesariamente.



S U M A R I O

• Editorial	3
• Actividades de la SEPR 2010	4
• Entrevista	6
- Eliseo Vañó Jefe del Servicio de Física Médica del Hospital Clínico San Carlos	
• Noticias	9
- de la SEPR	9
- de España	37
- del Mundo	38
• Colaboraciones	13
- Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Pediátrico M.I. España López, G. Gómez Mardones, P. García Castañón, R. Bermúdez Luna, E. García Esparza e I. Solís Muñiz	13
- Estudio dosimétrico en equipos de TC monocorte en pacientes adultos y pediátricos, y su aplicación en niños con enfermedades neuronales crónicas MD. Casal, M. Jiménez, A. Ureña, G. Sánchez y M. Herrador	19
- Riesgo para el paciente en Radiología Intervencionista L.C. Martínez	25
- Dosis a pacientes en mamografía. Estudio retrospectivo de más de 10 años de programa de cribado mamográfico A. Ramírez Muñoz y M ^o L. Chapel	29
• Publicaciones	42
• Convocatorias y Cursos	45



**ALMARAZ
TRILLO**

*La energía nuclear
es una alternativa limpia,
segura y competitiva*

Editorial

Para el primer monográfico del año 2010 hemos elegido un tema clave en el ámbito sanitario: la Protección Radiológica del Paciente en Radiodiagnóstico.

Comienza este monográfico con una entrevista al profesor Eliseo Vañó en la que recalca la buena situación en la que se encuentra la Protección Radiológica al Paciente en España desde el punto de vista normativo, aunque nuestro rendimiento científico, comparado con el de otros países de Europa, no se corresponde todavía con nuestras capacidades reales.

Además, habría que potenciar más el área de imagen y las actividades de investigación, y en muchos casos sería conveniente hacer un seguimiento del cumplimiento efectivo de la normativa existente. En su opinión los especialistas en Radiodiagnóstico, Medicina Nuclear y Radiofísica Hospitalaria deberían dirigir una parte importante de sus esfuerzos en la optimización de los procedimientos y en sus actividades de investigación, especialmente en el paciente pediátrico.

A continuación, cuatro artículos: sobre protección radiológica al paciente en pediatría, el primero; el segundo sobre TC; un tercero sobre riesgos en intervencionismo; y, por último, un artículo sobre estudios dosimétricos en programas de cribado en mamografía.

En estos artículos queda patente la importancia de optimizar la dosis en exploraciones de radiodiagnóstico, ya que es la aplicación médica más frecuente y la que representa la fuente más importante de exposición a radiaciones ionizantes. Medir las dosis impartidas en la práctica clínica, establecer los niveles de referencia locales, compararlos con los de referencia, y evaluar los protocolos establecidos en la práctica, son el conjunto de objetivos para optimizar la protección radiológica del paciente a través de su dosimetría.

Para lograr la optimización en las dosis se requieren equipos adecuados, controles de calidad periódicos, protocolos específicos, formación del personal, estimaciones dosimétricas, y evaluaciones de la calidad de imagen.

Es evidente que los avances tecnológicos han incrementado las posibilidades de reducir las dosis al paciente, pero, para un uso óptimo de las mismas, es necesario un conocimiento profundo de las diferentes tecnologías. Los equipos digitales optimizan

mucho mejor los parámetros de exposición, reduciendo las dosis recibidas por los pacientes, pero si el personal técnico no utiliza las herramientas adecuadas en cada equipo, no sirve de nada. Por eso es fundamental una buena formación de Protección Radiológica del personal. Además es imprescindible un estricto control de calidad de los equipos para garantizar que las dosis de radiación recibidas por los pacientes sean lo más bajas posibles.

Los procesos de justificación y optimización son de especial importancia para el paciente pediátrico debido a su mayor esperanza de vida y al mayor riesgo de aparición de efectos estocásticos.

También hay que considerar aquellos programas, como los programas de detección precoz de cáncer de mama, que implican administrar, a una gran cantidad de mujeres sin patología una cierta dosis de radiación en el tejido mamario, lo que conlleva un cierto riesgo de carcinogénesis radioinducida. La reducción de la dosis debe ser un objetivo prioritario en estos casos.

Por otra parte, el incremento experimentado en los últimos años por el número de procedimientos que se encuadran dentro de la Radiología Intervencionista, ha venido acompañado por la preocupación de los profesionales y las autoridades sanitarias sobre los posibles efectos secundarios asociados a la radiación empleada, ya que estos procedimientos son, dentro de todos los procedimientos médicos que emplean radiación, los que pueden suponer dosis más altas para el paciente. La mayoría de las lesiones en piel a que pueden dar lugar los procedimientos de radiología intervencionista, y desde luego las más graves, pueden y deben ser evitadas. Para ello, es esencial que los profesionales responsables de realizar estas técnicas sean conscientes de la posibilidad de aparición de estos efectos en determinados casos.

Aunque la forma más efectiva de reducir la dosis es eliminar las exploraciones innecesarias, todos los profesionales implicados, prescriptores, especialistas de Radiodiagnóstico, de Radiofísica y Protección Radiológica, etc. debemos implicarnos en los procedimientos de optimización, y cuestionarnos si podemos hacer más...

Rosa Gilarranz
Coordinadora del monográfico



Secretaría Técnica

Capitán Haya, 60
28020 Madrid
Tel.: 91 749 95 17
Fax: 91 570 89 11

Correo electrónico: secretaria.sociedades@medynet.com

Junta Directiva

Presidente: Pío Carmena
Vicepresidenta: M^ª Luisa España
Secretaría General: M^ª Teresa Macías
Tesorero: Alejandro Úbeda
Vocales: Carmen Álvarez, M^ª Ángeles García,
Óscar González, Teresa Navarro, Pedro Ruiz,
Ricardo Torres

Comisión de Actividades Científicas

Presidenta: M^ª Luisa España
Secretaria: Isabel Villanueva
Vocales: Josep Baró, Francisco Carreras,
Antonio Delgado, Francisco García, Margarita
Herranz, Paloma Marchena, M^ª Luisa Marco,
Carmen Rueda, Guillermo Sánchez de León,
Ricardo Torres, Alejandro Úbeda, Rosa Villarreal

Comisión de Publicaciones

Presidenta: Teresa Navarro
Secretaria: Paloma Marchena
Vocales: Javier Castelo, Juan Carlos Mora,
José Gutiérrez

Comisión de Asuntos Económicos y Financieros

Presidente: Alejandro Úbeda
Vicepresidenta: M^ª Luisa España
Vocales: Cristina Correa, Eduardo Gallego,
M^ª Jesús Muñoz, M^ª Teresa Ortiz,
Beatriz Robles, Carmen Vallejo

Comisión de Asuntos Institucionales

Presidente: Pío Carmena
Secretaria: M^ª Luisa España
Vocales: Leopoldo Arranz, David Cancio,
Pedro Carboneras, Manuel Fernández,
José Gutiérrez, Ignacio Hernando,
Xavier Ortega, Juan José Peña, Manuel
Rodríguez, Rafael Ruiz Cruces, Eduardo Sollet

PLAN DE ACTIVIDADES

Las actividades de la SEPR se programan sistemáticamente y se reflejan en un Plan anual de Actividades que se presenta a los socios y a las entidades relacionadas con la Protección Radiológica. Este Plan es coherente con el Plan Estratégico de la SEPR, aprobado en 2008, que se articula alrededor de cuatro líneas estratégicas: **Progreso de la Protección Radiológica; Desarrollo organizativo y financiación; Servicios a los socios; y Relaciones con la sociedad.** Adicionalmente, de cara a sus asociados y a otros profesionales y público en general, la SEPR mantiene viva una página web de gran dinamismo y publica la revista "Radioprotección".



Jornadas

Actividad	Fecha	Lugar
Jornada sobre "Aplicación del Reglamento 1085/2009 sobre instalación y utilización de aparatos de RX con fines de diagnóstico médico"	24 marzo	Hospital La Princesa (Madrid)
Jornada de "La Protección Radiológica en 2009"	8 abril	Ciemat (Madrid)
Jornada sobre "Avances de la investigación relacionada con los efectos de las radiaciones no ionizantes"	25 mayo	Instituto de la Ingeniería de España (Madrid)
Jornada sobre "Protección Radiológica en Radiodiagnóstico pediátrico. Criterio ALARA"	15 octubre	Hospital del Niño Jesús (Madrid)

Cursos y Talleres

Actividad	Fecha	Lugar
Curso-taller sobre "Medidas de exposiciones a radiaciones no ionizantes en ambientes hospitalarios"	18 enero	Hospital Ramón y Cajal (Madrid)
Curso sobre "Efectos sobre la salud de los campos electromagnéticos"	14-16 abril	Colegio de Médico (Málaga)
Taller sobre "Comunicación y riesgo radiológico"	30 abril	Escuela Enfermería de Cádiz
Curso de toma de muestras del Plan de Vigilancia Radiológica Ambiental en el entorno de instalaciones nucleares	19-20 octubre	El Cabril (Córdoba)
Taller de emergencias en gammagrafía industrial	26 octubre	Tecnatom (Madrid)
Curso de blindajes en instalaciones sanitarias	19 noviembre	Hospital Clínico (Zaragoza)

PROGRAMA ANUAL DE ACTIVIDADES

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
Enero																																			
Febrero					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			
Marzo					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Abril		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
Mayo				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Junio					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	

Curso RNI ambientes hospitalarios (Madrid)

Jornada Reglamento 10/85 (Madrid)

Curso comunicación (Cádiz)

Jornada La PR en 2009. Conmemoración 30º aniversario (Madrid)

Curso RNI (Málaga)

Congreso IRPA europeo (Helsinki)

Jornada RNI (Madrid)

Jornadas SEPR
 Cursos y talleres SEPR
 Otras actividades en las que participa la SEPR
 Reuniones internacionales

Publicaciones

Actividad	Fecha	Producto
Revista RADIOPROTECCIÓN	4 números año	Publicación impresa
Guía de medidas de contaminación radiactiva en instalaciones radiactivas sanitarias y de investigación	diciembre	Publicación Web e impresa
Página Web de la SEPR	Continúa	Publicación Web
Formato genérico de consentimientos informados para exploraciones y tratamientos con radiaciones ionizantes	octubre	Publicación Web

Otras Publicaciones en curso

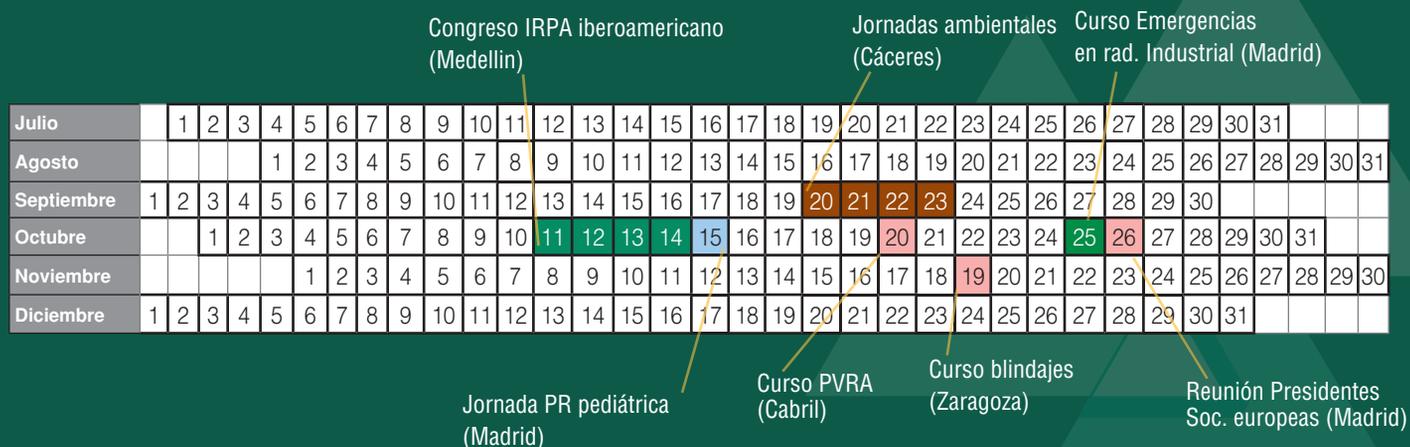
Actividad	Fecha	Producto
Publicación técnica sobre partículas radiactivas discretas	abril	Publicación impresa
Creación de hojas con datos característicos de los diferentes isótopos radiactivos	enero	Publicación Web con buscador

Otras Actividades

ExpoPR (Centro El Mestral)	Vandellós (Tarragona) Disponible visitas en todo el año previa cita.
----------------------------	--

Actividades en las que colabora la SEPR

Actividad	Fecha	Lugar
Jornadas técnicas sobre "Radiaciones ionizantes y Salud" - Sociedad Española de Calidad Ambiental	15 de abril	Granada
Congreso regional europeo	14-18 de junio	Helsinki (Finlandia)
VI Jornadas sobre calidad en la medida de la radiactividad ambiental	21-23 septiembre	Cáceres
Congreso regional iberoamericano IRPA	11-15 octubre	Medellín (Colombia)
7ª Reunión de Sociedades europeas de PR	25 de octubre	Madrid



ELISEO VAÑÓ

Jefe del Servicio de Física Médica del Hospital Clínico San Carlos

Eliseo Vañó Carruana es licenciado y doctor en Ciencias Físicas, especialista en Radiofísica Hospitalaria, catedrático de Física Médica del Departamento de Radiología de la Universidad Complutense y jefe del Servicio de Física Médica del Hospital Clínico San Carlos.

Su formación inicial como investigador en Física Nuclear se hizo en la antigua Junta de Energía Nuclear y en el Centro Salomon Rosenthal, de París. El profesor Vañó es miembro del Grupo de Expertos del Artículo 31 del tratado EURATOM y ha coordinado el Grupo de Trabajo de Exposiciones Médicas durante los últimos años. Asesora al Ministerio de Sanidad y Política Social en temas de protección radiológica para exposiciones médicas.

Ha actuado en varias ocasiones como experto en Protección Radiológica para el OIEA y es miembro de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (y actual presidente del Comité 3: Protección en Medicina). Forma parte del Comité Editorial de varias revistas científicas (*British Journal of Radiology*, *European Journal of Medical Physics*, *Medical Physics*, etc). Desde hace más de 20 años dirige o colabora con un grupo de investigación financiado por instituciones nacionales y por la Comisión Europea, que desarrolla trabajos relacionados con la protección radiológica de los pacientes. Ha representado a España en numerosos foros científicos europeos y en grupos de trabajo de organizaciones internacionales. Es autor de numerosas publicaciones científicas en el área de la protección radiológica y del control de calidad, con especial incidencia en temas referentes a la protección del paciente.



ORGANISMOS INTERNACIONALES

Usted participa en diversos grupos de trabajo y comités de organismos internacionales siendo, en alguno de ellos, representante del Ministerio de Sanidad como EURATOM, OIEA, OMS, UNSCEAR e ICRP.

¿Cuáles son las acciones más destacables que se están llevando a cabo a nivel internacional relacionadas con la PR al paciente?

En algunos de los organismos internacionales en los que participo, lo hago a propuesta del Ministerio de Sanidad y Política Social (MSPS) del que

soy asesor en Protección Radiológica para la Dirección General de Salud Pública y Sanidad Exterior, aunque una vez aceptada la propuesta en muchos de esos organismos, se debe actuar como "experto" independiente. En las actuaciones internacionales se presentan, en ocasiones, los criterios de la Administración española y se informa regularmente del resultado de las reuniones al MSPS.

En el Grupo de Expertos del Art. 31 de EURATOM, he estado coordinando en los últimos años, el trabajo del Grupo de Exposiciones Médicas que prepara los temas de su área

de competencia para el plenario del Art. 31 y asesora a la Comisión Europea (CE), entre otros temas, en la elaboración de guías para ayudar a los estados miembros de la Unión Europea (UE) en la aplicación de la normativa de protección radiológica de los pacientes.

Con el OIEA se colabora en varios proyectos de interés conjunto con la CE, en los programas de formación y en el seguimiento del Plan Internacional de PR de los pacientes. Con la OMS se mantiene una estrecha relación en los mismos temas dado que ese organismo tiene un papel



fundamental en los aspectos de salud pública de la protección radiológica y está presente en la mayor parte de programas del OIEA y en las reuniones de UNSCEAR y de la ICRP.

Con UNSCEAR, España es actualmente un miembro "observador" (y espera ser un miembro de pleno derecho en los próximos años). Yo represento a España en ese organismo, también a propuesta del MSPS, en los temas de exposiciones médicas y David Cancio lo hace a propuesta del CIEMAT en las otras de interés.

En ICRP he sido durante los últimos años, secretario del Comité 3 (Protección en Medicina) y recientemente he sido nombrado presidente de ese Comité.

En la actualidad se está revisando la Directiva de Protección en Exposiciones Médicas. ¿Cuáles son los cambios más importantes que se van a introducir? ¿Es la formación a los profesionales un objetivo de trabajo de los grupos en los que participa?

Durante los últimos tres años se ha trabajado intensamente en la preparación de un borrador de una nueva Directiva sobre Normas Básicas de Seguridad que reunirá los actuales contenidos de cinco directivas actualmente en vigor, entre ellas la Directiva de Exposiciones Médicas 97/43/EURATOM.

El borrador final que se va a elevar a la CE ha sido aprobado por el plenario del Grupo de Expertos del Art. 31 en su reunión del 23-24 de febrero de 2010. El Título VIII de la nueva directiva se dedica a exposiciones médicas y sus novedades más destacadas se refieren a: 1) la exclusión de las exposiciones médico-legales; 2) un tratamiento más diferenciado de la radiología intervencionista (introduciendo el uso de los niveles de referencia para diagnóstico); 3) Reforzando los



Comité 3 (Protección en Medicina) del ICRP.

aspectos de formación en PR (se hace obligatoria la enseñanza de PR en las facultades de medicina y odontología); 4) Se regulan los procedimientos radiológicos en personas asintomáticas (incluso aunque no tengan la consideración de programas de cribado sanitario); 5) Se consideran las dosis a los profesionales en los procesos de justificación y de optimización de las exposiciones médicas; 6) Los estados miembros de la UE deben establecer, promover el uso, y realizar revisiones periódicas, de los niveles de referencia de dosis en diagnóstico; 7) Se refuerza la presencia del experto en Física Médica en los procedimientos diagnósticos e intervencionistas; 8) Se exige la información dosimétrica en los equipos de diagnóstico y que esa información se transfiera a las historias clínicas de los pacientes; 9) Se exige un registro y análisis de las exposiciones accidentales a los pacientes; 10) En Radioterapia, se exige que los programas de garantía de calidad, tengan una evaluación del

riesgo de exposiciones accidentales; 11) Se exige a los estados miembros de la UE que realizan una evaluación de dosis a la población por grupos de edad y sexo.

LA PR AL PACIENTE EN ESPAÑA

Desde su visión internacional, ¿en qué situación se encuentra la PR al paciente en nuestro país?

Desde el punto de vista normativo y con los antecedentes de algunas acciones piloto realizadas durante los últimos años en el marco de algunos programas europeos, estaríamos en una posición de vanguardia. Pero nuestro rendimiento científico, comparado con el de otros países de Europa, no se corresponde todavía con nuestras capacidades reales.

¿Qué tipo de actuaciones piensa que deberían de realizarse a corto y medio plazo?

En la situación actual y con las nuevas generaciones de radiofísicos incorporados a



nuestro ámbito sanitario, habría que potenciar más el área de imagen y las actividades de investigación. Tenemos todavía un número muy reducido de doctores en Física Médica. Habría que promover las estancias e intercambios de nuestros jóvenes radiofísicos en otros países de la Unión Europea y con Estados Unidos.

¿La formación de los prescriptores y especialistas en Protección Radiológica es suficiente?

Considero que también en este aspecto, el marco normativo español está en vanguardia, aunque en muchos casos sería conveniente hacer un seguimiento del cumplimiento efectivo de la normativa existente. La nueva directiva europea pretende reforzar los temas de formación (entre otros, formar mejor a los prescriptores). El Grupo de Exposiciones Médicas de EURATOM propuso el año pasado (y ya se ha aprobado) iniciar un estudio para hacer un seguimiento de estos temas en todos los países de la UE.

Dentro del Radiodiagnóstico, el pediátrico requiere una especial atención por las especiales características de los niños en lo referente a los procedimientos con radiaciones ionizantes.

¿Cuáles son las consideraciones más destacadas en esta área?

La nueva directiva requiere a los estados miembros, evaluar las dosis a la población pediátrica, derivadas de las exposiciones médicas. Los especialistas en Radiodiagnóstico, Medicina Nuclear y Radiofísica Hospitalaria deberían dirigir una parte importante de sus esfuerzos en la optimización de los procedimientos y en sus actividades de investigación, en esta dirección.

¿Qué tipo de actuaciones se están planteando a nivel internacional?

Existe una especial sensibilización sobre este tema en el ámbito internacional y europeo. La ICRP publicará próximamente un documento con recomendaciones específicas para radiología pediátrica que serán probablemente adoptadas (o ampliadas)

por la Comisión Europea. La OMS está también realizando actuaciones en esta área y el OIEA lo contempla en su Plan Internacional de PR de los pacientes (y ya ha iniciado algunas acciones piloto en cardiología pediátrica).

¿Piensa que la utilización de una cartilla radiológica puede mejorar la PR del paciente pediátrico?

Cualquier procedimiento que permita seguir los procedimientos radiológicos realizados en pacientes pediátricos y las dosis de radiación que se imparten a esos pacientes supondrá una mejora sustancial en la PR pediátrica. Además de la iniciativa que tuvo en su día la Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid sobre este tema, el OIEA ha iniciado un ambicioso proyecto sobre el registro de procedimientos radiológicos y sus dosis de radiación en una base de datos centralizada (que pretende abarcar a toda la población, no solo a la pediátrica) que ha llamado "Smart Card" y que coordina el Prof. M. Rehani junto con un prestigioso radiólogo pediatra de Estados Unidos (Prof. Donald Frush).

Los pacientes utilizan diversas vías, no siempre adecuadas, para informarse sobre los riesgos de efectos radioinducidos en los procedimientos diagnósticos con radiaciones ionizantes

¿Cree que la SEPR puede ser un vehículo apropiado de información en esta área?

Por supuesto que la SEPR puede y debe jugar un papel relevante en este tema. No sólo en la presentación de información objetiva y clara, sino también traduciendo y ofreciendo los enlaces ya existentes de otras organizaciones internacionales (como el OIEA) y sociedades científicas que ya disponen de excelente material elaborado para estos fines.

ASAMBLEA GENERAL DE LA SEPR

El pasado 19 de enero se celebró la 1ª Asamblea General de la Sociedad en el Instituto de Investigaciones Biomédicas de Madrid.

El Orden del Día contemplaba la aprobación del Acta correspondiente a la Asamblea General celebrada el día 3 de junio de 2009 en Alicante y la decisión sobre el próximo congreso conjunto de la SEPR del año 2011 (SEPR-13)

La Asamblea aprobó por mayoría la organización del próximo congreso conjunto SEFM-SEPR en Sevilla, en 2011.

La información detallada de la Asamblea General esta recogida en el Acta correspondiente colgada en la página web de la Sociedad.

M^a Teresa Macías
Secretaría General de la SEPR

LA JUNTA DIRECTIVA INFORMA

La Junta Directiva de la SEPR celebró su primera reunión de 2010 el pasado 23 de marzo en el hospital Universitario La Princesa.

Se aprobaron los siguientes asuntos:

- Incorporación de 15 nuevos socios de número, y baja de 6 socios.
- Cambios en el Comité de Redacción de RADIOPROTECCIÓN: Paloma Marchena, directora de nuestra revista hasta este número, es sustituida por Beatriz Robles, actual coordinadora de la misma. La nueva coordinadora de la revista es Ángeles Sánchez; también se incorpora a dicho comité, Inmaculada Sierra y finaliza su trabajo en el mismo Carlos Huera.

La Junta Directiva agradece a Paloma Marchena el extraordinario trabajo realizado como directora de nuestra revista.

- Informes económicos: cierre del ejercicio económico de 2009 y presupuesto de la SEPR para 2010. Estos informes serán presentados por Alejandro Úbeda, actual tesorero de la sociedad en la próxima Asamblea General del día 8 de abril.

Otros asuntos de interés:

- **Plan de actividades de la SEPR**

Se ha colgado el documento correspondiente en la página web de la sociedad. Cada actividad dispone de una ficha con los datos correspondientes y, como novedad, un acceso directo a la información detallada de cada una de las actividades programadas.

- **Foros SEPR-CSN**

Los Foros de PR en el área sanitaria, en el área industrial y UTPR continúan con sus actividades en curso.

- **Plan Estratégico de la SEPR**

La JD revisó el Informe de Seguimiento del Plan Estratégico de la sociedad, identificando los logros conseguidos y determinó los objetivos concretos para 2010.

En relación con la línea 4 del Plan Estratégico, Relaciones con la Sociedad, se presentará la SEPR a nuevas instituciones,

organismos, colegios profesionales, sociedades científicas afines con objeto de establecer posibles convenios de colaboración que potenciarán el desarrollo de la SEPR.

- **IRPA**

La SEPR está elaborando un documento que contiene la oferta de formación en temas de protección radiológica propuesta, por diferentes instituciones para 2010, en España. Esta información será remitida al Comité Ejecutivo de IRPA con objeto elaborar una oferta formativa en PR en los diferentes países europeos, lo que facilitará la asistencia de socios de las diferentes sociedades a los múltiples cursos y seminarios que se llevarán a cabo.

- **Grupo Mixto SEFM-SEPR**

Se ha constituido un Grupo Mixto entre la SEFM y la SEPR, integrado por los presidentes y/o vicepresidentes secretarías generales y tesoreros de dichas sociedades con objeto de llevar a cabo tareas de interés común. Una reseña de la primera reunión celebrada se refleja en otro apartado de la revista.

La información correspondiente a las comisiones de asuntos institucionales y publicaciones se desarrolla en otros apartados.

M^a Teresa Macías
Secretaría General de la SEPR

Nota informativa de la Comisión de Asuntos Institucionales (CAI)

El pasado 10 de marzo se celebró, en las oficinas de Enresa, una reunión de la Comisión de Asuntos Institucionales (CAI) de la SEPR. Asistieron a dicha reunión sus miembros Pío Carmena (presidente), Pedro Carboneras, Leopoldo Arranz, José Gutiérrez, Manuel Rodríguez, David Cancio, Eduardo Gallego y Marisa España (Secretaría). Excusaron su asistencia Xavier Ortega, Manuel Fernández Bordes, Eduardo Sollet, Juan José Peña, Ignacio Hernando y Rafael Ruiz Cruces.

Los temas tratados en la reunión fueron los siguientes:

- **Seguimiento del Plan Estratégico 2008-2011:** Se distribuyó una relación de actividades realizadas en 2009, evaluándose el grado de cumplimiento de las líneas estratégicas a corto plazo (2008-2009) planteadas en este plan. Así mismo se pasó revista a las líneas previstas a medio plazo (2010-2011) para identificar actividades adicionales a la ya planteadas en el Plan de Actividades 2010. El informe resultante de esta valoración será presentado a la Junta Directiva y, eventualmente, a la Asamblea General de la SEPR.
- **Congreso de Sevilla:** Se informó sobre las propuestas del presidente del congreso para la composición de los comités científico y organizador del mismo. Se acordó que la CAI proponga a la Junta Directiva algunas incorporaciones adicionales para completar la representación de los sectores y geográfica de la SEPR.
- **Relaciones institucionales:** Se comentaron las conclusiones de un grupo de trabajo *ad-hoc* sobre posibles interacciones adicionales de la SEPR con organismos y asociaciones creado por la comisión. Este grupo se reunió el pasado 17 de

febrero y ha preparado una nota que se acuerda elevar a la próxima reunión de la Junta Directiva. También se informó sobre la primera reunión institucional con representantes de la Junta Directiva de la SEFM, que se celebrará el 17 de marzo.

- **Relaciones internacionales:** Se informó sobre la reunión de presidentes de sociedades de PR europeas prevista para el 25 de octubre y que este año se celebrará en Madrid. Así mismo se analizó la posible participación de la SEPR en los congresos regionales europeo (Helsinki) e iberoamericano (Medellín), acordándose recomendar a la Junta Directiva de la SEPR la conveniencia de que haya una representación institucional de la SEPR en ambos congresos, en especial en el de Medellín, con objeto de mantener el papel de liderazgo de la SEPR en las relaciones con las sociedades iberoamericanas que se derivó de las reuniones mantenidas con representantes de las mismas en Alicante.
- **Grupo de representantes internacionales de la SEPR:** El coordinador del grupo, David Cancio, informó sobre la primera reunión de este grupo mantenida a finales del año pasado en la que se adoptaron varias iniciativas como la de intercambiar información dentro del grupo sobre las diferentes reuniones a las que asisten miembros del mismo y la de preparar un número monográfico de la revista **RADIOPROTECCIÓN** sobre este tema.

M^a Luisa España, secretaria de la CAI

Curso y Taller sobre Radiaciones No Ionizantes en Ambientes Hospitalarios

El día 18 de enero de 2010 tuvo lugar en el Hospital Universitario Ramón y Cajal (HRC) el Curso-Taller "Radiaciones No Ionizantes en Ambientes Hospitalarios". Dicho curso, como mencionamos en el N^o 62 (página 17) de **RADIOPROTECCIÓN**, fue organizado por la SEPR, con la colaboración del HRC y de la compañía INYCOM. Entre los miembros organizadores se encuentran Leopoldo Arranz, jefe del Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica (SEPR/HRC), Lorenzo Jiménez, jefe del Servicio de Rehabilitación, HRC y Juan Fernández Urdanibia, jefe del Servicio de Radiodiagnóstico, HRC. La coordinación estuvo a cargo Alejandro Úbeda (SEPR/HRC) y M. Luisa España (SEPR). Al curso-taller asistieron médicos, personal sanitario y profesionales relacionados con el sector (público y privado) de distintas partes del país.

El curso tuvo por objetivo establecer el marco de la protección radiológica en exposiciones ocupacionales a campos electromagnéticos en el ámbito sanitario, dando información básica sobre las necesidades, normativas y estrategias de protección en este tipo de exposiciones. En particular se profundizó en la posible incidencia de la aplicación de la directiva europea de 2004 y de las estrategias o protocolos a realizar en su transposición a la legislación española en 2012, sobre la utilización de procedimientos que se basan en la imagen médica. Se trata del primer curso-taller con demostraciones prácticas de mediciones celebrado en España enfocado, específicamente, a la temática de la exposición ocupacional a radiaciones no ionizantes (RNI) en el ámbito sanitario. Las

- presentaciones de los ponentes se encuentran disponibles para los socios, en la página web de la SEPR:
- - Las RNI, principios físicos básicos (Juan José García Labrador, INYCOM)
- - Bioefectos de las RNI (Alejandro Úbeda, HRC)
- - Prevención del riesgo por exposición laboral a RNI (María José Rupérez, INSH)
- - RNI en ambientes hospitalarios: la exposición en unidades de resonancia magnética. (Eduardo Guibelalde, UCM)
- En su programa vespertino, la jornada incluía un taller de dosimetría de RNI en ambientes del Hospital Ramón y Cajal, impartido por ingenieros de la compañía colaboradora INYCOM con el apoyo de los investigadores del Servicio de Bioelectromagnetismo del hospital. Las demostraciones prácticas se realizaron en las unidades de Electroterapia y de RM, elegidas como representativas de los tipos y niveles elevados de exposición ocupacional a RNI en hospitales. A fin de que las prácticas pudieran realizarse con la mínima de perturbación posible del normal funcionamiento de las unidades, y con la máxima discreción en atención a los pacientes, sólo se pudieron admitir 25 participantes para la presente edición del taller. La selección de los participantes fue realizada por riguroso orden de inscripción. Los asistentes al taller, que fueron divididos en cuatro grupos y rotaron entre las distintas unidades, recibieron formación práctica sobre los protocolos y estrategias de medición aplicables a la dosimetría específica de las radiaciones presentes en los distintos ambientes estudiados.

CONCLUSIONES DE LA JORNADA

(Por Alejandro Úbeda, coordinador)

- La jornada de mañana se cerró con un debate moderado por la Dra. María Luisa España, vicepresidenta de la SEPR y co-organizadora de la actividad. El debate se prolongó más allá de la hora prevista, dado el interés de la audiencia y el enfoque amplio y preciso de los temas planteados por los especialistas que asistieron al debate. De entre los diversos temas que se trataron, todos ellos relacionados con las condiciones de exposición de los profesionales sanitarios a las radiaciones no ionizantes (RNI) en distintos tramos del espectro, y de las correspondientes estrategias de dosimetría y radioprotección, destacó la discusión sobre la exposición en unidades de resonancia magnética (RM).
- Los datos presentados en las distintas ponencias coincidieron en mostrar que los profesionales sanitarios (principalmente técnicos, enfermeros y cirujanos) que realizan parte de sus tareas en las inmediaciones de los equipos de RM, pueden verse expuestos a niveles de radiación de baja frecuencia que superen en 1-2 órdenes de magnitud los valores de seguridad establecidos por la Directiva Europea de 2004 para la Protección ante Efectos Nocivos Inmediatos de las RNI. La directiva europea no está dirigida a la protección ante posibles efectos nocivos de exposiciones ocupacionales crónicas.
- Por lo tanto, quedó de relieve que la RM presenta una problemática especial, ya que no es fácil establecer estrategias o protocolos que permitan evitar eficazmente las citadas sobreexposiciones. En esas condiciones, una legislación nacional

que obligase al cumplimiento de los niveles establecidos por la directiva supondría un impedimento severo a la ejecución de tareas que se vienen practicando rutinariamente en las proximidades de equipos de RM. Equipos cuya evolución reciente tiende a conllevar mayores niveles de emisión y, por tanto, mayores niveles de exposición. Esta circunstancia ha llevado a un conjunto de profesionales europeos de la RM y de la industria relacionada, a promover una campaña agresiva encaminada a exigir: 1) que la directiva sea modificada, al menos en lo que se refiere a las exposiciones en unidades de RM, ó 2) que los trabajadores de la RM queden eximidos del cumplimiento de la directiva. La problemática creada por esta situación fue la causa principal de que la transposición de la Directiva de 2004 a las legislaciones nacionales, prevista para 2008, haya quedado pospuesta hasta 2012. Además, la autoridad europea está estudiando una revisión de la directiva, a fin de intentar dar solución a la problemática que venimos describiendo. En estas condiciones, es difícil en este momento hacer predicciones válidas sobre los posibles contenidos de la correspondiente legislación española prevista para 2012.

- Las expresiones de satisfacción, verbales y escritas, recibidas de los participantes en la jornada y en el taller, nos permiten asegurar que la SEPR realizará periódicamente nuevas ediciones de esta actividad. Tanto INYCOM, como el Hospital Ramón y Cajal y los ponentes invitados han mostrado su interés y disposición para repetir su participación altruista en las futuras ediciones.

Comité de Redacción

Curso: Efectos de los Campos Electromagnéticos sobre la Salud

Durante los días 14-16 de abril tendrá lugar en Málaga, en el Ilustre Colegio Oficial de Médicos, el curso de formación continuada (20 horas lectivas) "Efectos de los Campos Electromagnéticos sobre la Salud". Dicho curso con acreditación SEAFORMEC, será organizado por la Fundación del Colegio Oficial de Médicos de Málaga, la Sociedad Española de Protección Radiológica y el Departamento de Radiología, Oftalmología y Otorrinolaringología de la Universidad de Málaga, y coordinado por el profesor Rafael Ruiz Cruces de la Universidad de Málaga. Intervendrán como ponentes el Dr. José Manuel Pastor Vega y el Dr. Rafael Ruiz Cruces de la Universidad de Málaga y los doctores M^o Ángeles Trillo y Alejandro Úbeda, del Hospital Ramón y Cajal de Madrid. El curso va dirigido a médicos, personal sanitario, profesionales relacionados con el sector y estudiantes de medicina.

Los objetivos del presente curso son:

1. Conocer los fundamentos técnicos del funcionamiento de los campos electromagnéticos (CEM).
2. Evaluar las estrategias de elaboración de criterios de seguridad aplicados actualmente sobre la base de la información científica disponible en materia de efectos nocivos derivados de la exposición a señales de CEM.
3. Aprender los niveles y normativas de seguridad de aplicación internacional, europea y española para la protección del público ante radiaciones no ionizantes, así como las

estrategias desarrolladas con la finalidad de que se respeten los citados niveles de seguridad.

4. Analizar los últimos datos obtenidos en investigaciones experimentales y epidemiológicas sobre los bioefectos de las radiaciones no ionizantes.
5. Conocer los distintos tipos morfológicos y/o funcionales utilizados en resonancia magnética y sus posibles efectos no deseados en pacientes.
6. Establecer el marco de la protección radiológica en exposiciones ocupacionales a RNI en el ámbito sanitario, con la información básica sobre las necesidades, normativas y estrategias de protección en este tipo de exposiciones.
7. Comprender el concepto de percepción del riesgo frente a CEM que sufre el público en general ante casos de alarma social.
8. Conocer cómo transmitir al usuario la información referente al riesgo frente a este tipo de radiaciones.

Para la inscripción, contactar con la coordinadora de formación del Ilustre Colegio Oficial de Médicos de Málaga, Dña. Remedios Fernández Cabrera (teléfono: 951019401; e-mail: coordinación.formación@commalaga.com). Más información en la web: www.commalaga.com

Comité de Redacción

Reunión Conjunta SEFM-SEPR

Con el objetivo de revisar el procedimiento para la organización de congresos conjuntos y tratar de aquellos aspectos en los que actualmente ambas sociedades están colaborando el día 17 de marzo se reunió el Grupo mixto SEFM-SEPR.

El procedimiento de organización de congresos conjuntos se valoró como el marco más adecuado para dicha organización, y a la vista de la experiencia del Congreso de Alicante se decidió proponer a la Junta Directiva la modificación de algunos puntos de dicho documento, como la composición de dicho grupo, publicaciones del congreso, etc.

Respecto a otras colaboraciones en curso, se trató también de la revisión del Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, decidiéndose estudiar el formato de publicación para que esté en consonancia con lo establecido para las publicaciones en ambas sociedades. Así mismo se llevará a la Junta Directiva la creación de una comisión conjunta con el único objetivo de elaborar el Programa de Protección Radiológica establecido en el RD 1085/2009.

El grupo valoró muy positivamente las actividades conjuntas actualmente en curso.

*M^o Luisa España
Vicepresidenta de la SEPR*

Fe de Errores

En el artículo titulado "Proyecto MOCAT: Herramienta de apoyo a la gestión de las emergencias en la central nuclear de Santa María de Garoña" que apareció publicado en la revista RADIOPROTECCIÓN 62, faltaba uno de los autores del mismo.

Dicho artículo que, además, fue premiado como la mejor ponencia sobre Seguridad Nuclear en la 34^a Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española, estaba firmado por José Luis Callejo y Rafael J. Caro.

La página Web de la SEPR

Como en años anteriores, se presenta un resumen sobre el funcionamiento de la Web durante el año 2009.

En ese año, hemos recibido 92.900 visitas, es decir, 7.741 al mes en promedio. Esto supone un aumento de un 30% con respecto al año anterior. Los meses con mayor número de visitas fueron mayo y octubre, siendo la primera vez que la celebración de un congreso no es el causante del incremento en visitas a la web. En particular el motivo del incremento en mayo fue motivado por una intervención en el Foro de Socios acerca del nuevo "Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico", tema que, debido al interés despertado, ha motivado la celebración de unas jornadas específicas sobre el tema. El número de visitas ese mes fue de 9213.

La mayor parte de los visitantes procedía de España (un 70%), seguida por Alemania (7.3%), México (3.4%) y Francia (2.4%). El porcentaje de visitas procedentes de Latinoamérica fue de cerca de un 11%, también visitándonos desde otros países de habla no hispana.

Los apartados más visitados fueron Descargables y Convocatorias.

En cuanto a los documentos más descargados, sigue siendo el principal el "Manual general de protección radiológica" en el medio hospitalario (7669 descargas), seguida del anuncio de la jornada sobre "La protección radiológica en el 2008" (1305 descargas) y del "Medida del factor de calibración de activímetros para ^{123}I en jeringa" de Eduardo García-Toraño (1190 descargas).

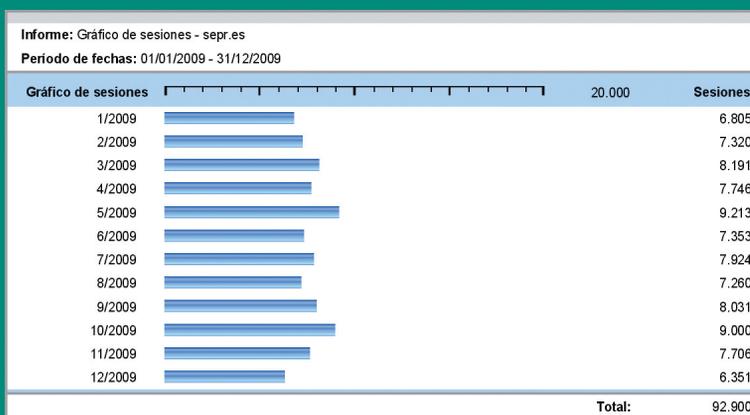


Figura 1.- Descargas.

DESCARGA GRATUITA PARA SOCIOS DE LAS PRESENTACIONES DEL MATERIAL DEL CURSO "FORMACIÓN CONTINUA PARA OPERADORES Y AYUDANTES DE RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL"

Se encuentran a disposición de los socios las presentaciones realizadas en dicho curso. Todos los temas impartidos se encuentran en formato pdf (accesible a no socios) y en formato power point solo para socios, de forma que pueda ser utilizado por los socios si les fuera necesario.

Este curso fue aprobado por el foro industrial CSN-SEPR el 16 de diciembre de 2009.



DESCARGA DE INFORMACIÓN SOBRE ESCÁNERES DE INSPECCIÓN PERSONAL PARA SEGURIDAD

Debido al interés que ha despertado este tema en la sociedad, se han añadido una serie de documentos que pueden ser de utilidad. Algunos de ellos precisan la validación previa como usuarios. Los documentos son:

La necesidad de reglamentar el uso de los sistemas de inspección personal y de carga que utilizan radiaciones ionizantes - Dra. Caridad Borrás; Evaluación del riesgo sanitario de los escáneres corporales de backscatter de rayos X - IRSN; Use of ionizing radiation for security screening individuals - Health Physics Society; y The use of low dose x-ray scanners for passenger screening at public transportation terminals should require documentation of the "informed consent" of passengers - A. F. Hrejsa & M. L. Bank.

Juan Carlos Mora
Coordinador de la página web de la SEPR

Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Pediátrico

M.L. España López⁽¹⁾, G. Gómez Mardones⁽²⁾, P. García Castañón⁽¹⁾,
R. Bermúdez Luna⁽¹⁾, E. García Esparza⁽²⁾, I. Solís Muñiz⁽²⁾

⁽¹⁾Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica. Hospital Universitario La Princesa.

⁽²⁾ Servicio de Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Infantil Niño Jesús.

RESUMEN

Dentro de las aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes, el radiodiagnóstico sigue siendo la más frecuente, y representa la fuente más importante de exposición médica. Los procesos de justificación y optimización son de especial importancia para el paciente pediátrico debido a su mayor esperanza de vida y al mayor riesgo de aparición de efectos estocásticos. Para lograr, en radiodiagnóstico pediátrico, que las dosis sean tan bajas como razonablemente sean posibles, se requieren equipos adecuados, controles de calidad periódicos, protocolos pediátricos, técnicos con experiencia, estimaciones dosimétricas, blindajes superficiales y evaluaciones de la calidad de imagen. Los avances tecnológicos han incrementado las posibilidades de reducir las dosis al paciente, pero, para un uso óptimo de las mismas, es necesario un conocimiento profundo de las diferentes tecnologías. Los protocolos dosimétricos, los indicadores de dosis y los niveles de dosis de referencia son esenciales para la protección radiológica del paciente, y se deben revisar para el paciente pediátrico, especialmente en procedimientos de altas dosis como en los casos de TC e intervencionismo. Aunque la forma más efectiva de reducir la dosis es eliminar las prescripciones innecesarias, los Servicios de Radiodiagnóstico, y los Servicios de Radiofísica y Protección Radiológica deben implicarse en los procedimientos de optimización, para lograr que el criterio ALARA refleje la realidad de la radiología pediátrica en nuestro país.

ABSTRACT

Diagnostic x-ray examinations remain the most frequent use of ionizing radiation in medicine, and represent the most significant source of medical exposure. Justification and optimization process are worthy of special considerations for the pediatric patient, in view of their longer life expectancy and the increased risk for stochastic effects. The aim of the present study is to review the state of the art of the radiation protection in pediatric radiology. Proper equipment, periodic quality control, pediatric protocols, experienced operator, dosimetric estimations, superficial shielding and evaluation of image quality are required to achieve patient doses As Low As Reasonably Achievable in pediatric radiology. Technical advances have increased the number of possibilities to reduce patient doses, but their optimal use implies a deep knowledge of the different technology. Practical dosimetry, dose indicators and dose reference levels are essential elements of patient protection, and must be reviewed for the pediatric patient, especially in higher radiation doses procedures, such CT and interventional examinations. Although the most effective way to reduce the radiation dose is to eliminate the unnecessary referrals, Radiology Department and Medical Physics and Radiological Protection Department, must be involved in the optimizations procedures in order to achieve ALARA patients dose in pediatric radiology reflects the reality in our country.

INTRODUCCIÓN

El radiodiagnóstico contribuye de una manera importante a la dosis efectiva colectiva en los países desarrollados [1], y en la actualidad se está produciendo un incremento en el número de exámenes realizados, especialmente en el caso de TC [2]. No hay que olvidar que aproximadamente el 80% de toda la actividad médica conlleva la utilización de procedimientos diagnósticos con radiaciones ionizantes, de los cuales aproximadamente un 10% se realizan en paciente pediátricos, por lo que se debe extremar la aplicación de los principios de protección radiológica en estos procedimientos.

La Directiva 97/43 EURATOM [3] establece los principios de justificación y optimización para las exposiciones médicas, y requiere a los Estados miembros para que se establezcan niveles de referencia de dosis para diagnóstico (DRL), en grupos de pacientes de talla estándar, o maniqués estándar, para tipos de equipos definidos de manera general. Además, reconoce en su artículo 9 a los procedimientos en pediatría como "Prácticas especiales", para las que requiere que se aseguren que se emplean los equipos radiológicos y las técnicas adecuadas, prestando especial atención a programas de garantía de calidad, medidas de control de calidad y evaluaciones de dosis al paciente.

Existen diversos estudios acerca de la relación entre la dosis recibida por el paciente en procedimientos de radiodiagnóstico y el riesgo de aparición de efectos radioinducidos [4], la gran mayoría de ellos en pacientes adultos. Sin embargo, la aparición de varios artículos en el *American Journal of Roentgenology* (AJR) durante el año 2001 [5], aunque relativos a procedimientos de tomografía computerizada (TC), marcó un punto de atención en la protección radiológica del paciente pediátrico [6]. La atención se basó, no sólo en hacer mayor hincapié en la necesidad de establecer y revisar periódicamente criterios de justificación, como la mejor forma de disminuir las dosis, sino también marcando la necesidad de establecer procesos de optimización de dichas dosis. El incremento en la realización de estudios de riesgo-beneficio [4], de justificación de ciertos procedimientos [7], de estudios dosimétricos nacionales o internacionales [8] en procedimientos pediátricos es una realidad que está marcando la protección radiológica del paciente pediátrico.

El objetivo de este artículo es la revisión del estado actual de la protección radiológica en los procedimientos de radiodiagnóstico pediátrico, articulada bajo la aplicación de los principios de justificación y optimización, y el establecimiento de niveles de dosis de referencia.

JUSTIFICACIÓN

El RD 815/2001 [9] establece la responsabilidad de la justificación de un procedimiento en primer lugar en el médico prescriptor, dejando la decisión final al médico especialista en radiodiagnóstico, el cual es responsable de valorar: la correcta indicación del procedimiento radiológico y definir alternativas al mismo sin riesgo radiológico o con riesgo radiológico menor. Así mismo, serán los responsables de valorar las exploraciones previas para evitar repeticiones innecesarias, la correcta realización y posible repetición de algunos procedimientos defectuosos y emitir el informe radiológico final.

En pediatría es especialmente crítico el principio de justificación, ya que la aparición de efectos estocásticos es más probable debido a la mayor esperanza de vida. Es de destacar que los avances de la medicina han incrementado la esperanza de vida en ciertos pacientes, como los prematuros de bajo peso que sobreviven, o la población oncológica pediátrica con mayores tasas de curación y supervivencia debidos al avance y mejor respuesta a la terapéutica médica, que cada vez es menos agresiva y más individualizada a cada caso en particular.

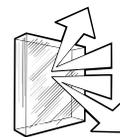
En general, los profesionales sanitarios y en particular el radiólogo pediatra que trabajan con radiaciones ionizantes están cada día más sensibilizados y preocupados con la protección radiológica de los pacientes. No se debe

aceptar bajo ningún concepto ninguna prueba radiológica que no esté debidamente justificada, sobre todo si no se va a obtener algún beneficio neto, siempre se deben buscar otras alternativas, e individualizarlas para cada caso en particular; esto constituye el proceso de justificación. En la actualidad, algunas exploraciones con fluoroscopia están siendo sustituidas por otros procedimientos, como es el caso de los enemas diagnósticos y terapéuticos, para el caso del abdomen agudo producido por una invaginación intestinal. Este procedimiento, que a veces conlleva largos tiempos de escopia, con la exposición tanto del paciente como del técnico y el radiólogo, puede resolverse bajo control ecográfico con igual o mayor eficacia y seguridad. También es el caso de la cistografía miccional seriada mediante fluoroscopia (CUMS), que en algunos casos ya protocolizados se sustituye por la ecocistoscopia con un ahorro importante de dosis para los pacientes. Iniciativas como éstas ya están contempladas dentro del catálogo de exploraciones de la Sociedad Española de Radiología Médica (SERAM), y deben ser promocionadas no sólo en los Servicios de Radiodiagnóstico sino también a los médicos prescriptores [10,11].

Por tanto, los especialistas en radiodiagnóstico han de evaluar continuamente la idoneidad de la justificación de las pruebas, y recordar a los médicos prescriptores, pediatras y especialistas, la necesidad de la justificación en la solicitud de las exploraciones [12], indicándoles que no hay exposición más perjudicial que aquella que no está justificada, si no contribuye a la mejoría clínica del paciente, o al cambio de decisiones en ese momento, e incluso no tiene un carácter urgente, por lo que se puede demorar a la espera de que pueda aparecer otro signo que contribuya a esclarecer el diagnóstico, asegurándole que las prisas pueden ser enemigas y producir iatrogenias en algún caso particular.

Los radiólogos asumen la vigilancia y control de los criterios de justificación, ya que, aunque cada vez es menor y de manera más excepcional, aparecen actitudes como: "se pide por si acaso", "la dosis que va a recibir es muy baja", etc. Estos criterios pueden convertirse en rutina, por lo que se deben erradicar sin temores y con firmeza, teniendo en cuenta además el respaldo que nos ofrece la Ley. También se observa, en ocasiones, alguna práctica amenazadora, como la medicina defensiva ó cuando los padres exigen alguna exploración al médico prescriptor por causas banales, sin ninguna justificación. En este sentido, la percepción de los familiares ha cambiado en la sociedad actual. Hace años los padres responsables tenían más respeto al profesional sanitario y seguían sus instrucciones confiando en su criterio profesional.

La utilización de las radiaciones ionizantes, en el campo de la medicina, ha permitido realizar importantes progresos, y desarrollar nuevas técnicas para el diagnóstico que resul-



tan tanto más ventajosas, cuanto mejor se apliquen las medidas necesarias para la protección radiológica del paciente. Algunas de ellas pueden despertar grandes expectativas y resultar atractivas para el médico prescriptor, pero al mismo tiempo pueden ser abrumadoras por la falta de validación y testificación de resultados. El radiólogo, como consultor, juega un papel importante para indicar si aquello que se solicita no es lo más indicado o justificado por ser lo último, y, ante la duda, se deben buscar alternativas mejores para el diagnóstico de las diferentes patologías.

DOSIMETRÍA

De acuerdo a International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU), [13] el objetivo de la dosimetría en radiodiagnóstico es chequear los estándares de buena práctica, y disponer de datos dosimétricos para estudiar posibles casos de sobreexposición. En radiodiagnóstico, este objetivo exige disponer de protocolos de técnicas radiográficas optimizadas y de DRL para procedimientos en pediatría. Estos objetivos no se cumplen con la obtención de miles de datos de dosis a pacientes, en los que se garantice que la dosis promedio no supera el DRL para un paciente estándar, valor que no olvidemos no es aplicable a un paciente individual, ya que es posible obtener valores de dosis promedio dentro de tolerancias con la utilización de técnicas no apropiadas. La legislación española establece la estimación dosimétrica, en una muestra de diez pacientes, en los procedimientos más habituales con una periodicidad anual, bajo la responsabilidad del especialista en Radiofísica [14], pero para poder establecer procesos de optimización se deben registrar además los datos de las técnicas radiográficas utilizadas.

El procedimiento básico para la evaluación de dosis propuesto por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) es el empleo de la magnitud física dosis absorbida [15]. El uso de la dosis efectiva para estimar la exposición de los pacientes tiene serias limitaciones, y muy especialmente para el paciente pediátrico. Esta magnitud sí puede tener valor a la hora de comparar dosis asociadas a procedimientos de diagnóstico, ó para comparar el uso de diferentes tecnologías. Sin embargo, para estimaciones riesgo beneficioso, es la dosis equivalente o, preferiblemente la dosis absorbida en tejidos irradiados, la magnitud más relevante. Con factores de ponderación de tejido bajos para la piel, y valores relativamente bajos para otros tejidos, la exposición parcial del cuerpo puede dar como resultado que, aunque la dosis efectiva pueda ser pequeña, se produzcan dosis equivalentes apreciables en tejidos localizados [15].

La dosis efectiva se define para la persona de referencia promediada por sexos [15], y en la actualidad se utilizan

modelos tipo vóxel de referencia, contruidos a partir de la imagen médica de personas reales. Por tanto, la primera dificultad que nos encontramos en pediatría, frente a los procedimientos en adultos, es caracterizar al paciente estándar, dadas las grandes diferencias que existen en peso y talla, entre las diferentes edades incluidas dentro del rango de edad pediátrica. También se debe tratar de desarrollar maniqués computacionales de referencia para niños de distintas edades [15]. La Comisión Europea [16] estableció el paciente estándar para pediatría, como un paciente de 5 años de edad y entre 15 y 25 kg de peso. Es necesario ampliar el concepto de paciente estándar para diferentes rangos de edad con especificaciones de peso y talla para cada uno de ellos, y establecer los respectivos valores de DRL por procedimiento, lo que incrementa de forma significativa las evaluaciones dosimétricas que debe realizar el especialista en radiofísica.

En exploraciones simples, las magnitudes dosimétricas más utilizadas siguen siendo la dosis superficie a la entrada del paciente (DSE) y el producto dosis por área (PDA). Este último es muy útil en pediatría, ya que aporta un indicador del tamaño de campo utilizado y por tanto de posibles fallos en la colimación, parámetro siempre importante pero especialmente en el paciente pediátrico. La radiología digital ha aportado la posibilidad de disponer de indicadores dosimétricos para todos los procedimientos, sin embargo es necesario conocer muy bien dichos indicadores, y establecer algoritmos de cálculo para poder estimar a través de ellos los valores de dosis en la superficie de entrada [17]. Para estos indicadores se suelen establecer rangos de valores, que sirven de guía al técnico especialista en radiodiagnóstico (TER) a la hora de poder estimar la calidad del procedimiento. A veces es necesario establecer, para estos indicadores, rangos de variación específicos para pediatría antes de la utilización de los mismos en procedimientos pediátricos.

En las exploraciones complejas, la utilización de equipos digitales con adquisición de imagen digital puede reducir la dosis de radiación en aproximadamente un 50% manteniendo la calidad de imagen diagnóstica. Dentro de las exploraciones complejas en pediatría, una de las más habituales es la cistografía miccional seriada mediante fluoroscopia (CUMS), para determinar y evaluar el reflujo vesicoureteral y mostrar anomalías en vejiga y uréteres, que representa aproximadamente entre un 30-50% de todas las exploraciones con escopia llevadas a cabo en pediatría. Durante este procedimiento, el campo de radiación incluye muchos de los órganos más radiosensibles, alcanzándose dosis equivalentes en ovarios de 0,44 mSv y de 0,33 mSv en testículos [18].

Desde el punto de vista dosimétrico son especialmente importantes los procedimientos de TC e intervencionistas.

Ya se ha mencionado anteriormente el impacto que tuvieron diversas publicaciones del AJR en 2001, destinadas a incrementar los esfuerzos en la protección radiológica del paciente pediátrico en TC, dado el incremento en el número de procedimientos realizados que se había producido y la falta de protocolos adecuados para pediatría [19]. La introducción de los equipos de TC multicorte (MSCT) ha supuesto un nuevo reto, y existen discrepancias para la indicación en pediatría de los diferentes MSCT [20]. Sin embargo hay que destacar que la utilización de estos equipos disminuye la necesidad de sedación para el paciente pediátrico.

Los indicadores dosimétricos para TC, CTDI y DLP, siguen siendo las referencias para estos estudios, aunque es necesario realizar evaluaciones dosimétricas con maniqués pediátricos [21].

En los últimos años ha habido una gran evolución tecnológica en los equipos dedicados a intervencionismo, con nuevas aplicaciones de reducción de dosis, y últimamente con la introducción de equipos biplano. Aunque hay pocos estudios dosimétricos publicados, algunos autores estiman que en cateterismo cardíaco la dosis superficie a la entrada en proyección posteroanterior puede variar de 1 a 197 mGy y en proyección lateral de 1,1 a 250,3 mGy [22].

La digitalización de los sistemas de adquisición, registro y archivo de imagen, ha proporcionado una poderosa herramienta para registrar los datos técnicos y dosimétricos de los procedimientos en pediatría, y permiten a los especialistas en radiofísica disponer, en algunos casos online, de una gran base de datos para poder chequear los estándares de buena práctica, y estudiar posibles casos de sobreexposición. Además, con estos sistemas se repiten menos exploraciones, ya que el almacenamiento de las imágenes es más seguro, no se pierden las radiografías, permiten ver todo el historial radiológico en el ordenador con la fecha exacta, evitando repeticiones de estudio a veces innecesarios, comparar fácilmente con estudios previos, controlar el historial dosimétrico individual, etc..., siendo más fácil el rechazo de una exploración no justificada adecuadamente.

OPTIMIZACIÓN. CRITERIO ALARA

Una vez justificado el procedimiento, la aplicación del criterio ALARA "la dosis debe ser tan baja como razonablemente sea posible", implica, en radiodiagnóstico, la obtención de una imagen apta para el diagnóstico con la mínima dosis posible. Para lograr este objetivo es necesaria la introducción de mecanismos de optimización, como la utilización de equipos adecuados que estén debidamente controlados [23], la aplicación de técnicas radiográficas optimizadas y utilización de blindajes superficiales para el paciente. Esto exige la colaboración entre Radiofísicos, Radiólogos, y TER, de forma que

los criterios de optimización se apliquen de forma rutinaria en todos los procedimientos, después de una evaluación rigurosa por parte de los Radiólogos y Radiofísicos.

Equipamiento

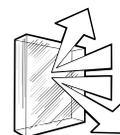
Aunque no existe la exigencia de equipos especiales en pediatría, ni tolerancias específicas para los diferentes parámetros y, por tanto, se aplican las mismas tolerancias en el control de calidad de los mismos [24], sí que se debe tener especial cuidado en los ajustes de algunos de ellos, especialmente en los ajustes de los sistemas de control automático de exposición, control automático de brillo y modulación automática de intensidad en el caso del TC [25].

Técnica radiográfica y posicionamiento

La optimización en las técnicas radiográficas y el posicionamiento del paciente puede dar lugar a reducciones significativas en la dosis. Uno de los mecanismos más utilizado de optimización de dosis en pediatría, en exploraciones simples, es la utilización de rejilla antiodifusora. La Comisión Europea [16] establece que, en general, se puede optimizar la dosis no utilizando rejilla, por ejemplo en exploraciones de Tórax para pacientes menores de ocho años. Sin embargo, en el 25% de los Servicios se usa rejilla para este tipo de examen en bebés, y casi un 50% la utiliza de forma innecesaria para niños de cinco años de edad [16]. También el posicionamiento puede entrar a formar parte de los procesos de optimización. El protocolo estándar de optimización de dosis en telerradiografía, establece la realización de la exploración en proyección Posteroanterior (PA) para las niñas, ya que el riesgo de carcinoma de mama radioinducido puede ser de tres a cuatro veces menor que en proyección Anteroposterior (AP) [26]. En proyección PA, la dosis en mama puede llegar a ser hasta tres veces menor que en proyección AP, pero la dosis en médula ósea puede llegar a duplicarse [27].

Por otro lado, en TC existen grandes posibilidades de optimización, dados los diferentes parámetros que se utilizan en la técnica: kV, mA, tiempo de rotación, pitch, longitud irradiada, etc..., además de la utilización de los sistemas de modulación de intensidad. El mayor número de parámetros técnicos, y la adaptación de los sistemas de modulación de intensidad para el paciente pediátrico, hacen que los procesos de optimización en TC sean más complejos para garantizar siempre el criterio ALARA en el procedimiento. [5,28-31].

En intervencionismo, los procesos de optimización se han centrado preferentemente en la selección de filtros, tamaños de campo y tasas de dosis por imagen adaptados al tamaño del paciente, y se están realizando esfuerzos para establecer niveles de dosis de referencia en este tipo de procedimientos, teniendo en cuenta que en muchos casos ha de repetirse



el examen a lo largo de la vida del niño, alcanzándose valores de dosis efectivas diez veces superiores a un único procedimiento [32].

Blindajes superficiales

La adecuada utilización de blindajes superficiales en órganos críticos en el paciente ha estado siempre dentro de los protocolos de radiodiagnóstico pediátrico. Ha sido habitual la utilización de blindajes plomados gonadales y de tiroides. En un estudio realizado en nuestro hospital, en niñas en las que era necesaria la proyección AP en lugar de PA en las Columnas totales, se obtuvieron reducciones de dosis en útero de hasta 70% [33]. Algunos estudios muestran que en estas exploraciones las dosis en ovarios pueden ser significativas [34].

En TC, la utilización de blindajes de Bismuto (Bi) tiene una particularidad, y es que se sitúan sobre órganos dentro del campo de radiación, por lo que se debe realizar un estudio previo antes de su uso, sobre todo en procedimientos en los que se utiliza la modulación de intensidad, cuyo funcionamiento difiere entre los diferentes fabricantes. En algunos equipos, el realizar el escanograma previamente a la colocación del blindaje, puede suponer una disminución importante de la dosis sin pérdida de calidad de imagen. Las reducciones de dosis por la utilización de este tipo de blindajes están entre el 29% y el 57% en mama [35], ó en caso del TC facial la dosis en cristalino puede reducirse hasta la mitad [36].

Calidad de imagen

Es responsabilidad del especialista en radiodiagnóstico la evaluación, con criterios clínicos, de la calidad de imagen en las exploraciones. En la actualidad, se dispone de Guías con parámetros de calidad de imagen para las exploraciones más habituales [37] que, sin embargo, deben ser revisadas en base a nuevos criterios de imagen ó de optimización de técnicas.

La evaluación de la calidad de imagen con maniqués, responsabilidad del especialista en radiofísica hospitalaria, tiene un menor potencial a la hora de tomar decisiones, aunque en la actualidad, la introducción de los sistemas digitales con programas automáticos de evaluación de parámetros físicos de calidad de imagen, permite la evaluación rutinaria de la misma, y aporta una mayor seguridad en su control.

Formación e información

La formación continuada de los profesionales sanitarios implicados en los procedimientos con radiaciones ionizantes, desde el médico prescriptor hasta el TER que realiza la exploración, son imprescindibles para lograr la optimiza-

ción del procedimiento. No sólo con la formación regulada por la normativa vigente, sino que desde los Servicios de Radiodiagnóstico junto con los Servicios de Radiofísica y Protección Radiológica se deben fomentar, proponer y realizar sesiones, cursos, protocolos y guías clínicas multidisciplinarias en consenso con todos los Servicios del hospital y pediatras de atención primaria para unas indicaciones médicas correctas y adecuadas. Ello redundará en la disminución del número de exploraciones radiológicas y en beneficio del paciente, al disminuir los criterios arbitrarios de justificación, y por consiguiente las dosis.

Proyectos nacionales e internacionales de optimización de dosis

Desde hace tiempo se vienen realizando proyectos de optimización de las exposiciones médicas en pediatría, como el Proyecto TIERI, proyecto piloto realizado en la Comunidad de Madrid, ó la tarjeta CRIE en la Comunidad de Extremadura, no con el objetivo de obtener una información dosimétrica individualizada por paciente, sino de concienciar tanto a los médicos prescriptores como a los familiares de la necesidad de justificar de forma rigurosa estos procedimientos. En la actualidad existen algunas iniciativas a nivel internacional, como la implantación de una tarjeta electrónica para los procedimientos de radiodiagnóstico en pediatría.

CONCLUSIONES

Cada vez son mayores los esfuerzos que se dedican a la protección radiológica en el paciente pediátrico, y para ello es necesario que todos los profesionales sanitarios se sientan implicados en la consecución de este objetivo, que se mantenga la formación inicial y continuada, y se produzca una diseminación de la información entre todos ellos. Esto se logrará colaborando muy estrechamente los Servicios de Radiofísica y Protección Radiológica con los Servicios de Radiodiagnóstico, de forma que se garantice que el criterio ALARA no sea un mito sino una realidad tangible en todos los procedimientos diagnósticos en pediatría realizados en nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly. UNSCEAR 2000/Report 2000 (Volumen I).
- (2) Hall EJ, Brenner DJ. Cancer risks from diagnostic radiology. Br.J.Radiol. 2008 May;81(965):362-378.
- (3) European Commission. Council Directive 97/43/EURATOM of 30 June 1997 on health protection of individuals against the dangers of ionizing radiation in relation to medical exposure, and repealing Directive 84/466/Euratom. EC 1997 30/06/1997;180(1):22-27.

- (4) Pettersson HB, Falh-Magnusson K, Persliden J, Scott M. Radiation risk and cost-benefit analysis of a paediatric radiology procedure: results from a national study. *Br.J.Radiol.* 2005 Jan;78(925):34-38.
- (5) Donnelly LF, Emery KH, Brody AS, Laor T, Gyllys-Morin VM, Anton CG, et al. Minimizing radiation dose for pediatric body applications of single-detector helical CT: strategies at a large Children's Hospital. *AJR Am.J.Roentgenol.* 2001 Feb;176(2):303-306.
- (6) Food and Drug Administration. FDA public health notification: reducing radiation risk from computed tomography for pediatric and small adult patients. *Pediatr.Radiol.* 2002 Apr;32(4):314-316.
- (7) Donnelly LF. Reducing radiation dose associated with pediatric CT by decreasing unnecessary examinations. *AJR Am.J.Roentgenol.* 2005 Feb;184(2):655-657.
- (8) Smans K, Vano E, Sanchez R, Schultz FW, Zoetelief J, Kiljunen T, et al. Results of a European survey on patient doses in paediatric radiology. *Radiat.Prot.Dosimetry* 2008;129(1-3):204-210.
- (9) Gobierno de España. REAL DECRETO 815/2001, de 13 de julio, sobre justificación del uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas. *BOE* 2001 13/07/2001;168(14/07/2001):25591-25594.
- (10) Berrocal T, Gaya F, Arjonilla A, Lonergan GJ. Vesicoureteral reflux: diagnosis and grading with echo-enhanced cystosonography versus voiding cystourethrography. *Radiology* 2001 Nov;221(2):359-365.
- (11) del-Pozo G, Albillos JC, Tejedor D, Calero R, Rasero M, de-la-Calle U, et al. Intussusception in children: current concepts in diagnosis and enema reduction. *Radiographics* 1999 Mar-Apr;19(2):299-319.
- (12) Frush DP, Donnelly LF, Rosen NS. Computed tomography and radiation risks: what pediatric health care providers should know. *Pediatrics* 2003 Oct;112(4):951-957.
- (13) ICRU. Patient Dosimetry for X Rays used in Medical Imaging (Report 74). 2007.
- (14) Gobierno de España. Real Decreto 1976/1999, de 23 de diciembre, por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico. *RD 1976/1999 BOE* 29 de diciembre de 1999 29/12/1999;311(1):45891-45900.
- (15) ICRP. Radiation protection in medicine. ICRP Publication 105. *Ann. ICRP* 2007;37(6):1-63.
- (16) Comisión Europea. European Guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images in paediatrics. 1a ed. Luxemburgo: Office for Official Publications of the European Communities; 1996.
- (17) Vano E, Martinez D, Fernandez JM, Ordiales JM, Prieto C, Floriano A, et al. Paediatric entrance doses from exposure index in computed radiography. *Phys.Med.Biol.* 2008 Jun 21;53(12):3365-3380.
- (18) Sulieman A, Theodorou K, Vlychou M, Topaltzikis T, Kanavou D, Fezoulidis I, et al. Radiation dose measurement and risk estimation for paediatric patients undergoing micturating cystourethrography. *Br.J.Radiol.* 2007 Sep;80(957):731-737.
- (19) Paterson A, Frush DP, Donnelly LF. Helical CT of the body: are settings adjusted for pediatric patients? *AJR Am.J.Roentgenol.* 2001 Feb;176(2):297-301.
- (20) Kroft LJ, Roelofs JJ, Geleijns J. Scan time and patient dose for thoracic imaging in neonates and small children using axial volumetric 320-detector row CT compared to helical 64-, 32-, and 16- detector row CT acquisitions. *Pediatr.Radiol.* 2010 Mar;40(3):294-300.
- (21) Fujii K, Aoyama T, Yamauchi-Kawaura C, Koyama S, Yamauchi M, Ko S, et al. Radiation dose evaluation in 64-slice CT examinations with adult and paediatric anthropomorphic phantoms. *Br.J.Radiol.* 2009 Dec;82(984):1010-1018.
- (22) Yakoumakis EN, Gialousis GI, Papadopoulou D, Makri T, Pappouli Z, Yakoumakis N, et al. Estimation of children's radiation dose from cardiac catheterisations, performed for the diagnosis or the treatment of a congenital heart disease using TLD dosimetry and Monte Carlo simulation. *J.Radiol.Prot.* 2009 Jun;29(2):251-261.
- (23) Gobierno de España. Real Decreto 1085/2009, de 3 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalación y utilización de aparatos de rayos X con fines de diagnóstico médico. *BOE* 2009 18/07/2009;173(18/07/2009):60188-60211.
- (24) SEFM-SEPR. Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico. Aspectos técnicos. Versión 1. 2a ed. Madrid: Edicomplet; 2002.
- (25) Christner JA, Zavaletta VA, Eusemann CD, Walz-Flannigan AI, McCollough CH. Dose reduction in helical CT: dynamically adjustable z-axis X-ray beam collimation. *AJR Am.J.Roentgenol.* 2010 Jan;194(1):W49-55.
- (26) Levy AR, Goldberg MS, Mayo NE, Hanley JA, Poitras B. Reducing the lifetime risk of cancer from spinal radiographs among people with adolescent idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa.1976)* 1996 Jul 1;21(13):1540-7; discussion 1548.
- (27) Fearon T, Vucich J, Butler P, McSweeney WJ, Taylor GA, Markle BM, et al. Scoliosis examinations: organ dose and image quality with rare-earth screen-film systems. *AJR Am.J.Roentgenol.* 1988 Feb;150(2):359-362.
- (28) Tzedakis A, Damilakis J, Perisinakis K, Karantanas A, Karabekios S, Gourtsoyiannis N. Influence of z overscanning on normalized effective doses calculated for pediatric patients undergoing multidetector CT examinations. *Med.Phys.* 2007 Apr;34(4):1163-1175.
- (29) Theocharopoulos N, Damilakis J, Perisinakis K, Tzedakis A, Karantanas A, Gourtsoyiannis N. Estimation of effective doses to adult and pediatric patients from multislice computed tomography: A method based on energy imparted. *Med.Phys.* 2006 Oct;33(10):3846-3856.
- (30) Szucs-Farkas Z, Kurmann L, Strautz T, Patak MA, Vock P, Schindera ST. Patient exposure and image quality of low-dose pulmonary computed tomography angiography: comparison of 100- and 80-kVp protocols. *Invest.Radiol.* 2008 Dec;43(12):871-876.
- (31) Peng Y, Li J, Ma D, Zhang Q, Liu Y, Zeng J, et al. Use of automatic tube current modulation with a standardized noise index in young children undergoing chest computed tomography scans with 64-slice multidetector computed tomography. *Acta Radiol.* 2009 Dec;50(10):1175-1181.
- (32) Onnasch DG, Schroder FK, Fischer G, Kramer HH. Diagnostic reference levels and effective dose in paediatric cardiac catheterization. *Br.J.Radiol.* 2007 Mar;80(951):177-185.
- (33) Kim S, Yoshizumi TT, Frush DP, Anderson-Evans C, Toncheva G. Dosimetric characterisation of bismuth shields in CT: measurements and Monte Carlo simulations. *Radiat.Prot.Dosimetry* 2009;133(2):105-110.
- (34) Palmer SH, Starritt HC, Paterson M. Radiation protection of the ovaries in young scoliosis patients. *Eur.Spine J.* 1998;7(4):278-281.
- (35) Fricke BL, Donnelly LF, Frush DP, Yoshizumi T, Varchena V, Poe SA, et al. In-plane bismuth breast shields for pediatric CT: effects on radiation dose and image quality using experimental and clinical data. *AJR Am.J.Roentgenol.* 2003 Feb;180(2):407-411.
- (36) Colombo P, Pedrolì G, Nicoloso M, Re S, Valvassori L, Vanzulli A. Evaluation of the efficacy of a bismuth shield during CT examinations. *Radiol.Med.* 2004 Nov-Dec;108(5-6):560-568.
- (37) European Commission. CT safety & Efficacy. A broad perspective. 1st ed. Luxemburgo: European Commission; 2004.

Estudio dosimétrico en equipos de TC monocorte en pacientes adultos y pediátricos, y su aplicación en niños con enfermedades neuronales crónicas

MD. Casal⁽¹⁾, M. Jiménez⁽¹⁾, A. Ureña⁽²⁾, G. Sánchez⁽¹⁾ y M. Herrador⁽¹⁾

⁽¹⁾Servicio de Radiofísica, Hospital Universitario Virgen del Rocío.

⁽²⁾Departamento de Radiofísica. Instituto Oncológico de La Cartuja. Grupo IMO.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo se centra en analizar algunos de los parámetros relacionados con las dosis impartidas en la práctica clínica de nuestro hospital debidas a la técnica de tomografía computarizada. En este estudio se realiza una valoración, evaluación y comparación de los valores obtenidos en las distintas exploraciones, tanto de pacientes adultos como pediátricos, incluyendo dentro de este grupo la estimación de dosis recibidas en niños con enfermedades neurológicas crónicas.

ABSTRACT

The aim of this paper is to measure and analyze some of the parameters directly related to the doses administered both for adult and pediatric patients in clinical practice at the Hospital Virgen del Rocío, in Seville. Among the latter group of patients doses in also estimated in children suffering from chronic neurological diseases.

INTRODUCCIÓN

La medicina actual tiene un sólido apoyo en el uso de las radiaciones ionizantes para el diagnóstico inicial y evolutivo de las enfermedades humanas, tanto si se trata de personas adultas como de pacientes pediátricos. Desde el punto de vista de la protección frente a los efectos no deseados de dicho agente físico, destaca la tomografía computarizada (TC) al tratarse de una de las exploraciones de radiodiagnóstico médico donde se suministran mayores dosis de radiación.

Por tanto, resulta fundamental optimizar la protección radiológica del paciente, para lo que es necesario el conocimiento exhaustivo de las dosis impartidas en la práctica clínica, los niveles de referencia establecidos y una evaluación de los mismos.

Aunque la frecuencia con que se realizan estas exploraciones es mayor en adultos [1,2], la exposición de los niños hace imprescindible considerar de manera especial la importancia de los efectos biológicos derivados del uso de las radiaciones ionizantes, al ser mayor su sensibilidad y esperanza de vida [3]. El análisis y la evaluación de los protocolos establecidos es si cabe más relevante en el caso concreto de pacientes pediátricos que presentan enfermedades crónicas o malformaciones congénitas como la hidrocefalia, la deformidad craneal o la ventriculomegalia, debido a que esta exploración se realiza muy repetidamente.

En el caso concreto de la hidrocefalia (figura 1a), se considera necesaria la realización de exploraciones tomográficas de forma periódica. El tratamiento más frecuente de dicha enfermedad consiste en la inserción mediante cirugía de una sonda de derivación (figura 1b), dispositivo que dirige el líquido cefalorraquídeo hacia el corazón y el abdomen partiendo de los ventrículos cerebrales, a fin de igualar la presión en ambas regiones. Esta válvula se implanta bajo el tejido subcutáneo y permanece en el interior del paciente durante toda su vida, por lo que son necesarios multitud de estudios de TC que permiten al especialista conocer el funcionamiento, posición y comunicación de dicha válvula [4].

Con la finalidad de mejorar la protección radiológica del paciente, nos proponemos establecer las dosis de referencia en tomografía computarizada para pacientes adultos y pediátricos en diferentes exploraciones, así como resaltar la importancia de los protocolos denominados "de baja radiación" en niños con enfermedades neurológicas crónicas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los parámetros dosimétricos analizados proceden del uso clínico de tres equipos de Tomografía Computarizada Philips Tomoscan AV monocorte, aunque únicamente en uno de ellos se realizan exploraciones pediátricas en nuestro hospital.

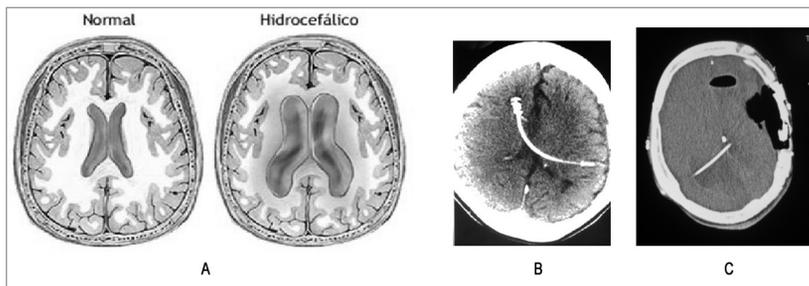


Figura 1: (a) Imagen del cráneo de un paciente normal y otro hidrocefálico; (b) Caso de un paciente con hidrocefalia donde se visualiza la sonda de derivación, y (c) que además presenta hemorragia.

Los equipos están sometidos al control de calidad establecido en el Real Decreto 1976/1999 [4]. Para ello se dispone un electrómetro y una cámara lápiz marca Radcal, modelos 9010 y 10x5-3CT respectivamente, de un maniquí estándar de cráneo de 16 cm de diámetro y otro de tronco (también Radcal Corporation) de 32 cm. En ambos casos los maniquíes se centraron de manera que su eje longitudinal coincidiera con el eje de rotación del tubo de rayos X.

Para el cálculo dosimétrico se empleó la metodología descrita en el informe W67 del *Nacional Radiological Protection Board "Doses from Tomography (CT) Examinations in the UK - 2003 Review"* [6]. La evaluación de la dosis efectiva (E) se llevó a cabo empleando las tablas facilitadas por Shrimpton P.C. [7], que proporcionan los factores $(E_{DLP})_{region, edad}$ obtenidos mediante simulación Montecarlo. Las expresiones de las magnitudes analizadas son:

$$CTDI_{vol} = \frac{CTDI_w}{CT\ pitch} \quad (mGy) \quad (1)$$

$$DLP = CTDI_{vol} \times L \quad (mGycm) \quad (2)$$

$$E = (E_{DLP})_{region, edad} \times DLP \quad (mSv) \quad (3)$$

Donde: $CTDI_w$ y $CTDI_{vol}$ son el Índice de Dosis en Tomografía computarizada ponderado y volumétrico, respectivamente, DLP es el Producto Dosis-Longitud, L la longitud total de la exploración y CTpitch es el cociente del desplazamiento entre cortes y el espesor del corte nominal.

El conjunto de datos tomados para este estudio corresponde a exploraciones que pueden agruparse principalmente en tres regiones anatómicas bien diferenciadas: cráneo, tórax y abdomen (tabla I), siendo esta última menos frecuente en pacientes pediátricos en los que se emplean otras técnicas diagnósticas que no hacen uso de radiaciones ionizantes (ecografía).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos analizados están dispuestos de forma que, en primer lugar, se muestran los correspondientes a pacientes

adultos, se continúa con pacientes pediátricos y se finaliza con la estimación dosimétrica de niños que presentan enfermedades neurológicas crónicas, como la hidrocefalia.

La nomenclatura empleada para la denominación de los diferentes tomógrafos es A, B y C, siendo éste último el único que se emplea en pacientes pediátricos.

Pacientes adultos

En nuestro centro no se realizan con la misma frecuencia todos los estudios tomográficos, de manera que los más repetidos, como los correspondientes a exploraciones de tórax y tórax-abdomen-pelvis se reparten entre los tres equipos, y los menos frecuentes (cráneo) son derivados sólo a uno de ellos (figura 2). Esto explica la comparativa de la tabla II, donde existen casos en los que se muestran los resultados obtenidos para los tres tomógrafos, y otros en los que únicamente aparecen datos para uno de ellos.

Tipo de paciente	Tipos de exploraciones	Magnitudes Dosimétricas
Pediátricos (247)	Cráneo Tórax estándar y Tórax alta resolución	DLP E
Adultos (178)	Cráneo Tórax estándar y Tórax alta resolución Tórax-Abdomen Tórax-Abdomen-Pelvis	CTDIvol E

Tabla I: Resumen de los datos adquiridos para las distintas exploraciones, donde se especifica entre paréntesis el número de pacientes tomados en cada caso.

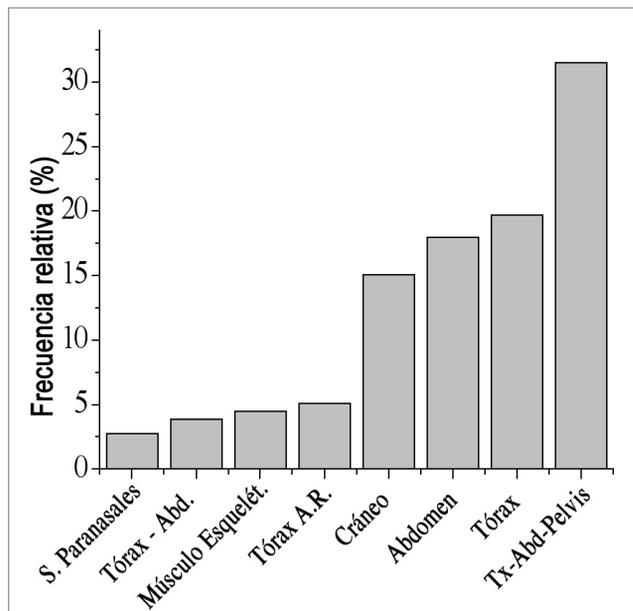
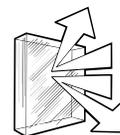


Figura 2: Frecuencia con la que se realizan los diferentes estudios en pacientes adultos.



EXPLORACIÓN	UK [5]		TC A		TC B		TC C	
	\bar{E} (mSv)	\overline{CTDI}_{vol} (mGy)	\bar{E} (mSv)	\overline{CTDI}_{vol} (mGy)	\bar{E} (mSv)	\overline{CTDI}_{vol} (mGy)	\bar{E} (mSv)	\overline{CTDI}_{vol} (mGy)
Cráneo	1.5	56.0	1.2	45.0	-	-	-	-
Tórax	5.8	10.0	4.5	10.0	4.4	10.0	3.5	9.0
Tórax Alta Resol.	1.2	3.2	-	-	3.7	9.3	-	-
Tórax-Abdomen	-	-	-	-	5.9	11.0	6.3	10.0
Tórax-Abd-Pelvis	9.9	10.0	8.1	9.8	9.2	10.8	8.7	10.0

Tabla II: Comparativa de las magnitudes dosimétricas de referencia obtenidas del informe W67 del NRPB [5] con los valores medios de dosis efectiva y \overline{CTDI}_{vol} en cinco exploraciones diferentes.

Los protocolos empleados por los operadores varían poco de unos pacientes a otros en el caso de las exploraciones craneales, dada la escasa diferencia que esta región anatómica presenta en los pacientes adultos. Esto hace que la técnica empleada en la obtención de la imagen sea casi siempre la misma, de forma que las dosis recibidas en estas exploraciones son muy similares y prácticamente independientes de la edad, el peso, la estatura y el sexo.

En el caso del tórax, se emplean en nuestro hospital dos protocolos dependiendo de cuál sea el objetivo diagnóstico de la exploración: tórax estándar y tórax alta resolución. Si existe necesidad de diferenciar regiones pequeñas y difusas del parénquima pulmonar, se emplea el protocolo de alta resolución, dado que el espesor de cada corte en esta técnica es mucho más fino (1 mm). Si las patologías buscadas no requieren una alta definición se hará uso de la técnica estándar.

La elección de uno u otro protocolo le corresponde al médico especialista, que tendrá en cuenta tanto las características radiológicas de la enfermedad como la protección radiológica del paciente, ya que existen casos en los que a una misma persona se le realizan numerosas exploraciones tomográficas y el empleo de la técnica estándar puede traer consigo un incremento de la dosis efectiva.

El conocimiento y análisis de los protocolos establecidos en la práctica clínica es también importante en tórax-abdomen y tórax-abdomen-pelvis, ya que constituyen la región anatómica donde se encuentran situados la mayoría de los órganos radiosensibles, a los que llega parte de la radiación dispersa y directa. Es en estos casos donde se recibe la mayor dosis efectiva debido a la gran longitud de la zona irradiada y al considerable espesor que tiene que atravesar el haz en su trayectoria.

La metodología de trabajo para la determinación del CTDI posee una limitación para el caso de grandes longitudes, ya que las diferencias de tamaño entre paciente y maniquí son significativas, así como las condiciones de dispersión y atenuación [8-10].

Esto ocurre en el caso de exploraciones de tórax-abdomen y tórax-abdomen-pelvis, donde las longitudes varían entre 30 y 60 cm.

A fin de mejorar la protección, es muy importante que en cada exploración se ajuste la técnica a las características del paciente, se tengan muy presentes los niveles de referencia y se conozcan con gran aproximación las dosis impartidas por el equipo con el que se está trabajando.

Pacientes pediátricos

El diagnóstico por imagen mediante tomografía computarizada en pacientes pediátricos se centra fundamentalmente en cráneo y tórax. Para el resto de casos se emplean otras técnicas que conllevan menos dosis (como la radiografía convencional) o que no hacen uso de radiaciones ionizantes (como la ecografía).

Utilizar únicamente dos protocolos (uno para cerebro y otro para tórax) resulta inadecuado en los niños, ya que entre grupos de la misma edad existe una gran variabilidad en altura y peso. Estas diferencias anatómicas entre pacientes conducen además a una dispersión de los resultados mucho mayor que en el caso de adultos. Es por este motivo por el cual resulta conveniente caracterizar dosimétricamente las exploraciones mediante el tercer cuartil en lugar de emplear valores medios, que recogerían una estimación bastante menos representativa (figura 3). Los valores obtenidos se clasifican según el rango de edad (tabla III).

En los estudios craneales la mayoría de los pacientes reciben una dosis en torno a 1mSv, independientemente de la edad. Los valores de los cuartiles correspondientes a las figuras 3a y 3b se aproximan mucho, pudiendo concluirse que en el 75% de los casos las dosis recibidas por los niños en estos dos rangos de edad son muy semejantes.

A la vista de estos resultados, y comparando con los niveles de referencia establecidos en la bibliografía [6,7,11], se observa que las dosis efectivas se encuentran en su mayoría por debajo de los niveles citados, siendo más coincidentes con los descritos por Santa-Olalla, I and cols [11].

Protocolo	Cráneo estándar			Tórax estándar			Tórax Alta Resolución		
	Δ DLP (mGy.cm)	Δ E (mSv)	Q3 (mSv)	Δ DLP (mGy.cm)	Δ E (mSv)	Q3 (mSv)	Δ DLP (mGy.cm)	Δ E (mSv)	Q3 (mSv)
<1	28 - 329	0.31 - 3.62	1.80	27 - 143	1.05 - 5.59		30 - 96	0.89 - 3.73	
[1,5]	21 - 325	0.14 - 2.17	1.81	89 - 401	2.50 - 5.00	4.43	43 - 144	2.21 - 4.02	2.37
[5,10]	26 - 472	0.10 - 1.89	1.32	58 - 679	1.11 - 2.98	3.25	49 - 443	0.93 - 6.52	2.87
[10,17]	69 - 521	0.22 - 1.67	0.98	97 - 576	1.36 - 6.84	5.29	10 - 485	0.14 - 7.79	3.87

Tabla III: Número de estudios realizados, magnitudes dosimétricas y tercer cuartil de la distribución en función del rango de edades.

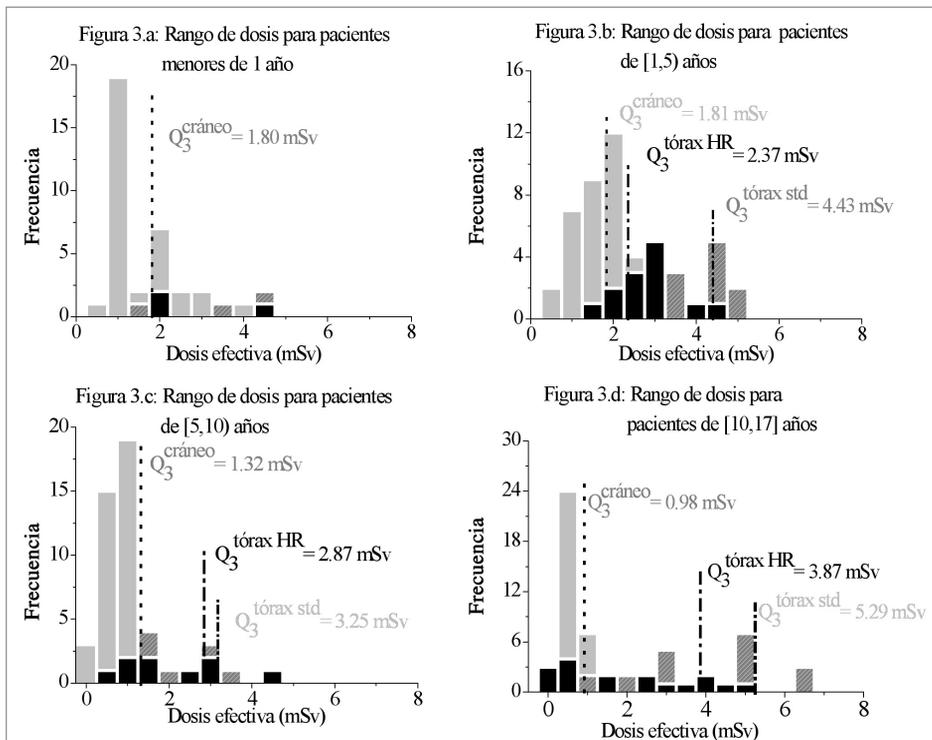


Figura 3: Frecuencia de dosis efectiva para los protocolos de cráneo (barra gris), tórax estándar (barra gris sombreado) y tórax alta resolución (barra de color negro). Se representan también los valores del tercer cuartil para las tres exploraciones mediante una línea vertical discontinua.

bliografía [5], lo que resulta alentador desde el punto de vista de la protección radiológica del paciente.

Pacientes pediátricos con problemas neurológicos crónicos: hidrocefalia

En la práctica de nuestro hospital y para pacientes pediátricos, se aplican actualmente dos protocolos específicos: el estándar y el de baja radiación. El estudio de ambos nos permite conocer los niveles de referencia (tabla IV).

Los datos obtenidos ponen de manifiesto que en todos los casos existe un incremento en la dosis efectiva recibida al emplear la técnica estándar, siendo más acusado en el grupo de pacientes de entre 1 y 5 años.

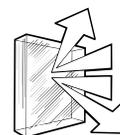
En la situación particular de niños con hidrocefalia se emplean conjuntamente los dos protocolos, ya que ambos permiten la comprobación del

funcionamiento de la válvula de derivación.

Una vez establecidos los niveles de referencia, es necesario estimar la dosis acumulada en estos pacientes durante el seguimiento de la enfermedad.

Los niños con esta patología crónica son sometidos a controles periódicos que implican tomografías craneales y radiografías de tórax o abdomen, con una periodicidad determinada por el criterio médico del neurólogo y que a su vez se encuentra recogida en la Guía de práctica clínica de Neurología. En términos generales y en etapas de alto crecimiento, se recomienda una revisión de TC craneal cada 6 ó 7 meses [12]. Después de una operación la revisión se aconseja cada 3 ó 6 meses y, en caso de complicación se realizarán diariamente, con el fin de controlar las posibles hemorragias o infecciones.

En la tabla V se muestra el número medio de exploraciones de TC (tanto para la técnica estándar como baja radiación)



Protocolo	Cráneo baja radiación			Cráneo Estándar			Cociente de valores máximos $\Delta E_{\text{estándar}} / \Delta E_{\text{baja rad}}$
	Rango de edades	Pacientes analizados	ΔDLP_{baja} (mGy.cm)	ΔE_{baja} (mSv)	Pacientes analizados	$\Delta DLP_{\text{estándar}}$ (mGy.cm)	
<1	34	9 - 33	0.10 - 0.84	35	28 - 329	0.31 - 3.62	4.53
[1 - 5]	27	11 - 32	0.07 - 0.21	34	21 - 325	0.14 - 2.17	10.33
[5 - 10]	20	13 - 47	0.05 - 0.19	40	26 - 472	0.10 - 1.89	9.95
[10 - 17]	22	11 - 65	0.03 - 0.21	35	69 - 521	0.22 - 1.67	7.95

Tabla IV: Establecimiento de los niveles máximos y mínimos de los parámetros de dosis en las exploraciones de TC de cráneo siguiendo los protocolos de baja radiación (100 kV, 25 mA, $t = 1$ s y espesor de corte de 10 mm) y estándar (120 kV, 150 mA y $t = 1$ s y espesor de corte de (3-7) mm ó (5-7) mm).

Rango de edades	Nº de pacientes	Nº medio de TC realizados Cráneo baja radiación	Nº medio de TC realizados cráneo estándar
<1	16	6	3
[1-5]	18	10	3
[5-10]	16	9	4
[10-17]	10	16	5

Tabla V: Número medio de exploraciones de TC para cada rango de edad y según los distintos protocolos.

Rango de edades	$\Delta E_{\text{hidrocefalia}}$ (mSv)
<1	1.53 - 15.9
[1-5]	1.12 - 8.61
[5-10]	0.85 - 9.27
[10-17]	1.58 - 11.71

Tabla VI: Estimación de dosis efectiva en pacientes con hidrocefalia.

que se realizaron a niños con hidrocefalia para cada rango de edad.

Atendiendo a las tablas IV y V, se pueden establecer los valores máximos y mínimos de dosis recibidas por estos pacientes, considerando ésta la suma de las correspondientes a cada exploración (tabla VI).

Es preciso destacar que la edad a la que aparece la hidrocefalia influirá en la estimación de la dosis recibida durante el seguimiento de la enfermedad. Esta tabla viene limitada por la inaccesibilidad de los datos anteriores a 1998, lo que dificulta el conteo exacto del número de TC realizados a pacientes con edades comprendidas entre [10-17] de forma que, en estos casos solamente se han podido incluir en el estudio el número de exploraciones realizadas a partir de esa fecha. En el caso de presentar esta patología desde el nacimiento, la estimación de la dosis recibida se podría corresponder con la suma de los datos que se presentan en la tabla.

De este modo puede apreciarse cómo los valores más bajos son muy similares en todo el rango de edades, mientras

que son los pacientes más pequeños quienes reciben las dosis más altas. En ellos, el número medio de exploraciones con técnica estándar es aproximadamente la mitad que con baja radiación, mientras que en otras edades, es la tercera o incluso la cuarta parte (tabla V). El motivo es que el cráneo de un neonato está en desarrollo durante los primeros meses de vida y la posibilidad de complicaciones e infecciones por la enfermedad es mucho mayor [13,14]. Esto hace que se requieran imágenes de menor espesor de corte y mayor contraste, que muestren con más detalle las estructuras de menor tamaño (técnica estándar).

El intervalo de dosis efectiva mostrada en la tabla VI es fundamental desde el punto de vista de la protección al paciente pediátrico, ya que la esperanza de vida y la sensibilidad a la radiación es mayor en estas edades más tempranas. Por tanto, adecuar los protocolos a las características del niño y emplear siempre que sea posible la técnica de baja radiación, es más relevante si cabe en neonatos con enfermedades crónicas neuronales.

Finalmente, y haciendo un análisis de los resultados obtenidos (figura 4) se observa que las dosis efectivas máximas

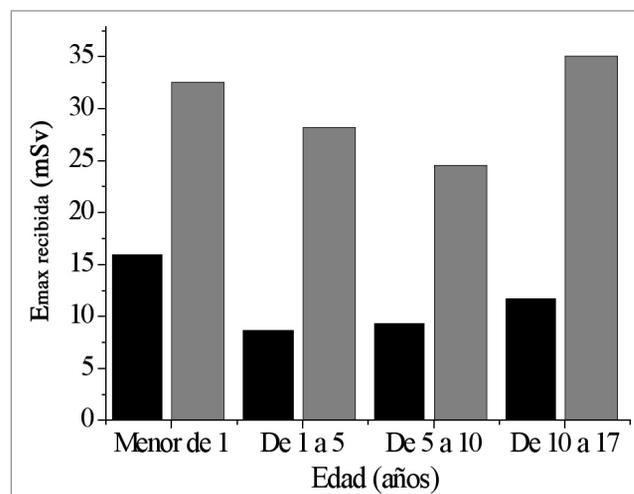


Figura 4: Comparación de la dosis máxima recibida si se emplea una combinación de los dos protocolos (negro) o únicamente la técnica estándar (gris).

recibidas se reducen considerablemente al emplear una combinación de los dos protocolos, en lugar de utilizar siempre la técnica estándar. En dicha figura se representa, por un lado la situación real (color negro) y por otro, cuál sería la dosis que recibiría cada paciente si se considerara que todos sus diagnósticos por imagen se realizasen mediante protocolo de TC estándar, resaltado en la imagen en color gris.

Dado que en el caso más desfavorable se observa un incremento en la dosis recibida de hasta un 69%, es fundamental destacar la importancia de ajustar los protocolos a las necesidades diagnósticas de cada persona, ya que un empleo combinado de ambas técnicas permite una optimización en la protección radiológica del paciente.

CONCLUSIONES

El conocimiento de las dosis impartidas en la práctica clínica, establecimiento de los niveles de referencia locales, comparación con los de referencia, y finalmente estudiar y evaluar los protocolos establecidos en la práctica, son el conjunto de objetivos cuya finalidad es la optimización de la protección radiológica del paciente a través de su dosimetría.

Los resultados obtenidos en adultos son similares a los de referencia publicados por el National Radiological Protection Board (NRPB) en su documento NRPB-W67 [6]. La frecuencia con la que se realizan las diferentes exploraciones varía considerablemente de unas a otras, coincidiendo las más habituales con aquellas regiones en las que se encuentran situados los órganos más radiosensibles. Esto trae consigo un especial interés a la hora de conocer cuáles son las dosis efectivas debidas a los protocolos de los estudios que se realizan.

Asegurar y mejorar la protección radiológica en pacientes pediátricos ha sido también objetivo de este estudio, al ser mayor su sensibilidad a la radiación y su esperanza de vida [3]. Los datos numéricos en este grupo presentan una mayor dispersión ya que la anatomía de unos a otros es muy variable al encontrarse en periodo de crecimiento.

Pese a los riesgos conocidos relacionados con las bajas dosis, el TC sigue siendo la exploración óptima para muchos problemas clínicos, en particular en pacientes pediátricos, para diagnosticar accidentes cerebrovasculares y traumatismos.

Por último, en el caso de niños con enfermedades crónicas como la hidrocefalia, la optimización de las técnicas de exploración compatibles con la calidad de imagen resulta imprescindible, dada la gran cantidad de exploraciones requeridas durante los años que comprende el seguimiento de la enfermedad. La imagen que se precisa para este tipo de patología en la mayoría de los casos tiene como finalidad el control de la posición y funcionamiento de válvulas intracra-

neales, para lo que se recomienda el empleo de la técnica de baja radiación, que presenta más ruido que la estándar en la imagen pero resulta suficiente para el diagnóstico radiológico.

Este trabajo sin embargo, no muestra la dosis total recibida por los pacientes hidrocefálicos, ya que en ese caso se deberían incluir los valores calculados para todas las exploraciones radiológicas que permiten el control de la válvula de derivación, tales como la radiografía de tórax y/o abdomen y la placa lateral de cráneo.

Este trabajo servirá de base para la comparativa y el establecimiento de los nuevos niveles de referencia que aparecerán con la llegada de las recientes tecnologías a los centros hospitalarios, como los tomógrafos multicorte que incorporan técnicas de modulación de la intensidad y array de detectores.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Brenner DJ, Elliston CD, Hall EJ, Berdon WE. "Estimated Risks of Radiation- Induced Fatal Cancer from Pediatric CT". 2001; 176:289-296.
- [2] Directiva 1997/43/Euratom del Consejo de la Unión Europea, de 30 de junio de 1997, sobre la protección de la salud frente a los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes en exposiciones médicas. Diario Oficial de las Comunidades Europeas no L 180, del 9 de julio de 1997.
- [3] Leal Martín, A. "Comisión Internacional de Protección". ICRP-60. SEPR. Madrid 1990.
- [4] http://www.hydroassoc.org/education_support/learning/diagnosis.
- [5] Real Decreto 1976/1999 de 23 de Diciembre, por el que se definen los Criterios de Calidad en Radiodiagnóstico. Boletín Oficial del Estado. (BOE) núm. 311 de 29 de diciembre de 1999.
- [6] Shrimpton, P C., Hillier, M C., Lewis M A., Dunm, M. "Doses from Tomography CT) Examinations in the UK". National Radiological Protection Board.2003; Informe W67.
- [7] Shrimpton, P C. y Wall, B F. "Reference doses for paediatric computed tomography Radiation Protection Dosimetry. 2000; 90: 249-252.
- [8] The Measurement, Reporting, and Management of Radiation Dose in CT. AAPM, Group 23. January 2008.
- [9] Mori S.,Endo M., Nishizawa K., Tsunoo T., Aoyama T., Fujiwara H., Murase K.,. "Enlarged longitudinal dose profiles in cone-beam CT and the need for modified dosimetry ". Medical Physics. 2005;32:1061-1069.
- [10] Dixon RL. "A new look at CT dose measurement: Beyond CTDI". Medical Physics.2003; 30: 1272-1280.
- [11] Santa-Olalla I., Corredoira E., Plaza R., Martín G., Huerga C., Serrada A., Vidal J.,Téllez de Cepeda M. "Dosis en TC pediátricos. Revista de Física Médica". Madrid. 2005; 6 (3): 231-235.
- [12] Pucho A., Casanova M., "Hidrocefalia: síndrome del colapso ventricular". Protocolos de la Asociación española de pediatría. Madrid. 2008.
- [13] Gutiérrez-González R., Boto G.R., González N., Viudez I., Perez-Zamarrón A., Rivero-Garvía M., "Efecto de los catéteres impregnados con antibiótico en la incidencia de infección tras procedimientos de derivación de líquido cefalorraquídeo". Medical Clinic. 2008; 131(4):121-4.
- [14] Nejati F., Tajik P., ElKhashab M., Kazmi SS., Khotaei GT., Salahesh S. "A randomized trial of ceftriaxone versus trimethoprim-sulfamethoxazole to prevent ventriculoperitoneal shunt infection." Journal of Microbiologic Immunology Infection. 2008 ;41(2):112-7.

Riesgo para el paciente en Radiología Intervencionista

L.C. Martínez

Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica. Hospital Universitario 12 de Octubre

RESUMEN

El incremento experimentado en los últimos años por el número de procedimientos que se encuadran dentro de la radiología intervencionista, ha venido acompañado por la preocupación de los profesionales y las autoridades sanitarias sobre los posibles efectos secundarios asociados a la radiación empleada. Actualmente, estos procedimientos son, dentro de todos los procedimientos médicos que emplean radiación, los que pueden suponer dosis más altas para el paciente, excluyendo los procedimientos de radioterapia. Desde los primeros años 90, se han venido publicando informes sobre efectos, desde eritemas transitorios hasta lesiones más graves, producidos en la piel de algunos pacientes sometidos a algunas de estas intervenciones. En este trabajo se repasan los aspectos más relevantes en relación con el riesgo asociado a la radiación que suponen estos procedimientos para los pacientes y las estrategias sugeridas para minimizarlo.

ABSTRACT

The growth that the number of procedures which can be classified as interventional radiology techniques has experienced in the last years, has been accompanied by the concern of professionals and public health authorities about the potential effects caused by the radiation employed. Nowadays, these procedures represent, among all the procedures employing radiation, the highest doses to patients, apart from the radiotherapy techniques. Since the early 1990s, some radiation-induced effects on the skin of patients undergoing some of these procedures, from transient erythemas to more serious injuries, have been reported. This work reviews the most relevant aspects of the radiation related risks in this kind of procedures and the suggested strategies to minimize them.

INTRODUCCIÓN

El ICRP-85 [1] define la radiología intervencionista, en un sentido amplio, como: "aquellos procedimientos diagnósticos o terapéuticos guiados por imagen y con acceso percutáneo, normalmente realizados bajo anestesia local o sedación, y que emplean la imagen fluoroscópica para localizar la lesión o el lugar de tratamiento, controlar el procedimiento y documentar la terapia".

Estas técnicas, originalmente desarrolladas por radiólogos, fueron muy pronto adoptadas por cardiólogos, grupo que supone la especialidad con mayor número de procedimientos en la actualidad, y por un número creciente de especialistas, como urólogos, traumatólogos, cirujanos vasculares, etc. Suponen una enorme ventaja sobre las técnicas quirúrgicas invasivas, debido a que pueden desarrollarse a partir de una pequeña incisión, lo que reduce el riesgo de infecciones y permite unos tiempos de recuperación mucho más cortos. Por todo ello, el número y variedad de procedimientos no ha dejado de aumentar en los últimos años. Por ejemplo, los procedimientos intervencionistas en cardiología están creciendo a una tasa típica anual del orden del 7% en Europa. Para una población de unos 570 millones de personas, se realizan al año unos 3 millones de angiografías coronarias, casi 1 millón de angioplastias (PTCA), unos 700 000 procedimientos stent y unas 550 000 inserciones de marcapasos [2]. Aún así, al ser técnicas muy especializadas, el número total de procedimientos intervencionistas puede representar del orden del 1% [1] de todos los procedimientos que emplean rayos X.

La expansión de estas técnicas ha venido acompañada por la preocupación de los profesionales y las autoridades sanitarias sobre los posibles efectos secundarios asociados a la radiación empleada. Actualmente, estos procedimientos son, dentro de todos los procedimientos médicos que emplean radiación, los que pueden suponer dosis más altas para el paciente, excluyendo los procedimientos de radioterapia. Desde los primeros años 90, se han venido publicando informes sobre efectos, desde leves hasta muy graves, producidos en la piel de algunos pacientes sometidos a algunas de estas intervenciones. En este trabajo, repasaremos los aspectos más relevantes en relación con el riesgo asociado a la radiación que suponen estos procedimientos para los pacientes. Estos riesgos se pueden agrupar en dos tipos:

1. Aparición de efectos estocásticos, aspecto en común con el resto de técnicas que emplean radiación
2. Aparición de efectos sobre los órganos más irradiados (piel)

EFFECTOS ESTOCÁSTICOS EN LOS PACIENTES

La posible aparición de estos efectos sobre los pacientes está sometida a las mismas incertidumbres que para el resto de técnicas diagnósticas. Aunque se han publicado algunos estudios sobre la aparición de excesos de algunos tipos de cáncer en pacientes sometidos a procedimientos diagnósticos convencionales de rayos X [3-8] los anexos I y G del UNSCEAR 2000 [9, 10] ("Evaluación epidemiológica de la inducción de cáncer por radiación" y "Efectos biológicos para bajas dosis de radiación", respectivamente) concluyen que las observaciones

directas de efectos inducidos para dosis efectivas agudas menores que 100 mGy (para radiación de bajo LET) están muy afectadas de limitaciones estadísticas. En alguna publicación reciente [11] se ha llamado la atención precisamente sobre el potencial de información en relación con los efectos de la radiación a bajas dosis que puede ser extraído de estudios epidemiológicos de los pacientes sometidos a procedimientos de radiología intervencionista, siempre que estos datos se recojan de manera coherente en todos los centros para que se puedan utilizar conjuntamente, lo que aumentaría la significación estadística de los resultados.

Las dosis efectivas asociadas a procedimientos intervencionistas presentan un amplio rango de variación, asociado de manera natural al amplio abanico de procedimientos que podemos incluir dentro de "radiología intervencionista". Aunque se han publicado numerosos estudios de dosis a pacientes para diferentes procedimientos intervencionistas de radiología vascular, cardiología, traumatología, etc... no en todos los casos se establecen valores de dosis efectivas y mucho menos de riesgo, aunque sea de manera aproximada (véanse, por ejemplo, [12-19]). El paso de los indicadores de dosis (generalmente el producto dosis-área, PDA, como medida global de la energía absorbida por el paciente) a dosis efectiva (E) no es sencillo y está sometido a multitud de incertidumbres. Se suele realizar a través de un coeficiente de paso de PDA a E para cada procedimiento concreto [20] establecido generalmente por técnicas de Montecarlo, aunque también por medida directa reproduciendo una técnica sobre maniquí [19]. Este coeficiente está fuertemente asociado a las características geométricas de la irradiación en cada procedimiento y es válido para un procedimiento y un paciente "tipo". No tiene en cuenta las variaciones normales de técnica entre los distintos pacientes, mucho mayores que en las técnicas convencionales (más "estáticas") ni las variaciones anatómicas entre pacientes. Todo esto hace que el establecimiento de dosis efectivas en intervencionismo esté sometido a incertidumbres bastante considerables (al menos del 40% [21]).

Por otra parte, la cuantificación del riesgo estocástico a partir de un valor de dosis efectiva ha sido discutido [21, 22] para el caso de irradiaciones diagnósticas médicas en general, que presentan la particularidad de ser irradiaciones localizadas que afectan a un grupo de órganos y no radiaciones a cuerpo total. Aunque, de acuerdo a ICRP [23, 24] las dosis efectivas asociadas a procedimientos médicos no deben ser empleadas para establecer riesgos individuales, sí pueden servir para clasificar los distintos procedimientos en "categorías de riesgo" que sirvan para fijar nuestra atención en aquellos procedimientos que suponen dosis más altas para los pacientes. Teniendo todo esto en mente, el riesgo estocástico para el paciente asociado a las prácticas de radiología intervencionista se podría clasificar como *Muy bajo* para las técnicas de menos dosis y *Bajo* para las de más dosis [20].

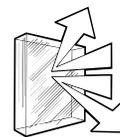
La superación de una dosis efectiva de 100 mSv solamente se produce en casos excepcionales en que un procedimiento de los de más alta dosis se repitiera varias veces para un mismo paciente. En ese caso el riesgo estocástico se podría empezar a clasificar como *Moderado*.

Aunque exista un riesgo potencial de inducción de cáncer a medio o largo plazo para un grupo reducido de pacientes que reciba las dosis mayores, muchos de ellos son suficientemente mayores como para que estos posibles riesgos a medio o largo plazo no tengan demasiada importancia, teniendo presente, además, la mejora en su calidad de vida tras la intervención. Es cierto que no todos los pacientes son de edad avanzada y que también hay niños que deben ser sometidos a estas intervenciones, con el consiguiente riesgo potencial de desarrollos de leucemia como consecuencia de la irradiación de la médula ósea, o de cánceres de tiroides o de mama. Aunque los niños son más sensibles a la radiación, también es cierto que las dosis implicadas son más bajas que en el caso de los adultos, debido a su poco espesor [13, 14, 15]. Para procedimientos de cardiología (diagnósticos y terapéuticos) se sitúan en el orden de 5 mSv por intervención.

Independientemente de la clasificación del riesgo, siempre se debe tener presente que *los riesgos estocásticos deben ser comparados con el riesgo de no realizar la intervención o con los riesgos asociados a la realización de un procedimiento alternativo*.

EFFECTOS DETERMINISTAS EN LOS PACIENTES

El órgano que recibe mayor cantidad de dosis en los procedimientos intervencionistas es la piel del paciente en las zonas de entrada de los haces. La posibilidad de producir daños en la piel o en los tejidos subcutáneos debido a su irradiación es algo bien conocido gracias a la experiencia acumulada en el pasado en radioterapia de ortovoltaje. Para desencadenar un efecto determinista en la piel se necesitan dosis de entrada superiores a 2 Gy. El espectro de efectos es muy amplio, cubriendo desde un eritema transitorio temprano (2 Gy) hasta descamaciones húmedas (18 Gy) y úlceras (24 Gy) que pueden requerir algún tipo de cirugía reparadora. Los tiempos de latencia hasta la aparición de los efectos son también muy variables, desde horas hasta meses o un año. En la tabla I se reflejan los valores umbrales para desencadenar los diferentes efectos y los tiempos de latencia hasta que se manifiestan. Los valores de dosis reflejados deben entenderse como promedios. Debido a diferencias de sensibilidad entre pacientes, estos valores umbrales pueden ser más bajos para los pacientes más sensibles. Se han identificado algunos factores que aumentan la sensibilidad de la piel a la radiación, desde factores propios del paciente (por ejemplo, las pieles claras son más sensibles que las oscuras), hasta factores externos (algunos medicamentos combinados con la irradiación de la piel pueden producir toxicidad). Una descripción exhaustiva de los efectos en piel,



dosis umbrales y tiempos de latencia puede encontrarse en [25], [26] y [27].

Los procedimientos intervencionistas tienen lugar en una sola sesión o en unas pocas sesiones en un periodo de tiempo que puede ser de días o de meses. Algunas zonas de piel expuestas en un primer procedimiento pueden ser expuestas de nuevo en procedimientos sucesivos, acumulándose las dosis implicadas. Sólo los procedimientos intervencionistas con dosis más altas (como las ablaciones cardíacas por radiofrecuencia, distintos tipos de embolizaciones...) pueden alcanzar dosis máximas del orden de los 2 Gy con relativa facilidad [28-31] en un solo procedimiento. Aún así, la aparición de una depilación temporal en la zona irradiada (que requiere unos 3 Gy o más) puede ser difícilmente considerada un efecto grave. De acuerdo a ICRP [25], la descamación húmeda y la atrofia dérmica tardía son los efectos en piel que deben ser evitados, lo que exige superar un umbral de dosis de unos 10 Gy, valor que es difícil de alcanzar incluso en estos casos. Sin embargo, se han documentado casos con este tipo de lesiones graves y muy graves [27, 32]. ¿A qué se debe, entonces, la existencia de estos casos?

El análisis de los casos reportados permite enumerar una serie de "factores de riesgo" que pueden contribuir, por separado o conjuntamente, a desencadenar estos efectos:

- *Procedimientos más complejos de lo normal*: que conducen a altos tiempos de fluoroscopia (incluso de horas), angulaciones del haz anómalas con menor distancia foco-piel (por ejemplo, con pacientes especialmente gruesos), etc.
- *Intervenciones recurrentes*: muchos de los pacientes con lesiones han sufrido más de un procedimiento en tiempos relativamente cortos (semanas o meses)
- *Mal funcionamiento del equipo*: por ejemplo, un fallo en el

funcionamiento del modo pulsado, lo que produce tasas anómalas muy superiores a las normales

- *Procedimientos inadecuados*: se han descrito algunas lesiones en los brazos de los pacientes, debido a un mal posicionamiento durante el procedimiento
- *Conocimiento deficiente del equipamiento*: uso inadecuado de los modos de magnificación y de los modos de alta dosis.

Todas las lesiones graves en piel podrían ser evitadas con una adecuada estrategia, que debe cubrir los siguientes aspectos:

- *Formación*: la formación del personal ha demostrado ser una herramienta eficaz para la reducción de dosis en los pacientes [33]. Es absolutamente necesaria una adecuada formación en protección radiológica para el personal que realiza estos procedimientos. Muchos intervencionistas no están al tanto de estos peligros potenciales ni de los sencillos métodos que pueden emplearse para reducir su incidencia y para reducir la dosis al paciente de manera general. El personal debe ser consciente de la repercusión que tiene sobre la dosis al paciente el uso de las magnificaciones y de los diferentes modos de dosis, el posicionamiento del paciente, los ángulos de entrada empleados, el uso de la colimación, etc.

- *Caracterización de las técnicas*: el personal que realiza estos procedimientos debe tener información sobre qué técnicas son potencialmente las más peligrosas porque puedan dar lugar a dosis en piel más altas. La determinación de la máxima dosis en piel alcanzada en un procedimiento no es sencilla. Se han publicado diversos trabajos que estiman estos valores mediante diferentes técnicas: placas radiográficas lentas (de las empleadas en radioterapia) situadas sobre la mesa en contacto con la espalda del paciente [31] (zona de entrada de los haces), una matriz más o menos densa de TLD situados sobre la piel del paciente [16, 28] o ambos [29]... Mediante estas técnicas es posible estimar la máxima dosis en piel alcanzada y correlacionarla con parámetros que puedan ser medidos de manera más directa, como el PDA o la dosis acumulada, CD, proporcionados por los equipos. Esta correlación (normalmente débil) entre la dosis en piel y cualquiera de estos parámetros es propia de cada procedimiento, pues depende de la mayor o menor superposición de los haces que entran en el paciente y del equipamiento. Así, es posible encontrar valores de PDA o de CD que jueguen el papel de niveles de acción, a partir de los cuales la probabilidad de alcanzar dosis en piel cercanas a un cierto valor aumentan. Por ejemplo, para procedimientos de radiología intervencionista [29] y cardiología [30] se manejan valores típicos del orden de 200 Gy·cm² y 300 Gy·cm², respectivamente, como "niveles de acción" a partir de los cuales existe la posibilidad de obtener dosis en piel del orden de 2 Gy o 3 Gy. Con estos procedimientos es posible reducir a un número razonable el número de pacientes que necesitan seguimiento por tener mayor probabilidad de aparición de lesiones en la piel y realizar estudios sobre la probabilidad real de inducción de estas lesiones.

Efecto	Dosis (Gy)	Tiempo de latencia
Eritema transitorio temprano	2	Horas
Depilación temporal	3	3 semanas
Eritema	6	10 días
Depilación permanente	7	3 semanas
Atrofia dérmica tardía (primera fase)	10	12 semanas
Atrofia dérmica tardía (segunda fase)	10	1 año
Endurecimiento (fibrosis invasiva)	10	
Telangiectasia	10	1 año
Descamación seca	14	4 semanas
Descamación húmeda	18	4 semanas
Necrosis	18	10 semanas
Ulceración	24	6 semanas
Cáncer de piel	> 0 ?	> 5 años

Tabla I. Principales efectos en la piel producidos por irradiación.

En estudios de este tipo no se han encontrado lesiones en los pacientes seguidos. Por ejemplo, en [30] se seleccionaron de esta forma 78 pacientes sobre un total de 3332 sometidos a procedimientos diagnósticos y terapéuticos de cardiología intervencionista. La máxima dosis estimada en piel fue de 6,7 Gy; no se encontró ningún caso de lesiones, pero el estudio fue retrospectivo, lo que pudo enmascarar la detección de lesiones transitorias (se ha informado de al menos un caso en que el eritema producido por la irradiación en una larga intervención ya era evidente en el momento en que al paciente se le levantaba de la mesa de operación [27]).

- **Información en tiempo real:** si la monitorización de la dosis se hace a tiempo real mediante algún indicador (como el producto dosis-área o, mejor, la dosis acumulada), también es posible tomar algún tipo de decisión sobre la marcha cuando se supere algún nivel de acción. Por ejemplo, repartir la dosis en piel utilizando ángulos de entrada distintos, o cambiar a algún modo de dosis más bajo. Si el procedimiento se vuelve demasiado complejo se puede intentar buscar consejo de alguna persona de más experiencia.
- **Control de calidad:** los programas de control de calidad no solamente aseguran que las tasas de dosis suministradas por el equipo son las necesarias y suficientes, también ayudan al médico a realizar los procedimientos en un tiempo mínimo asegurando una calidad de imagen adecuada.

CONCLUSIONES

La mayoría de las lesiones en piel a que pueden dar lugar los procedimientos de radiología intervencionista, y desde luego las más graves, pueden y deben ser evitadas. Para ello, es esencial que los profesionales responsables de realizar estas técnicas sean conscientes de la posibilidad de aparición de estos efectos en determinados casos. La información al personal sobre el riesgo potencial de las distintas técnicas y su formación en protección radiológica son los instrumentos principales para minimizar el riesgo.

NOTA

Este trabajo fue presentado como ponencia en la mesa redonda "Riesgos en radiodiagnóstico" del Congreso Conjunto de la SEFM y SEPR celebrado en Alicante del 2 al 5 de junio de 2009.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- [1]. International Commission on Radiological Protection. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. ICRP Publication 85. Ann. ICRP 30 7-67 (2000)
- [2]. Faulkner K. et al. Analysis of the frequency of interventional cardiology in various european countries. Radiat. Prot. Dosim. 129, 74-76 (2008)
- [3]. Howe, G. R. Lung cancer mortality between 1950 and 1987 after exposure to fractionated moderate-dose-rate ionising radiation in the Canadian fluoroscopy cohort study and a comparison with lung cancer mortality in the atomic bomb survivors study. Radiat. Res. 142, 295-304 (1995)
- [4]. Davis, F. G. et al. Cancer mortality in a radiation-exposed cohort of Massachusetts tuberculosis patients. Cancer Res. 49, 6130-6136 (1989)
- [5]. Boice, J. D. Jr. et al. Diagnostic x-ray procedures and risk of leukemia, lymphoma and multiple myeloma. J. Am. Med. Assoc. 265, 1290-1294 (1991)
- [6]. Preston-Martin, S. et al. Diagnostic radiography as a risk factor for chronic myeloid and monocytic leukaemia (CML). Br. J. Cancer 59, 639-644 (1989)
- [7]. Inskip, P. D. et al. Medical diagnostic x rays and thyroid cancer. J. Natl. Cancer Inst. 87, 1613-1621 (1995)
- [8]. Doody, M. M. et al. Breast Cancer mortality following diagnostic x-rays: findings from the U.S. scoliosis cohort study. Spine 25, 2052-2063 (2000)
- [9]. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiation, Vol. 2, Annex I: Epidemiological Evaluation of Radiation-Induced Cancer. UNSCEAR 2000 Report. (New York: United Nations) (2000)
- [10]. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiation, Vol. 2, Annex G: Biological Effects at Low Radiation Doses. UNSCEAR 2000 Report. (New York: United Nations) (2000)
- [11]. Malisan M. R. et al. Proposal for a patient database on cardiac interventional exposures for epidemiological studies. Radiat. Prot. Dosim. 129, 96-99 (2008)
- [12]. Mc Fadden S. L. et al. X-ray dose and associated risks from radio frequency catheter ablation procedures. Br. J. Radiol. 75, 253-265 (2002)
- [13]. Martinez L. C. et al. Patient doses from fluoroscopically guided cardiac procedures in pediatrics. Phys. Med. Biol. 52 4749-4759 (2007)
- [14]. Rassow J. et al. Effective doses to patients from paediatric cardiac catheterization. Br. J. Radiol. 73, 172-183
- [15]. Bacher et al. Patient-specific dose and radiation risk estimation in pediatric cardiac catheterization. Circulation 111, 83-89
- [16]. Sulieman A. Radiation dose optimisation and risk estimation to patients and staff during hysterosalpingography. Radiat. Prot. Dosim. 128, 217-226 (2008)
- [17]. Bogaert E. et al. A large-scale multicentre study in Belgium of dose area product values and effective doses in interventional cardiology using contemporary x-ray equipment. Radiat. Prot. Dosim. 128, 312-323 (2008)
- [18]. O'Brien B. et al. Quantification of risk-benefit in interventional radiology. Radiat. Prot. Dosim. 129, 59-62 (2008)
- [19]. Perisnakis K. et al. Patient effective dose and radiogenic risks from fluoroscopically assisted surgical reconstruction of femoral fractures. Radiat. Prot. Dosim. 108, 65-72
- [20]. Schultz F. W. et al. Dose conversion coefficients for interventional procedures. Radiat. Prot. Dosim. 117, 225-230
- [21]. Martin C. J. Effective dose: how should it be used for medical exposures? Brit. J. Radiol. 80, 639-647 (2007)
- [22]. Editorial. The application of effective dose to medical exposures. Radiat. Prot. Dosim. 128, 1-4 (2008)
- [23]. International Commission on Radiological Protection. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21 (1-3) (1991)
- [24]. ICRP Publicación 103. Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica. Traducción oficial al español de la publicación ICRP 103. Ed. SEPR (2007)
- [25]. International Commission on Radiological Protection. The biological basis for dose limitation in the skin. ICRP Publication 59 (Oxford: Pergamon Press) (1991)
- [26]. Koenig et al. Skin injuries from fluoroscopically guided procedures: Part 1, Characteristics of radiation injury. AJR 177, 3-11 (2001)
- [27]. Balter S. et al. Fluoroscopically Guided Interventional Procedures: A Review of Radiation Effects on Patients' Skin and Hair. Radiology 254, 326-341 (2010)
- [28]. Mooney R. B. Skin dose to patients from interventional radiology and cardiology procedures with potentially long fluoroscopy times. Radiat. Prot. Dosim. 90, 123-126 (2000)
- [29]. Vaño et al. Evaluation of risk of deterministic effects in fluoroscopically guided procedures. Radiat. Prot. Dosim. 117, 190-194 (2005)
- [30]. Padovani R. et al. Retrospective evaluation of occurrence of skin injuries in interventional cardiac procedures. Radiat. Prot. Dosim. 117, 247-250 (2005)
- [31]. Tsapaki V. et al. Patient skin dose assessment during CT guided interventional procedures. Radiat. Prot. Dosim. 129, 29-31 (2008)
- [32]. Koenig et al. Skin injuries from fluoroscopically guided procedures: Part 2, Review of 73 cases and recommendations for minimizing dose delivered to patient. AJR 177, 3-11 (2001)
- [33]. Mavrikou I. et al. High patient doses in interventional cardiology due to physicians' negligence: how can they be prevented? Radiat. Prot. Dosim. 129, 67-70 (2008)

Dosis a pacientes en mamografía. Estudio retrospectivo de más de 10 años de programa de cribado mamográfico

Antonio Ramírez Muñoz y M^a Luisa Chapel Gómez

Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica. Hospital Universitario Ntra. Sra. de Candelaria.

RESUMEN

En los programas de cribado mamográfico se hacen mamografías de control de forma periódica a un gran número de mujeres, la mayoría asintomáticas, por lo que reciben unas dosis de radiación no despreciable. Estas dosis recibidas durante el examen con rayos X deben ser evaluadas periódicamente para evaluar el riesgo de carcinogénesis en las pacientes. Además, la medida de estas dosis nos sirve para comparar sistemas mamográficos y optimizar las técnicas de exposición.

Los sistemas mamográficos han evolucionado desde sus orígenes, produciéndose cambios tanto en los equipos utilizados, como en los sistemas de imagen. En este trabajo se hace un estudio de las dosis recibidas por 2266 mujeres durante un periodo de más de 10 años de experiencia en el "Programa Canario de Detección Precoz del Cáncer de Mama" en diferentes sistemas mamográficos: sistemas con registro de imagen película-pantalla, semiautomáticos y automáticos, y equipos digitales. Para estos sistemas se comparan las dosis glandulares (que es la magnitud indicadora del riesgo) recibidas por las pacientes. Los resultados obtenidos muestran una reducción de las dosis en los sistemas digitales y ponen de manifiesto que el espesor de mama comprimida y la optimización de los parámetros de exposición son factores críticos para la reducción de las dosis.

ABSTRACT

Breast screening programs include large number of women, most of them asymptomatic, receiving a significant absorbed dose. Under these circumstances, estimation of breast dose arises as a valuable tool to evaluate carcinogenic risk to the patient. Dose estimation can also become a tool for comparison of imaging systems, beam qualities and techniques for mammography.

Mammographic systems have undergone many changes since its origins: new beam qualities have been introduced and digital mammography has replaced conventional systems. Data obtained from 2266 mammographic studies, during more than ten years of experience on the Canary Islands Breast Cancer Screening Program, have been analysed. Semi-automatic exposure control, completely automatic exposure control, screen-film and full field digital systems have been considered. Average glandular dose (the carcinogenic risk indicator) received by patients has been compared. A reduction in average glandular dose for full field digital mammography has been found. The optimisation of exposition parameters appears as a critical factor on dose reduction.

INTRODUCCIÓN

El cáncer de mama es la primera causa de muerte por cáncer en mujeres en España, representando un 16% de las muertes por cáncer en mujer durante el año 2006 y aunque el riesgo de muerte por cáncer de mama ha ido descendiendo desde 1990, en el año 2006 supuso una tasa de mortalidad de 26,7 por 100 000 mujeres [1].

La alta incidencia de este tipo de cáncer hace que sea un candidato perfecto para ser objeto de un programa de detección precoz, esto es la realización de pruebas diagnósticas en personas asintomáticas con el objetivo de detectar la enfermedad en estadios precoces [2]. Para la detección del cáncer de mama, la mamografía es hoy en día una

herramienta diagnóstica insustituible dada su sensibilidad (80-95%) y especificidad (90-95%) [3]. Por ello los programas de detección precoz de este tipo de patología se basan en realizar mamografías de control de forma periódica (bianual). En España, los programas de detección precoz de cáncer de mama se iniciaron en 1990 y, actualmente, todas las comunidades autónomas ofertan este tipo de programas.

Dado que los programas de detección precoz consisten en la realización de mamografías en mujeres asintomáticas, es evidente que la gran mayoría de mujeres sometidas a este tipo de prueba son personas sanas que no presentan ninguna patología. Por lo tanto, independientemente de su efecto positivo en la detección inicial de la enfermedad, no debemos olvidar que se está realizando una prueba de diagnóstico

que implica administrar, a una gran cantidad de mujeres sin patología, una cierta dosis de radiación en el tejido mamario y que ello conlleva un cierto riesgo de carcinogénesis radioinducida. Queda patente, por tanto, que la reducción de la dosis debe ser un objetivo prioritario.

Debido a las características morfológicas de los tejidos mamarios y de las lesiones asociadas a los cánceres precoces, el contraste entre las áreas patológicas y normales de la mama es muy bajo, ya que poseen similares coeficientes de atenuación y absorción, y por tanto la calidad de la imagen tiene que reunir unos requisitos muy exigentes para detectar este tipo de lesiones: alta resolución espacial; alto contraste y rango dinámico; bajo ruido y ausencia de artefactos. Sin olvidar, que es imprescindible mantener las dosis de radiación tan bajas como sea posible de acuerdo con el principio de optimización de la Protección Radiológica.

Como indicador de riesgo, inicialmente se utilizó el Kerma Aire en la Superficie de Entrada (KASE) (es decir, sin retrodispersión). Sin embargo esta magnitud no es un buen estimador del riesgo de carcinogénesis radioinducida y por ello se utiliza la dosis glandular promedio (DGM), relacionada con los tejidos que se supone son más sensibles a la carcinogénesis inducida por radiación [4,5]

La Dosis Glandular Media (DGM) se define como el promedio de la dosis absorbida por el tejido glandular (excluyendo la piel) en una mama uniformemente comprimida con una composición determinada. La dosis glandular media no se puede medir directamente y por ello se calcula a partir de los valores de KASE utilizando coeficientes de conversión obtenidos con métodos de Monte Carlo (y verificados experimentalmente) que dependen del espesor de la mama, glandularidad y calidad del haz de rayos X.

ANTECEDENTES

Antes de 1960 no existían unidades exclusivas dedicadas a realizar mamografías y se usaban unidades convencionales que disponían de tubos de rayos X con ánodos de tungsteno, generalmente sin compresión. Posteriormente se hicieron pruebas con nuevos materiales para el ánodo y el filtro del tubo de rayos X, comprobando que el molibdeno producía un mejor contraste en los tejidos de la mama [6] y en 1969 aparece la primera unidad dedicada exclusivamente a mamografías. En 1972 DuPont introduce una combinación pantalla-película diseñada para mamografía [7] consiguiendo una reducción en la dosis en un factor 10-20. En años sucesivos aparecen nuevas combinaciones de pantalla intensificadora (fosforescente) y película radiográfica, que conseguían reducir las dosis de radiación mejorando la calidad de la imagen obtenida.

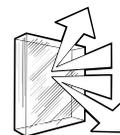
Sin embargo, con el desarrollo de la tecnología empiezan a aparecer los sistemas digitales. La aparición de estos

sistemas digitales para mamografía en el mercado ha sido posterior a la de los sistemas convencionales (el primer sistema mamográfico digital de campo completo (FFDM) se aprobó en los Estados Unidos de América por la FDA en el año 2000). Pero al igual que ocurre con los sistemas convencionales, los sistemas digitales mamográficos están desbancando a los sistemas mamográficos convencionales de película-pantalla intensificadora (SFM).

La diferencia sustancial entre ambos sistemas radica en que las películas radiográficas en general, y por tanto las mamográficas, tienen un rango dinámico limitado, por lo que, dosis de radiación en la película demasiado bajas o demasiado altas hacen que éstas salgan sub o sobreexpuestas y por ello no producen una imagen útil para el diagnóstico, siendo el rango de dosis que se puede utilizar en este tipo de sistemas bastante limitado. En cambio, los receptores digitales presentan un rango dinámico $10^4 - 10^5$ veces mayor, produciendo imágenes útiles para el diagnóstico en un intervalo bastante amplio de dosis en el detector, y ello también abre la posibilidad de impartir dosis muy elevadas o muy bajas. Este hecho también puede dar lugar a variaciones en la calidad de imagen. Es por todo ello, que hay que optimizar las técnicas de obtención de la imagen y que el control automático de la exposición (del que disponen los equipos actuales) y su calibración cobra un papel muy importante en la selección de los factores de exposición adecuados para la obtención de una calidad de imagen óptima con una dosis de radiación lo más baja que sea posible teniendo en cuenta el criterio ALARA [8].

Numerosos trabajos científicos comparan la calidad de imagen, la capacidad diagnóstica y las dosis impartidas en SFM y FFDM. Muchos de estos trabajos concluyen que la FFDM es equivalente o superior a la SFM en la detección de lesiones en la mama. Además, las dosis son similares o inferiores en FFDM (especialmente en mamas gruesas), presentando mucha menor variación que en SFM [9-11].

Con la mamografía digital aparecen también nuevos materiales para el ánodo, que producen espectros de rayos X de mayor energía, ello es debido a que la SFM requiere radiación de menor energía para dar lugar a una buena eficiencia de absorción en el fósforo de la pantalla intensificadora. Estos fósforos no pueden ser muy gruesos porque se produciría una mayor dispersión de la luz emitida en el fósforo dando lugar a un mayor emborronamiento en la imagen obtenida. Los materiales usados en los detectores digitales pueden ser suficientemente gruesos como para absorber la mayor parte de los fotones que le llegan, independientemente de su energía, en el espectro usado en mamografía. Aún así, el uso de mayores energías produce una reducción en el contraste de los tejidos de la mama [11].



Existe un gran número de estudios sobre los beneficios de utilizar rayos X con un espectro de mayor energía que la del molibdeno [12-16]. Fahrig y Yaffe estudiaron varios materiales buscando el mejor material para el ánodo en mamografía digital, llegando a la conclusión que un ánodo de tungsteno tenía una mejor razón señal ruido (SNR) que el molibdeno para kilovoltajes equivalentes (30-31kVp). Posteriormente Dance et al. [17] realizaron un estudio de Monte Carlo sobre la influencia de diferentes combinaciones ánodo/filtro y tensión del tubo en mamografía digital. Concluyeron que, excepto para mamas finas, en FFDM son más deseables otras combinaciones diferentes a Mo/Mo, que producen espectro de mayor energía.

Baldelli et al. 2009 [18] comparan la relación CNR^2/DGM (mejor calidad de imagen a menor dosis) para distintas combinaciones de ánodo filtro (Mo/Mo, Mo/Rh, W/Rh, W/Ag) con un detector de selenio obteniendo que la mejor combinación en todos los casos era W/Ag.

Cómo se ha visto, los sistemas de imagen para mamografía se encuentran en continua evolución desde sus orígenes, intentando lograr una gran capacidad diagnóstica con dosis de radiación cada vez menores.

En este trabajo se presenta un estudio de las dosis glandulares en mamografía en el programa de cribado mamográfico de nuestra Área de Salud para distintos tipos de sistemas: mamografía con película-pantalla (SFM), y mamografía digital (FFDM) con calidades de haces de rayos X diferentes. Todos los equipos incluidos en el presente estudio han sido objeto del programa de garantía de calidad de equipos de diagnóstico por rayos X y de mamografía digital, cumpliendo siempre con las tolerancias establecidas en los Protocolos Españoles de Control de Calidad [19-20].

MATERIAL Y MÉTODOS

Sistemas utilizados

Las unidades mamográficas que han participado en este estudio son las que figuran en la tabla I:

Los equipos BENNET Contourt plus y SIEMENS Mammomat 2 no están en uso clínico en la actualidad. Estos equipos, disponían de control automático de exposición (CAE), pero la forma habitual de realizar los exámenes mamográficos, por parte del personal técnico era seleccionar control automático de exposición (CAE), fijando previamente la combinación Mo/Mo y la tensión (kVp), de este modo el equipo seleccionaba automáticamente para cada exposición el producto de intensidad por tiempo (mAs) en función del espesor de mama comprimida. Para propósitos de este trabajo, a los datos obtenidos con estos equipos los denominaremos mamografía película-pantalla semiautomático (SFM semiautomático).

El equipo General Electric (GE) DMR+, tiene varias formas de trabajar, pero la habitual en la práctica clínica es la selección automática de todos los parámetros de exposición: calidad de haz (combinación ánodo/filtro y tensión) y mAs, para lo cual este equipo realiza un predisparo y ajusta los parámetros de la exposición. Puesto que estos equipos optimizan la técnica de exposición automáticamente, ésta se comprobó semestralmente para asegurar que se cumplieran los requisitos de calidad exigibles en los Protocolos Españoles de Control de Calidad [19, 20]. Para efectos de este trabajo, a los resultados obtenidos en estos sistemas se les denominará mamografía película-pantalla automático (SFM automático).

A mediados del año 2009 se sustituyó una de estas unidades GE por un sistema digital de campo completo (equipo LORAD SELENIA). Puesto que en el programa de detección precoz de cáncer de mama de nuestra área de salud, es el único equipo digital completo, se incluyeron para este estudio los datos recogidos en las dos unidades digitales de nuestro hospital (Hospital Universitario Ntra. Sra. de Candelaria) en funcionamiento desde 2008, ambos equipos General Electric (modelos DS y ESSENTIAL).

Estos equipos trabajan en modo completamente automático, realizando, al igual que el equipo DMR+, un predisparo para ajustar los parámetros de exposición. Para distinguir entre los equipos digitales, y puesto que las

Equipo	Nº unidades	Combinaciones ánodo/filtro	Sistema de registro	Uso del equipo
Bennet Contourt PLUS	1	Mo/Mo y Mo/Rh	SFM	Screening
Siemens Mammomat 2	1	Mo/Mo, Mo/Rh y W/Al	SFM	Screening
General Electric DMR+	2	Mo/Mo, Mo/Rh y Rh/Rh	SFM	Screening
General Electric DS	1	Mo/Mo, Mo/Rh y Rh/Rh	FFDM	Unidad Hospitalaria
General Electric ESSENTIAL	1	Mo/Mo, Mo/Rh y Rh/Rh	FFDM	Unidad Hospitalaria
LORAD SELENIA	1	W/Rh y W/Ag	FFDM	Screening

Tabla I. Sistemas participantes en el estudio.

	Nº exposiciones	Nº mujeres	Espesor medio total	DGM paciente
SFM semiautomático	7416	1854	5.43 ± 0.16	2.465 ± 0.025
SFM automático	732	183	5.46 ± 0.04	2.593 ± 0.061
FFDM MR	508	127	5.71 ± 0.06	2.108 ± 0.033
FFDM W	408	102	5.92 ± 0.06	2.291 ± 0.055

Tabla II.- Espesor medio de mama y DGM por paciente para los cuatro grupos de sistemas considerados.

calidades de haces de rayos X son completamente distintas, se denominarán FFDM MR a los equipos GE DS y GE ESSENTIAL, dado que ambos disponen de un tubo de rayos X con doble pista anódica de molibdeno y rodio, y FFDM W al equipo LORAD, ya que este equipo dispone de un tubo con un ánodo compuesto únicamente por tungsteno.

Recogida de datos

En las unidades participantes se recogieron los siguientes datos para cada paciente: fecha, unidad mamográfica, edad de la mujer, proyecciones realizadas y mama a la que se le realizan, y factores de exposición: selección de la técnica (automática o manual), combinación ánodo/filtro, tensión (kVp), corriente del tubo (mAs) y espesor de la mama comprimida (que se obtiene del valor indicado por el equipo durante la realización de la proyección radiográfica).

Por cada mama se consideraron las proyecciones habituales, Cráneo Caudal (CC) y Oblicua Medio Lateral (OML), siendo eliminadas para este estudio aquellas en las que, además de las proyecciones citadas, se realizaban proyecciones adicionales.

Dosimetría

El Kerma en Aire en la Superficie de Entrada (KASE), que es un paso previo para estimar la DGM, se calculó a partir de los valores de rendimiento de cada equipo (dosis impartida por el equipo por cada unidad de mAs en función del kilovoltaje utilizado) obtenidos en los controles de calidad realizados en cada equipo, y los datos recogidos en las unidades durante los estudios mamográficos, aplicando la siguiente expresión:

$$KASE(mGy) = R_{kVp} \left(\frac{mGy}{mAs} \right) * carga(mAs) * (1/(D_{fsem}))^2 \quad (1)$$

donde R_{kVp} es el rendimiento del equipo a 1 metro (para cada combinación ánodo/filtro) y D_{fsem} es la distancia del foco emisor de rayos X a la superficie de entrada de la mama, que se obtiene a partir de la distancia del foco al sistema de registro y del espesor de mama comprimida en cada estudio.

Una vez obtenido el KASE se calculó la DGM para cada exposición utilizando la siguiente expresión [21]:

$$DGM = KASE.g.c.s \quad (2)$$

dónde g es un factor que corresponde a la glandularidad del 50% y es función del espesor de la mama comprimida y de la Capa Hemirreductora (HVL) del equipo [22, 23], c corrige para diferentes composiciones de la mama, considerando distintas glandularidades, en el rango de edad de 40-49 años y 50-64 años y s corrige para las diferencias debidas al espectro de rayos X utilizado (ánodo/filtro) [22-24].

Para cada mama se calculó la Dosis Glandular Media (DGM) como la suma de la DGM en ambas proyecciones (CC y OML) y, posteriormente, se obtuvo la Dosis Glandular Media por Paciente (DGMP), que es la magnitud adecuada para la estimación de riesgo a las pacientes, promediando las dosis glandulares de la mama izquierda y derecha.

RESULTADOS

La recogida de datos se realizó a lo largo de un periodo de 10 años y medio (de agosto de 1999 hasta enero de 2010) en los sistemas disponibles en cada momento (de 1999 a 2006, SFM semiautomático; de 2006 a 2008, SFM automático; y de 2008 a 2010, FFDM) a 2266 mujeres con un total de 9064 proyecciones, repartidas según se muestra en la tabla II. En esta tabla se muestra también el espesor medio total de mama comprimida (que varía entre 5.43 y

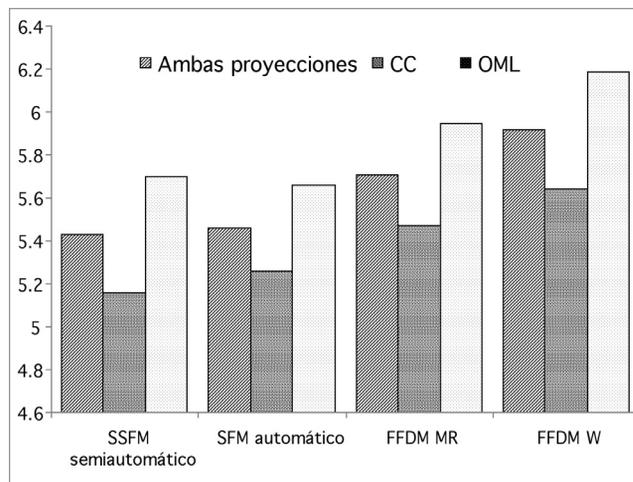


Figura 1. Espesores medios de mama comprimida para proyección y espesor medio total en cada sistema considerado.

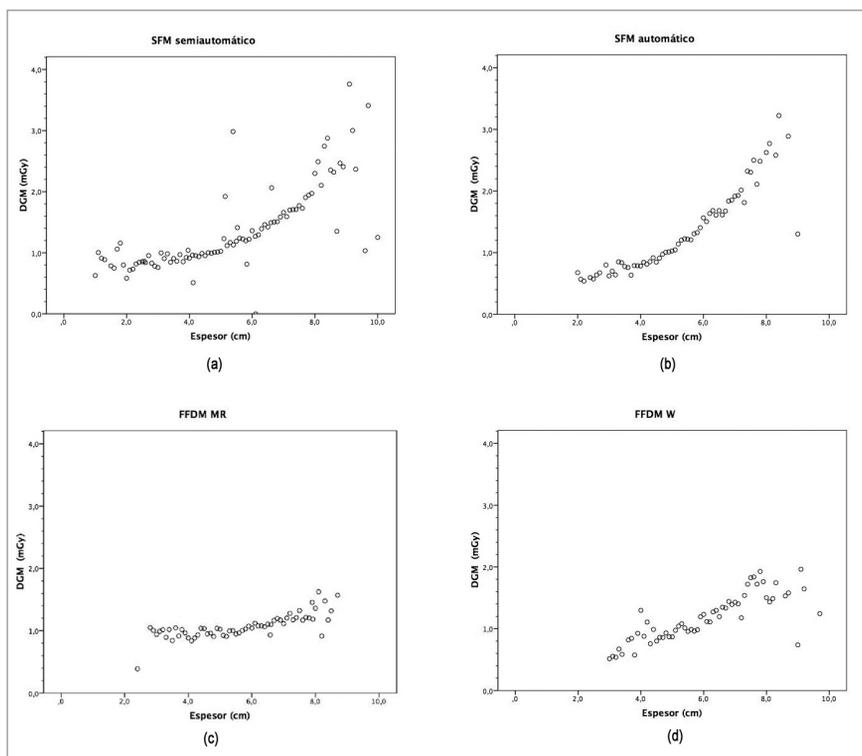
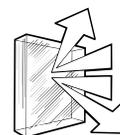


Figura 2.- DGM por paciente como función del espesor de mama comprimida para SFM semiautomático (a), SFM automático (b), FFDM MR (c) y FFDM W (d).

5.92 cm) y la DGM por paciente (DGMP) que varía entre 2.108 mGy y 2.593 mGy, los valores más bajos se han obtenido con los equipos FFDM.

En la figura 1 se representan los valores obtenidos de espesores medios de mama comprimida en cada una de las proyecciones consideradas y el espesor medio total por mama para cada situación considerada en este estudio.

Las dosis glandulares medias recibidas por proyección varían entre 1.030 mGy y 1.418 mGy, en cada uno de los cuatro casos considerados, y se muestran en la tabla III, donde también se referencia los espesores de mama medios en

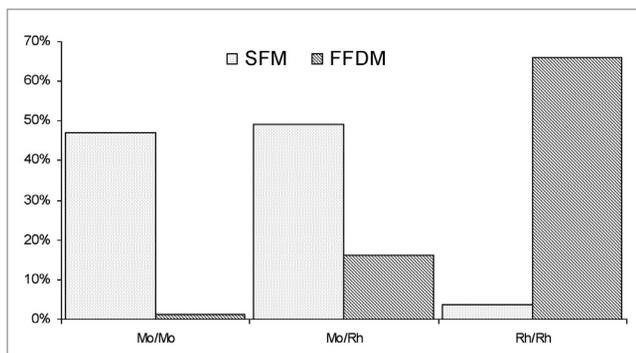


Figura 3. Número de veces que se selecciona cada calidad de has en los equipos GE para SFM automático y FFDM MR..

cada proyección que varían entre 5.16 cm y 6.19 cm.

La variación de la DGMP en función del espesor de mama comprimida para los diferentes sistemas se muestra en la figura 2. Las figuras 2 (a) y (b) representan los resultados obtenidos para SFM y las 2 (c) y (d) para FFDM.

Puesto que los equipos marca General Electric utilizados, tanto en SFM como en FFDM, tienen las mismas combinaciones ánodo/filtro, y por tanto las mismas calidades de haz, se ha comparado el número de veces que se selecciona cada una de las combinaciones disponibles en ambos casos (SFM y FFDM), presentándose los resultados en la figura 3. En SFM automático la combinación Mo/Rh es la más utilizada (49,30%) seguida muy de cerca por la combinación Mo/Mo (47,10%), al contrario que en FFDM en que es la combinación Rh/Rh la más utilizada con mucha diferencia (un 66,10% de

los casos). La tabla IV muestra las DGM recibidas por las pacientes por proyección para cada calidad de haz y tipo de sistema de registro de la imagen utilizado (SFM y FFDM). Éstas varían entre un valor mínimo de 0.92 mGy y un valor máximo de 2.25 mGy, ambos valores corresponden a SFM. En la tabla se muestran también los espesores medios de mama comprimida en cada caso, éstos se encuentran comprendidos entre 3.25 cm y 7.55 cm, ambos valores se encuentran en FFDM.

DISCUSIÓN

El espesor medio de mama comprimida por paciente (tabla II) es inferior en SFM que el encontrado en FFDM, manteniéndose en valores similares para SFM semiautomático y SFM automático y siendo superior tanto para FFDM MR (4,8% superior a la media de ambos equipos SFM) como para FFDM W (8.7%) (figura 1). Las causas de este incremento encontrado en los equipos digitales en el espesor de la mama comprimida pueden tener origen tanto como en la variación del espesor de mama, debido al aumento de obesidad en la población, como en una relajación, por parte del personal técnico, en la fuerza de compresión aplicada (menor fuerza de compresión, hecho que hemos encontrado en algún equipo) [25, 26]. La relajación del personal puede ser debida a que la imagen obtenida en FFDM no es tan sensible a variaciones en la compresión como la SFM. Esto es debido al gran rango dinámico de

	CC		OML	
	Espesor medio	DGM	Espesor medio	DGM
SFM semiautomático	5.16 ± 0.02	1.126 ± 0.008	5.70 ± 0.02	1.343 ± 0.012
SFM automático	5.26 ± 0.06	1.175 ± 0.021	5.66 ± 0.06	1.418 ± 0.026
FFDM MR	5.47 ± 0.08	1.030 ± 0.014	5.95 ± 0.09	1.087 ± 0.015
FFDM W	5.64 ± 0.07	1.058 ± 0.019	6.19 ± 0.09	1.233 ± 0.025

Tabla III. Espesor medio de mama comprimida y DGM recibida por proyección para cada uno de los sistemas considerados.

la imagen digital que nos permite tener un amplio intervalo de valores de gris en el que poder seleccionar el centro y la anchura de la ventana de visualización. También podría ser debido a problemas con la calibración, especialmente con el nuevo diseño de palas de compresión que basculan [26], pero en los controles de calidad realizados en los equipos no se ha detectado ningún problema en las mismas, por lo que es menos probable que el incremento de espesor sea debido a esto.

En cuanto a los valores de dosis recibidas por paciente, y a pesar de haber aumentado el espesor medio de la mama comprimida, son inferiores en FFDM a los obtenidos con SFM (entre un 10 y un 18%). Se hace hincapié en el espesor de mama comprimida ya que es el mayor determinante de las dosis por proyección recibidas por las pacientes para un mismo sistema mamográfico [26].

En la figura 2 (a) y (b) se observa, en todos los casos, una tendencia creciente de la DGM con el espesor, siendo el incremento bastante pronunciado para espesores mayores a 6 cm, con la diferencia que en SFM semiautomático (figura 2 (a)) se observa una gran dispersión en los valores de DGM obtenidos para espesores mayores de 8 cm de mama comprimida. En cambio, para FFDM MR (figura 2 (c)) el

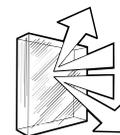
incremento de la DGM con el espesor es muy suave para todo el rango de espesores, es decir la DGM recibida se mantiene bastante estable (en torno a 1 mGy) dentro de un rango amplio de espesores (de 2 cm a 8 cm). Esto pone de manifiesto que los sistemas FFDM MR optimizan mucho más los parámetros de exposición que los SFM automáticos, ya que para mamas de espesores similares, las DGM son inferiores (Tabla 3), hecho que queda también patente en la figura 3.

En el caso de la DGM recibida con el equipo FFDM W (figura 2 (d)) se observa una tendencia creciente con el espesor para todo el rango de espesores, aunque con una pendiente inferior a la observada para los equipos SFM. También es en este equipo donde nos hemos encontrado que no se comprime adecuadamente (un 53% de las mamografías realizadas se hicieron con una fuerza de compresión inferior a 80 N). Puesto que, como hemos comentado anteriormente, el espesor de mama comprimida es determinante para el cálculo de las dosis glandulares, este hecho explica los valores de dosis que se han obtenido.

Si consideramos los equipos SFM sin distinguir el modo de operación y los equipos FFDM sin distinguir el material del ánodo/filtro, la DGM recibida por proyección es 1,241 mGy en SFM y 1,101 mGy en FFDM (11,3% inferior

Calidad de haz	Proyección	SFM		FFDM	
		Espesor (cm)	DGM (mGy)	Espesor (cm)	DGM (mGy)
Mo/Mo	CC	4.64 ± 0.06	0.92 ± 0.01	3.25 ± 0.33	0.98 ± 0.21
	OML	4.55 ± 0.08	0.96 ± 0.02	3.40 ± 0,01	1.09 ± 0.01
Mo/Rh	CC	6.07 ± 0.05	1.49 ± 0.07	3.87 ± 0.11	0.93 ± 0.03
	OML	6.21 ± 0.05	1.63 ± 0.02	4.09 ± 0.10	0.93 ± 0.03
Rh/Rh	CC	7.15 ± 0.17	2.10 ± 0.14	5.92 ± 0.06	1.06 ± 0.02
	OML	7.28 ± 0.17	2.25 ± 0.14	6.43 ± 0.08	1.13 ± 0.02
W/Rh	CC			5.55 ± 0.07	1.03 ± 0.02
	OML			5.81 ± 0.08	1.13 ± 0.02
W/Ag	CC			7.39 ± 0.17	1.54 ± 0.06
	OML			7.55 ± 0.12	1.61 ± 0.05

Tabla IV. Espesores de mama comprimida y DGM para cada calidad de haz disponible en cada uno de los sistemas considerados.



en FFDM) con espesores medios de 5,43 cm y 5,81 cm respectivamente (7,0% superior en FFDM).

Considerando los equipos que disponen de igual calidad de haz si, además de separar por proyecciones, consideramos la distinta combinación ánodo-filtro, se puede apreciar (tabla IV) como las mamas radiografiadas con una combinación Mo/Mo reciben dosis superiores en los equipos digitales que disponen de esta calidad de haz (FFDM MR) (0,98 mGy en CC y 1.09 mGy en OML) a las recibidas en SFM automático (0.92 mGy en CC y 0.96 mGy en OML) aún siendo, en este caso concreto, el espesor de la mama comprimida entre un 25% y un 30% inferior en los equipos digitales. En este punto cabe remarcar que tal como se presenta en la figura 3, en los equipos FFDM MR la combinación Mo/Mo es la menos utilizada (1,2% de los casos) contrastando con la SFM, dónde es la segunda opción (47,7%) aunque no dista mucho de la primera opción, Mo/Rh (49,3%).

En cambio, la DGM recibida por proyección en los equipos digitales es inferior en las combinaciones Mo/Rh (0,93 mGy tanto en CC como OML) y Rh/Rh (1,06 mGy en CC y 1,13 mGy en OML) a las de SFM (1,49 mGy en CC y 1,63 mGy en OML para Mo/Rh y 2,10 mGy en CC y 2,25 mGy en OML para Rh/Rh), siendo, la combinación Rh/Rh la más utilizada en los equipos FFDM con bastante diferencia (66,1%).

En el equipo FFDM con ánodo de W las dosis recibidas con la combinación W/Rh (1,03 mGy en CC y 1,13 mGy en OML) son similares a las obtenidas en la combinación Rh/Rh de los equipos FFDM MR (1,06 mGy en CC y 1,13 mGy en OML).

La DGM recibida en ambas proyecciones para la combinación W/Ag (1,54 mGy en CC y 1,61 mGy en OML) es ligeramente superior a las obtenidas en FFDM MR, pero hay que remarcar que los espesores medios de mama comprimida en FFDM W son muy superiores (24,8% en proyección CC y 17,5% en OML). Si comparamos las dosis recibidas con esta calidad en FFDM W, vemos que son ligeramente inferiores, (1,54 mGy en CC y 1,61 mGy en OML), a las obtenidas con la calidad Mo/Rh en SFM (1,9 mGy en CC y 1,63 mGy en OML) aún cuando los espesores de mama comprimida son del orden de un 22% superiores.

En el caso de comparar las dosis para esta calidad de FFDM W (W/Ag) con las recibidas con la calidad Rh/Rh de SFM, observamos una diferencia en la DGM recibida de un 26,5 % en CC y un 28,5 % en OML, siendo las DGM inferiores en FFDM W aún cuando los espesores de mama comprimida son similares.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo publicado en la literatura acerca de que la introducción de los equipos digitales y calidades de haz diferentes a Mo/Mo optimizan

la calidad de imagen con menor dosis de radiación a las pacientes, y por tanto menor dosis glandular [17,18].

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos se concluye que la optimización de la selección automática de los parámetros de exposición ha reducido las dosis de radiación recibidas, especialmente en mamas gruesas, poniendo de manifiesto que los equipos digitales optimizan mucho mejor estos parámetros de exposición, reduciendo las dosis glandulares medias recibidas por las pacientes.

Cabe además resaltar la importancia de insistir entre el personal técnico en la realización de una buena compresión para conseguir la mejor calidad posible con dosis de radiación inferiores para las pacientes.

Puesto que tanto la selección automática de estos parámetros como del espesor de mama comprimida son críticos para el cálculo de la dosis glandular, el estudio presentado hace patente que es imprescindible un estricto control de calidad de los equipos para garantizar que las dosis de radiación recibidas por las pacientes sea lo más bajas posibles.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el trabajo de D. Domingo Espinosa López, Dña. Mariló Monterde Villar, Dña. Consuelo Rubio Ayllón, técnicos especialistas en Diagnóstico por Imagen del Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica del Hospital Universitario Ntra. Sra. de Candelaria, por su contribución en la recogida y registro de los datos de las distintas unidades participantes en este trabajo y a Dña. Ana Domínguez Folgueras, residente de Radiofísica Hospitalaria, por sus comentarios y discusiones durante la preparación de este trabajo.

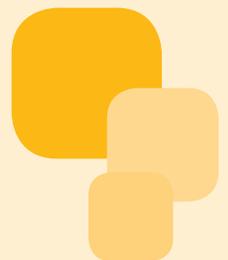
REFERENCIAS

- [1]. Mercedes Alfaro Latorre "Mortalidad por cáncer, por enfermedad isquémica del corazón, por enfermedades cerebrovasculares y por diabetes mellitus en España". Instituto de Formación Sanitaria. Ministerio de Sanidad y Consumo. 2007.
- [2]. Programa de Diagnostico Precoz del Cáncer de Mama de la comunidad Autónoma Canarias. Edita Servicio Canario de la Salud. Consejería de sanidad. 2002.
- [3]. López Bastida, J. "Análisis coste-efectividad del cribado del cáncer de mama mediante mamografía en diferentes grupos de edad (40-49, 50-69 y 70-75)". Informes de Evaluación de Tecnologías Sanitarias SESCO Núm. 2006/09. Edita: Servicio Canario de la Salud, Consejería de Sanidad del Gobierno de Canarias. 2009.
- [4]. NCRP, Report nº 85 , Mammography-A User's Guide. National Council on Radiation Protection and Measurements, (Bethesda: NCRP). 1986.
- [5]. ICRP. Statement from the 1987 Como Meeting of the International Commission on Radiological Protection. 1987. Radiology 167: 263-265. 1998.

- [6]. Rothenberg LN, Haus AG. "Physicists in mammography—a historical perspective". Med. Phys. 22(11 Pt 2):1923-34. 1995.
- [7]. Andolina V, Lillé S, Willison K.M. "Mammographic Imaging: A Practical Guide". Lippincott Williams & Wilkins. 2001.
- [8]. Chevalier M, Moran P, Ten J., Fernandez Soto m, Cepeda T, Vañó E. "Patient Dose in Digital Mammography". Med. Phys. 31 (9) 2471-2478. 2004.
- [9]. Berns E.A., Hendrick R.E. and Cutter G.R., "Performance comparison of full-field digital mammography to screen-film mammography in clinical practice" Med. Phys. 29, 830-834. 2002.
- [10]. Obenauer S, Hermann KP, Grabbe E. "Dose reduction in full-field digital mammography: an anthropomorphic breast phantom study". Br J Radiol. 76(907):478-82. 2003.
- [11]. Hendrick R.E., Pisano E.D., Averbukh A, Moran C., Berns E.A., Yaffe M.J., Herman b., Acharyya S., Gatsonis C. "Comparison of Acquisition Parameters and Breast dose in digital mammography and Screen Film mammography in the american college of Radiology Imaging Network Digital Mammographic Imaging Trial", AJR 194: 362-369. 2010.
- [12]. Johns PC, Yaffe MJ. "X-ray characterisation of normal and neoplastic breast tissues". Phys Med Biol. 32(6):675-95. 1987.
- [13]. Fahrig R, Yaffe MJ. "Optimization of spectral shape in digital mammography: dependence on anode material, breast thickness, and lesion type". Med Phys. 21(9):1473-81. 1994.
- [14]. Fahrig R, Yaffe MJ. "A model for optimization of spectral shape in digital mammography". Med Phys. 21(9):1463-71. 1994.
- [15]. Fahrig R, Rowlands JA, Yaffe MJ. "X-ray imaging with amorphous selenium: optimal spectra for digital mammography". Fahrig R, Rowlands JA, Yaffe MJ. Med Phys. 23(4):557-67. 1996.
- [16]. Kimme-Smith C, Lewis C, Beifuss M, Williams MB, Bassett LW. "Establishing minimum performance standards, calibration intervals, and optimal exposure values for a whole breast digital mammography unit". Med Phys. 25(12):2410-6. 1998.
- [17]. Dance D.R., Thilander Klang A., Sandborg M, Skinner C.L., Castellano Smith I.A. and Alm Carlsson G. "Influence of anode/Filter material and tube potential on contrast, signal-to-noise ratio and average absorbed dose in mammography: a Monte Carlo study". The British Journal of Radiology, 73: 1056-1067. 2000.
- [18]. Baldelli P, Phelan N, Egan G. "Investigation of the effect of anode/filter materials on the dose and image quality of a digital mammography system based on an amorphous selenium flat panel detector". Br J Radiol. 2009.
- [19]. Sociedad Española de Física Médica (SEFM). Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR). Protocolo Español de control de Calidad en Radiodiagnóstico (Edicomplet, Madrid). 2003.
- [20]. Sociedad Española de Física Médica (SEFM). Protocolo de control de Calidad de los Sistemas Digitales Mamográficos (Edicomplet, Madrid). 2007.
- [21]. EC (European Commission) European Guidelines for Quality Assurance in Breast Cancer Screening and diagnosis. 4a edición. Editado por Perry N., Broeders M., de Wolf C., Törnberg S., Holland R. y von Karsa L. 2006.
- [22]. Dance DR. "Monte Carlo calculation of conversion factors for the estimation of mean glandular breast dose". Phys Med Biol. 35(9):1211-9. 1990.
- [23]. Dance D.R., Skinner C.L., et al. "Additional factors for the estimation of mean glandular breast dose using the UK mammography dosimetry protocol". Phys Med Biol 45: 3225-3240. 2000.
- [24]. Dance D.R., Young K.C. and Van Engen R.E.. "Further factors for the estimation of mean glandular dose using the United Kingdom, European and IAEA breast dosimetry protocols". Phys. Med. Biol. 54: 4361-4372. 2009.
- [25]. Robinson M, Kotre CJ. "Trends in compressed breast thickness and radiation dose in breast screening mammography". Br J Radiol. 81(963):214-8. 2008.
- [26]. Young K.C., Burch A and Oduko JM. Radiation Dose received in the UK Breast Screening Programme in 2001 and 2002. Br.J. Radiol. 78(2005):207-218. 2005.

36 Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española

Santiago de Compostela
6 a 8 de octubre 2010



Reserva fecha en tu agenda

Cayetano López toma posesión como director general del CIEMAT

El día 10 de febrero, Cayetano López, catedrático de Física y ex-rector de la Universidad Autónoma de Madrid, tomó posesión como director general del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), en un acto presidido por la ministra de Ciencia e Innovación, Cristina Garmendia, y el secretario de Estado de Investigación, Felipe Pétiz.

El acto contó con importantes personalidades del mundo académico, de la investigación y de altas instituciones del Estado.

Tras prometer el cargo, Cayetano López se dirigió a los asistentes para requerirles el apoyo necesario en estos momentos, ya que, dijo, "Estoy seguro de que conseguiremos salir de este momento de crisis si todos ponemos de nuestra parte y actuamos en equipo" y señaló que confía en el compromiso de los responsables del Ministerio de Ciencia e Innovación.

Además, destacó la excelente labor que llevó a cabo su predecesor, Juan Antonio Rubio, en un emocionado recuerdo de quien dijo que era un trabajador inagotable que había conseguido hacer del Ciemat un referente internacional.



Cayetano López toma posesión de su cargo en presencia de la ministra de Ciencia e Innovación, Cristina Garmendia.

En opinión del nuevo director general, la actividad de un organismo público de investigación debe orientarse hacia la sociedad, y extremar el rigor y la disciplina con que se manejan los recursos públicos, que en ningún caso son propiedad de los que trabajan o mandan en él.

La ministra Cristina Garmendia destacó la trayectoria y el prestigio de Cayetano López y expresó que su nueva función exige esfuerzo, talento, coraje, y requiere de personas que se atrevan con lo difícil.

Comité de Redacción y CIEMAT

Transferencia de titularidad de la central nuclear José Cabrera

El 11 de febrero se realizó el Acto de Transferencia de Titularidad de la central nuclear José Cabrera a Enresa, de acuerdo con lo establecido en la Orden Ministerial ITC/204/2010 de 1 de febrero, por la que se autoriza la transferencia de titularidad para llevar a cabo el Plan de desmantelamiento y clausura de la central.

Tras el cese de su explotación decretado en 2006 y durante este trienio, la central nuclear José Cabrera ha realizado diversas actuaciones relacionadas con la adecuación de la instalación para su desmantelamiento definitivo, entre las que destacan las relacionadas con el acondicionamiento de todos los residuos operacionales y con la gestión del combustible gastado.

En este último año 2009, se ha realizado la carga, traslado y almacenamiento en el Almacén Temporal Individualizado (ATI) de la central nuclear José Cabrera, de 12 contenedores con 377 elementos de combustible gastado.

Así mismo, una vez finalizadas estas actividades, se prepararon unos grupos de trabajo con la participación de las dos organizaciones (Gas Natural (CNJC) - Enresa), para revisar todas las áreas que tienen un mayor significado en la transferencia:

- 1.- Aspectos reglamentarios y legales
- 2.- Documentación y archivo
- 3.- Equipos, instalaciones y medios
- 4.- Residuos radiactivos
- 5.- Residuos peligrosos y convencionales.
- 6.- Plan de emergencia Interior
- 7.- Plan de contra-incendios.
- 8.- Mantenimiento, evaluación y programa de acciones correctivas.

Esta gestión del cambio de titularidad ha permitido realizar una transferencia correcta y ordenada.

Francisco García Acosta
Unión Fenosa

El CSN celebra la jornada de I+D en seguridad nuclear y protección radiológica

El Consejo de Seguridad Nuclear celebró el día 23 de febrero su Jornada Anual de Investigación y Desarrollo (I+D) en Seguridad Nuclear y Protección Radiológica. El acto fue inaugurado por el consejero, Francisco Fernández Moreno, presidente de la Comisión de Formación e I+D del CSN y de la Plataforma Tecnológica Nacional de I+D de Energía Nuclear de Fisión, CEIDEN. El evento reunió a profesionales del mundo de la educación, la investigación, la medicina y la industria.

Tras la inauguración el jefe de la Oficina de I+D, José Manuel Conde, presentó las diversas actividades que en esta materia llevó a cabo el regulador durante 2009.



Entre los objetivos del Plan de I+D del CSN destacan: la contribución a asegurar un alto nivel de seguridad nuclear y protección radiológica en las instalaciones existentes; la mejora de la vigilancia y el control de la exposición de los trabajadores y del público a las radiaciones ionizantes; el avance en el desarrollo de la protección radiológica en las exposiciones médicas; así como los conocimientos y medios técnicos necesarios para apreciar los riesgos asociados a las instalaciones futuras.

Al acto asistió el Dr. Gustaf Löwenhielm, de la autoridad reguladora sueca (SSM), quien presentó la investigación en seguridad nuclear y protección radiológica que se lleva a cabo en su país. Además se dedicó un capítulo especial a los tres trabajos de investigación patrocinados por el CSN, y finalizados

- en 2009, sobre: "Técnicas de dosimetría de las extremidades", "Integridad de vainas fragilizadas por hidruros en condiciones de almacenamiento temporal en seco" y el "estudio del impacto radiológico de las centrales de carbón en sus entornos".

En la jornada se explicó a los asistentes las distintas actividades y resultados que, en el ámbito de las cátedras universitarias, patrocina el Consejo. A este respecto Fernández Moreno ha mostrado su satisfacción con el desarrollo, desde 2005, de esta iniciativa que persigue "estimular y mejorar la educación y la investigación en el campo de la seguridad nuclear y la protección radiológica a escala nacional".

En el acto intervino también el Dr. Eduardo Gallego Díaz subdirector del Departamento de Ingeniería Nuclear en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial, quien expuso un breve resumen del informe de evaluación del 7º Programa Marco realizado en el ámbito de una Comisión Internacional y en la que representó a nuestro país.

La jornada fue clausurada por el consejero y vicepresidente de la Comisión de Formación e I+D del CSN, Antonio Colino, quien recordó el inicio de la investigación y del desarrollo tecnológico en el ámbito de la energía nuclear, así como otros ejemplos de los recursos e inversiones en I+D y su utilidad para la sociedad, señalando que todos los proyectos de I+D expuestos conformarán una realidad y avances que permitirán generar conocimiento, mejorar la competitividad, y contribuir al bienestar social y a un desarrollo sostenible, acompañando siempre a la misión del CSN.

Comité de Redacción y CSN

NOTICIAS de IMUNDO

Reunión Anual de EURADOS AM2010

La ciudad de Roma acogió a los miembros de la organización EURADOS (*European Radiation Dosimetry Group*, www.eurados.org), durante la primera semana de febrero de 2010 en la celebración de la multidisciplinar Reunión Anual AM2010. El *Istituto Superiore de la Sanita* (ISS) y el *Istituto Nazionale de Fisica Nucleare* (INFN, Frascati), organizadores del evento, contabilizaron record de asistentes: más de 200 personas. La familia de Eurados va en aumento. En lo que respecta a la contribución española, además del Ciemat, la UPC de Barcelona, la UPM de Madrid y Gultresa, Tecnatom es desde febrero de 2010 un nuevo miembro de Eurados. Borja Bravo hizo la presentación oficial durante la Asamblea General y tras posterior votación, los representantes de los institutos miembros llamados "Voting Members" aprobaron la entrada de Tecnatom como nuevo componente de esta organización europea.

La Reunión Anual comenzó los días 1 y 2 de febrero con los grupos de trabajo, parte fundamental y motivación principal de los expertos (*Associated Members*) que componen EURADOS. La aportación española en este sentido es importante y consiste principalmente en miembros de la SEPR responsables de

- tareas y actividades de gran relevancia, como la participación de la UPC en el Proyecto europeo ORAMED en relación a la protección radiológica de los trabajadores en el entorno de las exposiciones médicas. La contribución del Ciemat consiste en la coordinación del grupo de trabajo de dosimetría interna (WG7), la organización de intercomparaciones anuales de dosimetría externa como actividad clave en el proceso de acreditación de los servicios de dosimetría personal europeos (WG2), Dosimetría Computacional (WG6) en relación a la aplicación de métodos de Monte Carlo en dosimetría neutrónica y de maniqués tipo voxel (*voxel phantoms*), y finalmente, Dosimetría Retrospectiva (Proyecto BIODOSE, WG10). Los resultados de muchas de estas actividades se presentan en el Congreso IM2010 "Individual Monitoring of Ionizing radiation" en Atenas, del 8-12 de marzo del 2010, y en el Workshop del final del Proyecto ORAMED, que se celebrará en Barcelona en enero de 2011.

Durante la Reunión Anual de EURADOS en Roma, el 3 de febrero se celebró la jornada de seminarios o *Winter School* en relación al tema "Radiological Emergencies – Internal Exposures", en la que el Comité Organizador formaba parte del Comité Científico. Se presentaron los escenarios posibles en los que deben considerarse las exposiciones internas en situaciones

de emergencia, las nuevas recomendaciones recién publicadas por ICRP, para la aplicación de ICRP103 en dicho entorno, los resultados del Proyecto EURANOS de la Comisión Europea, las técnicas de medida y metodología para la estimación de dosis por exposición interna en situaciones de accidente, la experiencia del BFS (organismo regulador alemán) en el caso de la contaminación por incorporación de Po-210, en Hamburgo (incidente asociado al caso Litvinenko), y la interesantísima presentación de un representante del ejército griego responsable de la seguridad durante la organización de los juegos olímpicos en Atenas, que nos ilustró en cómo gestionar una situación de emergencia en la que hay un grupo numeroso de personas afectadas por liberación malintencionada de sustancias tóxicas de origen radiológico, químico o biológico.

Finalmente los días 4 y 5 de febrero los participantes del AM2010 se trasladaron al INFN en Frascati para asistir al Workshop "Accelerator radiation protection and shielding".

M^a Antonia López Ponte
Ciemat

Aprobada por los Expertos la nueva Norma de Protección Radiológica Europea

En dos reuniones sucesivas, más largas de lo habitual, el Grupo de Expertos asesor de la Comisión Europea en Protección Radiológica (aplicación del Art 31-Tratado EURATOM) aprobó a finales de febrero el texto de la nueva Directiva de Protección Radiológica después de un largo proceso de unos tres años de trabajo.

La nueva revisión ha refundido en una sola, las cinco directivas anteriores que existían sobre el tema a saber:

- Normas básicas (Directiva 96/29)
- Aplicación en medicina (Directiva 97/43)
- Información al público (Directiva 89/618)
- Trabajadores externos (Directiva 90/641)
- Fuentes de radiación (HASS) (Directiva 96/29)

Por otra parte se incorpora también a la directiva la protección con respecto al radón sobre la cual existía anteriormente una Recomendación (90/143).

Se puede hacer notar que se han incluido como novedades:

- Aspectos específicos de industrias NORM integrados totalmente en el sistema de protección (en las normas existentes se incluían en un título propio).
- Una revisión importante de la protección en las aplicaciones médicas incluso ampliando lo que se establecía en la actual directiva sobre el tema.
- Unos aspectos específicos para la obtención de imágenes por motivos no médicos.
- Nuevos requerimientos con respecto al radón en viviendas y lugares de trabajo.
- Nuevos requerimientos para materiales de construcción de viviendas.
- Por primera vez se incorpora un título sobre "Protección del Medio Ambiente" ampliando el sistema que se centraba exclusivamente en las personas.

La directiva propuesta incluye diez títulos con más de 100 artículos y 16 anexos con explicaciones más detalladas.

- Si bien el Grupo de Expertos ha finalizado su labor, las normas deben considerarse todavía como un borrador ya que deben pasar por otras instancias de la Unión Europea antes de su aprobación final.

David Cancio
Miembro del Grupo de Expertos

Individual Monitoring of Ionizing Radiation (IM 2010)

- Continuando con la secuencia de estas conferencias europeas que tienen lugar cada cinco años organizadas por EURADOS, se celebró en Atenas (Grecia), en los días del 8 al 12 de marzo el correspondiente al año 2010 (IM 2010). Esta conferencia ha sido llevada a cabo por la Comisión de Energía Atómica Griega contando con el patrocinio del OIEA y de la Unión Europea.

- Teniendo en cuenta que este tipo de reuniones en el área de la dosimetría individual es muy esperada por todos los especialistas en el tema, ha abandonado el ámbito estrictamente europeo para convertirse en una conferencia internacional.

- Contó con la presencia de un elevado número de países tan distantes como India, Irán, Argentina, Brasil y países de África entre los que hacían un total de más de 350 congresistas. La participación española fue elevada, asistiendo especialistas de diversas áreas de actividad, desde el organismo regulador, universidades, centros de investigación y de formación, centrales nucleares, y servicios de dosimetría.

- El congreso se configuró en las siguientes grandes áreas temáticas:

- Normativa y reglamentación
- Dosimetría de la exposición externa
- Dosimetría de la exposición interna
- Dosimetría en exposiciones médicas
- Dosimetría en emergencias
- Formación y entrenamiento
- Vigilancia del ambiente de trabajo

- A modo de resumen del congreso se pueden recoger una serie de conclusiones como son:

- La revisión de las BSS (*Basic Safety Standards*) del OIEA y de la Directiva Europea sobre la Protección Radiológica avanza a un ritmo acelerado. Se está discutiendo sobre borradores ya muy elaborados. Aunque no se indicaron fechas de finalización, se cree que en dos o tres años estarán terminadas. Preocupa en las BSS la forma en las que están redactados algunos de los requerimientos (shall).

- En dosimetría externa se constató las dificultades existentes en conseguir un único sistema de dosimetría que sirva tanto para la dosimetría pasiva oficial como dosimetría operacional. Hoy por hoy, ese objetivo de algunos usuarios está lejos de convertirse en una realidad. Nuevas tecnologías emergen en competencia con métodos muy afianzados como la dosimetría termoluminiscente. Sigue siendo un reto importante el conseguir una dosimetría fiable para las exposiciones pulsantes en radiología intervencionista.

- En exposición interna se avanzaron los mismos modelos metabólicos que esta desarrollando ICRP (Ej. el del cesio) y la revisión de algunos de los parámetros fisiológicos del modelo



Participantes en la IM2010.

pulmonar, el uso generalizado de los maniqués Voxel y se avanzó, por parte de ICRP, sobre una o varias publicaciones OIR (*Occupational Intakes of Radionuclides*) que revisará las publicaciones, 30, 54, 68 y 78 reflejando nuevos coeficientes de dosis y datos metabólicos; la información se distribuirá en un CD-ROM. Sigue preocupando el incremento de la complejidad de los modelos metabólicos de ICRP, cuando su reflejo en los coeficientes de dosis apenas es perceptible.

Sigue siendo una tarea fundamental la formación continua y el entrenamiento de los expertos y las personas que se dedican a esta disciplina. A este respecto, la participación en estas reuniones sirve para intercambiar experiencias y permite estar al día de los nuevos avances llevados a cabo en este campo.

Para afianzar los sistemas de calidad la acreditación de los servicios de dosimetría es una tarea fundamental y para poner a prueba todo el sistema, la participación en los ejercicios de intercomparación se consideran muy necesaria.

Está tomando cada vez más importancia la dosimetría computacional. El uso de códigos de cálculo numérico se está empleando cada vez más en calibraciones y en la simulación de experimentos.

El congreso ha sido un modelo de organización destacando la forma en que se ha manteniendo los tiempos de las presentaciones de forma precisa, el sistema de los almuerzos con utilización de bufets ha permitido rapidez entre los asistentes.

Comité de redacción

Programa actual de actividades del Comité 4 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP)

Entre los días 7 y 12 de noviembre de 2009 tuvo lugar en Oporto (Portugal) la reunión bienal conjunta de la Comisión Principal (MC) y de los cinco comités estables de la ICRP.

En lo que corresponde al Comité 4, en esta reunión se produjo la renovación de su composición, tal y como se había aprobado a mediados del año 2009. Su composición actual es la siguiente:

Miembros

Jacques Lochard (Presidente), Wolfgang Weiss (Vicepresidente), Jean-François Lecomte (Secretario), Peter Burns, Pedro Carboneras, Donald Cool, Michiaki Kai, Hua Liu, Senlin Liu, Sigurdur Magnusson, Gustavo Massera, Ann Mc Garry, Sergey Shinkarev, Jane Simmonds, Alex Tsela, Werner Zeller y Khammar Mrabit.

Observadores

Malcolm Crick-UNSCEAR, Renate Czarninski-IAEA, Augustin Janssens-EC, Edward lazo-NEA/CRPPH, Ferid Shannoun-WHO, Kenneth Kase-IRPA, Shengli Niu-ILO, Alain Rannou-ISO y Miroslav Voitchev-IEC.

Como recordatorio general, el Comité 4 tiene dos tareas básicas:

- Desarrollar guías para la aplicación de las recomendaciones de la ICRP.
- Servir como "punto de contacto" con las diversas organizaciones internacionales relevantes en la materia.
- Tras la reunión de Oporto, el programa actual de trabajo del Comité 4 es el siguiente:
 - Se consolida la creación de un "Grupo de Tarea" (TG en la denominación de ICRP) sobre el tema de NORM (*Naturally Occurring Radioactive Materials*), para preparar un documento con una primera parte que describa su alcance y la forma en que el sistema general de protección radiológica de la publicación ICRP-103 se aplica en este caso particular, y una segunda con guías prácticas para su aplicación en ciertos sectores de actividad (petróleo, gas, carbón, tierras raras, fosfatos, etc.). Ciertamente, habrá que considerar los aspectos de la protección del medio ambiente y, por supuesto, prestar una atención particular a los temas de "exemption" y de "clearance". La publicación se espera en 2011.
 - Se constituye otro "Grupo de Tareas" (TG) relativo al radón, compuesto por personas con la mayor experiencia posible en el tema. Se trata de producir un documento que aclare la aplicación del sistema de la publicación 103, a la luz de la información científica más actual y teniendo en cuenta la declaración que la Comisión Principal de ICRP (MC) acaba de hacer sobre el tema, en la que se modifican apreciablemente los valores de los factores de riesgo que ICRP recomendaba. Se considerará también el torón. Un elemento clave a considerar será cuándo la situación de exposición a radón o torón deben ser tratadas como "existentes". Se desearía disponer de una publicación en 2011.
 - Se constituye también otro "Grupo de Tarea" (TG) para revisar las recomendaciones de la publicación 81 sobre la aplicación del sistema de ICRP a la disposición final de los residuos radiactivos, teniendo en cuenta las publicaciones 77, 81, 82 y 103 y también las insistentes solicitudes de varios países y de la NEA-OECD sobre este punto. El documento se focalizará en los residuos radiactivos de vida larga y, en general, en el almacenamiento geológico profundo. Pero habrá que considerar los demás tipos de residuos y las distintas opciones de almacenamiento final. La publicación se desearía en 2011.

– Se ha planeado la constitución futura de un nuevo “Grupo de Tarea” (TG), relativo a la aplicación del sistema de ICRP a las tripulaciones aéreas. La Comisión Principal desearía una publicación en 2012.

– Igualmente, se acordó la constitución de los siguientes “Grupos de Trabajo” (WP en la denominación de ICRP), que como ya se debe conocer, tienen la misión de estudiar en profundidad un tema, con vistas a decidir si hace o no falta que ICRP emita recomendaciones o clarificaciones adicionales sobre su posición actual al respecto:

– WP sobre “dosis ocupacionales”, básicamente para confirmar si son claras y completas las recomendaciones existentes de ICRP para esta categoría de exposición en las situaciones de exposición que se define en la publicación 103.

– WP sobre el concepto del “riesgo radiológico”, como parte esencial del sistema de protección radiológica. El objetivo original de este WP se refería al concepto de la “tolerabilidad del riesgo”, pero la Comisión Principal decidió darle un enfoque más amplio, para contemplar cómo el concepto del “riesgo radiológico” se incorpora al proceso de toma de decisiones en materia de protección radiológica.

– WP sobre los “cribados de personas por razones de seguridad” (*security screening*). Este tema viene arrastrado de trabajos anteriores del Comité 4 con otros comités, referentes a las exposiciones que se producen por aplicación de técnicas de uso habitual en medicina, pero fuera de las “exposiciones médicas” (por razones legales, de seguridad de la sociedad u otras diversas).

La Comisión Principal desea disponer de un documento en 2012, para poder expresar con claridad su posición ante las severas presiones a nivel mundial para incrementar el uso de este tipo de técnicas y procedimientos. De hecho, tanto el OIEA como otras organizaciones internacionales, tienen también necesidad de tomar posición cuanto antes.

– Más allá de las decisiones concretas sobre la constitución de TG o de WP que se han indicado, en la reunión de Oporto se acordaron otras dos acciones de interés relevante, como se indica:

- Por una parte, se examinaron de forma genérica todas las publicaciones de este comité en el pasado y se decidió un plan concreto de revisión de las mismas por parte de los miembros del comité, para comprobar si se adecuaban suficientemente al contenido de la publicación 103, o bien necesitaban de aclaraciones o, eventualmente, de una revisión formal. El resultado de este trabajo se publicará, presumiblemente, y se espera que sea de gran utilidad para toda la familia de la protección radiológica.

Como parte de esta tarea, se examinaron la posible existencia de algunas contradicciones entre el contenido de las publicaciones 96 y 103, en lo referente a los “trabajadores en caso de emergencia” (*emergency workers*).

- Por otra parte, se decidió acometer una tarea urgente, conjunta con el Comité 5 (Protección del Medio Ambiente), para definir el mecanismo más adecuado para

lograr una integración plena de los marcos de actuación definidos por ICRP para la protección del hombre y del medio ambiente, considerando las publicaciones 91 y 103, y los componentes para la aplicación del mismo que está desarrollando el Comité 5 (publicación 108 y resto de tareas en curso de dicho comité).

En base a esta decisión, a principios de febrero de 2010 tuvo lugar en París una reunión conjunta de un pequeño grupo de miembros de ambos comités, en el que se debatió el tema y se clarificó de forma suficiente la orientación y el alcance del trabajo a desarrollar por un nuevo “Grupo de Tarea” (TG) conjunto de ambos comités, que será propuesto a la Comisión Principal de forma inmediata. El trabajo de este TG podría ultimarse en 2012, con la probabilidad de que sea analizado a nivel internacional con motivo de la Conferencia de Ottawa de 2011 y el Congreso IRPA-13, en Glasgow, de 2012.

De forma personal, el miembro español de este Comité 4, estará implicado muy directamente en las actividades de los tres TG mencionados (NORM, residuos, y medio ambiente).

Pedro Carboneras. Miembro del Comité 4

Polémica serie de artículos en el *New York Times* sobre errores recientes en diagnóstico y tratamiento con radiaciones ionizantes

Respuesta del presidente de la ASTRO.

Declaración de la AAPM.

Audiencia en el Congreso de EEUU

El pasado día 24 de enero el prestigioso periódico americano *New York Times* publicó el primer reportaje de una serie titulada “El auge de la radiación”. Este era el primero de una serie de artículos que bajo ese título examinarían el tema del incremento del uso de la radiación en medicina y las nuevas tecnologías que esto implica. Este primer artículo se tituló: “La radiación ofrece nuevas curaciones, y nuevas maneras de hacer daño”. El día 27 de enero se publicó un segundo artículo titulado: “Mientras la tecnología avanza, las salvaguardias contra la radiación retroceden”.

El primero de ellos es un artículo de unas ocho páginas sobre accidentes ocurridos en los últimos ocho años en el estado de Nueva York, en el ámbito de la radioterapia. En el segundo, de unas seis páginas, se incluyen también casos ocurridos en otros estados así como problemas en el uso de equipamiento de diagnóstico.

Los datos vertidos en estos artículos han generado bastante polémica. En el primer artículo nos cuentan que, aunque el estado de Nueva York es uno de los que tiene un sistema regulador de equipamiento médico radiactivo más severo, existen muchos errores con la radiación que no han sido denunciados. Se han analizado 621 casos denunciados al estado entre enero de 2001 y enero de 2009. En cada caso, había varios factores implicados. De los 621 errores con la radiación, en el 46% la radiación perdió todo o parte del blanco

previsto, en el 41% la dosis fue dada de manera errónea, en el 8% los pacientes fueron tratados con el tratamiento de otra persona y un 5%, por otros motivos. En total se identifican 1264 causas de error. De ellas, 355 fueron fallos en el control de calidad, 255 fueron fallos debidos a cálculos erróneos o datos mal introducidos por el personal, 174 de pérdida de identificación del paciente o de la localización del tratamiento, 133 de mal uso de bloques, cuñas o colimadores, 96 fallos en la posición del paciente, 77 fallos en el plan de tratamiento, 60 de mal funcionamiento del hardware, 52 por mal proceder del personal, 24 debido al mal funcionamiento del ordenador, del software o de la transferencia de la información digital, 19 de invalidación de los datos del ordenador por el personal, 14 de pérdidas de comunicación y ocho que no están claros. Se afirma en el artículo que las fuentes fundamentales de errores son la excesiva confianza del personal en los sistemas médicos informáticos, y los fallos en el seguimiento de los procesos de control de calidad.

En el segundo artículo, se siguen dando datos sobre fallos en tratamientos o técnicas diagnósticas, argumentando que no existe una buena regulación a nivel nacional que asegure que las técnicas se estén realizando con garantías suficientes. Nos cuenta, entre otras cosas, que existen técnicas complejas como IMRT que necesitan, no sólo máquinas más modernas, si no también más personal, mejor formado y más tiempo para los controles de calidad y, esto, no es tenido en cuenta. También incluye el caso de más de 300 pacientes radiados con una dosis superior a ocho veces la prevista por un CT usado para detectar derrames cerebrales. El fallo se produjo durante 18 meses y sólo fue detectado cuando los pacientes comenzaron a perder el pelo.

Ante la polémica generada por el primer artículo, el doctor Tim R. Willians, como presidente de la ASTRO (*American Society for Radiation Oncology*), escribió una carta el 25 de enero en respuesta a este artículo, donde decía que aunque no hay ningún error médico aceptable y aunque lamentaba el sufrimiento de los pacientes y familiares, en el artículo los números divulgados eran excepcionalmente engañosos. Según él, el artículo cita 621 errores de la radiación. Durante ese tiempo, el estima que trataron a medio millón de neoyorquinos, realizando 13,6 millones de sesiones de radioterapia, dando lugar a una incidencia de error de 0,0046%, y que los lectores del *New York Times* deberían de verlo en ese contexto. Continúa diciendo que incluso un error es demasiado y por ello

- la ASTRO trabaja continuamente en fortalecer la seguridad en la oncología, proporcionando las herramientas para el control de calidad, o cursos prácticos para las técnicas sofisticadas como la IMRT, ...

- El comunicado termina afirmando que todos los tratamientos poseen riesgos, y que los pacientes deberían de discutirlos con su médico. Así, la radioterapia es una herramienta no diferente al bisturí en manos de un cirujano y que sólo debería de ser usado por aquellos profesionales con la formación adecuada.

- La Asociación Americana de Físicos Médicos (AAPM) también ha publicado un comunicado detallando su pesar por la gravedad de los hechos relatados, pero insisten en que su labor es velar por reducir las probabilidades de que esos hechos se repitan. También hace hincapié en recordar que las consecuencias divulgadas en estos artículos ocurren excepcionalmente, aunque convienen en que nunca deberían ocurrir. Explican también que el equipo médico en radioterapia incluye a oncólogos, físicos médicos, dosimetristas, terapeutas y enfermeras, y que todos trabajan cooperativamente para proporcionar el cuidado óptimo del paciente. También explican cual es la labor de los físicos médicos, así como su formación. El resto del artículo divulga los factores que intervienen para llevar a cabo el complejo proceso de la Radioterapia.

- Por último, el Congreso de los Estados Unidos, convocó el 26 de febrero a una vista a los miembros de las siguientes asociaciones: *American Association of Physicists in Medicine* (AAPM), *American Society for Radiation Oncology* (ASTRO), *American College of Radiology* (ACR), *American Society of Radiologic Technologists* (ASRT), *Medical Imaging and Technology Alliance* (MITA), para escuchar así los argumentos de los distintos grupos y creó un subcomité gubernamental que será el encargado de recoger información sobre "Radicaciones Médicas: Una visión de los problemas".

- Se puede encontrar la información completa sobre esta noticia en los siguientes enlaces:

- www.nytimes.com/2010/01/24/health/24radiation.html

- www.nytimes.com/2010/01/27/us/27radiation.html

- <http://cs.astro.org/blogs/astronews/pages/web-exclusive-letter-to-the-new-york-times-january-25-2010.aspx>

- <http://cs.astro.org/blogs/astronews/pages/web-exclusive-astro-calls-on-congress-to-implement-patient-safety-plans.aspx>

- www.aapm.org/publicgeneral/qualityradiationtherapy.asp

Comité de Redacción

PUBLICACIONES

Publicaciones ICRP

ICRP publication 109: Application of the commission's recommendations for the protection of people in emergency exposure situations. Annals of the ICRP Volume 39 Issue 1.

Esta ICRP trata sobre la aplicación de las recomendaciones de la comisión para la protección de las personas en las situa-

- ciones de exposición de emergencia. Contiene nueve capítulos y tres anexos entre los que se tratan los objetivos de protección en las situaciones de exposición de emergencia, la protección de los trabajadores en los casos de emergencia, la descripción de estas situaciones y las posibles soluciones aplicables.

- ISBN-13: 978-0-7020-4098-6.

- www.elsevier.com/wps/find/bookdescription.cws_home/722244/description#description

Comité de Redacción

ICRP publication 112: Preventing accidental exposures from new external beam radiation therapy technologies

Las lecciones aprendidas tras las exposiciones accidentales, son un recurso inestimable para revelar aspectos vulnerables de las prácticas en radioterapia y sirven de guía para la prevención de futuros accidentes. Estas lecciones se han aplicado para evitar eventos indeseables con las tecnologías convencionales. Las nuevas tecnologías traen una mejora sustancial en los procedimientos para la terapia con radiación con un aumento considerable de la complejidad que, a su vez, aporta nuevas oportunidades para que aparezcan nuevos tipos de errores humanos y problemas con el equipamiento.

Se espera que este informe sea un valioso recurso para radioterapeutas, administradores de hospital, físicos médicos, tecnólogos, dosimetristas, reguladores.... Mientras el informe se aplica específicamente a las nuevas terapias de haces externos, los principios generales para la prevención son aplicables a las demás prácticas de la radioterapia donde los errores podrían dar lugar a consecuencias serias para el paciente.

Esta ICRP está formada por seis capítulos y un anexo.

ISBN-13: 978-0-7020-4405-2

www.elsevier.com/wps/find/bookdescription.cws_home/722977/description#description

Comité de Redacción

Publicaciones NCRP

NCRP Report No. 161. Management of Persons Contaminated With Radionuclides: Handbook

Esta NCRP proporciona una guía para el manejo de personas contaminadas con radionuclidos. Trata situaciones desde donde las personas implicadas han recibido una pequeña contaminación trabajando en laboratorios de investigación, en el ámbito médico o en industria hasta aquéllas donde se contaminan grandes cantidades de las personas como resultado de las descargas accidentales o deliberadas de grandes cantidades de radionuclidos. El informe se dirige a las personas que proporcionarían el cuidado médico de los contaminados y a aquéllos que realizarían las funciones de protección frente a la radiación. Este informe es una actualización y expansión de NCRP Report No. 65, *Management of Persons Accidentally Contaminated with Radionuclides*.

ISBN-13: 978-0-929600-99-4

www.ncrppublications.org/Reports/161

NCRP Report No. 162 - Self Assessment of Radiation-Safety Programs

El objetivo de este report es proporcionar la base para la realización de las evaluaciones de los programas de seguridad

- radiológica. El proceso de autovaloración es importante para todas las instituciones donde se manipulan materiales radiactivos o que usan generadores de radiación. Estas instituciones van desde un colegio que usa pequeñas fuentes radiactivas en el departamento de física a una central nuclear. El grado y el rigor del programa de autovaloración estarán adaptados al tamaño y a la complejidad de la institución.

ISBN 978-0-9823843-0-5

<http://www.ncrppublications.org/Reports/162>



Comité de Redacción

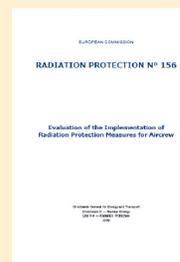
Publicaciones Comisión Europea

RADIATION PROTECTION n° 156: Evaluation of the Implementation of Radiation Protection Measures for Aircrew

El artículo 42 de la directiva 96/29/ Euratom trata sobre la protección frente a la radiación de las tripulaciones de avión. Los estados miembros de la Unión Europea han transpuesto la citada directiva a las legislaciones nacionales y los detalles de la puesta en práctica de la directiva varían enormemente entre estados miembros. Sin embargo, como la aviación es un negocio internacional, sería deseable que la protección frente a la radiación fuera regulada de un modo similar en al menos todos los estados miembros de la Unión Europea.

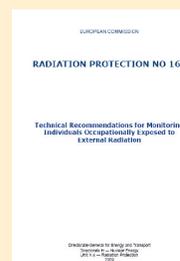
Este estudio proporciona una descripción del estado de la puesta en práctica de Artículo 42 de la directiva. Se recoge la información actualizada de las autoridades de aviación civiles, autoridades de protección frente a la radiación y operadores de avión así como de la legislación existente en todos los estados miembros de la Unión Europea.

http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/publication/156.pdf



RADIATION PROTECTION n° 160: Technical Recommendations for Monitoring Individuals Occupationally Exposed to External Radiation

El propósito de este documento es proporcionar una guía de recomendaciones técnicas orientadas a la monitorización y control de la radiación recibida por los trabajadores expuestos en el ámbito de la Unión Europea buscando la armonización entre los estados miembros. Se considera que el texto será útil para los fabricantes, los servicios dosimétricos y para las autoridades



reguladoras nacionales que intentan armonizar los procedimientos. Destacan los capítulos dedicados a los conceptos de dosimetría, las cantidades de protección y las operacionales, la determinación de dichas cantidades, los procedimientos de monitorización individual, la valoración de incertidumbres, los requisitos para una valoración exacta de las dosis, la calibración y las pruebas de test, los criterios para la aprobación de los servicios dosimétricos, los informes de dosis y los sistemas de gestión de la información.

http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/publication/160.pdf

Comité de Redacción

Publicaciones IAEA

Decommissioning of Facilities Using Radioactive Material Safety Requirements - Spanish Edition (Clausura de instalaciones que utilizan material radiactivo)

IAEA Requisitos de seguridad nº WSR-5.

El objetivo de la presente publicación es establecer los requisitos de seguridad básicos que deben cumplirse durante la planificación y ejecución de la clausura por el cese de las prácticas y la liberación de las instalaciones del control reglamentario. En esta publicación se abordan todas las fases de la clausura y se establecen asimismo los requisitos para el período posterior a la parada permanente prevista de una instalación al final de su vida útil. Sin embargo, la mayoría de las disposiciones que figuran en esta norma de seguridad se pueden aplicar también a la clausura después de un suceso anormal que haya ocasionado daños graves en un edificio o la contaminación de ese edificio, o sencillamente después de una parada prematura. La presente publicación se aplica a todos los tipos de instalación, a saber, las centrales nucleares, los reactores de investigación, las instalaciones del ciclo del combustible, las plantas de fabricación, las instalaciones médicas, los laboratorios universitarios y de investigación, y otras instalaciones de investigación. No se aplica a las colas de tratamiento, a los emplazamientos de disposición final de desechos ni a los repositorios de desechos.

ISBN 978-92-0-300110-6

www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1274s_web.pdf

Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos, Edición de 2009

IAEA Colección de normas de seguridad nº TS-R-1.

El objetivo del presente reglamento es establecer requisitos que deben satisfacerse para garantizar la seguridad y proteger a las personas, los bienes y el medio ambiente de los efectos de las radiaciones en el transporte de materiales radiactivos. Esta protección se logra aplicando los siguientes requisitos: la

- contención del contenido radiactivo; el control de los niveles de radiación externa; la prevención de la criticidad; y la prevención de los daños ocasionados por el calor.
- Estos requisitos se satisfacen, en primer lugar, aplicando un enfoque graduado a los límites de contenido de los bultos y medios de transporte y a las normas funcionales relativas a los diseños de bultos en función del riesgo asociado con el contenido radiactivo. En segundo lugar, se satisfacen estableciendo requisitos relativos al diseño y utilización de los bultos y al mantenimiento de los embalajes, incluida la consideración de la índole del contenido radiactivo. Por último, se satisfacen aplicando controles administrativos, incluida, cuando proceda, la aprobación de las autoridades competentes. El presente reglamento se aplica a todas las modalidades de transporte por vía terrestre, acuática o aérea de materiales radiactivos, incluido el transporte incidentalmente asociado al uso de materiales radiactivos. El transporte abarca todas las operaciones y condiciones relacionadas con el traslado de materiales radiactivos e inherentes al mismo, tales como el diseño, la fabricación, el mantenimiento y la reparación de embalajes, y la preparación, expedición, carga, acarreo, incluido el almacenamiento en tránsito, descarga y recepción en el destino final de cargas de materiales radiactivos y bultos.

ISBN 978-92-0-312209-2

www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1384s_web.pdf

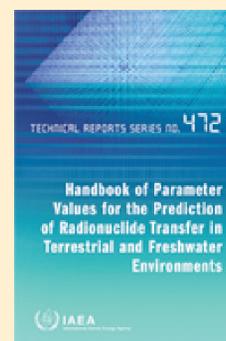
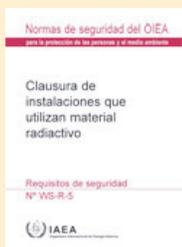
Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments

IAEA Technical Reports Series nº. 472.

- Esta publicación contiene los datos necesarios para realizar valoraciones de descargas rutinarias de radionucleidos a los ambientes terrestres y a los sistemas de agua dulce. Algunos de los datos también pueden ser útiles para evaluar los impactos de descargas accidentales y descargas futuras. Los datos recogidos aquí se refieren fundamentalmente al traslado e incorporación de los radionucleidos a través de las cadenas alimenticias en los seres humanos. Los datos se relacionan principalmente a las condiciones de equilibrio - es decir, condiciones en dónde se ha establecido el equilibrio entre los movimientos de radionucleidos dentro y fuera de los diferentes compartimientos del ambiente.

ISBN 978-92-0-113009-9,

www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/trs472_web.pdf



Comité de Redacción



Nos mueve el compromiso con el desarrollo sostenible

Desde 1972, en Enusa Industrias Avanzadas desarrollamos un trabajo eficaz en el panorama energético de nuestro país.

Además apostamos por nuestro capital humano y nuestro entorno, colaborando en el crecimiento económico, social y cultural de las comunidades donde operamos.

Porque nuestro objetivo es contribuir a un futuro mejor para todos.

 **ENUSA**
INDUSTRIAS AVANZADAS, S.A.

Avanzamos con Energía

www.enusa.es