Artículos de Revisión

Protección radiológica en cardiología intervencionista pediátrica. Avances y desafíos para Chile.

Carlos Ubeda^{1a}, Patricia Miranda², Eliseo Vaño^{3b} y Diego Nocetti^{1c}

¹ Departamento de Tecnología Médica, Centro de Estudios en Ciencias Radiológicas (CECRAD), laboratorio de Docimetría Personal (LABODOP), Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Tarapacá.

² Departamento de Hemodinamia, Servicio Cardiovascular, Hospital Luis Calvo Mackenna.

³ Departamento de Radiología, Universidad Complutense de Madrid e Instituto de Investigación Sanitaria del Hospital Clínico San Carlos (IdISSC).

^a Tecnólogo Médico de Radiología con mención en Imagenología Física Médica. Magister en Biofísica Médica. Doctor en Ciencias Radiológicas

^b Licenciado en Física. Doctor en Ciencias Físicas. Especialista en Radiofísica hospitalaria.

^c Tecnólogo Médica con mención en Imagenología y radioterapia. Licenciado en Física Médica.

Recibido 24 de junio de 2013 / Aceptado 11 de octubre 2013

Rev Chil Cardiol 2013; 32: 223 - 229

El objetivo de este artículo es mostrar los principales resultados alcanzados en Chile durante los últimos 5 años en procedimientos de cardiología intervencionista (CI) pediátrica y discutir acciones futuras para mejorar la seguridad radiológica en esta práctica médica.

Todos los sistemas de rayos X usados en procedimientos de CI pediátrica en Chile han sido caracterizados en términos de dosis y calidad de imagen. En conjunto con esto, se han medido las tasas de dosis de radiación dispersa a la posición de los ojos y tobillos de los médicos cardiólogos. En mayo de 2010, se celebró en Santiago de Chile, un taller organizado por la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) que fue el punto de partida para un programa piloto sobre dosimetría de pacientes y personal médico para América Latina y el

Caribe, con participantes de 11 países. En forma paralela, se realizó un curso piloto de formación en Protección Radiológica. Los primeros valores de dosis a pacientes pediátricos reportados en el marco del programa piloto realizado por la IAEA en América Latina y el Caribe, incluyó 70 procedimientos de Chile que posteriormente, fueron ampliados a una muestra de 544 procedimientos.

Para mantener y mejorar las prácticas aprendidas, pensamos que el primer y fundamental paso que se podría dar en Chile, sería revisar y actualizar la legislación que regula el uso de radiaciones ionizantes, donde se incorpore la implementación de programas de Garantía de Calidad y una formación en Protección Radiológica diferenciada de acuerdo a las necesidades del personal médico.

Correspondencia:

Carlos Ubeda

Departamento de Tecnología Médica, Centro de Estudios en Ciencias Radiológicas, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Tarapacá

56.58.205144 and fax +56.58.205705

cubeda@uta.cl.

Radiation protection in pediatric interventional cardiology. Current status and challenges in Chile

Further actions to improve radiation safety in this medical practice are discussed. All the X-ray systems used in paediatric IC procedures in Chile have been characterized in terms of dose and image quality. In addition, dose rates of scattered radiation to the position of the eyes and ankles of cardiologists have been measured. In May 2010, in Santiago, Chile, a workshop organized by the International Atomic Energy Agency (IAEA) was the starting point for a pilot program on patient dosimetry and medical personnel for Latin America and the Caribbean, with participants from 11 countries. A pilot training course on Radiological Protection was

given as part of the program. The first dose values reported for paediatric patients under the pilot program conducted by the IAEA in Latin America and the Caribbean included 70 procedures in Chile later extending to a total of 544 procedures.

We think that a fundamental first step to improve IC radiation safety in Chile, would be to revise and update legislation on the use of ionizing radiation, including the implementation of quality assurance programs and training in radiation protection according to those involved in IC procedures

Keywords: Radiological Protection, Interventional Cardiology, Paediatrics.

Introducción:

Según el Comité Científico de las Naciones Unidas sobre el Efecto de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR)¹, las aplicaciones médicas representan actualmente la principal fuente de exposición artificial de la población mundial a las radiaciones ionizantes, en particular los procedimientos de tomografía computarizada y radiología intervencionista. El Consejo Nacional de Protección Radiológica de Estados Unidos (NCRP), ha determinado que la obtención de las imágenes médicas supone casi la mitad de la exposición total a la radiación ionizante en ese país. Así mismo, dentro de los procedimientos intervencionistas, la cardiología intervencionista (CI) representa el mayor porcentaje de la irradiación médica². En general, se sabe que los procedimientos de CI suponen un enorme beneficio clínico pero también un riesgo radiológico significativo para los pacientes, dadas las elevadas dosis de radiación que se pueden recibir en ciertos procedimientos³⁻⁶. En el caso de la pediatría, el incremento en su frecuencia y la alta radiosensibilidad de los pacientes requiere especial atención, ya que estos pacientes tienen

muchos años para manifestar los efectos negativos de las radiaciones ionizantes^{1-7,8}.

Desde la perspectiva laboral, la CI se considera como una práctica médica de alto riesgo radiológico ocupacional, debido a que los médicos y otros profesionales implicados en los procedimientos pueden estar expuestos a elevados niveles de radiación dispersa, generada por el paciente. En el caso de los procedimientos de CI pediátricos, el cardiólogo debe permanecer a corta distancia del paciente y los tiempos de exposición pueden ser muy largos, especialmente los procedimientos intervencionales complejos. Así, el riesgo de efectos dañinos en los ojos (opacidades y cataratas radioinducidas^{3,9}) y en algunas ocasiones en las manos de los cardiólogos, puede ser significativo. Z. Haskal, en 2004, presentó los primeros resultados de cataratas inducidas por radiación en el 8% de entre 59 radiólogos intervencionistas asistentes a una reunión científica en Nueva York⁹. Dos estudios posteriores promovidos por la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) han mostrado una mayor prevalencia de cambios en el cristalino en cardiólogos y personal de enfermería que trabajan en salas de cateterismo

cardíaco sin la adecuada utilización de los dispositivos de protección¹⁰⁻¹¹.

Según los datos de la IAEA para América Latina y el Caribe, los procedimientos de CI pediátricos son realizados por médicos especialistas en cardiología pediátrica, que en algunos casos no tienen un entrenamiento específico en radiología y protección radiológica¹². La IAEA, consciente de esta situación en las regiones de América Latina y el Caribe, ha implementado dos proyectos de cooperación técnica, titulados “Protección radiológica de los pacientes en las exposiciones médicas” (TSA3, RLA/9/057)¹³ y “Garantizar la protección radiológica de los pacientes durante las exposiciones médicas” (TSA3, RLA/9/067)¹⁴. En ambos proyectos, Chile ha liderado el estudio en los campos de la dosimetría y protección radiológica para los pacientes pediátricos y personal médico que participa en los procedimientos de CI, razón por la cual está siendo considerado como un modelo para extender su experiencia a otros países.

El objetivo del presente artículo es mostrar los principales avances logrados en Chile durante los últimos 5 años y presentar nuevas acciones para mejorar la seguridad radiológica en esta importante práctica médica.

Desarrollo

1-. Caracterización de los sistemas de rayos X

Desde el año 2008, se ha venido evaluando en términos de dosis de radiación y calidad de imagen, la totalidad de los sistemas de rayos X (angiógrafos) utilizados en Chile para procedimientos de CI pediátricos y, en particular, el servicio cardiovascular del Hospital Luis Calvo Mackenna. Esta metodología denominada “caracterización”, ha sido desarrollada tomando como referencia los programas de investigación europeos DIMOND y SENTINEL¹⁵ y adaptándolos a nuestro país. Durante la caracterización se han utilizado láminas de polimetil metacrilato, un detector de radiación (Unfors Xi, modelo 8201010-A) y un objeto de prueba (Leeds TOR 18-FG) (Figura 1). Los principales resultados alcanzados en términos de tasas de dosis a la entrada de los pacientes (simulados con polimetil metacrilato) han sido desde $0,15 \mu\text{Gy imagen}^{-1}$ hasta $323,2 \mu\text{Gy imagen}^{-1}$. En cuanto a la calidad de imagen, se evaluó la resolución a bajo y alto contraste y se establecieron parámetros numéricos denominados figuras de mérito que relacionan la dosis de radiación necesaria para lograr cierta calidad de imagen¹⁶⁻¹⁸.

2-. Dosimetría a los operadores (Cardiólogos)

Simultáneamente a las medidas de los parámetros de dosis de radiación y calidad de imagen de los pacientes, también hemos evaluado los niveles de dosis de radiación dispersa a los que son expuestos los cardiólogos durante los procedimientos pediátricos. Para ello, se ha utilizado la misma configuración experimental descrita agregando detectores para cuantificar la dosis de radiación dispersa (Educational Direct Dosimeter (EDD), modelo 8131010-C) en la posición (cristalino y tobillo) y distancia usual del cardiólogo durante su trabajo. Las mediciones siempre fueron realizadas en las condiciones de máximo riesgo radiológico para los operadores, es decir, sin la utilización de los dispositivos de protección (mamparas de plomo suspendidas del techo y cortinas plomadas bajo la mesa). Las dosis reales recibidas por los operadores pueden ser fácilmente estimadas a partir de estos valores, reduciéndolas en un factor entre 10 y 20 dependiendo del uso real que se haga de los dispositivos de protección. Con objeto de estimar las dosis de radiación dispersa que alcanzarían la posición típica del cristalino del médico cardiólogo, el detector fue posicionado a 0,77 m del isocentro y 1,70 m desde el suelo. Los valores de dosis de radiación dispersa fluctuaron entre $21-210 \mu\text{Sv}$ por procedimiento; además, se concluyó que cuando se incrementa el espesor del polimetil metacrilato de 4 a 20 cm, el nivel de radiación dispersa aumenta en un factor 30. Otro elemento de gran importancia, fue la relación experimental encontrada entre la dosis a la entrada del polimetil metacrilato (que simula el paciente) y la dosis de radiación dispersa en la posición del cristalino del cardiólogo, siendo este valor de $1/1000$ ¹⁹. También se evaluó la dosis de radiación dispersa en el tobillo del operador, siempre considerando las condiciones de máximo riesgo radiológico comparándolas con las medidas en el cristalino. Se emplearon dos dosímetros EDD, el primero en la posición del cristalino y el segundo en la posición típica del tobillo del operador (Figura 1). Las tasas de dosis de radiación dispersa medidas fueron de 0,8 hasta $12,9 \text{ mSv h}^{-1}$ en la posición del cristalino y de 1,5 hasta $24,0 \text{ mSv h}^{-1}$ en el tobillo²⁰.

3-. Formación en Protección Radiológica

Durante el mes de mayo del año 2010 se realizó un taller organizado por la IAEA en el Hospital Luis Calvo Mackenna, en Santiago de Chile¹². Esta actividad fue el punto de partida para un programa piloto sobre dosimetría de pacientes y personal médico en cardiología pediátrica,

Figura 1. Esquema de montaje para realizar la caracterización del sistema.

para América Latina y el Caribe. El taller contó con la presencia de cardiólogos pediátricos de 11 países y participaron también enfermeras y tecnólogos médicos de nuestro país. En forma paralela, se realizó un curso piloto de formación en protección radiológica el cual abarcó las siguientes cinco áreas temáticas: (1) Elementos básicos de rayos X y sistema de imagen utilizado en cardiología pediátrica, (2) Efectos biológicos de las radiaciones, (3) Protección de los pacientes, (4) Protección del personal, y (5) Estrategias de optimización. El curso piloto se dividió en clases teóricas, prácticas de laboratorio (demostraciones en la sala de cateterismo en el Hospital Luis Calvo Mackenna) y grupos de discusión. Los cursos fueron desarrollados por físicos médicos con experiencia en sistemas de rayos X dedicados a la CI pediátrica y cardiólogos intervencionistas, incluyendo un cardiólogo pediátrico que promovió y organizó el taller.

Para ayudar a definir el contenido del curso y sus objetivos educativos específicos se tuvieron en cuenta las siguientes referencias y guías: (1) Publicación de la Organización mundial de la salud sobre “Eficacia Seguridad y Radiación en Radiología Intervencionista” y especialmente el capítulo sobre Educación y Formación²¹, (2) Guía de la Comisión Europea 116 sobre formación en Protección Radiológica²², (3) ICRP 85 y la publicación ICRP113²³⁻²⁴ y (4) Material de entrenamiento del IAEA sobre cardiología intervencionista²⁵.

El curso se llevó a cabo durante dos días y medio con un total de diecisiete horas de clase. Las demostraciones prácticas incluyeron las principales consideraciones y variables que determinan la dosis de los pacientes y personal médico tales como: modos de operación, espesores de paciente, proyecciones del arco-C; campos de visión, colimación; distancia tubo de rayos X, etc.

4. Dosimetría a los Pacientes

Los primeros valores de dosis a pacientes pediátricos reportados en el marco de un programa piloto realizado por la IAEA en América Latina y el Caribe, incluyó inicialmente 70 procedimientos de Chile. En él los pacientes fueron categorizados según sus edades en cuatro grupos: <1 año, 1-<5 años, 5-<10 años, 10-<16 años¹². El estudio piloto de dosimetría a pacientes en Chile se continuó durante los siguientes años en el servicio cardiovascular del Hospital Luis Calvo Mackenna, responsable de aproximadamente la mitad de todos los procedimientos CI pediátricos nacionales. Durante el estudio se registraron para cada procedimiento diferentes variables del paciente (Ej. edad, género, peso, etc) y dos magnitudes dosimétricas (producto dosis-área, y la dosis acumulada en el punto de referencia a la entrada del paciente). En este trabajo se categorizó a 544 pacientes pediátricos²⁶. Los principales resultados de ambos trabajos son mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores de las medianas para el producto dosis área.

Grupos etarios (años)	Vaño y col. (2010) ¹² (Gy cm ²)	Ubada y col. (2012) ²⁶ (Gy cm ²)
<1	3,6	0,9
1 - <5	8,8	1,5
5 - <10	15	2,1
10-<15	23	5,0

Discusión

El IAEA busca, a través de sus proyectos de cooperación técnica, la colaboración entre los países con el fin de promover el uso de las diversas técnicas relacionadas con las radiaciones. Una vez concluidos estos proyectos, cada país debe incorporar dentro de su normal funcionamiento, las herramientas que permitan mantener y mejorar las prácticas aprendidas. En este sentido, pensamos que el primer y fundamental paso que se podría dar en Chile, sería revisar y actualizar la legislación que regula el uso de radiaciones ionizantes en el ámbito médico, situación planteada por parte del equipo de investigación ya desde al año 2007²⁷. Los resultados de los trabajos realizados como parte de los proyectos RLA/9/057¹³ y RLA/9/067¹⁴ en el ámbito de la cardiología pediátrica pueden apoyar esta iniciativa de modernización de la normativa vigente^{12,16-20,26,27}. Dentro de las actualizaciones más urgentes,

la implementación de los programas de Garantía de Calidad resulta fundamental¹⁶.

Un primer elemento a considerar dentro de este programa, podría ser la caracterización de los sistemas de rayos X en términos de dosis y calidad de las imágenes. Su realización proporciona un amplio abanico de información útil al personal médico y en particular al cardiólogo intervencionista para utilizar mejor las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías de sus angiográficos, permitiéndole seleccionar los protocolos y modos de operación más adecuados según el tipo de paciente y el propósito del examen. Otros aspectos relevantes dentro de este programa podrían ser la monitorización continuada de las dosis de radiación que reciben tanto los pacientes como el personal médico. Un ejemplo de estos beneficios se ven en la reducción de los valores de dosis a pacientes alcanzados por el hospital Luis Calvo Mackenna, los cuales representan a la fecha los menores valores publicados a nivel mundial²⁶, después de implementar por varios años un programa de Garantía de Calidad (Tabla 1). En cuanto al personal médico, recientemente la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) recomendó como nuevo límite de dosis ocupacional al cristalino el valor de 20 mSv/año²⁸. Esta recomendación ya se está incorporando en las nuevas normativas de protección radiológica de varios países, aunque en muchos de ellos siga todavía vigente el antiguo valor de 150 mSv/año, como es el caso de Estados Unidos². En nuestro país, según el Reglamento N°3 de protección radiológica para instalaciones radiactivas, se establece el valor de 300 mSv/año como límite de dosis ocupacional para el cristalino²⁹.

Por otra parte, sabemos que la protección radiológica al paciente redundará en la protección del personal médico en la sala de cateterismo: por tanto, el uso adecuado de las medidas de protección radiológica resulta vital, pero en ocasiones aun cuando éstas se encuentran disponibles, los

medios de protección son empleados inapropiadamente o no utilizados, lo cual se puede deberse a una deficiente formación en protección radiológica. En este sentido, la Organización Mundial de la Salud y la ICRP han publicado recomendaciones detalladas sobre los diferentes niveles de formación (básico, intermedio o avanzado) en protección radiológica, de acuerdo a las necesidades y tipo de personal (médicos, radiólogos, enfermeras, ingenieros, tecnólogos, etc) que participan en los procedimientos²¹. La ICRP en el año 2000²³ ya propuso realizar un segundo nivel específico de formación en protección radiológica para los médicos intervencionistas adicional al curso básico que la mayoría de los países tienen implantado. En Europa, la directiva de exposiciones médicas promueve un curso de protección radiológica específico para médicos intervencionista de 20 a 30 horas, existiendo adicionalmente un material de entrenamiento multimedia específico en radiología intervencionista, denominado MARTIR^{25,30}. En nuestro país, una formación de este nivel es una tarea pendiente, se requiere una mayor conciencia respecto de los riesgos a los que se expone tanto el personal médico como el paciente y poner en marcha las medidas pertinentes para minimizarlos. Por lo anterior, sería recomendable implementar un curso de protección radiológica específico para los profesionales del área intervencionista.

Agradecimiento:

El presente trabajo se ha llevado a cabo como parte del proyecto de cooperación técnica "Garantizar la protección radiológica de los pacientes durante las exposiciones médicas" (TSA3), RLA/9/067 de la Agencia Internacional de Energía Atómica. Uno de los investigadores (Ubeda C) agradece el apoyo de la Dirección de Investigación de la Universidad de Tarapacá, a través del proyecto de investigación UTA Mayor N° 7720-12.

Referencias:

1. UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON EFFECTS OF ATOMIC RADIATIONS. Source and effects of ionizing radiation. New York: United Nations. UNSCEAR 2008.
2. NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States. NCRP Report No. 160-2009.
3. VANO E, ARRANZ L, SASTRE JM, MORO C, LEDO A, GARATE MT AND MINGUEZ I. Dosimetric and radiation protection considerations based on some cases of patient skin injuries in interventional cardiology. *Br J Radiol* 1998; 71: 510-516.
4. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Avoidance of serious x-ray-induced skin injuries to patients during fluoroscopically-guided procedures. Statement 9 Sept. Rockville, MD, USA. FDA 1994.
5. FLETCHER DW, MILLER DL, BALTER S AND TAYLOR MA. Comparison of four techniques to estimate radiation dose to skin during angiographic and interventional radiology procedures. *J Vasc Interv Radiol* 2002; 13: 391-397.
6. EUROPEAN COMMUNITY. Council Directive 97/43Euratom of 30 June on health protection of individuals against the dangers of ionizing radiation in relation to medical exposure, and repealing Directive 84/466/Euratom. *Off J Eur Commun L* 1997; 180: 22-27.
7. BACHER K, BOGAERT E, LAPERE R, DE WOLF D AND THIENS H. Patient-specific dose and radiation risk estimation in pediatric cardiac catheterization. *Circ* 2005;111: 83-9.
8. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. The Recommendations of the International Commission on Radiological Protection ICRP Publication 103. *Ann ICRP* 2007; 37: 1-332.
9. HASKAL ZJ. Interventional radiology carries occupational risk for cataracts. *RSNA News* 2004; 14:5-6. Disponible en: <http://www.barrieronline.com/info/RSNAreprint.pdf> (consultado el 20 de Junio del 2013).
10. VANO E, KLEIMAN, NJ., DURAN, A, REHANI MM, ECHEVERRI D AND CABRERA M. Radiation cataract risk in interventional Cardiology personnel. *Radiat Res* 2010; 174: 490-495.
11. CIRAJ-BJELAC O, REHANI MM, SIM KH, LIEW HB, VANO E, KLEIMANN J. Risk for radiation induced cataract for 643 staff in interventional cardiology: Is there reason for concern? *Catheter Cardiovasc Interv* 2010; 76: 826-834.
12. VANO E, UBEDA C, MIRANDA P, LEYTON F, DURÁN A, NADER A. Radiation protection in pediatric interventional cardiology: An IAEA PILOT program in Latin America. *Health Phys* 2011; 101: 233-7
13. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Ann IAEA 2007. Disponible en: <http://www.iaea.org/Publications/Reports/Anrep2007/index.html> (consultado el 20 de Junio del 2013).
14. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Ann IAEA 2009. Disponible en: <http://tc.iaea.org/tcweb/regional/sites/latinamerica/lists/regionalprojects/> (consultado el 20 de Junio del 2013).
15. MEASURES FOR OPTIMISING RADIOLOGICAL INFORMATION AND DOSE IN DIGITAL IMAGING AND INTERVENTIONAL RADIOLOGY (DIMOND). European Commission. Fifth Framework Programme. Programme Acronym: FP5-EAECTP C. Project Reference: FIGM-2000-00061. Project Acronym: DIMOND III. 1998-2002. Disponible en: ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp5-euratom/docs/fp5-euratom_dimondiii_project_en.pdf (consultado el 20 de Junio del 2013).
16. VANO E, UBEDA C, LEYTON F AND MIRANDA P. Radiation dose and image quality for paediatric interventional cardiology. *Phys Med Biol* 2008; 53: 4049-4062.
17. VANO E, UBEDA C, MARTINEZ LC, LEYTON F, MIRANDA P. Paediatric interventional cardiology: flat

- detector versus image intensifier using a test object. *Phys Med Biol* 2010; 55: 7287-7297.
18. UBEDA C, VANO E, MIRANDA P, LEYTON F, MARTINEZ LC AND OYARZUN C. Radiation dose and image quality for paediatric interventional cardiology systems. A national survey in Chile. *Radiat Prot Dosim* 2011; 147: 429-438.
19. VANO E, UBEDA C, LEYTON L, MIRANDA P AND GONZALEZ L. Staff radiation doses in interventional cardiology: correlation with patient exposure. *Pediatr Cardiol* 2009; 30: 409-13.
20. UBEDA C, VANO E, GONZALEZ L, MIRANDA P, VALENZUELA E, LEYTON F AND OYARZUN C. Scatter and staff dose levels in paediatric interventional cardiology. A multicentre study. *Radiat Prot Dosim* 2010; 140: 67-74.
21. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Efficacy and Radiation Safety in Interventional Radiology. WHO 2000, Geneva.
22. EUROPEAN COMMISSION (EC). Guidelines on education, training in radiation protection for medical exposures. Radiation Protection 116. Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection. Luxembourg, 2000. Disponible en: http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/publication/116.pdf (consultado el 20 de Junio del 2013).
23. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. Oxford: Pergamon Press; ICRP Publication 85. Ann ICRP 30 (2) 2000.
24. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. Education and Training in Radiological Protection for Diagnostic and Interventional Procedures. Oxford: Pergamon Press; ICRP Publication 113. Ann ICRP 39(5) 2009.
25. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Training Material for Diagnostic and Interventional Radiology. IAEA. Disponible en: <http://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/AdditionalResources/Training/training-material-es/Radiology-es.htm> (consultado el 20 de Junio del 2013).
26. UBEDA C, VANO E, MIRANDA P AND LEYTON F. Pilot program on patient dosimetry in pediatric interventional cardiology in Chile. *Med Phys* 2012; 39(5): 2424-2430.
27. UBEDA C, LEYTON F, GALAZ S, OYARZUN C, INSULZA A. Quality Assurance and Radiation Protection in Medical Exposures in Europe. A Role Model. *Rev Chil Radiol* 2007; 13: 208-212.
28. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. Statement on Tissue Reactions. ICRP ref. 4825-3093-1464 (2011).
29. MINISTERIO DE SALUD DE LA REPÚBLICA DE CHILE. Reglamento de protección radiológica de instalaciones radiactivas. Decreto Supremo n°3 1985.
30. EUROPEAN COMMISSION: MARTIR (Multimedia and Audiovisual Radiation Protection Training in Interventional Radiology), CD-ROM. Luxembourg, 2002. Disponible en: http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/publications_en.htm (go to publication 119). (consultado el 20 de Junio del 2013).