

CONOCIENDO ACERCA DE LA RADIACION EN LOS NIÑOS

Dra. Blanca C. Balancini

INTRODUCCION

En 1924, la Sociedad de Roentgenología de Norteamérica (AARS) solicitó ayuda gubernamental para estandarizar el nivel de radiación y dar lineamientos a médicos y técnicos, ya que los pioneros de la radiología morían con enfermedades malignas causados por su exposición a los rayos X en 1928. Durante el segundo Congreso Internacional de Radiología quedaron formalmente organizadas la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) y la Comisión Internacional de Unidades y Mediciones de la Radiación. A ella se unieron la AARS, la Sociedad de Radiología de Norte América (RSNA), la Asociación Médica Americana y las empresas fabricantes de equipos radiológicos, para crear el Comité Consejero en Protección de Rayos X y Radium como un grupo independiente de las agencias federales, liderado por el físico Lauriston S. Taylor.

En 1964, con la ayuda del Colegio Americano de Radiología (ACR) y otros, el Congreso de EEUU apoyó al nuevo Consejo Nacional para la Medición y Protección de las Radiaciones (NCRP) siendo el físico Taylor su primer presidente¹.

Este Consejo provee información acerca de la radiación ionizante y advertencias para prácticas seguras, haciendo conocer el nivel estándar nacional para la exposición del público en general, trabajadores expuestos, pacientes y niños por nacer.

El NCRP advierte que la prevención acerca de la radiación, ha declinado entre los profesionales médicos, que asumen erróneamente que los equipos modernos son completamente seguros.

Con los cambios ocurridos al final de la guerra fría, debido a la disminución de la producción de energía eléctrica generada por el poder nuclear, la radiación usada en medicina representa para la población americana el mayor uso de las radiaciones ionizantes. En 2004 se analizaron datos correspondientes al periodo 1991-1996 y sus resultados sugieren que la exposición médica podría ser la responsable del 1% de los enfermos de cáncer en Estados Unidos. Actualmente este porcentaje podría superarse por el mayor número de exámenes que son realizados y las más altas dosis de radiación asociadas a ellos².

Durante todos estos años se han publicado 130 informes que constituyen la base para la práctica profesional en el uso de la radiación ionizante y la información pública. Se envían borradores de estos informes a todos los miembros de los comités para su revisión y comentarios, llevando a veces años hasta que son resueltos. Revisados los desacuerdos el reporte final es publicado.

Existe asimismo una interrelación con los organismos encargados de regular la seguridad radiológica en otros niveles mas alla de la radiación ionizante. El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) desempeñan actualmente una función esencial en la transferencia de técnicas, experiencias y

Coordinación de Imágenes .
Hospital de Pediatría Juan P. Garrahan.

conocimientos especializados en el tratamiento de la energía nuclear de los Estados Miembros, especialmente en los países en desarrollo. El Organismo Internacional de Energía Atómica en las Naciones Unidas tiene por misión definida contribuir al desarrollo sostenible de los Estados Miembros a través del uso pacífico de la Tecnología Nuclear.

Radiación ionizante

Especialmente en las últimas dos décadas el número de exámenes utilizando radiación ionizante (Rx) ha crecido notablemente debido al desarrollo de nuevas tecnologías, las que a su vez utilizan altas dosis de radiación.

El ICRP, ha definido el criterio conocido como "ALARA" (as low as reasonable achievable) o su traducción TBSR (tan bajo como sea razonable utilizar). Este criterio establece que deberá existir un balance entre el beneficio de la práctica, sobre el riesgo que implica el uso de radiaciones, manteniéndolas tan bajas como sea posible para lograr un diagnóstico certero³.

La radiación ionizante es aquella capaz de producir ionizaciones en el tejido que atraviesa depositando en él parte de su energía. Así la dosis es la radiación depositada y se define como la cantidad de energía o radiación absorbida por unidad de masa.

La unidad de dosis absorbida es el Gray (Gy). Sin embargo los efectos de la radiación dependen de las partículas de que se trate, o sea un Gray de partículas alfa produce efectos biológicos 20 veces más severos que un Gray de rayos X.

Este hecho ha obligado a definir una nueva magnitud que es la dosis equivalente. Su unidad es el Sievert (Sv) = 100 rem.

$1\text{Sv} = 1\text{Gy} \times Q$, donde Q es un factor sin unidades que depende de la radiación empleada. Tabla 1.

TABLA 1

Tipo de radiación	Q
Rayos X, γ	1
Electrones	1
Neutrones térmicos	2.3
Neutrones rápidos	10
Protones	10
Partículas α	20

Las equivalencias son $1\text{Sv} = 1000\text{mGy} = 100\text{rads}$. El rad se utilizaba anteriormente como unidad de dosis de radiación absorbida.

Los diferentes tejidos y órganos tienen a su vez una sensibilidad individual a los efectos de la radiación ionizante por lo cual la dosis varía para diferentes partes del cuerpo, durante un pro-

cedimiento radiológico. Cuando tenemos en cuenta esta variación en la sensibilidad sobre un órgano debemos hacer una corrección multiplicando la dosis por un factor que representa la radiosensibilidad relativa de éste.

Si los órganos irradiados son más de uno el total de estos productos se suma para obtener la dosis total.

A esta magnitud se la llama Dosis Efectiva o Dosis Efectiva Equivalente (DE). La unidad de DE también es el Sievert⁴.

Radiación natural

La radiación ionizante está presente en el ambiente en forma natural, a ella se la denomina radiación de fondo. La radiación llamada natural es producida por los rayos cósmicos, el gas radón o rocas terrestres que contienen radioisótopos naturales. La cantidad de radiación recibida del ambiente depende entre otros factores, de la localización de residencia ya que la radiación cósmica se incrementa según la altura sobre el nivel del mar y la radiación emitida de las rocas se incrementa entre las montañas. En Estados Unidos el promedio de radiación ambiental calculado es 3mSv/año por persona. Los habitantes que viven en Colorado o Nueva México reciben 1.5mSv más por año que los que viven al nivel del mar. Los vuelos comerciales costa a costa agregan dosis de rayos cósmicos de cerca de 0.03mSv . La exposición del gas radón en los hogares es asimismo alta, cerca de 2mSv/año .

Se puede comparar la radiación recibida en la población en general en una determinada exposición radiológica con la radiación del ambiente recibida por año expresada en la Tabla 2.

Los efectos nocivos de la radiación en los tejidos biológicos pueden clasificarse como:

- 1) Efectos **determinísticos**: Son la consecuencia de una sobreexposición externa o interna a la radiación provocando la muerte de una cantidad de células tal que no pueda ser compensada por la proliferación de células viables. La gravedad de estos efectos dependerá totalmente de la dosis recibida e irá desde un eritema localizado hasta la muerte del individuo.
- 2) Efectos **estocásticos**: Son los que tienen alguna probabilidad de producirse, guardando proporción con la dosis recibida (cáncer-efectos hereditarios).

Existe una gran diferencia ante los efectos estocásticos de la radiación entre los niños y los adultos. Las principales razones son:

- a) Los tejidos y los órganos que están creciendo y desarrollando son más sensibles a los efectos estocásticos debido a su mayor tasa de reproducción.
- b) El efecto oncogénico de la radiación puede te-

TABLA 2: COMPARACION DE LA RADIACION DEL MEDIO AMBIENTE.

Procedimiento	Dosis de Radiación Efectiva	Dosis por radiación del ambiente
Region Abdominal:		
- Tomografía Computada (TAC)-Abdomen	10 mSv	3 años
- Tomografía Computada (TAC)-Colonografía	5 mSv	20 meses
- Urograma Excretor (UE)	1.6 mSv	6 meses
- Radiografía Transito Gastrointestinal	4 mSv	16 meses
- Radiografía Seriateda Gastroduodenal	2 mSv	8 meses
Sistema Nervioso Central:		
- Tomografía Computada (TAC)-Cerebro	2 mSv	8 meses
- Tomografía Computada (TAC)-Columna vertebral	10 mSv	3 años
- Mielografía	4 mSv	16 meses
Torax:		
- Tomografía Computada (TAC)Torax	8 mSv	3 años
- Radiografía-Torax (frente)	0.1 mSv	10 días
- Cistouretrografía miccional	5-10 años: 1.6 mSv <5 años: 0.8 mSv	6 meses 3 meses
Cara y Cuello:		
- Tomografía Computada (TAC)-Senos paranasales	0.6 mSv	2 meses

ner un largo periodo de latencia. Este periodo de latencia varia de acuerdo al tipo de enfermedad maligna. La leucemia tiene un período mas corto de latencia (aproximadamente <10 años) que los tumores sólidos.

- c) Los efectos de la radiación son acumulativos y al tener el niño una expectativa de vida mayor que los adultos, también podrá recibir en proporción más radiación. Por otra parte tendrá más tiempo para que se manifiesten los posibles efectos oncogénicos. Así un tumor sólido inducido por la radiación con un período de latencia de 30 años tiene mayor posibilidad de manifestarse en el transcurso de la vida⁶.

El efecto biológico de la radiación resulta en el daño causado al ADN produciendo un radical libre por pérdida de un electrón.

El daño puede ser reparado sin lesión manifiesta o causar importantes efectos como mutaciones genéticas, carcinogénesis o muerte celular en horas o días y el impacto visualizarse en años.

El primer paso a la carcinogénesis es la aberración producida en los cromosomas (deleciones -traslocaciones -aneuploide) por daño en el ADN.

El segundo paso es la inmortalidad celular esto significa que muchas células cancerosas derivan de una sola estirpe celular que sufrieron transformación cancerosa.

El tercer paso es la inestabilidad del genoma celular inducida por la radiación que se trasmite a la descendencia a pesar de que sus células no sean irradiadas.

El 85% de tumores en la infancia son producidos de manera esporádica pero en el 15% de los casos hay asociación familiar y o genética por sensibilidad a la radiación.

Hay ciertas enfermedades que tienen sensibilidad de causa desconocida para inducir cáncer relacionado a la radiación. Ellas son: Ataxia Telangiectasia, Síndrome de Cocaína, Síndrome de Down, Anemia de Fanconi, Síndrome de Gardner, Síndrome de Usher⁷.

El diagnóstico por imágenes en pediatría

Los rayos X son el tipo de radiación ionizante que se usa en las salas de Radiología convencional, en los estudios con fluoroscopia dentro del departamento de radiología o fuera (en las salas de cateterismo cardiaco, salas de endoscopia, centros quirúrgicos y procedimientos de ortopedia) en las salas de Intervencionismo y en las salas de Tomografía Computada. La radiología digital no utiliza chasis, con film, sino un receptor de imagen con un rango más extenso que las películas; existiendo la posibilidad de que se utilicen dosis más altas que lo necesario para obtener la misma información diagnóstica. Es decir que no necesariamente, estas nuevas tecnologías aportaran menor exposición radiante. En las últimas décadas, la producción de imágenes diagnósticas que no usan radiación ionizante como son el ultrasonido o la resonancia magnética ocupan un rol creciente como alternativa diagnóstica o terapéutica.

La radiología convencional

Hay consideraciones técnicas especiales en pediatría para reducir la dosis de radiación y mantener la calidad en la imagen en la radiología simple. Entre ellas podemos citar:

- 1) Uso de Potter - Bucky sólo en pacientes adolescentes o de contextura física tal, que sea necesario aumentar la dosis.
- 2) Uso de chasis con pantallas reforzadoras ultrarrápidas para reducir el tiempo de exposición.
- 3) El haz de rayos debe limitarse con una adecuada colimación.
- 4) Uso del foco fino.
- 5) Menor tiempo de exposición.
- 6) Se recomienda elaborar una guía base de factores (Kv-mAs) recomendados para cada exposición en las diferentes salas, según los equipos. Las características de los rayos X que se empleen en un estudio, deben ser adecuados para optimizar el balance entre la calidad de la imagen y la exposición del paciente. Hay diferentes factores que regulan este balance, pe-

- ro dos son de mayor importancia: el voltaje del tubo expresado en Kilovoltios (Kv) y la corriente del tubo (mA) multiplicada por el tiempo en segundos (mAs). El uso del Control Automático de Exposición (AEC) no es apropiado para los niños ya que es diseñado para los adultos.
- 7) Uso de protectores de plomo debidamente ubicados en el cuerpo para cubrir áreas sensibles.
 - 8) Evitar la repetición innecesaria de estudios.
 - 9) Los padres o familiares sostendrán a los niños con delantales plomados.
 - 10)Apropiado almacenamiento de las placas
 - 11)Cuidadoso mantenimiento de la sala de revelado.
 - 12)Protocolos según patologías: debemos considerar que toda derivación para un estudio radiológico es una interconsulta entre el medico tratante y el radiólogo. El número de radiografías puede reducirse por ejemplo realizando una sola exposición en las radiografías de huesos largos (frente), o no realizarse de rutina la exposición de perfil en la radiografía de tórax. En otros casos los estudios de seguimiento pueden restringirse las exámenes para evaluar los hallazgos previos. En caso de control de colocación de sonda o catéteres se deben planear los pasos evitando excesos de exposiciones.

El efecto de la radiación es mayor en organismos de rápido desarrollo como fetos –niños pequeños y el efecto carcinogénico puede estar oculto por años.

Un estudio realizado desde 1958 a 1997 en los niños nacidos de mujeres expuestas a bajas dosis 1cGy en el tercer trimestre de embarazo concluyo que incrementa un 40% la ocurrencia espontanea de cáncer en los niños. Estos hallazgos precedentes adquieren mayor relevancia debido a que los constantes adelantos en los cuidados neonatologicos hacen hoy posible la sobrevivencia de prematuros con tiempo de gestación extremadamente bajos⁷. Tabla 3.

TABLA 3: DOSIS ESTIMADA EN UN NIÑO DE 5 AÑOS. DATOS PROVISTOS POR R.REIMAN,MD (DUKE OFFICE OF RADIATION SAFETY)⁸.

Area de exposición	Dosis Efectiva mSv	Número
Equivalente en Rx de Tórax		
Tobillo 3 exposiciones	0.0015	1 /14
Torax 2 exposiciones	0.02	1
Abdomen 2 exposiciones	0.05 2	1/ 2
Uretrocistografia miccional	0.33	16
TAC Cerebral	4	200
TAC Tórax	3	150
TAC Abdomen	5	250

Fluoroscopia

La fluoroscopia es el método que produce imágenes de RX en tiempo real y se usa para procedimientos diagnósticos e intervencionistas. La habilidad de la radioscopia para mostrar movimiento esta producida por una serie de imágenes continuas (25 a 30 imágenes por segundo).

La dosis de rayos X para producir una imagen en fluoroscopia es baja pero el número total de imágenes tomadas en el total del tiempo es uno de los factores que determina la alta dosis de radiación recibida por los pacientes en los procedimientos fluoroscópicos.

Los procedimientos fluoroscópicos deberán tener en cuenta los siguientes principios:

- 1) la necesidad de minimizar la dosis sobre órganos sensibles como las gónadas y mamas, cuidando la posición de los rayos X (colimación) y usando protectores cuando sea posible.
- 2) Evitar la radiación de la piel por tiempo prolongado en el mismo lugar moviendo el tubo.
- 3) El tubo de rayos X deberá estar lo más lejos posible del paciente para evitar lesiones en piel
- 4) El paciente debería estar lo más cerca posible del intensificador de imagen
- 5) Utilizar filtros siempre que sea posible. Los filtros de cobre (0.1- 0.3mm) reducen la dosis de radiación en piel de 30 – 50%.
- 6) El uso de la radioscopia pulsada reduce la exposición ya que produce menos secuencia de imágenes que la convencional.
- 7) Adecuar dosis de acuerdo al tamaño (edad/ peso) del paciente.
- 8) La imagen salvada disminuye la dosis efectiva (DE)⁹.

Los procedimientos de radiología intervencionista usan radioscopia para asistir al médico en el tratamiento de una determinada enfermedad. Estos procedimientos que muchas veces evitan una operación, en algunos casos se indican como procedimiento quirúrgico. En general el riesgo de desarrollar cáncer por la exposición prolongada pasa a segundo plano comparado con los beneficios del tratamiento. La recomendación en estos casos son de acuerdo a los principios de ALARA enfatizan: disminuir la dosis, colimar, acortar el tiempo de exposición.

Tomografía Computada

La tomografía computada (TAC) es una técnica para la obtención de imágenes cuya utilización ha crecido rápidamente en los últimos 10 años. Se trata de una técnica de gran valor en el diagnóstico y seguimiento de enfermedades pediátricas.

La TAC debe ser analizada especialmente, cuando se trata de evaluar las dosis en pediatría dado que:

1. Produce una alta exposición a la radiación (en

un departamento de radiología donde la TAC solo alcanzaba el 15% de los procedimientos se observó que afectaba al 75% de la dosis de todo el departamento). Los nuevos equipos helicoidales y multislice deben ser cuidadosamente calibrados en pediatría.

2. La mayoría de las TAC son realizadas con técnicas adecuadas para adultos por lo que es recomendable tener protocolos pediátricos. Sería conveniente que la medición de la radiación que produce el tomógrafo con las técnicas usadas lo realice un físico especializado en diagnóstico radiológico ya que la reducción de la dosis depende del diseño de cada tomógrafo y no está basada solamente en los factores técnicos.
3. No se debe olvidar que una mejor imagen siempre implica mayor dosis de radiación por lo que los cambios deben evaluados por el médico radiólogo y el físico con el objeto de mantener la calidad diagnóstica.

Baja dosis de radiación

Debido al crecimiento de las indicaciones (y por ende el potencial riesgo a la exposición de la radiación) es imperativo minimizar la dosis de radiación. Debido a la diversidad de opiniones en los diferentes estudios que se han realizado internacionalmente, se ha estimado un amplio rango de riesgos de radiación por lo que no hay revisiones que se consideren verdaderamente referenciales. En ausencia de evidencias definitivas de los efectos de baja dosis de radiación, el consenso es que se debe asumir que bajas dosis utilizadas en diagnóstico por imagen se asocian a una más baja probabilidad de causar cáncer.

Si se asume que la TAC, debido a la alta dosis de radiación que emite, aumenta la probabilidad de producir efectos estocásticos, es razonable que la comunidad médica busque caminos para disminuir las dosis de radiación en esta práctica. Así se deben usar las dosis más bajas posibles para conseguir un diagnóstico certero (ALARA) y realizar los estudios cuando sean estrictamente necesarios cuidando técnica indicada para cada caso. Tabla 4.

Rol de la comunicación

Un importante rol del médico radiólogo es la comunicación con el pediatra para decidir cuál es el mejor estudio para la sospecha diagnóstica, procurando minimizar así la exposición a la radiación ionizante.

El médico radiólogo será responsable de 1) re-veer las imágenes radiológicas previas 2) leer la historia clínica para conocer a qué pregunta deberá responder y focalizar el examen disminuyen-

TABLA 4: COMPARACION DE UNA TAC REALIZADA CON VALORES DE ADULTO EN UN NEONATO¹⁰.

Tipo de examen	Organo comprometido	Dosis equivalente para Organo comprometido(msv)
TAC Cerebral con valores de adultos (200 mAs) en neonato	Cerebro	60
TAC Cerebral con valores modificados (100mAs) en neonato	Cerebro	30
TAC Abdominal valores de adultos (200mAs) en neonato	Estomago	25
TAC Abdominal valores modificados (50mAs) en neonato	Estomago	6

do los tiempos de exposiciones 3) determinar si el examen radiológico a realizar responderá la pregunta clínica o puede ser sustituido por otro (ecografía, resonancia magnética).

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) ha diseñado un sistema de tres niveles de protección radiológica:

- 1) La justificación de la práctica: Está aceptado que el uso de la radiación en medicina produce más beneficios que daño cuando es efectuada adecuadamente, por personal calificado y con equipos controlados.
- 2) Optimización de la protección: Un procedimiento especificado con un objetivo también especificado se justifica. La dosis serán conservadas tan bajas como sea razonablemente posible (concepto ALARA) para obtener el diagnóstico buscado.
- 3) Limitación de la dosis: La aplicación del procedimiento debe estar justificado, pero en las exposiciones médicas no se aplica la recomendación de limitar la dosis al paciente ya que esto puede reducir la efectividad del diagnóstico o tratamiento. Así el énfasis está puesto en la justificación de los procedimientos médicos y la optimización se concentra en mantener dosis lo más bajas posibles compatibles con el diagnóstico.

En 2007 en las conferencias del Consejo Nacional de Protección en la Radiación (NCRP) y Mediciones, el Dr. Frushde (Universidad de Duke), llamó la atención de los radiólogos sugiriendo realizar otras modalidades para el diagnóstico que no expongan a los niños a la radiación. "Comparó la

responsabilidad del médico radiólogo con la que los pediatras tienen con la medicación”.

La Dra. Mc Collough (Centro de TAC de Innovaciones Clínicas, Clínica Mayo de Rochester), al comentar un artículo del Dr. Richard Semelka dónde manifestaba que en Estados Unidos se realizan anualmente 600.000 tomografías abdominales y cerebrales en niños por debajo de 15 años, lo que resultaría en 500 muertes por cáncer atribuibles a los exámenes de TAC.

Como es imaginable esto produjo gran conmoción en los padres y el público en general. La Dra. Mc Collough aseveró que la pregunta no debería ser “si el examen es seguro para la salud”; la verdadera pregunta sería, si es necesario realizar la tomografía para responder a una pregunta clínica.”

La última generación de tomógrafos muestra el índice de radiación de acuerdo al protocolo que se ha de emplear, esto alerta al técnico a administrar una dosis apropiada de acuerdo a la búsqueda del diagnóstico. En los casos por ejemplo, de medición del volumen hepático o esplénico, la imagen puede tener menor calidad pero es suficiente para el diagnóstico.

Es importante que los controles de calidad efectuados al equipo de tomografía aseguren que los parámetros técnicos ajustables del mismo sean los que aparecen en los indicadores.

Los informes enunciados por las empresas manufactureras National Electrical Manufacturers Association (NEMA) prometen más esfuerzos para reducir dosis especialmente para los niños, comprometiéndose a implementar un nuevo DICOM para grabar las dosis de los pacientes en cada estudio de tomografía y construir una base de datos regional y nacional.

Comentarios finales

De lo expuesto arriba, resulta evidente la necesidad de tomar conciencia en los diferentes niveles del equipo de salud en relación a la protección de la radiación. Esto incluye:

- 1) Dar información a los estudiantes de medicina de las posibilidades diagnósticas a través de las imágenes, acerca de la radiación del paciente y de los beneficios versus riesgos (por ejemplo, creando para ellos una pasantía con evaluación, por los servicios de diagnóstico por imagen autorizados).
- 2) En la residencia de pediatría, dado que el diagnóstico por imágenes es una interconsulta de uso frecuente para el manejo de las patologías más simples, sería imperativa una rotación obligatoria por los servicios autorizados).
- 3) La necesidad de informar a los médicos referentes a través de protocolos sugeridos por

los Servicios de Diagnóstico para llegar al diagnóstico de las diferentes patologías.

- 4) La posibilidad de crear una base de datos para que el médico referente pueda conocer el número de exposiciones que ya tiene el paciente y que pueda así consultar al Servicio de Diagnóstico por Imágenes si considera necesario agregar otras para nuevo aporte.
- 5) Las empresas deben poner énfasis en la formación de especialistas en aplicaciones para que diseñen los protocolos adecuados para los pacientes con el cumplimiento del programa de ALARA, ya que las nuevas tecnologías nos enfrentan a un mayor riesgo.
- 6) Sólo un apropiado control de calidad de los equipos que utilizan radiación ionizante por parte de las comisiones que se dedican a la protección de los riesgos de la radiación, permitirá tener la certeza de que las dosis entregadas son las que aparecen en los protocolos tabulados.
- 7) Tanto el médico radiólogo como el técnico radiólogo deberían realizar periódicas actualizaciones acerca de las posibilidades de reducir las radiaciones en las nuevas tecnologías existentes, como parte de la certificación y recertificación de la especialidad dictadas por las sociedades correspondientes.
- 8) Es importante dar formación a otras especialidades médicas (cirugía general, ortopedia, neurocirugía) y a otros profesionales de la salud que están en relación al uso de la radiación para evitar riesgos personales y del paciente.

De esta manera se mantendrá un camino abierto en la continua búsqueda de la calidad de atención a nuestros pacientes, promoviendo la constante actualización de los protocolos, la formación de los profesionales y facilitando los controles del equipamiento por parte de los expertos en protección de la radiación.

REFERENCIAS

1. The National Council on Radiation Protection and Measurements. Problems and Prospects. AJR 2000; 175 :1509-1511.
2. American College of Radiology White Paper on Radiation dose in medicine. J.Am Coll Radiol 2007; 4:272-284.
3. Slovis TL, editor ALARA Conference Proceedings. The ALARA concept in pediatric CT-intelligent dose reduction *Pediatr Radiol* 2002; 32:217-317.
4. American College of Radiology Technical Standard for management of the use of radiation in fluoroscopic procedures.
5. Radiation Exposure in X-ray Examinations. *RadiologyInfo* 2007.
6. Las recomendaciones de la ICRP en el presente y el corto plazo. *Seguridad Radiologica*. 2003; 22:68-75.
7. Caffey's Pediatric Diagnosis Imaging. Edición 11-Vol 1 seccion I- Slovis Thomas.
8. Radiation risks to children from Computed Tomography. *Pediatrics*. 2007; 120: 677-682.
9. Radiological Protection of patients –Fluoroscopy. International Atomic Energy Agency (IAEA).
10. Radiation Risks and Pediatric Computed Tomography :A guide for Health Care Providers. National Cancer Institute. 2007; 120: 677-682.