

Dra. Patricia Rodríguez Nava,<sup>1</sup>  
 Dr. Ernesto J. Dena Espinoza,<sup>1</sup>  
 Dr. Roberto Basile Lenge,<sup>2</sup>  
 Dra. Margarita Fuentes García,<sup>3</sup>  
 Dr. Antonio Gavito Hernández,<sup>1</sup>  
 Ing. Biomed. Cutberto Ramírez Garduño,<sup>4</sup>  
 Dr. Miguel Ángel Madrid Roldán,<sup>5</sup>  
 T.R. Julio Jiménez García,<sup>1</sup>  
 Dra. Maricela Verdejo Silva,<sup>6</sup>  
 Med. Nuclear Alicia Graeff Sánchez,<sup>7</sup>  
 Dra. Rocío Natalia Gómez López<sup>5</sup>

## Frecuencia de patología neurológica en estudios de cráneo por Tomografía Computarizada en el Hospital General de México, O.D. Parte II: La importancia de la valoración del riesgo a la radiación en TC de cráneo en niños

### RESUMEN

**Objetivo:** Resaltar la importancia de la valoración del riesgo a la radiación en pacientes que van a ser sometidos a un estudio de Tomografía Computarizada (TC) de cráneo, en especial los pacientes pediátricos y las modificaciones de los tiempos de exposición que hemos realizado con la adquisición de nueva tecnología de acuerdo con el programa CARE Dose 4D.

**Material y métodos:** Presentamos la experiencia del Departamento de Tomografía Computarizada del Servicio de Radiología e Imagen "Dr. Carlos Coqui" del Hospital General de México, con los equipos de TC Ohio Express, XT 600 y Helicoidal Xpress, de Toshiba Medical Systems. En el año 2006,

se instala un equipo Sensation de SIEMENS Medical Solutions Inc. de cuarenta cortes y se escala a 64 en el 2008. Nosotros hemos presentado un informe inicial con los resultados de TC de cráneo de 1,114 pacientes en niños y en adultos, ahora en este informe presentamos unos comentarios a los riesgos por las radiaciones en los pacientes pediátricos y la manera en que podemos modificar los valores de exposición a la radiación de acuerdo con los cambios que estamos realizando con el programa CARE Dose 4D y cuyos resultados informaremos en un reporte futuro.

**Conclusiones:** El detrimento actual de la historia clínica y de la exploración física del paciente frente a la radiología, la incorrecta justificación clínica de

las radiografías y la tendencia a solicitar varios exámenes radiológicos combinados para establecer el diagnóstico, son algunas de las causas del aumento actual de los exámenes radiográficos y de la mayor exposición a las radiaciones ionizantes a la que son sometidos los pacientes atendidos en nuestros hospitales. Una manera importante de reducir la dosis de radiación es no realizar pruebas complementarias innecesarias (en particular, repetir exploraciones).

**Palabras clave:** Tomografía computarizada de cráneo en niños, Riesgo de exposición a la radiación en niños.

*continúa en la pág. 142*

<sup>1</sup>Del Servicio de Radiología e Imagen "Dr. Carlos Coqui" del Hospital General de México, O.D., <sup>2</sup>de la Universidad de Buenos Aires y del Hospital General de México, O.D., <sup>3</sup>de la Coordinación de Imagen de la Secretaría de Salud del Gobierno del D.F., <sup>4</sup>Del Departamento de Ingeniería Biomédica del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía, <sup>5</sup>del Servicio de Anestesiología del Hospital General de México, O.D., <sup>6</sup>del Instituto Nacional de Rehabilitación y de <sup>7</sup>Medicina Nuclear del Hospital Médica Sur. Dr. Balmis No. 148, Col. Doctores, 06700, México, D.F.

Copias (copies): Dra. Patricia Rodríguez Nava E-mail: drapatricia.rodriguez@yahoo.com.mx

### Objetivo

Resaltar la importancia de la valoración del riesgo a la radiación en pacientes que van a ser sometidos a un estudio de Tomografía Computarizada (TC) de cráneo, en especial en los pacientes pediátricos (de acuerdo con el programa de cuidado de dosis) realizando modificaciones de los tiempos de exposición del tomógrafo de 64 cortes del Departamento de Tomogra-

## ABSTRACT

**Objective:** Highlighting radiation risk evaluation relevance in patients to be submitted to skull Computed tomography (CT scan), especially pediatric patients and modifications of exposure times we have made with the acquisition of new technology, according to CARE Dose 4D program.

**Material and methods:** We introduce here the experience of the Department of Computed Tomography (CT Scan) of Radiology and imaging Service "Dr. Carlos Coqui" from Hospital General de Mexico, (General

Hospital in Mexico), with TC Ohio Express, XT 600 and Helicoidal Xpress, equipment from Medical Toshiba Systems. In the year 2006, SIEMENS MEDICAL SOLUTIONS INC. Sensation equipment was installed, having forty slices and upgraded to 64 in 2008. We have already introduced an initial report with skull CT scan results of 1,114 patients in children and in adults. Now we present in this report some comments about risks due to radiations in pediatric patients and how we can modify exposure values to radiation according to changes we are making with the CARE Dose 4D program whose results we will inform in a future report.

**Conclusions:** Current detriment of clinical history and physical- exploration of the patient before radiology, the incorrect clinical justification of X-ray images and the trend to request several radiological combined exams to establish diagnosis, are some of the reasons of today's increase from radiographic exams and from the bigger exposition to ionizing radiations to which patients attended at our hospitals are submitted. An important way to reduce radiation dose is not accomplishing complementary unnecessary tests (in particular, repeating explorations).

**Key words:** Skull Computed Tomography in children, Radiation exposure risk in children.

fía Computarizada del Hospital General de México, O.D.

## Introducción

El advenimiento de la TC ha revolucionado la imagen diagnóstica. Desde el inicio de este método a principios de los años 70, su uso ha ido cada vez más en aumento. Se estima que más de 62 millones de exploraciones de TC por año están siendo obtenidas actualmente en los Estados Unidos de América (EUA), incluyendo por lo menos 4 millones de exploraciones en niños. Debemos centrarnos en el número cada vez más creciente de estas exploraciones, en las dosis de radiación, y del probable riesgo indirecto de cáncer en adultos y particularmente en niños. El crecimiento en el uso de la Tomografía Computarizada Multicorte (TCM) en la edad pediátrica se ha hecho cada vez mayor sobre todo por la disminución de los tiempos de exploración; que actualmente son tan rápidas como de un segundo o menor, eliminando en muchos de los casos la necesidad de un procedimiento anestésico. La cuantificación de la dosis efectiva permite una comparación gruesa de la radiación recibida por el paciente en diversas exploraciones con TC; sin embargo, sólo proporciona una estimación aproximada del riesgo verdadero. Para la valoración del riesgo, la cuantificación de la dosis a órgano es la preferida.<sup>1</sup>

## Material y métodos

Nuestro equipo de trabajo presentó un informe inicial con los resultados de las TC de cráneo de 1,114 pacientes en niños y en adultos, realizados con equipos de Tomografía Convencional y Helicoidal (TC XT 600 y TC Helicoidal Xpress de Toshiba Medical Systems). En mayo del 2006 se instaló un equipo de Tomografía Multicorte en modalidad de 40 cortes. En febrero de 2008 se escaló a 64 cortes.

En el presente trabajo discutimos algunas consideraciones respecto a los riesgos por radiación en los pacientes pediátricos y la manera en que se pueden modificar los valores de exposición a la radiación de acuerdo con el programa de cuidado de dosis y cuyos resultados se informarán en un reporte futuro.

## Discusión

En relación con los riesgos por radiación debemos enfatizar, que no debe considerarse a la Tomografía Computarizada como método de escrutinio o screening. Debiendo recordar los principios de protección radiológica vigentes: ALARA por sus siglas en inglés (*as low as reasonably achievable* o utilizar una dosis tan baja como, razonablemente, posible)<sup>2,3</sup> y *tener en consideración la exposición a la radiación del paciente pediátrico con proceso de mielinización activa y su mayor sensibilidad a la radiación ionizante, además la mayor canti-*

dad de agua del cerebro pediátrico, es un factor que disminuye la sensibilidad de la TC para la detección de lesiones parenquimatosas y cambios relacionados a enfermedad hipóxico-isquémica.

Si bien, la TC posee alta sensibilidad para la detección de procesos hemorrágicos, conlleva también el uso de altas dosis de radiación.

Se recomienda fuertemente el ultrasonido transfontanelar como método de imagen inicial y de escrutinio dada su alta sensibilidad y especificidad para mostrar los cambios relacionados a enfermedad hipóxico-isquémica y a eventos hemorrágicos, debiendo considerarse también como alternativa diagnóstica a la resonancia magnética (RM). Ambos métodos poseen mejor capacidad diagnóstica, con mayor seguridad para el paciente.<sup>4-8</sup>

Debe minimizarse la exposición a la radiación X (ionizante) en los niños, en particular en los que sufren enfermedades de larga duración. En la evaluación de la patología congénita del SNC, está indicada la RM por ser una exploración concluyente para la demostración de las malformaciones del cráneo y su contenido, así como del raquis, y porque no emite radiación. Debe plantearse la ecografía en los neonatos y sólo en caso de anomalías óseas puede ser necesaria una TC con reconstrucción tridimensional (3D). En la deformidad de la cabeza por posible hidrocefalia y/o anomalía de las suturas; la ecografía está indicada cuando la fontanela anterior está abierta y las suturas están cerrándose. La RM está indicada con niños mayores. (Si no se dispone de RM, puede valorarse la realización de una TC).

En la epilepsia la RM suele ser más apropiada que la TC, también el SPECT en la crisis y en el periodo intermedio permite identificar el foco antes de proceder a una intervención quirúrgica. En la hipo o anacusia de la edad pediátrica; tanto la TC como la RM pueden ser necesarias en niños con sordera congénita o consecutiva a una infección crónica. La hidrocefalia por posible disfunción de los sistemas de derivación ventricular del LCR, debe incluir evaluación de todo el sistema de válvulas. La ecografía resulta un método práctico en estos casos. Se debe emplear la RM con niños mayores o, si no se dispone de ella podría estar indicada una TC. La Medicina Nuclear (MN) es útil para evaluar la función de la derivación. En el estudio de las cefaleas de los niños es preferible la RM, si se dispone de ella, pues no produce radiación ionizante.<sup>9,10</sup>

Las pruebas complementarias radiográficas más frecuentes son las de miembros y tórax a dosis bajas, pero son las exploraciones con altas dosis,

relativamente infrecuentes, como la TC de cuerpo entero y las exploraciones con bario, las que contribuyen principalmente a la dosis colectiva de una población.

Particularmente altas son las dosis en algunas exploraciones por TC; la tendencia actual es el aumento de las mismas. La contribución actual de la TC es probablemente de la mitad de la dosis de radiación colectiva debida a exploraciones radiológicas.

Por eso es vital que la petición de una exploración con TC esté plenamente justificada y que se apliquen técnicas en las que se minimice la dosis de radiación al tiempo que pueda obtenerse la mejor información diagnóstica.

Algunos autores consideran actualmente que el riesgo adicional de cáncer mortal consecutivo a una TC de abdomen es en el transcurso de la vida de un adulto, del orden de 1 por 2,000 (frente al riesgo de una Radiografía de tórax, que es de 1 por millón). Pese a todo, esto representa un riesgo leve, comparado con el elevadísimo riesgo general de padecer un cáncer (casi 1 por 3), y las ventajas que puede acarrear una exploración por TC suelen compensar con creces dicho riesgo.

Recordemos que la TC es una exploración relativamente cara y que conlleva una dosis de radiación alta. Por eso conviene siempre sopesar alternativas, sobre todo a la vista de los progresos de la imagen por RM. La Junta Nacional de Radioprotección del Reino Unido publicó las recomendaciones generales por lo que respecta a la TC en el documento "Protection of the Patient in X-Ray Computed tomography"; mencionando que:

Dadas las dosis de radiación potencialmente elevadas, sólo se procederá a una TC tras la evaluación de la adecuada justificación clínica por un radiólogo experimentado.

Las exploraciones de niños exigen un mayor nivel de justificación, pues estos pacientes son más vulnerables a la radiación.

Sin embargo, pese a los riesgos relacionados con la radiación, la TC sigue siendo la exploración óptima para muchos problemas clínicos y sigue empleándose mucho para problemas endocraneales, en particular accidentes cerebrovasculares y traumatismos. La TC sigue siendo un método sencillo para la determinación del estadio clínico de muchos tumores malignos y para el seguimiento de la respuesta al tratamiento.

La TC suministra valiosa información preoperatoria sobre masas complejas, y se usa mucho para la evaluación de las complicaciones postoperatorias y permite además una adecuada monitorización de procedimientos de drenaje, biopsias y bloqueos nerviosos anestésicos, sin embargo las prótesis, aparatos de fijación, etc., pueden hacer perder calidad a las imágenes de TC. En pacientes obesos, la TC ofrece mejores detalles anatómicos que la ecografía. Con pacientes delgados y con niños, debe emplearse la ecografía siempre que sea posible. *La TC de abdomen supone*

una dosis de radiación equivalente a unas 500 Radiografías de tórax.

Por otra parte, la RM suele ofrecer más información que la TC sobre trastornos endocraneales, de cabeza y cuello, vertebrales y del aparato locomotor, por su elevada sensibilidad de contraste y la capacidad de ofrecer imágenes en varios planos. Todo ello contribuye a obtener un mejor diagnóstico y por ende un tratamiento apropiado por lo que se está utilizando cada vez más en oncología.<sup>11</sup>

La pediatría representa una fracción comparativamente pequeña del número total de los estudios de TC, pero está aumentando rápidamente. Sin embargo, la combinación de dosis más altas de radiación a los niños para un estudio de TC y, más importante, los riesgos más grandes en el curso de la vida por la dosis de la unidad de radiación que se aplican a los niños, da lugar a la mortalidad del cáncer en el curso de la vida atribuible a la exposición de radiación de TC que es perceptiblemente más alto en niños que en adultos.<sup>12</sup>

Muchas preguntas siguen sin contestar con respecto a los mecanismos fundamentales de lesión de la radiación. La fractura del ácido desoxirribonucleico, las aberraciones cromosómicas, y las mutaciones de genes causadas por la exposición de radiación, así como el riesgo potencial para el ácido desoxirribonucleico a la reparación de sí mismo por la exposición a la radiación, son hechos importantes para la investigación adicional. El estudio intensivo de casos reales, tales como exposición en el lugar de trabajo de los radiólogos, la exposición de pacientes tratados con radioterapia a largo plazo, y principalmente los acontecimientos en Hiroshima, Nagasaki, y Chernobyl han proporcionado algunas respuestas y forman la base con respecto a los efectos carcinógenos de la radiación ionizante.<sup>13</sup>

Se sugiere que los ajustes de la exposición a la radiación en la TC sean reducidos activamente en niños porque la frecuencia de los estudios pediátricos de TC está aumentando rápidamente, en gran parte debido a la técnica mejorada de TC helicoidal. Las estimaciones disponibles del riesgo sugieren que el resultado probable del estudio por TC es perceptiblemente mayor sobre el adulto, debido a una dosis mayor por miliamperio-segundo y debido al riesgo mayor por unidad de dosis. Al disminuir los miliamperio-segundos (por lo menos 30, el 50% concerniente a exposiciones del adulto), el ajuste puede ser utilizado para los estudios de TC en niños sin pérdida significativa de información, y la reducción daría lugar a una disminución correspondiente de los riesgos de la radiación.<sup>14</sup>

Es importante considerar los siguientes hechos en relación con la exposición por radiación: Dosis efectivas características de las exploraciones de radiodiagnóstico realizadas durante el estudio:

- a) **Exposición mínima.** En la telerradiografía de tórax PA, la dosis efectiva es de 0,02 mSv y el número equivalente de radiografías de tórax es de 1, el tiempo equivalente a la radiación de fondo natural es de tres días.
- b) **Exposición máxima.** En la TC de abdomen o pelvis, la dosis efectiva es de 10 mSv, y el número equivalente de radiografías de tórax es de 500, el tiempo equivalente a la radiación de fondo natural es de 4.5 años.<sup>15</sup>

Incluso las dosis pequeñas de la radiación pueden plantear un riesgo creciente de cáncer, y los niños están en un riesgo creciente comparado con los adultos.

*La Food and Drug Administration (FDA) ha puntualizado una estrategia triple, para reducir al mínimo la dosis de radiación por TC en la edad pediátrica:*

- a) Optimizar los ajustes de TC para los pacientes pediátricos.
- b) Reducir al mínimo las fases múltiples de estudios contrastados.
- c) Reducir al mínimo las exploraciones innecesarias por TC.

Los clínicos subestiman generalmente la dosis de TC relacionada con la radiación y el riesgo asociado del cáncer. Además, algunos expertos creen que 30% de todos los estudios pediátricos por TC es poco probable que beneficien al paciente o pueden ser sustituidas por un método de imagen que no utilice radiación ionizante.

Se ha demostrado que educar a los clínicos puede ayudar a prevenir el aumento en los estudios de TC. Por otra parte, los pacientes también tienen una comprensión pobre de la dosis de la radiación y del riesgo generalmente asociado con la TC. Algunos autores creen que los padres provocan un aumento en la demanda de los estudios con TC en la búsqueda de un diagnóstico rápido, sin entender los riesgos potenciales. Los padres pueden ayudar a disminuir la demanda de exploraciones con TC en los niños, si están mejor informados acerca de las dosis de radiación y los riesgos que esto implica.<sup>16</sup>

El uso responsable de la TC requiere: De un ajuste de los factores de la técnica en base del tamaño paciente (las características de la atenuación de las regiones a explorar). Hay mecanismos técnicos adicionales para la reducción de la dosis en TC; la modulación actual y la adaptación actual del tubo al tamaño del paciente, estos dos mecanismos del tubo se conocen en común como control automático de la exposición (AEC). La absorción extremadamente grande de la radiación ocurre con variaciones en el ángulo y la región anatómica. Puesto que la proyección con la ma-

yoría del ruido determina sobre todo la cantidad de ruido en la imagen final, es posible reducir la dosis (fotones) para otras proyecciones sin el aumento del ruido en la imagen final.

Una reducción más agresiva de la dosis no es aceptable en niños, y un aumento más agresivo de la dosis no es necesario en pacientes obesos.

El uso de los sistemas de AEC se sugiere sea obligatorio y esté disponible en todos los sistemas de TC. Se sugiere a los radiólogos que utilicen estos mecanismos técnicos para reducir la dosis de radiación manteniendo la calidad diagnóstica de la imagen.<sup>17</sup>

Los datos sobre la dosis de radiación indican que los fabricantes están enfocando sus esfuerzos para mejorar la calidad de la imagen con dosis reducidas, comparadas con las dosis requeridas, siendo una acción importante para los usuarios en los últimos años.

Por otra parte, la facilidad y la velocidad con las cuales los sistemas de TC de alta tecnología pueden funcionar, favorecen un mayor uso de éstos. Y, los factores de exposición utilizados son generalmente más altos que los requeridos para adquirir una imagen con confianza diagnóstica.<sup>18</sup>

### Información de la dosis

**Impacto de la dosis:** En la mayoría de los protocolos de exploración, se han calculado los valores de dosis efectiva para el hombre y la mujer comunes, ofreciendo los resultados en la descripción de cada protocolo.

Los cálculos se han realizado en el programa comercial "ImpactDose" (Wellhoefer Dosimetry).<sup>19</sup> En los protocolos pediátricos, se ha usado el cálculo con ImpactDose con los factores de corrección para las edades de ocho semanas a siete años.<sup>20</sup>

Con un sistema de control automático de la exposición que incluye la adaptación automática de la corriente del tubo al tamaño y forma anatómica del paciente, y un modulador de la corriente del tubo controlado de forma simultánea para cada rotación del tubo, se consigue una calidad de imagen bien equilibrada con niveles de radiación bajos.

A partir de un topograma único lateral o anteroposterior el programa determina el nivel de corriente adecuado del tubo para cada sección del paciente.

Teniendo en cuenta estos niveles, se consigue modular automáticamente la corriente del tubo de cada una de sus rotaciones, según el perfil de atenuación angular del paciente. De esta forma se logra una mejor distribución de dosis a lo largo del paciente y para todos los ángulos de visión.

Existen dos tipos de modulación de la corriente del tubo:

1. Modulación axial de la corriente del tubo.
2. Modulación angular de la corriente del tubo.

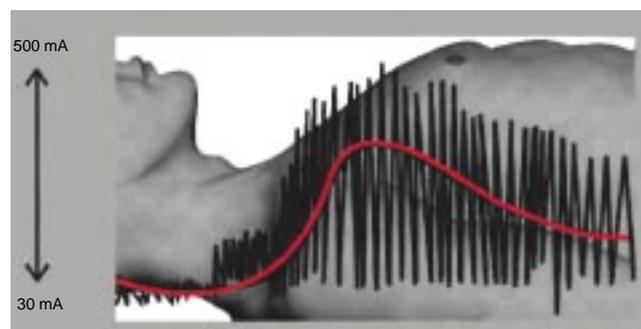
Nosotros hemos reducido la exposición a nuestros pacientes utilizando el programa CARE Dose 4D con que cuenta el tomógrafo de 64 cortes. Si comparamos las dosis de radiación en TC de cráneo, con los diferentes equipos de Tomografía que ha tenido nuestro servicio, en el equipo de Tomografía Convencional de tercera generación (TC 600 XT Toshiba Medical Systems) los factores utilizados fueron 230 mAs y Kv de 120. En el equipo de tomografía Helicoidal (Xpress-HS1 de Toshiba Medical Systems), los factores utilizados fueron mAs 150 y Kv de 120. En el equipo de Tomografía Multicorte Somatom 40 de (Siemens) se utilizaron mAs de 360 y Kv de 120 con dosis de 51 mGy, y con el actual equipo de TCM (Somatom 64 de Siemens) utilizando el programa de cuidado de dosis (CARE Dose 4D) se utilizan 141 mAs, 120Kv con una dosis de 22 mGy<sup>18,21</sup> (Figuras 1-4).

### Riesgo al agente anestésico

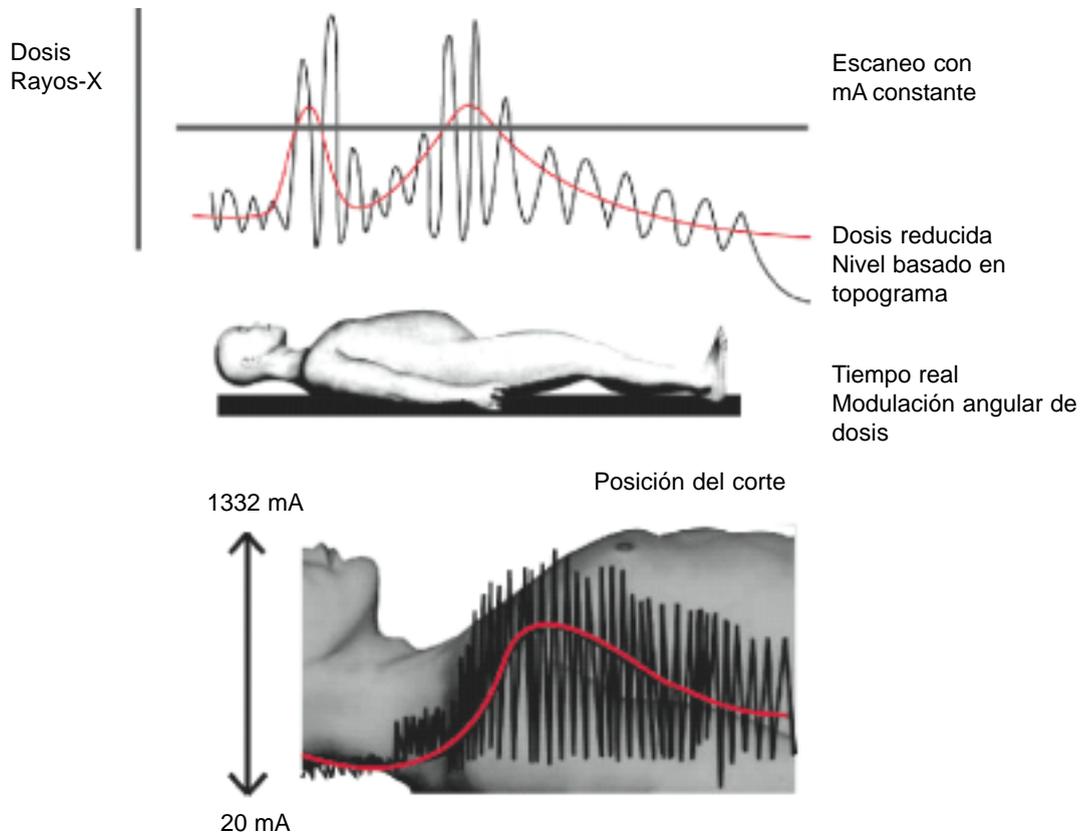
Cualquier medicación, aun en dosis apropiadas puede causar depresión profunda, hipoventilación, hipoxia y paro cardiorrespiratorio. Por lo anterior es importante saber distinguir el grado de sedación para el manejo de la vía aérea y de los reflejos protectores.<sup>22-24</sup>

### Riesgo al medio de contraste

Las *reacciones adversas* (seudoalérgicas) agudas con la administración de medios de contraste No-lónicos por vía intravenosa son raras. Como en la población del adulto, la mayoría de las reacciones pe-



**Figura 1.** Modulación en tiempo real con CARE Dose 4D. CARE Dose 4D proporciona un flujo de trabajo completamente automatizado de la modulación de la dosis de radiación, diseñado para proporcionar la dosis más baja posible, con la mejor calidad de la imagen. Además, puede alargar la vida del tubo: factores importantes para mejorar la eficacia y bajos costos. Para los estudios cardiacos, se modula la dosis para aplicar la óptima durante la diástole y solamente 20 por ciento están aplicados durante el resto de las fases. Con opciones tales como Hand Care, la dosis al Radiólogo durante exámenes también se reduce al mínimo (CARE SOLUTIONS Good News for the Bottom-line. SOMATOM Sessions 15.17. No.15/December 2004.RSNA-Edition.Nov. 28th-Dec. 3rd, 2004).



**Figura 2.** CT-Scan con CARE Dose 4D. Considerando las dimensiones externas de los pacientes y aparentemente el tamaño, CARE Dose 4D analiza la anatomía del cruce-seccional en tiempo real y ajusta la dosis emitida de rayos X, que provee por consiguiente una calidad excelente de la imagen a la exposición reducida al mínimo. Kalra MK, BradyTJ. CARE Dose 4D. New Technique for Radiation Dose Reduction. Discussion of fundamental basis, clinical applications and advantages of automatic exposure control techniques, with particular emphasis on the CARE Dose4DTM technique. SOMATOM Sessions 19.28-31. No 19/November 2006.RSNA-Edition.Nov. 26'h-Dec. 1st, 2006.

diátricas son leves; sin embargo, las reacciones severas suelen presentarse.<sup>25</sup> En la administración de medios de contraste es importante considerar la *extravasación* debido al uso extenso de las técnicas dinámicas del bolo con los inyectores de poder. En 5.280 inyecciones de material del contraste, se han observado extravasaciones en un 0.2%, utilizando un índice de inyección de 1 o 2 mL/sec.<sup>26</sup>

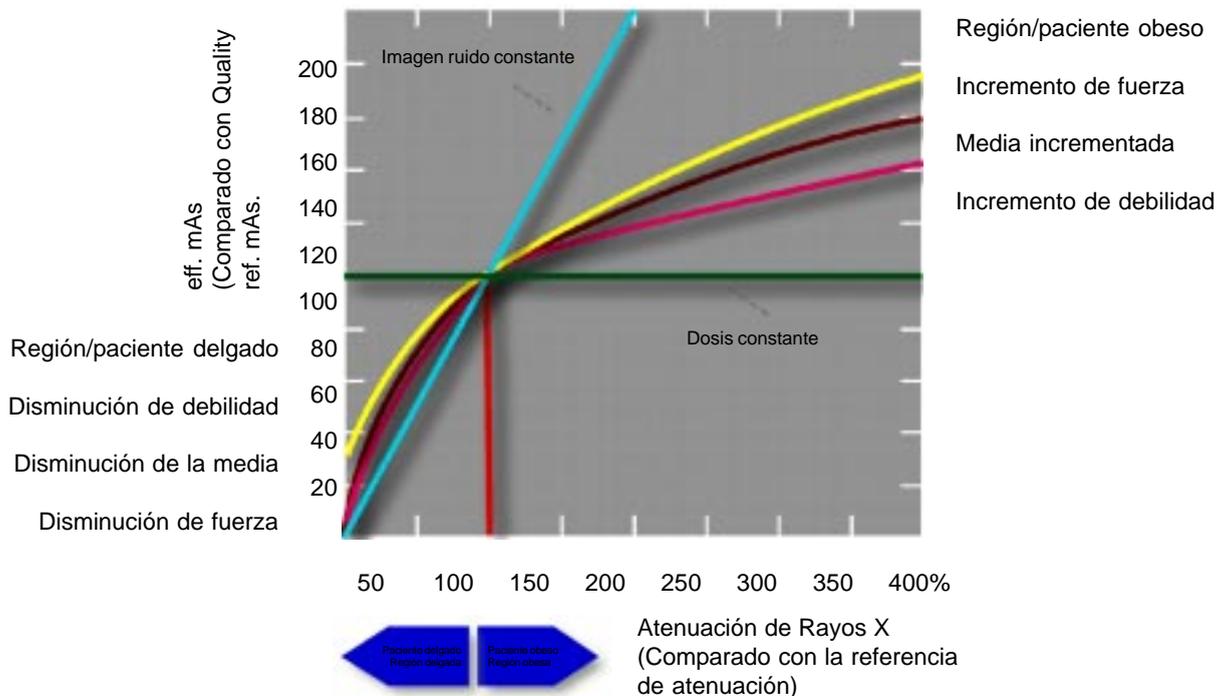
En un estudio con 69,657 pacientes, se observó la extravasación en 475 (0.7%) 280 mujeres, 162 hombres; edad media, 57 años y 17 niños. Los volúmenes de extravasación se observaron de 3 a 150 mL. La sintomatología consistió en hinchazón y/o dolor. Quince niños no tenían ningún efecto nocivo, uno tenía efectos nocivos moderados, y uno tenía una complicación severa (18 mL de material del contraste extravasado en el brazo, causando plexopatía braquial. La mayoría de las lesiones por extravasación se resuelven sin efectos nocivos; sin embargo, se han mencionado lesiones severas de la extravasación después de la administración de los materiales iónicos y no iónicos del kontras-

te, y esto ha dado lugar a la pérdida y al compromiso neurovascular y musculoesquelético del tejido fino. La interconsulta con cirugía plástica es obligada y los procedimientos quirúrgicos múltiples pueden ser necesarios para tratar estas complicaciones en algunos pacientes. Actualmente existe un aditamento para los inyectores que permiten detectar la extravasación del MC, el XDS™, que es un accesorio para el inyector Stellant para TC, previene la extravasación leve, moderada o severa.<sup>27</sup>

También debemos considerar dentro de las recomendaciones generales para mejorar la práctica de la pediatría, el punto No.5; *Efectuar diagnóstico y tratamiento oportunos; Evitar el abuso de auxiliares de diagnóstico, laboratorio y gabinete.*<sup>28</sup>

### Conclusión

Las deficiencias actuales de la historia clínica y de la exploración física del paciente frente a la imagenología, la generalización de una medicina defensiva que teme las consecuencias médico-legales de no utilizar



**Figura 3.** Efectos de modulación de fuerzas en dosis de radiación para pacientes delgados y obesos. Con CARE Dose 4D, el sistema utiliza un algoritmo avanzado para adaptar la corriente del tubo de modo que el usuario consiga la calidad deseada de la imagen para todos los pacientes, delgados a obesos. Las preferencias individuales en común de incremento y disminución en el tubo. Kalra MK, BradyTJ. CARE Dose 4D.New Technique for Radiation Dose Reduction. Discussion of fundamental basis, clinical applications and advantages of automatic exposure control techniques, with particular emphasis on the CARE Dose 4DTM technique. SOMATOM Sessions 19.28-31. No 19/November 2006.RSNA-Edition.Nov. 26<sup>th</sup>-Dec. 1st, 2006

**Cuadro I.** TC Cráneo mAs/Kv,CARE Dose,mGy.

TC 600 XT Toshiba Medical Systems	Helicoidal Xpress-HS1 Toshiba medical systems	Somatom 40 SIEMENS	Somatom 64 SIEMENS	Care DOSE
mAs 230	mAs 150	mAs 380 mGy = 51	mAs 360	mAs 141 mGy = 22.16
Kv 120	Kv 120	Kv 120	Kv 120	Kv 120

exploraciones de imagen como la TC, la incorrecta justificación clínica de las radiografías y la tendencia a solicitar varios exámenes radiológicos combinados para establecer el diagnóstico, son algunas de las causas del aumento actual de las exploraciones de radiología e imagen y de la mayor exposición a la radiación ionizante a la que son sometidos los pacientes atendidos en los hospitales y centros radiológicos de nuestro país.

Al plantear la valoración de la exposición a la radiación, casi un tercio de los exámenes radiológicos que se

realizan en los servicios de radiodiagnóstico son total o parcialmente inadecuados. Las causas fundamentales de esta exposición innecesaria a la radiación han sido comentadas en los párrafos anteriores. Cabe señalar que en los exámenes radiográficos, la dosis de radiación es estimada por un cálculo que implica una medida física real multiplicada por varios factores que son generados por las simulaciones de Monte Carlo que usan representaciones matemáticas del cuerpo humano.

Los métodos de imagen como lo son los exámenes complementarios se han convertido en parte habitual

de la práctica médica, y se justifica porque las ventajas que representan para el paciente supera los riesgos a la radiación. Sin embargo, ni siquiera las pequeñas dosis de radiación están totalmente exentas de producir daño. Una pequeña parte de las mutaciones genéticas y de las neoplasias malignas pueden atribuirse a la radiación natural de fondo. Las exploraciones radiológicas son la causa principal de exposición a la radiación artificial, y constituyen aproximadamente un 50% de la dosis que las personas reciben por radiación de fondo (natural).<sup>9</sup>

Las recomendaciones internacionales establecen que todos los responsables del uso de imágenes médicas deberán reducir la exposición innecesaria de los pacientes a la radiación.

Todas las organizaciones y las personas que utilizan radiación ionizante con fines médicos tienen que cumplir estas recomendaciones. Una manera importante de reducir la dosis de radiación es no realizar pruebas complementarias innecesarias (en particular, repetir exploraciones). La dosis efectiva de una exploración radiológica es la suma ponderada de las dosis que reciben diversos tejidos corporales, en la que el factor de ponderación de cada tejido depende de su sensibilidad relativa al cáncer inducido por la radiación o a efectos hereditarios graves.

Con ello se obtiene una estimación de dosis única, que guarda relación con el riesgo total debido a la radiación, al margen de cómo se distribuya esta dosis de radiación en el cuerpo.<sup>9</sup> En México desconocemos el total de TC realizadas; sin embargo, debemos concienciar a los clínicos y mencionar que cerca de un tercio de todas las exploraciones de TC en los EUA no están justificadas por necesidad médica, y *parece ser probable que 35 quizás 20 millones de adultos y más importantemente crucial, más de 1 millón de niños por año, se está irradiando innecesariamente* **1**

El miedo de la carcinogénesis por exámenes diagnósticos con radiografías (Ej., TC) se ha propagado, pero es injusto. Es poco ético aprovisionar de combustible la ansiedad con hipótesis discutibles. Los conceptos actuales de la protección contra la radiación se deben basar en hechos y en los conceptos constantes con resultados científicos actuales. Los efectos biológicos del informe VII de la radiación de ionización (BEIR) y el de la Comisión internacional en la protección radiológica (ICRP) recomendaron el uso del Modelo lineal de ningún-umbral (LNT).<sup>29</sup>

Los riesgos del cáncer observados en los sobrevivientes japoneses de la bomba atómica y en muchos médicamente y ocupacional expuestos en dosis bajas o moderadas son generalmente estadísticamente compatibles.<sup>30</sup>

### **Implicaciones para el cuidado del paciente**

Las estimaciones acumulativas paciente-específicas del riesgo de la radiación pueden informar a decisiones

del riesgo-ventaja en equilibrio con la presentación clínica de un individuo y a las ventajas anticipadas de la proyección de imagen recurrente. La identificación de pacientes con los índices más altos de la proyección de imagen recurrente puede ayudar a enfocar esfuerzos de la protección contra la radiación donde están los más necesarios.

Las medidas de reducir la utilización de TC incluyen la adopción de modo general, de los métodos para reducir la dosis de cada examen incluyendo los progresos técnicos (tales como modulación actual automatizada del tubo, filtros y colimación adaptada, la selección del parámetro de la proyección de imagen (potencial del tubo, corriente del tubo o ambas), modificaciones del protocolo (reduciendo cobertura duplicada las regiones), y la utilización de los niveles de dosis estandarizados de la referencia.<sup>31</sup>

### **Estrategias para la reducción de los riesgos de la dosis de la radiación para TC pediátrica**

Para los pediatras que consideran los riesgos y las ventajas de realizar un estudio de TC de un niño, se recomiendan las estrategias siguientes de la dosis-reducción de la radiación. Estas estrategias podían formar la base para el diálogo creciente con los Radiólogos y los técnicos de TC en los centros de la proyección de imagen. La recomendación trata del cuidado a largo plazo para los niños que experimentaron estudios de TC y han venido a la edad adulta.

1. Evite las examinaciones innecesarias. Se ha estimado que aproximadamente una mitad de todos los estudios pediátricos de TC pueden ser prevenidos.
2. Considere utilizar modalidades alternativas de la proyección de imagen, tales como RM y Ultrasonido, cuando la situación clínica lo permite.
3. Confirme los protocolos de radiación-reducción pediátricos al mínimo de la TC. Confirme que los parámetros de la exposición de TC (IE, mA, kVp, grosor del corte, posición, y velocidad de la mesa) están ajustados para pacientes pediátricos.
4. Realice los estudios enfocados de TC limitando el campo visual al área específica del cuerpo. Por ejemplo, las exploraciones abdominales de TC no siempre requieren la inclusión de la pelvis.
5. El contraste intravenoso polifásico se estudia obteniendo estudios poscontraste solamente, porque raramente existe la necesidad de un estudio comparativo del precontraste. La reducción resultante en dosis de la radiación es el 50%.
6. Insista que todos los especialistas y/o consultores, especialmente del Departamento de Urgen-

cias, evalúen a los pacientes antes de que se indique la TC.

7. Estimule el desarrollo de un sistema para cuantificar y documentar la exposición de radiación médica acumulada de ionización (especialmente de estudios de TC) en el expediente médico de un niño, para que esté disponible en el cuidado del adulto pediátrico y a futuro para la vigilancia durante estudios anuales de la salud.<sup>32</sup>

Medidas preventivas para reducir la exposición a la radiación ionizante llevadas a cabo en el departamento de TC del Hospital General de México.

1. En pacientes internos revisión del expediente clínico y verificación del historial de estudios diagnósticos en el hospital.
2. Revisión de la forma de consentimiento informado en pacientes internos y externos.
3. Propuesta a los clínicos de otros procedimientos diagnósticos.
4. Eliminación del escáner.
5. Planeación del estudio en tiempos de administración de contraste y exposición a la radiación Ej. Fase arterial, fase portal, fase venosa, etc.
6. Administración de anestesia en pacientes no co-operadores.
7. Anotación de la cantidad de radiación en mSv de cada paciente.

## Referencias

1. Brenner DJ, Hall EJ, Phil D. Computed Tomography-An Increasing Source of Radiation Exposure. *N Engl J Med* 2007; 357: 2277-84.
2. Mondaca AR. Por qué reducir las dosis de radiación en pediatría. *Revista Chilena de Radiología* 2006; 12(1): 28-32.
3. Brody AS, Frush DP, Huda W, Brent RL. Radiation Risk to Children From Computed Tomography. *Pediatrics* 2007; 120(3).
4. Chao CHP, Zaleski CHG, Patton AC. Neonatal Hypoxic-Ischemic Encephalopathy: Multimodality Imaging Findings. *RadioGraphics* 2006; 26: S159-S172.
5. Benz MG, Benz MW. Reduction of Cancer Risk Associated With Pediatric Computed Tomography by the Development of New Technologies *Pediatrics* 2004; 114: 205-9.
6. Parry R. Typical Patient Radiation Dose in Diagnostic Radiology. *Radiographics* 1999; 19: 1289-302.
7. Brenner E. Estimated Radiation Risks Potentially Associated with Full-Body CT Screening. *Radiology* 2004; 232: 735-8.
8. Frush D. Computed Tomography and Radiation Risks: What Pediatric Health Care Providers Should Know. *Pediatrics* 2003; 112(4): 951-7.
9. Guía de indicaciones para la correcta solicitud de pruebas de diagnóstico por imagen. Protección radiológica 118. National Radiological Protection Board; 2001.
10. Protection of the Patient in X-ray Computed Tomography (ISBN 0 85951 345 8). London: HMSO; 1992.
11. Guía de indicaciones para la correcta solicitud de pruebas de diagnóstico por imagen. Protección radiológica 118. National Radiological Protection Board; 2001.
12. Protection of the Patient in X-ray Computed Tomography (ISBN 0 85951 345 8). London: HMSO; 1992.
13. ES American College of Radiology White Paper on Radiation Dose in Medicine. *J Am Coll Radiol* 2007; 4: 272-84. Copyright © 2007 American College of Radiology.
14. Brenner DJ, Elliston CD, Hall EJ, Berdon WE. Estimated Risks of Radiation Induced Fatal Cancer from Pediatric CT. *AJR* 2001; 176.
15. Calvo-Villas JM, Guillén Mesa L, Robayna BFF, Gardachar Alarcia JL, Rivera del Valle E, Olivares Estupiñán O. Exposición a Estudios Radiológicos en Pacientes con Patologías Médicas en un Hospital General. *Medicrit* 2007; 4(2): 44-53.
16. Larson DB, Rader SB, Forman HP, Fenton LZ. Informing Parents About CT Radiation Exposure in Children: It's ok to tell them. *AJR* 2007; 189: 271-5.
17. McCollough CH, Bruesewitz MR, Kofler JM. Dose Reduction and Dose Management Tools: Overview of Available Options. *RadioGraphics* 2006; 26: 503-12.
18. Tsapaki V. Dose Reduction in CT while Maintaining Diagnostic Confidence: Diagnostic Reference Levels at Routine Head, Chest, and Abdominal CT-IAEA-coordinated Research Project. *Radiology* 2006; 240(3).
19. Zankl M, et al. report 30/91. The calculation of Dose from External Photon Exposures Using Referent Human Phantoms and Monte Carlo Methods.
20. Nagel HD. Radiation Exposure in Computed Tomography. COCIR c/o ZVEI, Stresemannallee 19, D-60596, Frankfurt, Alemania.
21. McKenna LA, Wunsch S. Improved Efficiency with CARE Solutions. SOMATOM Sessions. Issue No.16/june 2005.
22. Barash P, Cullen B, Stoelting R. Clinical Anesthesia. Anesthesia provided at alternate sites. Ed. Lippincott Williams and Wilkins; 2006, 1331-45.
23. Kirby R, Granstein N. Clinical Anesthesia Practice. Radiologic procedures. Ed. W.B. Saunders Company; 2003, p. 988-1001.
24. A.S.A. Inc. 54 Annual Refresher Course Lectures and Clinical Update Program; 2003.
25. Dillman JR, Strouse PJ, Ellis JH, Cohan RH, Jan SC. Incidence and Severity of Acute Allergic-Like Reactions to IV Nonionic Iodinated Contrast Material in Children. *AJR* 2007; 188: 1643-7.
26. Cohan RH, Ellis JH, Garner WL. Extravasation of Radiographic Contrast Material: Recognition, Prevention, and Treatment. *Radiology* 1996; 21: 593-604.
27. Wang CL, Cohan RH, Ellis JH, Adusumilli S, Dunnick NR. Frequency, Management, and Outcome of Extravasation of Nonionic Iodinated Contrast Medium in 69,657 Intravenous Injections. *Radiology* 2007; 243(1).
28. Sánchez-González JM. Recomendaciones generales para mejorar la práctica de la pediatría. *Bol Med Hosp Infant Mex* 2004; 456-8.
29. Tubiana M, Feinendegen LE, Yang Ch, Kaminski JM. The Linear No-Threshold Relationship is Inconsistent with Radiation Biologic and Experimental Data. *Radiology* 2009; 251(1).
30. Little MP, Wakeford PR, Tawn EJ, Bouffler SD, de Gonzalez AB. Risks Associated with Low Doses and Low Dose Rates of Ionizing Radiation: Why Linearity May Be (Almost) the Best We Can Do. *Radiology* 2009; 251(1).
31. Sodickson A, et al. Recurrent CT, Cumulative Radiation Exposure, and Associated Radiation-induced Cancer Risks from CT of Adults. *Radiology* 2009; 251(1).
32. Benz MG, Benz MW. Reduction of Cancer Risk Associated With Pediatric Computed Tomography by the Development of New Technologies. *Pediatrics* 2004; 114: 205-9.

*anales de*  
**RADIOLOGÍA**  
MÉXICO

**Les invita a visitar la página web**

**de la Sociedad Mexicana de Radiología e Imagen, A.C.**

**[www.smri.org.mx](http://www.smri.org.mx)**

