

## Importancia del índice de dosis en tomografía computarizada (CTDI) para la protección radiológica de los pacientes sometidos a estudios tomográficos

### Importance of the dose index in computed tomography for the radiological protection of patients submitted to tomographic studies

FREDDY J. GÓMEZ GRANCE<sup>1,2</sup> & YAMILA L. RODRIGUEZ ZÁRATE<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Laboratorio de Ciencias Radiológicas e Imagenología. <sup>2</sup>Email: [fjgrance@yahoo.com](mailto:fjgrance@yahoo.com)

**Resumen:** La Tomografía Computarizada (CT) es un procedimiento radiológico que utiliza radiación ionizante para obtener imágenes transversales de alta calidad del cuerpo explorado, dichas imágenes son reconstruidas mediante software que a su vez informa el valor del Índice de Dosis en Tomografía Computarizada (CTDI), con el cual se puede estimar la dosis absorbida por el paciente. La presente revisión del estado del arte tiene como objetivo: Analizar la importancia de los reportes del CTDI en los estudios Tomográficos, para la Protección Radiológica del paciente. La metodología empleada en esta investigación se basa en un estudio descriptivo, de corte transversal y retrospectivo, pues se limitó a la búsqueda exhaustiva de informaciones relacionadas a la Protección Radiológica del Paciente y la Dosis entregada por los Tomógrafos. Una vez recolectados y procesados los datos bibliográficos, se realizó una evaluación de cada artículo encontrado, con el objeto de emitir una opinión concluyente sobre la importancia del CTDI, en tal sentido observamos la mayor cantidad de publicaciones dedicadas a la determinación del CTDI y no a la evaluación de las dosis efectivas, además de encontrarse accidentes referentes a sobre exposición durante un estudio tomográfico. Por lo que concluimos que mediante el conocimiento del CTDI se logra identificar rangos de dosis que sobrepasen los valores de referencias, estimar el riesgo biológico asociado a una exploración mediante el cálculo de dosis efectiva y optimizar los protocolos empleados para poder garantizar la Protección Radiológica de los pacientes, evitando así accidentes o incidentes en los servicios de Radiodiagnóstico.

**Palabras Clave:** *Tomografía Computarizada, CTDI, Protección Radiológica.*

**Abstract:** Computed Tomography (CT) is a radiological procedure that uses ionizing radiation to obtain high-quality cross-sectional images of the scanned body. These images are reconstructed using software that in turn informs the value of the Computed Tomography Dose Index (CTDI), with which can estimate the absorbed dose by the patient. The present review of the state of the art aims to: Analyze the importance of CTDI reports in tomographic studies, for the Radiological Protection of the patient. The methodology used in this investigation is based on a descriptive, cross-sectional and retrospective study, since it was limited to the exhaustive search of information related to the Radiological Protection of the Patient and the dose delivered by the CT. Once the bibliographic data was collected and processed, an evaluation of each article found was made, in order to issue a conclusive opinion about the importance of the CTDI, in this sense we observed the largest number of publications dedicated to the determination of the CTDI and not to the evaluation of effective doses, in addition to finding accidents related to overexposure during a tomographic study. Therefore, we conclude that by knowing the CTDI, it is possible to identify dose ranges that exceed the reference values, estimate the biological risk associated with an exploration by calculating the effective dose and optimize the protocols used to guarantee the Radiological Protection of the patients, thus avoiding accidents or incidents in the Radiological services.

**Key Words:** *Computed Tomography, CTDI, Radiological Protection.*

### Introducción

La Tomografía Computarizada (CT) es un procedimiento radiológico que utiliza radiación ionizante para obtener imágenes transversales de alta calidad del cuerpo explorado, dichas imágenes son

reconstruidas mediante softwares (Passariello & Mora, 1995).

La técnica de CT es considerada como el procedimiento radiológico con mejores posibilidades de diagnóstico, que otros métodos Imagenológicos,

Recibido: 06/12/2018    Aceptado: 27/12/2018



esto se debe a que las imágenes obtenidas son de alta calidad (Lewitt et al., 2003).

La dosis utilizada en los equipos de CT para la adquisición de las imágenes son mayores en comparación a otros equipos convencionales (Equipos de Rayos X, Mamografía, Densitometría Osea). Y según un estudio de la National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP-160), llevado a cabo en Estados Unidos, muestra que la exploración con CT no son las pruebas médicas más frecuentemente solicitadas, pero son las que generan más dosis absorbida al paciente, contribuyendo en casi el 50% de la dosis impartidas en las prácticas médicas.

El estudio de la dosis absorbida en Tomografía Computarizada se realiza mediante los descriptores de dosis con los cuales se estiman la dosis recibida por el paciente en la exploración. En todos los exámenes realizados con CT se visualizan los descriptores de dosis: CTDI volumétrico (CTDIvol) y el producto dosis longitud (DLP) para cada paciente, en el monitor de la consola y se almacenan en un rubro denominado “protocolo del paciente” o “información de dosis” (Mendizábal, 2012).

Por lo anterior este trabajo tiene como finalidad el análisis bibliográfico de la importancia que tiene el CTDI en estudios Tomográficos para la Protección Radiológica de los Pacientes.

### Materiales y métodos

La metodología para la revisión del estado del arte, fue descriptiva y retrospectiva, y llevada a cabo desde agosto a noviembre del 2017. Las informaciones se obtuvieron de libros, artículos científicos y tesis (fuentes primarias y secundarias), de bases de datos: Scielo, Cicco, MedicLatina, ScienceDirect.

La búsqueda se limitó a documentos en inglés y español. Se analizaron los títulos y resúmenes de cada artículo encontrado, estudiando la relevancia para acceder a los textos completos y de esta manera poder describir el conocimiento actual sobre el tema de investigación.

Una vez recolectadas y procesadas las informaciones, se realizó una discusión sobre los puntos

referentes a la Protección Radiológica del Paciente y la Dosis entregadas por los tomógrafos, para poder dar una opinión de las mismas y de esta manera obtener resultados que permita cumplir con los objetivos trazados.

### Resultados y discusión

Con la revisión del estado del arte se logra obtener las siguientes informaciones, que permiten asentar la importancia que tiene el conocimiento del CTDI.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) Publicación 105 (2011), menciona que en las exposiciones médicas de los pacientes:

*“No se aplica los límites de dosis ya que la radiación ionizante, utilizada en el nivel apropiado de dosis con un objetivo médico particular, es una herramienta esencial que causará más beneficio que daño”*(Comisión Internacional de Protección Radiológica [ICRP], 2011).

Dicha premisa se basa en los beneficios obtenidos, tanto en diagnóstico como en el tratamiento de enfermedades con radiaciones ionizantes, en donde se ha observado que el beneficio que recibe el paciente es mayor al daño que pudiera recibir. Por tal motivo toda práctica médica en Tomografía Computarizada debe estar justificada y optimizada para que la dosis utilizada garantice los esperados beneficios médicos.

En consecuencia la aplicación de los principios de Optimización y Justificación puede lograr evitar exposiciones potenciales y accidentales, los cuales son altamente probables sin el manejo adecuado de los parámetros técnicos, ya que si la exposición a los rayos X implica dosis altas de radiación, el paciente podría sufrir algún efecto determinístico, como se muestra en la Figura 1.

El efecto observado en la Figura 1, comprueba que una mala utilización de los parámetros técnicos y el desconocimiento de los descriptores de dosis, derivan en accidentes radiológicos. Lo expuesto se sustenta con publicaciones realizadas por diferentes grupos de investigadores como el de Jiménez *et al.*, s.f.; quienes midieron los descriptores de dosis de CT y evaluaron las dosis recibidas por pacientes



**Figura 1.** Pérdida de cabello (Alopecia) en pacientes que recibieron sobredosis de radiación. (Fuente: The New York Times, 2010).

adultos y pediátricos expuestos a examen de Tomografía Computarizada de cráneo, tórax y abdomen en dos centros hospitalarios de Radiodiagnóstico.

Para evaluar las dosis efectivas recibidas por los pacientes, dichos investigadores determinaron el CTDI<sub>w</sub> (ponderado) y DLP, teniendo en cuenta los

parámetros técnicos y los protocolos de exámenes empleados, obteniendo de esta manera los valores mostrados en la Tabla 1.

Mediante estos valores (Tabla 1) concluyeron que:

*“No existen diferencias entre los parámetros técnicos empleados para un mismo procedimiento en los distintos grupos de edades, lo que provoca el aumento de la probabilidad de exposición innecesaria de niños a altas dosis de radiación”* (Jiménez, *et al.*, s.f).

Con la conclusión obtenida por los investigadores se observa que: los centros médicos no ajustan los parámetros técnicos para obtener una imagen tomográfica de sus pacientes, en especial para la población pediátrica, evidenciando que los niños reciben mayor dosis efectiva. Por ello es conveniente conocer los CTDI y los parámetros técnicos utilizados que influyen en la cantidad de dosis administrada al paciente para optimizar los protocolos empleados.

En otra investigación realizada por Vergara, *et al.* (2003): se realizó la optimización de los protocolos empleados, mediante la reducción de la corriente del tubo (mAs), eliminación de cortes de bajo rendimiento diagnóstico, incorporación de información diagnóstica ausente y la eliminación del uso de contraste. El protocolo optimizado de esta manera logró reducir las dosis al paciente, hasta el 50% de sus valores originales, sin disminuir la calidad diagnóstica de la imagen.

Lo anterior demuestra la necesidad de controlar los protocolos empleados, para poder excluir estudios innecesarios, donde el diagnóstico no amerite su realización, y que modificando los parámetros técnicos de exploración en este caso el mAs, se logra disminuir significativamente la dosis al paciente, sin comprometer la calidad de imagen.

Otro estudio realizado por Andisco, *et al.* (2010), consistió en determinar cuales son los protocolos habitualmente utilizados en estudios de CT en una institución determinada, y luego modificando los mismos parámetros que Vergara, *et al.* (2003), lograron obtener el siguiente resultado:

**Tabla 1.** Valores medios de las magnitudes dosimétricas calculadas por rango de edad y centro de salud. ND = no disponible. (Fuente: Jiménez, *et al.*, [s.f].)

Centro	Edad	Cráneo			Tórax			Abdomen		
		CTDIw (mGy)	DLP (mGy.cm)	E (mSv)	CTDIw (mGy)	DLP (mGy.cm)	E (mSv)	CTDIw (mGy)	DLP (mGy. cm)	E (mSv)
A	0-1	23,3	276	3,03	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
	1-5	23,3	284,4	1,90	13,9	201,5	5,24	6,1	105,0	3,15
	5-10	23,3	285,5	1,42	N/D	N/D	N/D	6,1	134,6	2,69
	10-15	23,3	287,8	0,92	13,9	284,9	3,70	10,8	329,5	4,94
B	Adultos	15,6	171,2	0,36	14,3	400,4	5,65	10,8	221,8	3,32

*“Reducción de las dosis entre un 20% a un 30%, sin perder la calidad diagnóstica ni presentar inconvenientes para el diagnóstico al grupo médico que trabaja en la institución”* (Andisco, *et al.*, 2010).

Se debe tener en cuenta que optimizar no solo significa reducir la dosis, sino emplear una dosis razonable que garantice obtener una buena calidad de imagen para el diagnóstico. Sin embargo, esto se puede lograr, no solo con el cambio del mAs, sino que también con la modificación de parámetros que inciden de manera directa, en la calidad de la imagen, como ser: kVp, pitch, CAE, etc.

Por tal motivo, se considera necesario que luego de optimizar los protocolos, se realicen los controles de calidad de las imágenes, para verificar su confiabilidad en el momento de la evaluación clínica por parte del grupo médico.

Para estimar las dosis recibidas por los pacientes las Guías Europeas de Criterios de Calidad (TCDM) para CT del año 2008 y la Asociación Americana de Físicos Médicos (AAPM) recomiendan:

*“Utilizar el valor del DLP multiplicado por un factor constante “K”, para determinar las dosis efectivas en exploraciones tomográficas.”* (American Association of Physicists in Medicine [AAPM], 2008).

Dicha constante K fue calculada por TCDM y la AAPM reportando valores que difieren en al menos

10%. En un artículo publicado por Mendizábal (2012), la autora calcula la dosis efectiva utilizando la constante que recomienda la AAPM para un niño de 10 años, cuyo DLP es 630 mGy.cm y el valor K (AAPM)= 0,0042 mSv/mGy.cm, siendo la dosis efectiva igual a 2,64 mSv.

La k propuesta por las Guías Europeas (TCDM) no puede ser utilizada en este ejemplo, debido a que estos solo tienen en cuenta la radiosensibilidad de un paciente adulto. Sin embargo la k propuesta por la AAPM, fue calculada teniendo en cuenta la edad, sexo y tamaño de los pacientes, y se muestra en la Tabla 2.

Observaciones realizadas por D. Granados (2016) en un Tomógrafo Siemens-Sensation 64, del Hospital Universitario Río Ortega de Valladolid (HURH) en un paciente de 26 años de edad, visualizo en la consola del equipo el valor de DLP igual a: 756 mGy·cm, el cual es utilizado para determinar las dosis efectivas.

Mediante el uso del DLP y las constantes K estimadas por los diferentes grupos, se pudo demostrar que los valores de dosis efectiva difieren según el siguiente ejemplo:

$$E (AAPM) = 756(mGy \cdot cm) \times 0,0021(mSv/mGy \cdot cm) = 1,5876mSv.$$

$$E (TCDM) = 756(mGy \cdot cm) \times 0,0023(mSv/mGy \cdot cm) = 1,7388mSv. (Granados, 2016)$$

Por todo lo mencionado y como lo indica Wintermark & Lev.

**Tabla 2.** Dosis efectiva normalizada por producto dosis-longitud (DLP) para adultos (de tamaño estándar) y pacientes pediátricos de varias edades en varias regiones del cuerpo. (Fuente: APPM, 2008).

Región del cuerpo	k (mSv / mGy. cm)				
	0 años	1 años	5 años	10 años	Adultos
Cabeza y cuello	0.013	0.0085	0.0057	0.0042	0.0031
Cabeza	0.011	0.0067	0.0040	0.0032	0.0021
Cuello	0.017	0.012	0.011	0.0079	0.0059
Tórax	0.039	0.026	0.018	0.013	0.014
Abdomen y pelvis	0.049	0.030	0.020	0.015	0.015
Tronco	0.044	0.028	0.019	0.014	0.015

*“Los radiólogos y tecnólogos deben estar familiarizados con los índices de dosis que normalmente se muestran en la consola del escáner de CT. Estos índices incluyen el índice volumétrico de dosis de CT (CTDIvol) y el producto de dosis-longitud (DLP)”* (Wintermark & Lev, 2010).

Los radiólogos deben conocer el CTDIvol y el DLP, y lo importante que es el reporte de los mismos para conocer las dosis absorbidas, estimar los posibles riesgos de una sobre exposición que causaría efectos biológicos determinísticos y aplicar los Principios de Protección Radiológica.

Lo anterior fue enfatizado por Wintermark & Lev en el siguiente párrafo:

*“Los radiólogos tienen la responsabilidad ante sus pacientes, de educar a sus colegas clínicos, sobre la trascendencia de considerar las dosis de radiación como un indicador importante para determinar si un estudio de imagen está justificado, especialmente cuando pueden ser necesarios varios estudios CT o estudios fluoroscópicos durante una sola admisión”* (Wintermark & Lev, 2010).

Para cumplir con la responsabilidad anteriormente citada, es necesario que los médicos radiólogos y licenciados radiólogos, estén capacitados, tengan información continua y creciente respecto a las dosis de radiación y su implicancia en la salud y Protección Radiológica del paciente.

Por otra parte, la optimización de la práctica médica implica el trabajo multidisciplinario para el conocimiento de la dosis de radiación, su medición, y correcta aplicación en el servicio médico de Tomografía Computarizada, para de esta manera reducir los incidentes y evitar los accidentes radiológicos.”

Experiencias recientes refuerzan los argumentos relacionados con la aplicación de la optimización, la justificación y las dosis de referencia que deben implementarse en las instalaciones médicas, en ese sentido la falta de estos pilares de la Protección Radiológica ocasionó el siguiente reporte de accidentes en CT: en el 2009 la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA), emitió una notificación en donde:

*“En un hospital estadounidense, fueron sometidos un total de 385 pacientes a estudios de perfusión cerebral por CT que sufrieron posteriormente alopecia (pérdida de cabello) limitada en la zona de exploración. Debido a ajustes incorrectos en la consola del escáner de CT”* (Wintermark & Lev, 2010).

Otro reporte fue lo ocurrido en el Hospital de la Comunidad de MadRiver (Figura 2) en donde:

*“Un niño de 23 meses recibió una sobreexposición luego de varias CT de cabeza y cuello, las consecuencias fueron quemaduras por irradiación en las mejillas y alrededor de la cabeza y el cuello”*



**Figura 2.** Quemaduras por irradiación. (Fuente: The New York Times, 2009).

(Johnston, 2008).

Las lecciones aprendidas de estos accidentes concluyeron que el evento iniciador fue causado por desconocimiento de la importancia de los médicos prescriptores de dosis por parte de los operadores del equipo de CT.

### Conclusión

Luego de recopilar información en artículos y publicaciones científicas, se observó que existen más publicaciones en donde se determina el CTDI y no se evalúa la dosis efectiva entregada a los pacientes por los equipos de CT, por lo que es necesario entonces, conocer y determinar los descriptores de dosis utilizados (CTDIvol y DLP) en nuestro medio.

La importancia de conocer el CTDIvol y el DLP, radica en la estimación de las dosis entregadas al paciente, las cuales deben encontrarse dentro de los Niveles de Referencias Nacionales comparables con los reportados internacionalmente.

Sin embargo, no se cuenta con dichos niveles de referencia en el país, lo cual consideramos un obstáculo para realizar la optimización de los protocolos empleados, mejorar la calidad de las imágenes tomográficas y de esta manera impartirle al paciente una dosis razonable que garantice el propósito médico.

Otras de las ventajas de la utilización de los

descriptores de dosis es que, mediante el DLP y la constante “k” propuesta por las Guías Europeas o la AAPM, se puede calcular la dosis efectiva que recibe el paciente y con ello conocer el riesgo biológico asociado a la exploración.

Es relevante mencionar que los operadores de los equipos de CT, deben estar entrenados y capacitados para la correcta utilización de los parámetros técnicos (mAs, kVp, pitch), ya que éstos influyen en los valores de CTDI que, a su vez, influyen en la calidad de la imagen.

Se podrá minimizar la probabilidad de exposiciones accidentales que derivan en efectos biológicos perjudiciales para la salud, con la consecuente reducción de la probabilidad de accidentes en los servicios de Tomografía.

Los accidentes deben servir como ejemplo para tomar conciencia de la importancia que tiene, la implementación de la justificación y la optimización, y además, los operarios deben conocer los indicadores de dosis y así garantizar la Protección Radiológica de los pacientes.

### Literatura citada

- American Association of Physicists in Medicine (AAPM). (2008). Measurement, reporting, and management of radiation dose in CT: report of AAPM Task Group 23.
- Andisco, D., Blanco, S., Buzzi, A., & Ballester, S. (2010). Optimización Interdisciplinaria de Protocolos en Tomografía Computada a partir de la modificación del mA y del control del ruido en la imagen. *Revista Argentina de Radiología*, 74(4), 397-402.
- Bogartz, G., Golding, S. J., Jurik, A. G., Leonardi, M., van Persijn van Meerten, E., Rodriguez, R., y otros. (2004). *European Guidelines for Multislice Computed Tomography. Appendix A MSCT Dosimetry*. Recuperado de [http://www.biophysicssite.com/html/msct\\_quality\\_criteria\\_2004.html](http://www.biophysicssite.com/html/msct_quality_criteria_2004.html)
- Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP). (2011). Publicación 105. Protección Radiológica en Medicina, 1ra ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Sociedad Ar-

- gentina de Radioprotección.
- Granados, D. (2016). *Métodos de Estimación de Dosis a Pacientes en Tomografía Computarizada* (Trabajo de Grado). España: Universidad Valladolid. UVA Biblioteca Universitaria. Recuperado el Septiembre de 2017, de <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/19015>
- Jiménez, M., Machado, A., Otaño, A., Zúñiga, D., Perdomo, J., & Rodríguez, G. (s.f). *Evaluación de la dosis recibida por pacientes adultos y pediátricos en exámenes de tomografía computarizada*. Recuperado el 22 de Septiembre de 2017, de [http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/45/017/45017231.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/45/017/45017231.pdf)
- Johnston, R. (2008). *Arcata medical radiography accident, 2008*. Recuperado el Septiembre de 2017, de <http://www.johnstonsarchive.net/nuclear/radevents/2008USA2.html>
- Lewitt, R.M.; Member, S.; Matej, S. & Member, S. (2003). Overview of Methods for Image Reconstruction From Projections in Emission Computed Tomography. *Proceedings of the IEEE* 91(10), 1588-1611
- Mendizábal, A. L. (2012). Radiación ionizante en tomografía computada: un tema de reflexión. *Anales de Radiología México*, 2, 90-97.
- Passariello, G., & Mora, F. (1995). *Imágenes Médicas: Adquisición, Análisis, Procesamiento e Interpretación* (1era ed.). Venezuela: Universidad Simón Bolívar.
- The New York Times. (2009). Radiation Overdoses Point Up Dangers of CT Scans. Recuperado el 21 de mayo de 2018, de <https://www.nytimes.com/2009/10/16/us/16radiation.html>
- The New York Times. (2010). *After Stroke Scans, Patients Face Serious Health Risks*. Recuperado el 21 de mayo de 2018, de <https://www.nytimes.com/2010/08/01/health/01radiation.html>
- Vergara E, M., Castro S, M., Matas N, J., Arias B, M., Martínez C, G., & Rosales L, J. (2003). *Reduccion de dosis al paciente en TC: un estudio de resultados en la practica clinica*. *Revista Chilena de Radiología*, 9(1), 29-32.
- Wintermark, M., & Lev, M. (2010). FDA Investigates the Safety of Brain. *American Journal of Neuroradiology AJNR*, 31(1), 2-3.