

# Evaluación de Dosis Mediante Descriptores en Tomografía Computarizada Para Pacientes Adultos y Pediátricos

## Dose Evaluation Using Computerized Tomography Descriptors for Adult and Pediatric Patients

Moscoso, J.<sup>1</sup>; Guzmán, C. S.<sup>1,2</sup>; Acosta, N.<sup>3</sup>; Lozada, I.<sup>1</sup> & Kodlulovich, S.<sup>4</sup>

**MOSCOSO, J.; GUZMÁN, C. S.; ACOSTA, N.; LOZADA, I. & KODLULOVICH, S.** Evaluación de dosis mediante descriptores en tomografía computarizada para pacientes adultos y pediátricos. *J. health med. sci.*, 4(2):87-92, 2018.

**RESUMEN:** En los últimos años se ha observado un incremento en el empleo de la tomografía computarizada (TC) como medio de diagnóstico eficiente para diversas patologías, junto con ello, también ha aumentado el riesgo de entregar elevadas dosis de radiación en los pacientes, aumentando el potencial riesgo asociado al examen, especialmente en pacientes pediátricos. En Perú no se han reportado hasta el momento trabajos de evaluación de dosis mediante descriptores (CTDI, DLP, kVp y mAs) en TC, los cuales son magnitudes y unidades de radiación recomendadas por la guía de la Comisión Europea de Criterios de Calidad en TC (EC, 1999) y por el Comité Científico de las Naciones Unidas Sobre los Efectos de la Radiación Atómica (UNSCEAR, 2018), en las regiones cerebral, torácica, abdominal, pélvica y miembros superior e inferior, aplicadas sobre todo en exámenes realizados en pacientes pediátricos. El objetivo de este estudio fue evaluar el riesgo asociado a exámenes de TC en pacientes adultos y pediátricos, a través del análisis de descriptores radiológicos. Para ello, se recopiló datos de 4 instituciones de la ciudad de Lima, Perú, mediante las cuales se analizó y se obtuvo como resultado que un 80 % de técnicas en TC (kVp, pitch y mAs) están dentro de los niveles de referencia, tanto para adultos como para pacientes pediátricos, mientras que se reportó dentro de los niveles de referencia a un 47,8 % los DLP para adultos, un 24 % del DLP para pacientes pediátricos, un 30,2 % del CTDI para adultos y 37,5 % de CTDI para pacientes pediátricos. Los parámetros evaluados serían de niveles orientativos de dosis, su uso se recomienda en las instituciones, especialmente para pacientes pediátricos.

**PALABRAS CLAVE:** tomografía computarizada, nivel referencial diagnóstico, dosis pediátrica.

## INTRODUCCIÓN

El riesgo asociado a la realización de exámenes radiológicos se ha incrementado con el aumento indiscriminado de la dosis entregada en exámenes de tomografía computarizada (TC). Esta situación es de especial cuidado cuando las exploraciones se realizan en pacientes pediátricos debido a que el riesgo de cáncer es relativamente mayor en ellos comparado con los adultos (Beauvais-March *et al.*, 2003). A esto se suma la alta capacidad mitótica (tasa de reproducción celular) en algunos órganos en la edad pediátrica (Tabla I). Sin embargo, el verdadero riesgo de cáncer debido a bajas dosis de radiación aún está en debate (ICRP, 1991; Ramos & Villareal, 2013), es

bien aceptado que la dosis de radiación en radio diagnóstico debe ser reducida para minimizar la probabilidad de que este efecto se produzca.

Las magnitudes empleadas como descriptores en TC (Shope *et al.*, 1981; Nagel, 2000) son:

Índice de Dosis en TC (CTDI), que se define como:

$$CTDI = \frac{1}{T} \int_{-\infty}^{+\infty} D(z) \cdot dz$$

Donde D (z) = la dosis; T = la colimación (es decir, el ancho del haz de radiación).

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Naturales, Escuela Profesional de Física, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.

<sup>2</sup>Centro de Radioterapia de Lima S. A., Lima, Perú.

<sup>3</sup>Hospital Nacional Dos De Mayo, Lima, Perú.

<sup>4</sup>Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), Rio de Janeiro, Brasil.

Índice de Dosis en Tomografía Computada sobre un Volumen (ICRP, 1977; Ramos & Villareal), se define como:

$$CTDI_{VOL} = \frac{NxT}{I} \times CTDI_w$$

Donde N = número de cortes axiales; T = el espesor de cada uno de los cortes expresados en mm; I = es el avance de la camilla entre cortes. En este caso el  $CTDI_{VOL}$  viene definido en función del *Pitch* mediante la expresión:

$$CTDI = \frac{1}{pitch} \times CTDI_w$$

$CTDI_w$  = es la dosis promedio de plano x-y;  $CTDI_{VOL}$  = es la dosis promedio de radiación atribuible a un desplazamiento unitario de la camilla.

Producto Dosis Longitud, que se define como:

$$DLP = \sum_i T_i \times N_i \times CTDI_{100,w,i}$$

Donde la sumatoria se extiende sobre toda la serie de cortes;  $T_i$  = es el espesor de corte nominal;  $N_i$  = es el número de cortes con ese espesor.

Dosis Efectiva. Para estimar el riesgo de llevar a cabo una tomografía en el paciente, se debe tener en cuenta las dosis absorbidas por cada órgano en función de la radiación. Además, en el caso de la TC, es necesario definir factores de peso obtenidos a través de una dosis efectiva normalizada, utilizándose la siguiente fórmula:

$$E = EDLP \times DLP$$

Cabe señalar que estudios hechos por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, 1991), muestran que el riesgo en pacientes pediátricos, por la práctica de estudios con TC, se incrementa por

debajo de los 10 años, y progresa conforme se acerca al periodo neonatal. A ello se le suma el alto desarrollo mitótico en esa edad, especialmente, en algunos órganos como estómago, tiroides, mama, hígado, gónadas y médula ósea (Tabla I).

La dosis de una sola exploración pediátrica puede venir desde (1 mSv a 8 mSv) (National Research Council (US) Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation (Beir, V), 1990). En mujeres, por la presencia de cáncer de mama y de factores hormonales, se duplica el riesgo.

El propósito de este trabajo fue evaluar la dosis recibida de pacientes adultos y pediátricos sometidos a exámenes de TC en cuatro centros de Lima, Perú, con el objetivo de generar conciencia de los servicios respecto de los niveles de dosis actualmente impartidos en los procedimientos, respecto de los niveles recomendados internacionalmente.

## MATERIAL Y MÉTODO

El presente estudio es de tipo observacional, con un diseño de corte transversal. Se realizó en cuatro servicios imageneológicos de Lima, Perú y consideró cuatro equipos de TC. Las características de éstos equipos se presentan en la Tabla II. Las variables en estudio correspondieron a los valores de *Pitch*, así como la carga de tubo (mAs), tensión *peak* (kVp), producto dosis longitud (DLP) y el índice de dosis sobre el volumen en CT ( $CTDI_{VOL}$ ). Se consideró cinco pacientes por cada examen de TC en las distintas áreas de estudio (cabeza, tórax, abdomen, pelvis y columna).

Los datos obtenidos en cada procedimiento, agrupados en las diferentes modalidades, fueron

Tabla I. Dosis-respuesta en diferentes órganos para efectos estocásticos referenciados de valores publicados por ICRP 26 y 60.

Parte irradiada (órgano - tejido)	Factores de riesgo ( $10^{-2} Sv^{-1}$ ) ICRP 26	Factores de riesgo ( $10^{-2} Sv^{-1}$ ) ICRP 60	Efectos
Dosis Efectiva (mSv)			
Gónadas	0,40	-	Secuelas hereditarias en las dos primeras generaciones
Ovarios	-	0,10	Cáncer fatal después de exposición a bajas dosis
Médula ósea roja	0,20	0,50	Inducción en cáncer fatal por leucemia
Hueso superficial	0,05	0,05	Inducción de cáncer fatal
Pulmones	0,20	0,85	
Mamas	0,25	0,20	
Resto del cuerpo	1,25 <sup>1</sup>	5 <sup>2</sup>	

Tabla II. Características de los equipos en evaluación y el nivel a que pertenecen los centros en evaluación.

Centro Hospitalario	Nivel	Equipos evaluados
Institución 1	Privada	Tomógrafo computado con 8 líneas de detectores
Institución 2	3	Tomógrafo computado, marca Toshiba, sistema Aquilion CX, con 64 líneas de detectores
Institución 3	3,1	Tomógrafo computado, marca Toshiba, sistema Aquilion CX, con 16 filas de detectores
Institución 4	4	Tomógrafo computado, marca Toshiba, sistema Aquilion multicorte, con 16 detectores

promediados y se consideró ese resultado como dato de la dosis en cada área. Nuestros resultados fueron comparados con los niveles de referencia propuestos por organismos internacionales como la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA, 2018), Comisión Internacional de Unidades y Medidas Radiológicas (UCRU, 2016), Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, 1991) y el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla III. Datos recolectados de los parámetros de la tomografía computarizada (TC) para dosis efectiva y dosis efectiva referencial en adultos.

Región (dosis efectiva)	Instituciones	Instituciones 2 y 3 mAs	Institución 1 Valor de Pitch
Pelvis (10 mSv)	1, 2 y 3	130	5
Abdomen (10 mSv)	1, 2 y 3	100	1,3
Abdomen y Pelvis repetido c/s material de contraste (20 mSv)	2 y 3	120	1,4
Cerebro (2 mSv)	1, 2 y 3	150	1,5
Columna (6 mSv)	2 y 3	130	1,8
Tórax (7 mSv)	1, 2 y 3	250	1,3
Cuello	2 y 3	100	1
Región facial y senos	2 y 3	100	5
Hígado y bazo	2 y 3	-	5

Tabla IV. Datos recolectados de los factores para dosis efectiva en pacientes pediátricos de la institución número cuatro.

Región / dosis efectiva	Edad (años)	mAs	kVp	Pitch
Abdomen inferior y Pelvis (5 mSv)	<1	123	100	1
	5	142	105	1
	10	165	120	1,5
Cerebro (2 mSv)	<1	105	100	1
	5	321	110	2
	10	-	-	1,5
Tórax (3 mSv)	<1	150	100	1
	5	177	110	1
	10	136	110	1,5
Miembro inferior (tobillo)	<3	167	120	1,5

Los datos obtenidos en cada procedimiento, agrupados en las diferentes modalidades, fueron promediados y se consideró ese resultado como dato de la dosis en cada área (Tabla III). Hemos de destacar que de acuerdo a las tensiones registradas, se empleó 120 kVp para todas las áreas exploradas, de modo que existe un margen de optimización que puede aprovecharse para disminuir las dosis que actualmente se imparten a los pacientes.

Por otra parte, en la Tabla IV se observó que los valores de carga de tubo para pacientes pediátricos fluctuaron entre 136 y 177 mAs, de acuerdo al área del cuerpo en evaluación. Algunos autores sugieren

el uso de valores de carga de tubo entre 100 y 200 mAs para TC de tórax de alta resolución en pacientes pediátricos, en este caso los valores reportados se encuentran dentro del rango de valores recomendados (EC; UNSCEAR).

En la Tabla V se observó que para pacientes adultos los valores medios de DLP que están dentro de los valores de referencia fueron los registrados en las regiones de: cerebro, cuello, región facial, tórax, mamas, pelvis, pelvis ósea, miembros superior e inferior; mientras que para otras regiones se obtuvo una diferencia superior, como ocurrió en: abdomen (20 mGy), columna (100 mGy), hígado y bazo (100 mGy), teniendo un desvío de: 2,5 % en abdomen; 22,3 % en columna y 11,1 % para hígado y bazo. En cuanto a los pacientes pediátricos, los valores reportados mostraron que las regiones que estaban dentro de los valores de referencia fueron: abdomen y pelvis ( $\leq 10$  años) y tórax ( $< 5$  años); en tanto, para otras regiones se apreció una diferencia superior: cerebro  $< 1$  año (599 mGy), cerebro  $< 5$  años (800 mGy), tó-

Tabla V. Producto dosis longitud (DLP) medido y referencial para pacientes adultos y pediátricos.

Región para la TC	Adultos (Menke, 2005)		Región para la TC por edades (años)	Pediátricos (IAEA, 2012)	
	DLP (mGy) ** Medido	DLP (mGy) Referencial (EC; SEFM, SEPR)		DLP (mGy) **** Medido	DLP (mGy) Referencial (EC; SEFM, SEPR)
Cerebro	1050	1060	Cerebro <1	899	300
Abdomen	800	780	Cerebro <5	1400	600
Cuello	220	280	Cerebro ≤ 10	715	750
Columna	550	450	Tórax <1	480	200
Tórax	510	650	Tórax <5	507	400
Pelvis	560	570	Tórax ≤ 10	510	600
Miembro superior	60	65	Abdomen y Pelvis <1	205	170
Región Facial y Senos	320	360	Abdomen y Pelvis <5	290	250
Hígado y Bazo	1000	900	Abdomen y Pelvis ≤ 10	303	500
Pelvis ósea	430	520	Miembros inferiores	734	700

\*\* Institución número 2. \*\*\*\* Institución número 4.

rax < 1 año (280 mGy), abdomen y pelvis < 1 año (35 mGy); presentando un desvío de 199 %, 133 %, 140 % y 21 %, respectivamente.

En la Tabla VI se observó que para pacientes adultos, las regiones que estaban dentro de los valores de referencia de CTDI fueron: cerebro, región facial, mamas, abdomen y, miembros superior e inferior. En tanto, para otras regiones hubo una diferencia superior: cuello (5 mGy), columna (4 mGy), pelvis (20 mGy), hígado y bazo (3 mGy); correspondiente a un desvío de 14 %, 5,7 %, 57 % y 8,5 %, respectivamente. Por otra parte, para el caso de pacientes pediátricos las regiones que estaban dentro de los valores de referencia en cuanto a CTDI fueron: cerebro ≤ 10 años, tórax ≤

5 años, tórax ≤ 10 años y abdomen y pelvis ≤ 10 años. En cuanto a las restantes regiones, se observó una diferencia superior: cerebro < 1 año (9 mGy), cerebro < 5 años (25 mGy), tórax < 1 año (5 mGy), abdomen y pelvis < 1 año (6 mGy), abdomen y pelvis < 5 años (3 mGy) y miembros superior e inferior (1 mGy); teniendo un desvío de 23 %, 42 %, 25 %, 30 %, 12 % y 3 %, respectivamente.

La TC ha revolucionado el diagnóstico por imagen. Debido a su rápida evolución tecnológica y mayor disponibilidad, su utilización crece de manera vertiginosa. Sin embargo, no es inocua, ya que los pacientes expuestos a dosis de radiación ionizante, especialmente los pediátricos, corren un riesgo bajo, pero

Tabla VI. Índice de dosis en la tomografía computarizada (CTDI) medido de la institución número cuatro y referencial para pacientes adultos y pediátricos.

Región para la TC	Adultos (Menke, 2005)		Región para la TC por edades (años)	Pediátricos (IAEA, 2012)	
	CTDI (mGy) **Medido	CTDI (mGy) Referencial (EC; SEFM, SEPR)		CTDI (mGy) ****Medido	CTDI (mGy) Referencial (EC; SEFM, SEPR)
Cerebro	58	60	Cerebro <1	49	40
Abdomen	30	35	Cerebro <5	85	60
Cuello	40	35	Cerebro ≤ 10	65	70
Columna	74	70	Tórax <1	25	20
Tórax	30	30	Tórax <5	23	30
Pelvis	55	35	Tórax ≤ 10	27	30
Pelvis ósea	-	25	Abdomen y Pelvis <1	26	20
Region facial y senos	33	35	Abdomen y Pelvis <5	28	25
Hígado y bazo	38	35	Abdomen y Pelvis ≤ 10	29	30
Miembros superior	28	32	Miembros inferiores	36	35

\*\* Institución número 2. \*\*\*\* Institución número 4.

significativo de desarrollar cáncer (Mendizábal, 2012). Para lograr esta reducción se requiere un conocimiento general de los parámetros de medición, así como de los métodos de reducción y de control de la radiación siguiendo los parámetros de protocolo de referencia (EC; SEFM & SEPR, 2002).

## CONCLUSIÓN

Un 80 % de las técnicas en TC (kVp, *pitch* y mAs) estaban dentro de los niveles de referencia tanto para pacientes adultos como pediátricos según valores Europeos (EC) y del UNSCEAR.

En cuanto a la comparación de los valores reportados con los recomendados internacionalmente (EC; SEFM & SEPR), las instituciones participantes cumplieron con la referencia en un 47,8 % para el DLP en adultos y en un 24 % para pacientes pediátricos; mientras que cumplieron en un 30,2 % para el CTDI adultos y en un 37,5 % para pacientes pediátricos.

En base a los datos obtenidos y de acuerdo a aquellos exámenes donde los niveles de dosis y valores de exposición superaron lo recomendado, es preciso que los servicios de radiología sometan a los pacientes pediátricos a un estudio por TC únicamente si es fundamental para realizar un diagnóstico.

## AGRADECIMIENTOS

A los profesionales del área de TC de las cuatro instituciones que participaron en este estudio, por la facilidad brindada en la obtención de datos.

---

**MOSCOSO, J.; GUZMÁN, C. S.; ACOSTA, N.; LOZADA, I. & KODLULOVICH, S.** Dose evaluation using computerized tomography descriptors for adult and pediatric patients. *J. health med. sci.*, 4(2):87-92, 2018.

**ABSTRACT:** In recent years there has been an increase in the use of computed tomography (CT) as an efficient diagnostic tool for various pathologies, along with this, the risk of delivering high doses of radiation to patients has also increased, increasing the potential risk associated with the examination, especially in pediatric patients. In Peru, no dose assessment studies have yet been reported using

descriptors (CTDI, DLP, kVp and mAs) in CT, which are magnitudes and radiation units recommended by the European Commission's Guide to Quality Criteria in TC (EC, 1999) and by the Scientific Committee of the United Nations on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR, 2018), in the brain, thoracic, abdominal, pelvic and upper and lower limbs, applied mainly in examinations performed in pediatric patients. The objective of this study was to evaluate the risk associated with CT examinations in adult and pediatric patients, through the analysis of radiological descriptors. For this, data was collected from 4 institutions in the city of Lima, Peru, through which it was analyzed and obtained as a result that 80% of TC techniques (kVp, pitch and mAs) are within the reference levels, both for adults and for pediatric patients, while adult DLP, 24% of DLP for pediatric patients, 30.2% of CTDI for adults and 37, were reported within the reference levels at 47.8%; 5% of CTDI for pediatric patients. The parameters evaluated would be of orientative dose levels, their use is recommended in institutions, especially for pediatric patients.

**KEYWORDS:** computerized tomography, diagnostic reference level, pediatric dose.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beauvais-March, H.; Valero, M.; Biau, A. & Bourguignon, M. Niveaux de référence diagnostiques: spécificités de la démarche française en radiologie. *Radioprotection*, 38(2):187-200. 2003.
- European Commission (EC). European guidelines on quality criteria for computed tomography. EUR 16262 EN. Luxembourg, European Commission, 1999. Disponible en: <http://www.dr.dk/guidelines/ct/quality/>.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). Safety Reports Series 71. Radiation Protection in Pediatric Radiology. Vienna, International Atomic Energy Agency, 2012. Disponible en: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1543\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1543_web.pdf).
- International Atomic Energy Agency (IAEA). 2018. Disponible en: <https://www.iaea.org>
- International Commission on Radiological Protection (ICRP). Recommendations of the ICRP. *ICRP Publication 26. Ann. ICRP 1 (3)*, 1977.
- International Commission on Radiological Protection (ICRP). 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21 (1-3)*, 1991.
- International Commission on Radiation Units & Measurements (ICRU). ICRU Report 90, Key data for ionizing-radiation dosimetry: measurement standards and applications. 2016. Disponible en: <https://icru.org/content/reports/key-data-for-ionizing-radiation-dosimetry-measurement-standards-and-applications-icru-report-90>.
- Menke, J. Comparison of different body size parameters for individual dose adaptation in body CT of adults. *Radiology*, 236(2):565-71, 2005.
- Mendizábal, A. L. Radiación ionizante en tomografía computada: un tema de reflexión. *Anales de Radiología México*, 2:90-7, 2012.

National Research Council (US) Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation (Beir, V). Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. Washington (DC), National Academies Press. 1990.

Nagel, H. D. *Radiation exposure in computed tomography*. Frankfurt, COCIR, 2000.

Ramos, O. & Villareal, M. Disminución de la dosis de radiación en el radiodiagnóstico. *Rev. chil. radiol.*, 19(1):5-11, 2013.

Shope, T.; Gagne, R. & Johnson, G. A method for describing the doses delivered by transmission x-ray computed tomography. *Medical Physics.*, 8:488-95, 1981.

Sociedad Española de Física Médica (SEFM) & Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR). Protocolo español de control de calidad en radiodiagnóstico: aspectos técnicos. Madrid, Edicomplet, 2002. Disponible en: <https://www.sergas.es/Saude-publica/Documents/2958/Protocolo%20espanol-version%201.pdf>.

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). 2018. Disponible en: <http://www.unscear.org>.

Dirección para correspondencia:

Jenny Moscoso Carrasco  
Facultad de Ciencias Naturales  
Escuela Profesional de Física  
Universidad Nacional Federico Villarreal.  
Lima  
PERÚ

E-mail: Jenny.ciencia@hotmail.com

Recibido : 12-12-2017

Aceptado: 15-02-2018