

# Niveles de referencia de dosis de radiación para la toma de imágenes en pediatría

## Reference Levels of Radiation Dose for Imaging in Pediatrics

Lina Marcela Cadavid Álvarez<sup>1</sup>  
 Jairo Fernando Poveda Bolaños<sup>2</sup>  
 María Isabel Palacio Montoya<sup>3</sup>  
 John Fernando González Londoño<sup>3</sup>  
 María Fernanda Saldarriaga Arango<sup>4</sup>



### Palabras clave (DeCS)

Tomografía  
 computarizada  
 multidetector  
 Protección radiológica  
 Dosis de radiación

### Key words (MeSH)

Multidetector computed  
 tomography  
 Radiation protection  
 Radiation dosage

### Resumen

**Introducción:** El uso de dosis adecuadas de radiación en pacientes pediátricos es un deber de los centros de diagnóstico médico debido a las características y retos que implica esta población. Por lo anterior, se han establecido unos niveles internacionales de referencia de dosis (DRL, del inglés *dose reference level*) para optimizar y comparar los protocolos de cada institución. En Colombia no se cuenta con estudios al respecto. **Objetivo:** Mostrar los DRL utilizados en un hospital universitario de alta complejidad en las modalidades de tomografía computarizada (TC), radiografía y fluoroscopia y compararlos con los estándares internacionales. **Metodología:** Estudio descriptivo retrospectivo realizado entre 2018 y 2019. Se analizaron datos de producto dosis longitud (DLP) para TC de cráneo, tórax, abdomen y TC de tórax de alta resolución (TACAR); y producto dosis área (DAP) para radiografía de tórax, abdomen, huesos y fluoroscopia por grupos etarios. **Resultados:** Se obtuvieron los datos de 780 pacientes: 360 radiografías, 100 de fluoroscopia y 320 tomografías. Se encontró que los niveles de referencia de dosis de radiación usados en el hospital son bajos, comparados con guías europeas de 2018 de niveles de referencia. Se describen DRL para cada estudio y grupo etario. **Conclusión:** Se demostró que en el hospital donde hizo el estudio los niveles de referencia de radiación en la población pediátrica son bajos. El presente trabajo puede servir como referente nacional.

### Summary

**Introduction:** Due to the characteristics and challenges of the pediatric population regarding radiation, the use of adequate doses of radiation is a duty of medical diagnostic centers. For this reason, the Dose Reference Levels (DRL) have been established in many countries to optimize and monitor the protocols of each institution. In Colombia there are no studies in this subject. **Objective:** To show the DRLs used in a university hospital of high complexity in the modalities of computed tomography (CT), radiography and fluoroscopy and to compare them with international standards. **Methodology:** Retrospective descriptive trial between 2018 and 2019. We analyzed dose length product (DLP) data for skull, chest, abdomen, and high-resolution chest CT (HRCT); and dose area product (DAP) for chest, abdomen, bone, and fluoroscopy radiography by age groups. **Results:** Data were collected for a total of 780 patients. 360 x-rays, 100 fluoroscopy and 320 tomography scans. Reference levels of radiation dose used in the hospital were found to be low compared to European guidelines of 2018 reference levels. DRLs are described for each study and age group. **Conclusion:** It was demonstrated that at the hospital where the study was conducted, reference levels of radiation in the pediatric population are low. This work can serve as a national reference.

<sup>1</sup>Médica radióloga pediátrica, Hospital Pablo Tobón Uribe-IMEDI. Medellín, Colombia.

<sup>2</sup>Físico médico, Oficial de Protección Radiológica, Hospital Pablo Tobón Uribe. Medellín, Colombia.

<sup>3</sup>Médica(o) residente de Radiología, Universidad CES. Medellín, Colombia.

<sup>4</sup>Médica Residente de Radiología, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

Hospital Pablo Tobón Uribe. Medellín, Colombia.

### Introducción

Las imágenes, como herramienta de diagnóstico, han cobrado una importancia fundamental en el abordaje de los pacientes, pues facilitan la aproximación a diversas patologías y su tratamiento. Esto, a su vez, ha traído consigo un marcado aumento en la exposición a la radiación ionizante.

La tomografía computarizada (TC) es la principal contribuyente a la carga de radiación, pero, aunque la fluoroscopia y la radiografía convencional también utilizan radiación, aún cumplen un rol esencial en la radiología pediátrica (1-4). Como la radiación es

potencialmente dañina, debería evitarse cualquier exposición innecesaria, por lo que la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) creó el principio ALARA (*as low as reasonably achievable*) que traduce *tan baja radiación como sea posible en forma razonable* (5,6).

La toma de imágenes en la población pediátrica es un reto importante, debido a las diferencias sustanciales respecto a los adultos. Puesto que los niños son diez veces más sensibles a los efectos de la radiación, tienen una mayor radiosensibilidad tisular, mayor dosis acumulada debido a que tienen mayor tasa mitótica y

más esperanza de vida durante la cual estos efectos pueden manifestarse (1,3,4,7,8).

Así mismo, la cantidad de radiación que se utiliza en los exámenes se puede modificar considerablemente debido a la variación en el tamaño y peso de los pacientes pediátricos, por lo que adaptar los protocolos que se usan en los adultos no es una opción viable (7,9).

La ICRP introdujo en 1996 los *niveles de referencia para diagnóstico* (DRL) (10,11) que desde entonces se usan para optimizar y monitorear los niveles de radiación a los que se exponen los pacientes. Este concepto es fundamental y ha sido revisado por múltiples instituciones internacionales (11-16). Dichos valores ayudan a orientar si la dosis de radiación del paciente es inusualmente alta. No son un límite, pero contribuyen a optimizar y comparar los protocolos de cada institución (7).

La recomendación de la ICRP es que los DRL para la población pediátrica se deben ajustar por el peso o el tamaño y que este ajuste, a su vez, debe ayudar en la optimización del uso de radiación sin interferir con la calidad de la información diagnóstica (7).

Solo unos pocos países han establecido sus DRL para los exámenes pediátricos. Las guías europeas sobre niveles de referencia de dosis publicadas en 2018 contienen recomendaciones básicas sobre cómo establecer y utilizar los DRL para los exámenes y procedimientos de rayos X pediátricos, las cuales incluyen la definición de los DRL locales, nacionales y europeos, los exámenes para los cuales deben establecerse los DRL, utilizando grupos por peso y edad y ofrece una referencia de dosis para cada grupo y tipo de imagen (17).

Por su parte, en España se publicó en 2018 un acuerdo entre el Consejo de Seguridad Nuclear y la Universidad de Málaga para realizar una prospección sobre los procedimientos radiológicos utilizados en los centros sanitarios españoles, su frecuencia y las dosis recibidas por los pacientes y la población. En dicha publicación determinaron las dosis típicas impartidas a los pacientes y propusieron valores de referencia para los procedimientos; sin embargo, no se hizo un análisis enfocado en la población pediátrica (18).

En Francia, a principios de 2020, David Célier y colaboradores publicaron dos estudios en los que evaluaron la dosis para imágenes en el paciente pediátrico y una propuesta de niveles de referencia actualizados para dicho país. En cuanto a tomografía, evidenciaron que los niveles de exposición fueron mucho más bajos que en encuestas anteriores y se encontraban entre los valores más bajos publicados en la actualidad. Al evaluar las radiografías y los exámenes por fluoroscopia, observaron una notable variabilidad en la dosis de radiación, especialmente en fluoroscopia (11,19).

En nuestro país, a pesar de que el Decreto 482 de 2018 del Ministerio de Salud y Protección Social reglamentó el uso de productores de radiación ionizante (20), no se cuenta con publicaciones actualizadas sobre los valores de referencia de dosis estandarizados para cada tipo de modalidad diagnóstica en la población pediátrica. En 2012 se publicó una investigación de la Universidad Nacional en la que se estudiaron las dosis de referencia para la radiografía de tórax en niños (21). En dicha publicación brindan una guía para estandarizar los valores; sin embargo, en el momento no se cuenta con información actualizada ni con los datos para otras modalidades diagnósticas.

Por lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo mostrar los DRL utilizados en la institución a la que pertenecen los autores, en las modalidades de TC, radiografía y fluoroscopia y comparar los mismos con los estándares internacionales.

## Metodología

Se trata de un estudio descriptivo retrospectivo de corte transversal, realizado entre 2018 y 2019, en un hospital universitario. Se recolectó la información del PACS (Picture Archiving and Communication System, Impax AGFA) haciendo búsqueda por grupo etario. Se crearon cinco grupos, así: neonatos (0 a 31 días, menor de 1 mes), lactantes (1 mes a < 3 años), preescolares (3 a < 6 años), escolares (6 a < 10 años) y adolescentes (10 a 15 años, 11 meses y 29 días). Se asignaron 20 estudios para cada grupo etario en cada procedimiento: radiografías —tórax anteroposterior (AP), abdomen AP, AP y lateral de huesos, estudios de fluoroscopia (videodeglución, cistouretrografía, tránsito intestinal y estudio de esófago, estómago y duodeno)—, TC simple de cráneo, TC de tórax con medio de contraste, TC de abdomen con medio de contraste y TACAR.

En el grupo de neonatos no fue posible recolectar la cantidad de pacientes en los procedimientos de radiografías de huesos y ninguno de los procedimientos de tomografía.

Los estudios de tomografía se realizaron en tomógrafos Biograph mCT y Somatom Definition de Siemens, ambos de 64 cortes y que incorporan el sistema CARE Dose4D de modulación de dosis, el cual logra reducciones de dosis significativas con modulación de dosis acordes al tamaño y la forma del paciente, generan una calidad de imagen óptima con kV fijo de 110-120 en cráneo, 80 en tórax, 100 en abdomen y dejando el mAs bajo el sistema CARE Dose4D, en TACAR kV fijo de 100 y mAs fijo de 20 y 35. En todos los pacientes se realizó sin sedación y en la gran mayoría, una sola fase tomográfica.

Los equipos de rayos X empleados en la generación de las imágenes pediátricas son equipos de radiología digital directa, modelos Luminos Fusión y Multix MP de Siemens, equipados con un medidor de dosis DAP (producto dosis área), marca IBA modelos 120-131 ZK y 120-131 IS, respectivamente. Para los estudios de fluoroscopia se utilizó técnica de “Fluoro Save” “captura de imágenes”, es decir, sin exposición de rayos X, guardando la imagen fluoroscópica.

Los tomógrafos y equipos de rayos X fueron sometidos a controles de calidad por parte del físico médico de la institución, para la verificación de los parámetros de kV, mAs, tiempo de exposición, filtración, control automático de exposición y condiciones dosimétricas.

Los niveles de referencia diagnósticos para la tomografía fueron el producto dosis longitud (DLP) y la dosis efectiva; para los estudios de rayos X se registró el producto dosis área (DAP), cuando es más de una proyección, la dosis total por suma aritmética. Los equipos muestran estos valores en los protocolos del paciente una vez finalizados los estudios, excepto la dosis efectiva en TC, la cual fue calculada a partir del DLP multiplicado por el factor de conversión para la región anatómica explorada, basado en el kV empleado y edad del paciente utilizando la tabla 5 de *Radiology* 2010 (22).

## Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó de acuerdo con las recomendaciones de la ICRP (5), que definen que los DRL para los procedimientos de diagnóstico deben establecerse como el valor redondeado del tercer cuartil de la distribución de los valores medianos. Para cada tipo de tomografía se calcularon la mediana y el tercer cuartil de los valores de DLP y de dosis efectiva mGy y, a su vez, se dividieron y analizaron los

datos para cada grupo de edad con un número de 20 pacientes, según lo recomendado por las guías europeas (23).

Para las radiografías y fluoroscopias se calcularon la mediana y el tercer cuartil del producto dosis área, y también se realizó el análisis por grupo etario con 20 pacientes por examen y edad.

### Resultados

Se recogieron los datos para un total de 780 pacientes: 360 radiografías, 100 estudios de fluoroscopia y 320 tomografías. Como no se disponía de datos como el peso y la talla, solo se tuvo en cuenta la edad para la distribución por grupos. Los 780 estudios fueron incluidos para el análisis.

La tabla 1 muestra, para cada tipo de radiografía y estudios de fluoroscopia y para cada grupo de edad, la mediana y el tercer cuartil del valor de DAP, donde se puede identificar que los niveles de radiación aumentan con la edad del paciente y que son más altos en los estudios de fluoroscopia.

En la tabla 2 se puede observar la mediana y el tercer cuartil de los valores de DLP y de dosis efectiva para las tomografías de cráneo, tórax, TACAR y abdomen por cada grupo etario. Para cada TC solo se realizó una fase, y nuevamente se identifica que los niveles de radiación aumentan con la edad del paciente.

**Tabla 1. Resultados en radiografía y fluoroscopia en el Hospital**

Procedimiento	Grupo etario	mGy.cm <sup>2</sup>	
		Mediana	3er Cuartil
Radiografía de tórax	< 1 mes	13	35
	1 mes - < 3 años	19	36
	3- < 6 años	17	26
	6- < 10 años	51	67
	10 - < 16 años	52	78
Radiografía de abdomen	< 1 mes	21	37
	1 mes - < 3 años	22	40
	3- < 6 años	112	145
	6- < 10 años	106	127
	10 - < 16 años	300	459
Radiografía de huesos AP, lateral	1 mes - < 3 años	17	30
	3- < 6 años	18	35
	6- < 10 años	29	42
	10 - < 16 años	26	51
	1 mes - < 3 años	16	21
	3- < 6 años	15	29
	6- < 10 años	31	42
10 - < 16 años	25	53	
Fluoroscopia	< 1 mes	154	178
	1 mes - < 3 años	203	314
	3- < 6 años	540	786
	6- < 10 años	284	670
	10 - < 16 años	499	903

**Tabla 2. Resultados DLP y dosis efectiva (mGy) en TC en el Hospital**

Procedimiento	Grupo etario	DLP		mGy	
		Mediana	3er Cuartil	Mediana	3er Cuartil
TC de cráneo	1 mes - < 3 años	182	236,5	1,015	1,327
	3- < 6 años	244,5	263,75	0,855	0,922
	6- < 10 años	301	342,75	0,8	0,9
	10 - <16 años	414,5	514	0,785	0,972
TACAR	1 mes - < 3 años	17,5	21,25	0,8	1,075
	3- < 6 años	18,5	26,25	0,54	0,675
	6- < 10 años	48	55,75	1,1	1,317
	10 - <16 años	65,5	79,5	1,035	1,45
TC de tórax	1 mes - < 3 años	10,5	20,25	0,075	1,325
	3- < 6 años	10,5	22	0,37	0,687
	6- < 10 años	27,5	60	0,6	1,225
	10 - <16 años	182	268	5,5	5,75
TC de abdomen	1 mes - < 3 años	32,5	50,25	1,205	2,45
	3- < 6 años	51	66	1,265	2,275
	6- < 10 años	78,5	129	1,8	2,87
	10 - <16 años	404	609	6,075	9,21

## Discusión

El uso de bajas dosis de radiación en pediatría es un deber de los diferentes centros de diagnóstico médico, especialmente desde la conferencia ALARA de 2001 (6), en la que líderes en imágenes, física médica, biología de la radiación, ingeniería y agencias reguladoras participaron para abordar los riesgos de la radiación, especialmente en tomografía, y las estrategias para reducir la dosis (24,25).

Desde entonces ha habido una mayor preocupación por el tema y actualmente en el mundo hay suficiente evidencia sobre los valores de radiación para los diferentes estudios, principalmente en población adulta (26-30). Sin embargo, en pediatría los datos son escasos, especialmente en Colombia, donde solo se cuenta con un estudio en el cual se reportaron niveles de dosis para la radiografía de tórax (21). Es importante resaltar que no se cuenta con guías que fijen los niveles para uso nacional con los que se pueda comparar.

Debido al impacto que puede tener la radiación y a la mayor sensibilidad de los niños a la misma, es necesario que los diferentes países y centros de diagnóstico por imagen tengan sus valores de referencia para compararse con los estándares en el mundo. En diferentes publicaciones se ha hecho especial énfasis en que este debe ser un objetivo por lograr (9,14,23,31).

Es importante tener en cuenta que los DRL son valores que ayudan a orientar si la dosis del paciente es inusualmente alta, no hay límites inferiores y deben ser ajustados para optimizar el uso de radiación sin interferir con la calidad de la información diagnóstica (7).

Por lo anterior, en este trabajo se presentan los valores típicos de dosis o niveles de dosis de radiación para los estudios que se realizan con mayor frecuencia en el servicio de radiología pediátrica. Se hizo el análisis de la mediana y el tercer cuartil de DLP y dosis efectiva en tomografía y de DAP en radiografía y fluoroscopia.

Se encontró que en los diferentes grupos etarios los pacientes se encuentran expuestos a bajas dosis de radiación, pero estas no interfieren con la calidad de la información diagnóstica, de acuerdo en el criterio del médico radiólogo que interpretó los estudios, sin repeticiones ni dificultad para hacer diagnósticos o aportar conclusiones.

Se hizo la comparación con estándares internacionales, con especial énfasis en las guías europeas de niveles de referencia en pediatría publicadas en 2018 (23) y con los estudios multicéntricos de Céliet y colaboradores de niveles de referencia para Francia publicados en 2020 (11,19), por la falta de guías nacionales para comparar.

Se pudo observar que los DRL que se utilizan en el Hospital Pablo Tobón Uribe son inferiores en la mayoría de los estudios y grupos etarios. En la tabla 3 se muestra la comparación de DRL para TC con mediana y tercer cuartil entre el Hospital vs. Francia (11,19) y las guías europeas (23), todos, a su vez, referenciados por diferentes grupos etarios, donde se evidencia que los DRL del Hospital para TC, en la mayoría de los casos, se encuentran por debajo de los internacionales, lo que quiere decir que se expone a los pacientes a dosis mucho más bajas de radiación. Así mismo, dicha información se encuentra ilustrada en las figuras 1, 2 y 3.

En cuanto a la TC de cráneo, los niveles del Hospital se encuentran un 34,3 % y un 37,9 %, inferiores a los franceses y europeos, respectivamente. En TC de tórax son un 36,15 % y un 47 % inferiores.

Respecto a la TC de abdomen en menores de 10 años, en el Hospital se da un 36,15 % menos de dosis de radiación respecto a los franceses;

sin embargo, en los niños mayores de 10 años los DRL son superiores en un 62 %. Esto puede deberse a que en el estudio francés incluyeron pacientes solo hasta los 14 años, mientras que en este trabajo, hasta los 16 años. Al comparar todos los grupos etarios para TC de abdomen con las guías europeas el Hospital se mantiene por debajo con un 41 % menos en las dosis.

El uso de bajas dosis en el Hospital se le atribuye a que las TC se realizan en una sola fase con kV fijos, como se describió, y utilizando el mAs bajo del sistema CARE Dose4D.

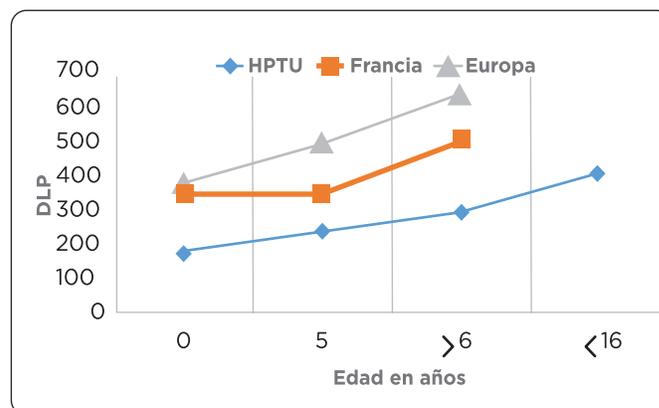


Figura 1. Comparación de dosis usadas en TC de cráneo.

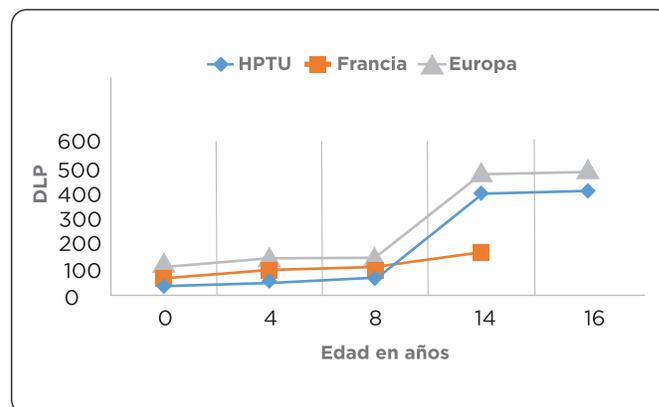


Figura 2. Comparación de dosis usadas en TC de abdomen.

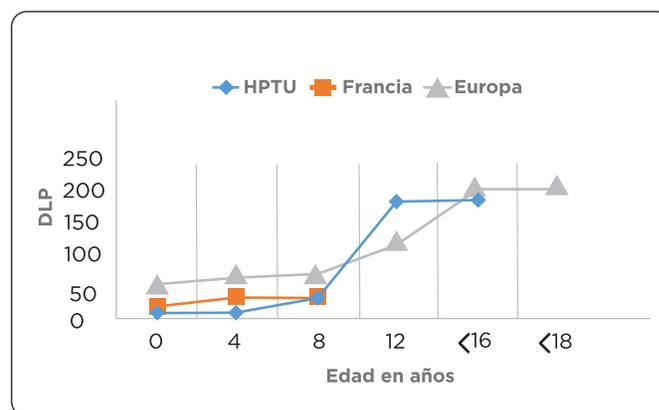


Figura 3. Comparación de dosis usadas en TC de tórax.

**Tabla 3. Comparación DLP en tomografía**

Procedimiento	Hospital Universitario HPTU			Francia			Guías europeas	
	Grupo etario	DLP		Grupo etario	DLP		Grupo etario	DLP
TC cráneo	1 mes - < 3 años	Mediana 182	3er cuartil 236,5	1 < 6 años > 6 años	Mediana 360	3er cuartil 450	0 - < 3 meses	Mediana 300
	3 - < 6 años	244,5	263,75		510	530	3 meses - < 1 año	385
	6 - < 10 años	301	342,75				1- < 6 años	505
	10 - < 16 años	414,5	514				> 6 años	650
TC Tórax	1 mes - < 3 años	Mediana 10,5	3er cuartil 20,25	1 mes - < 4 años	Mediana 18	3er cuartil 20	1 mes - < 4 años	Mediana 50
	3 - < 6 años	10,5	22	4- < 10 años	34	36	4 - < 10 años	70
	6 - < 10 años	27,5	60				10- < 14 años	115
	10 - < 16 años	182	268				14- < 18 años	200
TC Abdomen	1 mes - < 3 años	Mediana 32,5	3er cuartil 50,25	1 mes - < 4 años	Mediana 53	3er cuartil 71	1 mes - < 4 años	Mediana 120
	3 - < 6 años	51	66	4 - < 10 años	90	92	4 - < 10 años	150
	6 - < 10 años	78,5	129	10 - < 14 años	150	170	10- < 14 años	210
	10 - < 16 años	404	609				14- < 18 años	480

**Tabla 4. Comparación en radiografía y fluoroscopia**

Procedimiento	Hospital Universitario HPTU			Francia			Guías europeas	
	Grupo etario	mGy.cm2		Grupo etario	mGy.cm2		Grupo etario	mGy.cm2
Radiografía Tórax	< 1 mes	Mediana 13	3er cuartil 35	< 1 mes	Mediana 6	3er cuartil 8,3	< 1 mes	Mediana 15
	1 mes - < 3 años	19	36	1 mes - < 4 años	12	15	1 mes - < 4 años	22
	3 - < 6 años	17	26	años	22	35	4 - < 10 años	50
	6 - < 10 años	51	67	4 - < 10 años			10 - < 14 años	70
	10 - < 16 años	52	78				14 - < 18 años	87
Radiografía Abdomen	< 1 mes	Mediana 21	3er cuartil 37	1 mes - < 4 años	Mediana 42	3er cuartil 60	< 1 mes	Mediana 45
	1 mes - < 3 años	22	40	años	180	220	1 mes - < 4 años	150
	3 - < 6 años	112	145	4 - < 10 años			4 - < 10 años	250
	6 - < 10 años	106	127				10 - < 14 años	475
	10 - < 16 años	300	459				14 - < 18 años	700
Fluoroscopia	< 1 mes	Mediana 154	3er cuartil 178	< 1 mes	Mediana 100	3er cuartil 290	< 1 mes	Mediana 300
	1 mes - < 3 años	203	314	1 mes - < 4 años	200	360	1mes - <4 años	700
	3 - < 6 años	540	786	años			4 - < 10 años	800
	6 - < 10 años	284	670				10 - < 14 años	750
	10 - < 16 años	499	903					

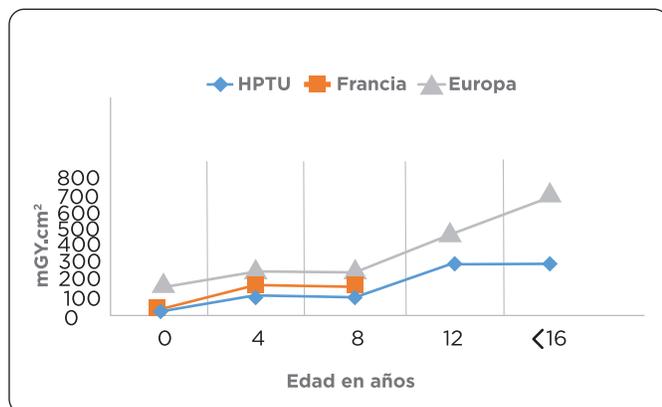


Figura 4. Comparación de dosis usadas en radiografía de abdomen.

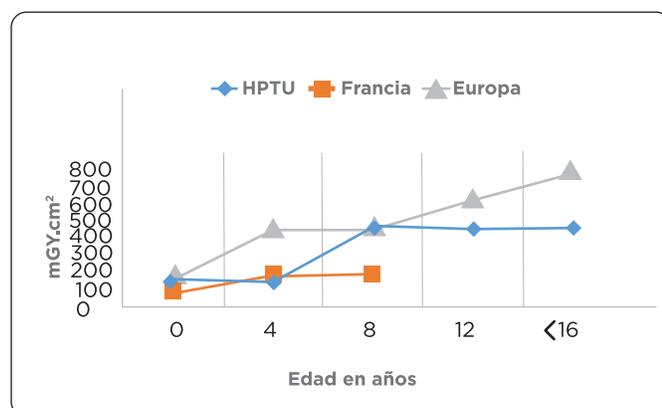


Figura 5. Comparación de dosis usadas en radiografía de tórax.

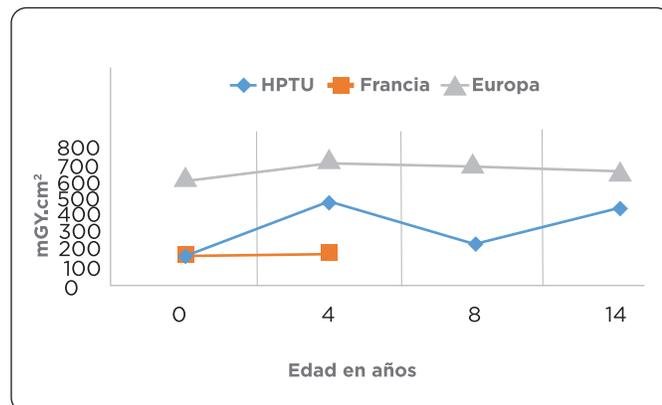


Figura 6. Comparación de dosis usadas en fluoroscopia.

Por su parte, la tabla 4 y las figuras 4, 5 y 6 presentan la comparación de DRL para radiografía y fluoroscopia, en la que se evidencia que el HPTU usa dosis de radiación incluso más bajas que los estándares internacionales. En radiografía de abdomen está en un 41,2 % y un 56 % por debajo del estudio multicéntrico francés y las guías europeas, respectivamente. Sin embargo, en la radiografía de tórax y en fluoroscopia tiene mayores DRL, en un 46,8 % y 15,9 %, respectivamente, frente a los franceses, pero en un 13,7 % y 64,3 % por debajo de las

guías europeas, por lo que sigue siendo mucho menor la dosis utilizada en el Hospital, en comparación con las guías europeas.

Las bajas dosis en radiografía y fluoroscopia se deben a que, en lo posible, se evita la repetición de proyecciones cuando la imagen lograda brinda la información diagnóstica necesaria. Adicionalmente, en fluoroscopia se limitan las adquisiciones. Tampoco se usan protectores, porque pueden oscurecer estructuras que se quieren evaluar, lo que llevaría a repetir estudios y esto, a su vez, aumenta la dosis de radiación.

Con lo descrito se demuestra que en el HPTU los niveles de radiación en la población pediátrica son bajos —incluso comparados con referentes internacionales—, pero se garantiza que la calidad de la información diagnóstica se conserve.

Dentro de las limitaciones del estudio se encuentran su carácter retrospectivo y que no se contó con los datos antropométricos de los pacientes, por lo que no se pudo realizar un análisis de niveles de referencia por peso, como lo recomiendan la ICRP y las guías europeas; sin embargo, se tomaron en cuenta los grupos etarios que las mismas proponen. Otra limitación importante es la falta de valoración objetiva de la calidad de la imagen, pues el estudio se basó en la visión subjetiva del médico radiólogo, en la no repetición de imágenes, sin complementos ni descripción en el informe radiológico de limitaciones técnicas por la baja dosis para dar diagnósticos.

En conclusión, la información presentada demuestra que el HPTU ofrece bajas dosis a la población pediátrica, en la mayoría de grupos, incluso por debajo de los estándares europeos y franceses. El presente estudio podría servir como referente nacional y es una guía y comienzo para que las demás instituciones fijen sus protocolos y sus niveles de referencia de dosis de radiación.

## Referencias

- Hall EJ. Lessons we have learned from our children: cancer risks from diagnostic radiology. *Pediatr Radiol Roentgenol Nucl Med Ultrasound CT MRI*. 2002;32(10):700-6.
- Siciliano R. Radiological examinations in pediatric age. *Ann Ig*. 2017;29(2):134-40.
- Leung RS. Radiation protection of the child from diagnostic imaging. *Curr Pediatr Rev*. 2015;11(4):235-42.
- Maresh M. Update on radiation safety and dose reduction in pediatric neuroradiology. *Pediatr Radiol*. 2015;45(Suppl 3):S370-4.
- ICRP. Recommendations of the ICRP. ICRP Publication 26. *Ann ICRP*. 2017; 1(3):1-53.
- Slovits TL, Berdon WE. The ALARA concept in pediatric CT intelligent dose reduction. *Pediatr Radiol*. 2002;32:217-317.
- Vañó E, Miller DL, Martin CJ, Rehani MM, Kang K, Rosenstein M, et al. ICRP Publication 135: Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. *Ann ICRP*. 2017;46(1):1-144.
- Alzen G, Benz-Bohm G. Radiation protection in pediatric radiology. *Dtsch Arztebl Int*. 2011;108(24):407-14.
- Greenwood TJ, López-Costa RI, Rhoades PD, Ramírez-Giraldo JC, Starr M, Street M, et al. CT Dose Optimization in pediatric radiology: A multiyear effort to preserve the benefits of imaging while reducing the risks. *Radiogr Rev Publ Radiol Soc N Am Inc*. 2015;35(5):1539-54.
- Harding K, Thomson WH. Radiological protection and safety in medicine - ICRP 73. *Eur J Nucl Med*. 1997;24(10):1207-9.
- Céliér D, Roch P, Etard C, Ducou Le Pointe H, Brisse HJ. Multicentre survey on patient dose in paediatric imaging and proposal for updated diagnostic reference levels for France. Part 1: computed tomography. *Eur Radiol*. 2020;30(2):1156-65.
- The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. *Ann ICRP*. 2007;37(2-4):1-332.
- Strauss KJ, Racadio JM, Johnson N, Patel M, Nachabe RA. Estimates of diagnostic reference levels for pediatric peripheral and abdominal fluoroscopically guided procedures. *AJR Am J Roentgenol*. 2015;204(6):W713-9.
- Granata C, Sorantin E, Seuri R, Owens CM. European Society of Paediatric Radiology Computed Tomography and Dose Task Force: European guidelines on diagnostic reference levels for paediatric imaging. *Pediatr Radiol*. 2019;49(5):702-5.
- Järvinen H, Seuri R, Korttinen M, Lajunen A, Hallinen E, Savikurki-Heikkilä P, et al. Indication-based national diagnostic reference levels for paediatric CT: a new approach with proposed values. *Radiat Prot Dosimetry*. 2015;165(1-4):86-90.

16. de Jesus FM, Magalhães LAG, Kodulovich S. Paediatric CT exposure practice in the county of Rio de Janeiro: the need to establish diagnostic reference levels. *Radiat Prot Dosimetry*. 2016;171(3):389-97.
17. European Commission. Radiation Protection No 185 - European Guidelines on Diagnostic Reference Levels for Paediatric Imaging [internet]. 2018 [citado 26 de enero de 2020]. Disponible en: [http://www.eurosafeimaging.org/wp-content/uploads/2018/09/rp\\_185.pdf](http://www.eurosafeimaging.org/wp-content/uploads/2018/09/rp_185.pdf)
18. Resolución de 22 de enero de 2018, del Consejo de Seguridad Nuclear, por la que se publica el Acuerdo específico de colaboración con la Universidad de Málaga, para la realización de un estudio sobre aplicación de niveles de referencia de dosis (DRLs) en los procedimientos de radiodiagnóstico médico en pacientes, utilizados en los centros sanitarios españoles, así como su contribución a las dosis recibidas por la población (DOPOES II). BOE Bol Of Estado [internet]. 16 de marzo de 2018 [citado 26 de enero de 2020]. Disponible en: <http://boe.vlex.es/vid/resolucion-22-enero-2018-705768553>
19. Célier D, Roch P, Etard C, Ducou Le Pointe H, Brisse HJ. Multicentre survey on patient dose in paediatric imaging and proposal for updated diagnostic reference levels for France. Part 2: plain radiography and diagnostic fluoroscopy. *Eur Radiol*. 2020;30(2):1182-90.
20. Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. Resolución 482 de 2018 [internet]. 2018. Disponible en: [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%20482%20de%202018.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%20482%20de%202018.pdf)
21. Jaramillo, W. Dosis de referencia pediátrica para tórax en Antioquia [internet]. 2012 [citado 11 de febrero de 2020]. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/6771/1/93061227.2012.pdf>
22. Deak PD, Smal Y, Kalender WA. Multisection CT protocols: Sex- and age-specific conversion factors used to determine effective dose from dose-length product. *Radiology*. 2010;257(1):158-66.
23. European guidelines on diagnostic reference levels for paediatric imaging - Publications Office of the EU [internet]. [citado 26 de enero de 2020]. Disponible en: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/6e473ff5-bd4b-11e8-99ee-01aa75ed71a1/language-en>
24. Frush DP. Justification and optimization of CT in children: how are we performing? *Pediatr Radiol*. 2011;41(Suppl 2):467-71.
25. Frush DP. CT dose and risk estimates in children. *Pediatr Radiol*. 2011;41(Suppl 2):483-7.
26. Salama DH, Vassileva J, Mahdaly G, Shawki M, Salama A, Gilley D, et al. Establishing national diagnostic reference levels (DRLs) for computed tomography in Egypt. *Phys Medica PM Int J Devoted Appl Phys Med Biol Off J Ital Assoc Biomed Phys AIFB*. 2017;39:16-24.
27. Brat H, Zanca F, Montandon S, Racine D, Rizk B, Meicher E, et al. Local clinical diagnostic reference levels for chest and abdomen CT examinations in adults as a function of body mass index and clinical indication: a prospective multicenter study. *Eur Radiol*. 2019;29(12):6794-804.
28. Klosterkemper Y, Appel E, Thomas C, Bethge OT, Aissa J, Kröpil P, et al. Tailoring CT dose to patient size: Implementation of the updated 2017 ACR size-specific diagnostic reference levels. *Acad Radiol*. 2018;25(12):1624-31.
29. Héliou R, Normandeau L, Beaudoin G. Towards dose reduction in CT: patient radiation dose assessment for CT examinations at university health center in Canada and comparison with national diagnostic reference levels. *Radiat Prot Dosimetry*. 2012;148(2):202-10.
30. Pantos I, Thalassinou S, Argentos S, Kelekis NL, Panayiotakis G, Efstathopoulos EP. Adult patient radiation doses from non-cardiac CT examinations: a review of published results. *Br J Radiol*. 2011;84(1000):293-303.
31. Arthurs OJ, van Rijn RR, Granata C, Porto L, Hirsch FW, Rosendahl K. European Society of Paediatric Radiology 2019 strategic research agenda: improving imaging for tomorrow's children. *Pediatr Radiol*. 2019;49(8):983-9.

## Correspondencia

Lina Marcela Cadavid Álvarez  
 Hospital Pablo Tobón Uribe  
 Medellín, Colombia  
[linacadavid6@gmail.com](mailto:linacadavid6@gmail.com)

Recibido para evaluación: 20 de marzo de 2020

Aceptado para publicación: 14 de mayo de 2020