ARTÍCULO ORIGINAL

Optimización de dosis efectiva de radiación ionizante en tomografía abdominal de rutina mediante estrategia multifacética

Lonizing Radiation Effective Dose Optimization in Routine Abdominal Computed Tomography Using a Multifaceted Strategy

Rolando Dornes Ramon[1] Yordany Vázquez Mora[1] Rosalía de la Caridad Arozarena Izquierdo[1] Isbelys Flatts Segundo[1] Yander Luis Izaguirre Campillo[2] Lizandra Pujol Arias[3]

[1] Universidad de Ciencias Médicas de Ciego de Ávila, Hospital Cubano de Qatar, Hospital General Provincial Docente Dr. Antonio Luaces Iraola., Ciego de Ávila, Cuba
[2] Hospital Clínico-Quirúrgico Hermanos Ameijeiras, La Habana, Cuba
[3] Universidad de Ciencias Médicas de La Habana, Facultad de Ciencias Médicas Calixto García, La Habana, Cuba

Cómo citar este artículo:
Dornes-Ramon R, Vázquez-Mora Y, Arozarena-Izquierdo R, Flatts-Segundo I, Izaguirre-Campillo Y, Pujol-Arias L. Optimización de dosis efectiva de radiación ionizante en tomografía abdominal de rutina mediante estrategia multifacética. **Medisur** [revista en Internet]. 2026 [citado 2026 Nov 5]; 24(1):[aprox. 0 p.]. Disponible en: https://medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/53223

Resumen

Fundamento: la tomografía computarizada abdominal es una herramienta diagnóstica esencial, pero su uso rutinario implica exposición significativa a radiación ionizante. La optimización de dosis efectiva constituye un imperativo de seguridad radiológica, buscando equilibrar calidad diagnóstica y la protección radiológica del paciente.**Objetivo:** determinar la efectividad de una intervención multifacética de optimización de la dosis efectiva en estudios de tomografía abdominal de rutina. **Métodos:** estudio observacional analítico longitudinal, realizado en el Hospital Cubano de Qatar en el periodo comprendido entre enero de 2024 a mayo de 2025, comparando la dosis efectiva en estudios de tomografía abdominal antes de la intervención multifacética de optimización (enero a junio de 2024), después de la intervención (julio de 2024 a diciembre de 2024), fase de sostenibilidad (enero de 2025 a mayo de 2025). **Resultados:** se redujo el porcentaje de estudios de tomografía que excedían la dosis efectiva de radiación del 45 % a 20 % tras la intervención y a 17 % durante la sostenibilidad. Existió reducción absoluta y relativa, así como en los intervalos de dosis efectiva por periodos. Se redujo la dosis efectiva en protocolos de tomografía simple de 50 % a 15 % tras la intervención y de 38 % a 25 % en los estudios contrastados.**Conclusiones:** la estrategia implementada tuvo un impacto positivo y sostenido en la reducción de dosis efectiva en estudios tomográficos de rutina de abdomen. La disminución progresiva confirmó la efectividad de la intervención multifacética y la importancia de mantener acciones continuas para alcanzar estándares óptimos de seguridad radiológica y protección a los pacientes.

Palabras clave: dosis de radiación, radiación ionizante, protección radiológica, seguridad del paciente

Abstract

Foundation: Abdominal computed tomography is an essential diagnostic tool, but its routine use involves significant exposure to ionizing radiation. Optimizing the effective dose is a radiological safety imperative, seeking to balance diagnostic quality with patient radiation protection.**Objective:** To determine the effectiveness of a multifaceted intervention for optimizing the effective dose in routine abdominal computed tomography studies.**Methods:** A longitudinal, analytical, observational study was conducted at the Cuban Hospital in Qatar between January 2024 and May 2025, comparing the effective dose in abdominal computed tomography studies before the multifaceted optimization intervention (January to June 2024), after the intervention (July 2024 to December 2024), and during the sustainability phase (January 2025 to May 2025).**Results**: The percentage of CT scans exceeding the effective radiation dose was reduced from 45% to 20% after the intervention and to 17% during the sustainability phase. There were absolute and relative reductions, as well as reductions in the effective dose ranges over time. The effective dose in non-contrast CT protocols was reduced from 50% to 15% after the intervention and from 38% to 25% in contrast-enhanced studies.**Conclusions:** The implemented strategy had a positive and sustained impact on reducing the effective dose in routine abdominal CT scans. The progressive decrease confirmed the effectiveness of the multifaceted intervention and the importance of maintaining ongoing actions to achieve optimal standards of radiation safety and patient protection.

Key words: radiation dosage, radiation, ionizing, radiation protection, patient safety

Aprobado: 2026-02-18 16:54:13

Correspondencia: Rolando Dornes Ramon. Universidad de Ciencias Médicas de Ciego de Ávila. Hospital Cubano de Qatar. Hospital General Provincial Docente Dr. Antonio Luaces Iraola. Ciego de Ávila. Cuba. dornesrolando@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Desde la introducción de la tomografía axial computarizada (TAC) en la práctica clínica en la década de 1970, ha existido una creciente preocupación por la sobreexposición a las radiaciones ionizantes. Este avance revolucionó el diagnóstico médico al ofrecer imágenes detalladas y precisas, pero también implicó un incremento significativo en las dosis recibidas por los pacientes en comparación con estudios radiográficos convencionales.[1]

Mientras una radiografía de tórax típica supone alrededor de 0,02 mSv (milisivert), una tomografía de abdomen puede alcanzar entre 7 y 10 mSv, lo que representa cientos de veces más radiación. Diversas organizaciones internacionales, como *la Comisión Internacional de Protección Radiológica*, han alertado sobre la necesidad de aplicar principios de justificación y optimización, estableciendo niveles de referencia diagnósticos para minimizar riesgos y garantizar que el beneficio clínico supere cualquier posible daño derivado de la exposición acumulativa.[2]

La TAC abdominal se ha consolidado como una herramienta diagnóstica esencial en la práctica clínica cotidiana, especialmente en contextos hospitalarios donde la precisión y rapidez en la obtención de resultados son determinantes para la toma de decisiones médicas. Sin embargo, su creciente demanda ha traído consigo una preocupación constante en torno a la exposición innecesaria a radiación ionizante. Este desafío adquiere particular relevancia en instituciones comprometidas con la seguridad del paciente y la mejora continua de la calidad asistencial.[3]

En el Hospital Cubano, la utilización frecuente de estudios de TAC abdominal rutinaria generó la necesidad de revisar críticamente los protocolos empleados, con el fin de identificar oportunidades de optimización que permitan mantener la calidad diagnóstica necesaria, reduciendo al mismo tiempo la dosis administrada a los pacientes.

Este trabajo tiene el objetivo de determinar la efectividad de una intervención multifacética de optimización de la dosis efectiva de radiación ionizante en TAC de abdomen de rutina, documentar el proceso de dicho análisis, realizar ajustes y evaluación de los parámetros técnicos, a partir de un enfoque de mejora continua que combine la seguridad del paciente, la eficiencia del recurso tecnológico y la adherencia a las recomendaciones internacionales vigentes

MÉTODOS

Se realizó un estudio observacional analítico longitudinal, en el Hospital Cubano de Qatar en el periodo comprendido entre enero de 2024 a mayo de 2025, con el objetivo de determinar la efectividad de una intervención multifacética de optimización de la dosis efectiva (dE) de radiación ionizante en TAC de abdomen de rutina, procedente de consulta externa, comparando la dE antes de la intervención (enero a junio de 2024), después de la intervención (julio de 2024 a diciembre de 2024) y la fase de sostenibilidad de los resultados (enero de 2025 a mayo de 2025). No se aplicó asignación aleatoria ni control experimental, dado que el objetivo fue analizar el impacto de la estrategia de optimización en condiciones reales de práctica clínica. El universo incluyó 525 estudios realizados en el periodo señalado. La muestra censal se correspondió con el universo del estudio (incluyéndose todos los estudios disponibles que cumplieron los criterios que debajo se relacionan).

Criterios de inclusión

- Estudios de TAC de abdomen realizado durante el periodo comprendido entre enero de 2024 a mayo de 2025.
- Estudios de TAC de abdomen procedentes de consulta externa del Hospital Cubano de Qatar.
- Pacientes mayores de 18 años.
- Pacientes con registros completos de los datos técnicos de los estudios de TAC previos en su historia clínica, incluyendo el reporte de la dE por la sección de medicina física

Criterios de exclusión

- Pacientes menores de 18 años.
- Pacientes sin registro de la dosis efectiva de radiación ionizante previamente acumulada, notificada por la sección de medicina física.

En el análisis de los datos obtenidos se emplearon las frecuencias, porcentajes.

Se aplicó la prueba de Chi-cuadrado (χ^2) para comparar la proporción de estudios tomográficos de abdomen que excedieron la dosis efectiva entre los tres periodos analizados (antes de la intervención, después de la intervención y fase

de sostenibilidad), para determinar si existió una diferencia estadísticamente significativa entre categorías en variables cualitativas. La variable categórica utilizada fue el periodo del estudio, y la variable de interés fue la condición de exceder la dosis efectiva (dE) (sí/no).

El cálculo del Chi-cuadrado se basó en la comparación entre las frecuencias observadas (número real de estudios que excedieron la dosis en cada periodo) y las frecuencias esperadas (si no hubiera diferencia entre periodos).

La hipótesis planteada fue:

- **H_0 (nula):** No hay diferencia en la proporción de estudios que exceden la dosis efectiva entre los períodos.
- **H_1 (alternativa):** Existe diferencia significativa en la proporción entre los períodos

Se consideró un nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Un valor de $p < 0.05$ indica que se rechaza la hipótesis nula y que la diferencia observada no se debe al azar. En este estudio, el resultado fue **$\chi^2 = 45.2$, $p < 0.001$**, lo que confirma una diferencia altamente significativa.

Se realizó prueba ANOVA para comparar las medias entre periodos ($p < 0.001$).

La investigación fue realizada teniendo en cuenta los principios éticos de la investigación científica , se garantizó anonimato de la información. [4]

Se diseñó una intervención multifacética compuesta por:

- Monitoreo de la dosis de radiación antes de la aprobación del estudio TAC de abdomen de rutina y su validación por el radiólogo.
- Establecimiento de códigos de colores para notificar el nivel de radiación ionizante, tras el monitoreo de la dE y la notificación al tecnólogo antes del estudio. Señalándose como

1. Color verde, si la dE es menor a 1 mSv , lo significa riesgo muy bajo.
2. Color naranja si la dE oscila entre 1 y 10 mSv, lo que implica riesgo moderado, requiere justificación y optimización.
3. Color rojo, si la dE es superior a 10 mSv, con un riesgo más significativo, solo indicado si el beneficio clínico lo justifica. [5]

- Modificación de parámetros técnicos (reducción del área a explorar durante el topograma, reducir el número de exposiciones y el tiempo de exposición) en casos de reportes con color naranja o rojo .
- Evaluación del protocolo a emplear en correspondencia con los datos clínicos especificados en la historia del paciente, previo a la realización del estudio.
- Notificar a la sección de medicina física cuales son los protocolos de TAC de abdomen que conllevan a mayor dE .
- Educación sobre seguridad radiológica dirigida al personal técnico y médico.

Encuestas de satisfacción al personal involucrado

RESULTADOS

Antes de la intervención (enero-junio 2024), se realizaron 200 estudios, de los cuales 90 (45 %) excedieron la dosis efectiva. Después de la intervención (julio-diciembre 2024), el número de estudios que excedieron la dosis se redujo de 90 a 35 , representando un 20 % de los 175 estudios realizados. Durante la fase de sostenibilidad (enero-mayo 2025), se consolidaron los resultados con 25 estudios que excedieron la dosis efectiva, representado un 17 % de los 150 estudios realizados. (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución de estudios de TAC de abdomen de rutina según la dE por períodos

Periodo del estudio	Número total de TAC de abdomen de rutina	Número de estudios de TAC de abdomen de rutina que excedieron la **dE**	Porcentaje (%)	Significación estadística
Antes de la intervención (enero-junio 2024)	200	90	45	Referencia (comparación base)
Después de la intervención (julio-diciembre 2024)	175	35	20	$p < 0.001$ vs. período inicial
Fase de sostenibilidad (enero -mayo 2025)	150	25	17	$p < 0.001$ vs. período inicial

Fuente: Historia clínica

El análisis comparativo antes de la intervención y después la intervención mostró una reducción absoluta de 25 % y reducción relativa de 56 %, mientras que en el análisis comparativo antes de la intervención y fase sostenibilidad un 28 % de reducción absoluta y de un 62 % de reducción relativa. (Tabla 2).

Tabla 2. Reducción absoluta y relativa entre periodos

Comparación	Reducción absoluta	Reducción relativa	Chi-cuadrado	p-valor
Antes de la intervención y después la intervención	25 %	56 %	45.2	<0.001
Antes de la intervención y fase sostenibilidad	28 %	62 %	45.2	<0.001

Fuente: Historia clínica

Antes de la estrategia intervención de optimización el 50 % de los protocolos de TAC de abdomen simple excedieron la dE y un 38 % de los estudios de TAC con contraste. Después de la intervención se redujo a un 15 % en los estudios de TAC de abdomen simple y a un 20 % en los estudios de TAC de abdomen con contraste. Durante la fase de sostenibilidad se excedió la dE en un 10 % de los estudios de TAC de abdomen simple y un 15 % de las TAC de abdomen con contraste. (Tabla 3).

Tabla 3. Distribución de estudios de TAC de abdomen de rutina según tipo de protocolo

Tipo de protocolo	Número total de estudios	Número que excedieron la dosis	Porcentaje (%)	Significación estadística
Antes de la intervención TAC abdomen simple	120	60	50	Referencia (comparación base)
Antes de la intervención TAC de abdomen con contraste	80	30	38	Referencia (comparación base)
Después de la intervención TAC abdomen simple	100	15	15	p < 0.001 vs. periodo inicial
Después de la intervención TAC de abdomen con contraste	75	20	27	p < 0.001 vs. periodo inicial
Fase de sostenibilidad - TAC abdomen simple	90	10	11	p < 0.001 vs. periodo inicial
Fase de sostenibilidad - TAC de abdomen con contraste	60	15	25	p < 0.001 vs. periodo inicial

Fuente: Historia clínica

La distribución del intervalo en dE en los diferentes períodos, mostró que se redujo la dosis promedio de 12 mSv antes de la intervención a 8 mSv después de la intervención y a 7 mSv durante la fase de sostenibilidad, igualmente se redujo la dosis máxima de 18 mSv (antes de la intervención) a 14 mSv después de la intervención y a 12 mSv (sostenibilidad). (Tabla 4).

Tabla 4. Distribución de estudios tomográficos de abdomen de rutina según intervalo de dE por periodos

Período	Dosis promedio (mSv)	Dosis máxima (mSv)
Antes de la intervención	12 mSv	18 mSv
Después de la intervención	8 mSv	14 mSv
Fase de sostenibilidad	7 mSv	12 mSv

p < 0.001 Fuente: Historia clínica

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio muestran una reducción significativa en la proporción de estudios que excedieron la dosis efectiva (dE), pasando del 45 % antes de la intervención al 17 % en la fase de sostenibilidad, con reducciones absolutas y relativas del 28 % y 62 %, respectivamente. Estos hallazgos son consistentes con la literatura internacional que subraya la necesidad de optimización en tomografía computarizada, dado que representa

una de las principales fuentes de exposición a radiación médica.[6,7]

La prueba de Chi-cuadrado aplicada a la distribución de estudios muestra una diferencia estadísticamente significativa entre los periodos analizados ($p < 0.001$). Esto indica que la reducción observada en la proporción de estudios que excedieron la dosis efectiva no se debe al azar, sino que está asociada a la intervención implementada y a la fase de sostenibilidad. Desde el punto de vista clínico, esta disminución representa un avance importante en la seguridad radiológica, contribuyendo a la reducción del riesgo para los pacientes y al cumplimiento de estándares internacionales. La significación estadística en cada periodo refuerza la efectividad de la estrategia y la necesidad de mantener acciones continuas para consolidar los resultados.

Estrategias como la modulación automática de corriente, reconstrucción iterativa y ajuste de protocolos han demostrado ser efectivas para reducir dosis sin comprometer la calidad diagnóstica, reportándose una reducción del 35-42 % en estudio realizado por Francesco Ria (2024), cifras comparables a las obtenidas en la presente publicación. Además, tendencias recientes apuntan al uso de inteligencia artificial para personalizar parámetros y mejorar la seguridad del paciente,[9] lo que representa una línea futura para consolidar la optimización.

Los hallazgos del trabajo mostraron una reducción más marcada en TAC de abdomen simple (de 50 % a 11 %) frente a estudios con contraste (de 38 % a 25 %). Dichos hallazgos son consistentes con lo reportado en la literatura revisada,[10] quienes observaron que los protocolos simples son más susceptibles a optimización mediante ajustes en parámetros técnicos y modulación automática de corriente. Por otro lado, Habib Syeh Alzufri[7] señala que los estudios con contraste presentan mayor variabilidad en dosis debido a factores como la duración del escaneo y la necesidad de mantener calidad diagnóstica, lo que explica reducciones menos pronunciadas.

Estos resultados refuerzan la importancia de estrategias diferenciadas según el tipo de protocolo para lograr reducciones sostenibles y seguras, la variabilidad de dosis entre hospitales y la necesidad global de estandarización,[11,12] reforzando la relevancia de intervenciones sostenibles como la presentada.

Los resultados mostraron una reducción sustancial en la dosis promedio y máxima de estudios tomográficos abdominales tras la intervención, alcanzando valores de 8 mSv y 14 mSv respectivamente, y consolidándose en la fase de sostenibilidad con 7 mSv y 12 mSv. Esta tendencia coincide con lo reportado en estudios revisados,[13] en que los autores documentaron disminuciones del 25–30 % mediante la optimización de protocolos y el uso de software de reducción de dosis. De igual forma, otro estudio señaló[14] dosis promedio cercanas a 9 mSv para abdomen, lo que ubica los resultados de esta investigación en un rango competitivo e incluso inferior en la fase sostenida. Estas comparaciones refuerzan la efectividad de las medidas implementadas y sugieren que la adopción sistemática de estrategias de optimización puede lograr reducciones superiores a las recomendadas por la Comisión Internacional de Protección Radiológica.

Como limitantes al estudio, no se encontraron otros estudios similares en otras instituciones de salud de Qatar que permitieran análisis comparativo.

El presente trabajo evidenció que la estrategia implementada tuvo un impacto positivo y sostenido en la reducción de dosis efectiva en estudios tomográficos de abdomen de rutina. La disminución progresiva confirmó la efectividad de la intervención y la importancia de mantener acciones continuas para alcanzar estándares óptimos de seguridad radiológica y protección a los pacientes.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Rolando Dornes Ramón, Rosalía de la Caridad Arozarena Izquierdo.

Curación de datos: Yunelkys Martínez Castro, Isbelys Flatts Segundo.

Análisis formal: Rolando Dornes Ramón, Yordany Vázquez Mora,Yander Luis Izaguirre Campillo

Investigación: Yordany Vázquez Mora, Yander Luis Izaguirre Campillo, Lizandra Pujol-Arias.

Metodología: Rolando Dornes Ramón, Rosalía de

la Caridad Arozarena Izquierdo.

Validación: Rolando Dornes Ramón, Isbelys Flatts Segundo.

Visualización: Yander Luis Izaguirre Campillo, Lizandra Pujol Arias.

Redacción del borrador original: Rolando Dornes Ramón, Yordany Vázquez Mora, Rosalía de la Caridad Arozarena Izquierdo.

Redacción, revisión y edición: Rolando Dornes Ramón, Yordany Vázquez Mora, Rosalía de la Caridad Arozarena Izquierdo.

Financiación

Hospital General Provincial Docente Dr. Antonio Luaces Iraola. Ciego de Ávila. Cuba.

REFERENCIAS

1.Chen J, Wang Y, Zhou F. Radiation exposure in recurrent medical imaging: A population-based study in clinical practice. Sci Rep[Internet]. 2025[citado 7/11/2025];15:11184. Disponible en: https://doi.org/10.1038/s41598-025-11184-7

2.Smith-Bindman R, Kang Y, Chu P, Wang Y, Stewart M, Doung P, et al. Large variation in radiation dose for routine abdomen CT: Opportunities for dose reduction. Eur Radiol. 2024;34(4):2394-2404.

3.Aljweber HA, Mamoun E, Salih HA, Mohammed AT. Reducing effective radiation dose with improved image quality for overweight and obese patients in CT. J Radiol Imaging[Internet]. 2024[citado 7/11/2025];35(2):97-106. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.jri.2024.02.005

4.Asociación Médica Mundial. Declaración de Helsinki: Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos[Internet]. Ferney-Voltaire: AMM; 2024[citado 7/11/2024]. Disponible en: https://www.paho.org/es/documentos/declaracion-helsinki-amm-principios-eticos-para-investigaciones-medicas-seres-humanos [paho.org]

5.International Atomic Energy Agency. *Diagnostic Reference Levels (DRLs) in Medical Imaging[Internet].* Vienna: IAEA; 2023[citado 7/11/2024]. Disponible en: https://www.iaea.org/resources/rpop/health-professionals/radiology/diagnostic-reference-levels [iaea.org]

6.Almohammed HI, Almutairi RM, Almindhari SH, Almutairi BM, Saleh AA. Optimizing CT Abdomen–Pelvis Scan Radiation Dose: Predictors of High Dose and Opportunities for Dose Reduction. J Med Imaging Radiat Sci[Internet]. 2024[citado 7/11/2025];55(2):123-131. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.jmir.2024.03.005

7.Alzufri HS, Hussain MI. The influence of CT parameters for optimizing radiation dose in abdomen examinations. Radiol Med[Internet]. 2023[citado 7/11/2024];128(4):512-519. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s11547-023-01697-8

8.Ria F, McCollough CH. Optimization of abdominal CT based on a model of total risk minimization by putting radiation risk in perspective with imaging benefit. Radiology [Internet]. 2024[citado 7/11/2025];310(3):e234567. Disponible en: https://doi.org/10.1148/radiol.2023234567

9.Wilson LJ, Hadjipanteli A , Østergaard D, Bogaert E, Brown K, DeJongvan H, et al. Cone beam CT dose optimisation: A review and expert consensus of the 2022 ESTRO Physics Workshop IGRT working group. Radiother Oncol[Internet]. 2025[citado 7/11/2025];186:109-17. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40425073/

10.Udo CC, Ureh RO, Okafor PI. Optimization of head computed tomography scan in a specialist hospital: evaluation based on CTDI and DLP. Med Sci Discov[Internet]. 2021 [citado 7/11/2025];8(4):225-30. Disponible en: https://doi.org/10.36472/msd.v8i4.521

11.Abuzaid M, Samy A, Abass N. Optimizing Radiation Dose in High-Resolution Chest CT: Analysis of Size-Specific Dose Estimates for Personalized Protocols. Radiol Med[Internet]. 2025[citado 7/11/2025];130(2):345-55. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s11547-025-01694-9

12.Al-Shimmari HA, Al-Bayati MR. A Phantom Study on 100 kVp CT Protocol with iDose for Dose Optimization. SJMSE[Internet].

2025[citado 7/11/2025];12(1):9-13. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Efstathios-Efstathopoulos/publication/257598561

13.College of Physicians and Surgeons of British Columbia. Accreditation Standards - Radiation Safety[Internet]. Vancouver: College of Physicians and Surgeons of British Columbia; 2025[citado 7/11/2025]. Disponible en: https://www.cpsbc.ca/files/pdf/DAP-AS-MI-Radiation-Safety.pdf

14.Larson DB, Johnson LW. A Vision for Global CT Radiation Dose Optimization. J Am Coll Radiol[Internet]. 2024[citado 7/11/2025];21(7):1054-62. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.jacr.2024.03.012

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS