

Radiología pediátrica en la era del deep learning: aplicando el principio ALARA para minimizar la exposición a radiación

Andrés Figueroa Montilla¹, Irene Pérez Alonso¹, Marina Ortiz de Lanzagorta¹, Rocío Condori Bustillos¹, Bruno Winzer Melia¹, Ramón De la Serna Gómez¹, María Lucía Milan de Paz¹

¹Hospital Universitario Río Hortega, Valladolid.

Objetivo docente

Revisar las estrategias actuales para la reducción de dosis en radiología pediátrica, integrando el principio ALARA con innovaciones tecnológicas recientes, como las técnicas de reconstrucción basadas en aprendizaje profundo y la tomografía con detectores de conteo de fotones (PCD-CT), destacando su impacto clínico y los desafíos de implementación.

Radiación ionizante en la población pediátrica

- Mayor radiosensibilidad de los tejidos en crecimiento
- Mayor expectativa de vida → mayor riesgo acumulado
- Riesgo estocástico, sin umbral seguro conocido
- Uso frecuente de TC fuera de centros pediátricos especializados

ALARA (As Low As Reasonably Achievable)

- Justificación estricta del estudio
- Optimización de los parámetros de adquisición
- Limitación del campo y del número de fases
- Priorizar modalidades sin radiación (ecografía, RM) cuando sea posible

Estrategias clásicas de reducción de dosis

Ajuste de kVp y mAs

Adaptados a la edad y peso del paciente para una dosis personalizada.

Modulación automática de corriente

del tubo en tiempo real, según la atenuación del paciente.

Evitar exploraciones innecesarias

Reducir el número de fases a lo estrictamente necesario

Reducción del volumen explorado

Limitar la región anatómica examinada al área de interés clínico

Uso de estimadores de dosis

Índices como CTD_{ivol} y SSDE para cuantificar dosis y asegurar cumplimiento de niveles de referencia

Reconstrucción de imagen en TC

Filtered Back Projection (FBP):

Rápido, pero con aumento significativo de ruido a baja dosis

Reconstrucción Iterativa (IR):

- Reduce ruido
- Permite reducción moderada de dosis
- Limitaciones en textura y detectabilidad a dosis muy bajas

Reconstrucción basada en aprendizaje profundo (DLR)

- Algoritmos entrenados con grandes volúmenes de datos
- Reducción avanzada de ruido
- Mejor preservación de resolución espacial
- Textura de imagen más natural

La DLR permite reducir significativamente la dosis de radiación sin penalizar la calidad diagnóstica, un avance crítico en radiología pediátrica.

Impacto clínico del DLR



Reducción de dosis efectiva

Disminuye entre 40-80% en dosis de radiación efectiva



Mejora en la Relación Señal/Ruido (SNR) y Contraste/Ruido (CNR)

en comparación con la Reconstrucción Iterativa (IR).



Mejor detectabilidad

Aumento en la capacidad de detectar lesiones de bajo contrast



Dosis sub-milisievert

Posibilidad de alcanzar niveles muy bajos



Preferencia subjetiva

Tomografía con detectores de conteo de fotones (PCD-CT): el siguiente paso tecnológico



**Resolución
especial**

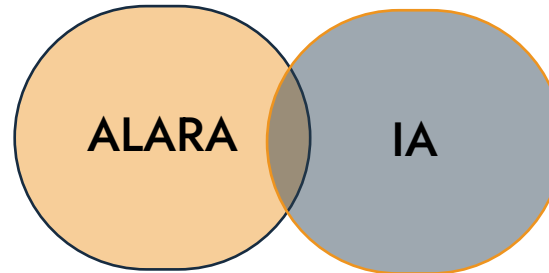
**Información
espectral
intrínseca**

**Potencial para
disminuir dosis**
Niveles cercanos a
radiografías

Recomendaciones institucionales

- Protocolos 'child-size'
- Evitar estudios innecesarios
- Monitorización continua de dosis
- Comunicación clara con la familia sobre riesgos y beneficios

Nuevo paradigma: **ALARA-IA**



La confluencia del principio ALARA y la Inteligencia Artificial (IA) crea un marco de seguridad radiológica más robusto, eficiente y ético. Asegurando máxima calidad diagnóstica con mínima exposición

Optimización física

Ajuste finos para reducir dosis

Reconstrucción IA

Uso DLR para calidad de imagen óptima

Monitorización de dosis

Sistemas inteligentes para el seguimiento continuo y acumulado

Conclusiones

- La inteligencia artificial potencia el principio ALARA
- El DLR permite alcanzar dosis sub-milisievert sin pérdida diagnóstica
- El PCD-CT representa el futuro inmediato de la TC pediátrica
- La radiología pediátrica avanza hacia un modelo más seguro, eficiente y humano

Bibliografía

1. Nagayama Y, Goto M, Sakabe D, et al. Radiation dose reduction for 80-kVp pediatric CT using deep learning–based reconstruction: a clinical and phantom study. *AJR Am J Roentgenol*. 2022;219(2):315-325. doi:10.2214/AJR.21.27255.
 2. Brady SL, Trout AT, Somasundaram E, et al. Improving image quality and reducing radiation dose for pediatric CT by using deep learning. *Radiology*. 2021;298(1):180-188. doi:10.1148/radiol.2020201956.
 3. Chandran A, Smith SE, McCollough CH, et al. Deep learning–based image reconstruction in pediatric CT: a systematic review. *F1000Research*. 2024;13:154. doi:10.12688/f1000research.145345.1.
 4. Mese I, Altintas Mese C, Demirsoy U, Anik Y. Innovative advances in pediatric radiology: computed tomography reconstruction techniques, photon-counting detector computed tomography, and beyond. *Pediatr Radiol*. 2024;54:1-11. doi:10.1007/s00247-023-05823-2.
 5. Marin JR, Lyons TW, Claudius I, et al; American Academy of Pediatrics Committee on Pediatric Emergency Medicine; Section on Radiology; American College of Radiology. Optimizing advanced imaging of the pediatric patient in the emergency department: policy statement. *Pediatrics*. 2024;154(1):e2024066854. doi:10.1542/peds.2024-066854.
 6. Nagayama Y, Oda S, Nakaura T, et al. Radiation dose reduction at pediatric CT: use of low tube voltage and iterative reconstruction. *RadioGraphics*. 2018;38:1421-1440. doi:10.1148/rg.2018180041.
-