

Estandarización de los protocolos de TC pediátrica: optimización de dosis, contraste y sincronización en la rutina hospitalaria

María Vidal Denis¹, Rocío Rodríguez Ortega², María I. Martínez León³

1.2.3. Hospital Materno - Infantil del Regional Universitario de Málaga

¿Por qué la TC pediátrica es diferente?



Pacientes en crecimiento

- Órganos en desarrollo, con distinta composición y contraste natural
- Cambios rápidos según edad y peso → no existen tallas únicas



Mayor sensibilidad a la radiación

- Tejidos en crecimiento = más vulnerables al daño
- Mayor esperanza de vida → más tiempo para que aparezcan efectos tardíos
 - **Cada mGy cuenta**



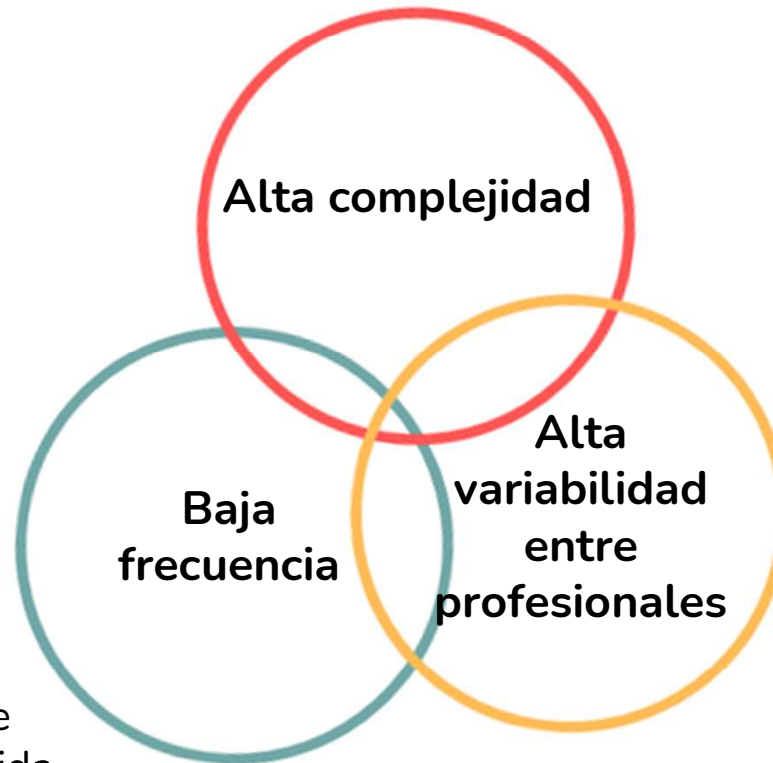
Menor colaboración

- Dificultad para permanecer quietos o seguir instrucciones
 - Mayor riesgo de artefactos de movimiento → necesidad de técnicas rápidas o sedación

Alta variabilidad técnica

- Protocolos deben ajustarse a edad, peso, región anatómica, indicación clínica
- Parámetros, colimación, KV, mA, pitch y reconstrucción no pueden copiarse de un adulto o de un paciente a otro

Cada niño es distinto: edad, peso, desarrollo e indicación clínica
Un mismo estudio (Ej. TC abdominal) puede requerir protocolos muy diferentes según el paciente



El TC no suele ser la técnica de primera elección → No se consolida rutina ni memoria técnica

Distintos técnicos → distintos parámetros
Distintos radiólogos → distintas exigencias de calidad



Objetivo docente

Mostrar cómo hacemos TC pediátrica en la práctica real cuando queremos que salga bien, a la primera y con la mínima dosis de radiación posible



¿Qué es?

Es una optimización de dosis de radiación,
contraste y sincronización de fase de estudio.
Es práctica clínica real



¿Qué no es?

No es investigación. No es teoría.
No son protocolos para estudios ideales, sino para
la gran variabilidad real de la TC pediátrica

**Para radiólogos que trabajan con niños y necesitan que las imágenes salgan bien...
sin pagar el precio en dosis**

Revisión del tema

1

Dosis de
radiación y kVp

3

Sincronización
(bolus tracking)

2

Contraste

4

Fases venosas y
alternativas

1

Dosis de radiación y kVp



Principio básico

En pediatría no usamos un único kVp fijo,
lo adaptamos al tamaño del niño
Los mAs → no se modifican



80 kVp



80-100 kVp



100 kVp

AEC (Automatic Exposure Control)

En nuestro hospital está activado siempre,
excepto para cráneo, que está fijado bastante
alto: en 100 kVp (< 10 años) o 120 kVp (> 10
años) porque el hueso afecta a la atenuación

kVp bajo = doble beneficio

↓ Radiación

↑ Realce del yodo (en estudios con contraste)



Edad / Peso aproximado	kVp recomendado
RN – 6 meses (< 7 kg)	80 kVp
6 meses – 2 años (7–12 kg)	80 kVp
2 – 6 años (12–20 kg)	80 - 100 kVp
6 – 12 años (20–40 kg)	100 kVp
> 12 años / > 40 kg	100 - 120 kVp
Adolescente grande / adulto	120 kVp

Excepciones para estos kVp

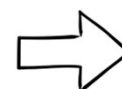
Cráneo → 100 - 120 kVp

AngioTC → 80 kVp

Perfusión → 80 kVp



Recuerda
AEC activado



Errores que suben dosis *

Niño mal centrado

Materiales externos (fijadores, férulas, electrodos, pañales, clips metálicos de la ropa,...)

* Porque AEC la calcula mal

2

Contraste



¿Qué cantidad? → Dosis

- **Regla estándar → Por peso:**

- 2 ml/kg (máx. 100–120 ml en adolescentes grandes)

Sencilla. Segura.
Funciona bien en la mayoría de los niños

- **Método alternativo → Por tiempo de inyección:**

- Volumen de contraste = (tiempo de adquisición + delay) x flujo de inyección

Ejemplo: AngioTC torácico pediátrico.

Tiempo de adquisición: 8 segundos.

Delay: 5 segundos.

Flujo: 2 ml/s (porque tienes una vía de 22G)

Volumen = (8 + 5) x 2 = 26 ml de contraste



Concentración
300 - 350 mg I / ml

Mejor realce
Permite usar kVp bajos



La vía lo es todo: Velocidad de inyección y localización

La calidad de un angioTC depende mucho del flujo del bolo → Calibre y localización de vía adecuados

Vía 20 G	3.0 - 4.0 mL/s	Niños mayores/adolescentes AngioTC de alta calidad
Vía 22 G	2.0 mL/s	Niños pequeños AngioTC de calidad limitada
Vía 24 G	1.0–1.5 mL/s	Lactante no para angioTC; usar solo si no hay alternativa



Ideal → 20G
V. antecubital



Acceptable → 22G
V. basílica



Difícil → 24G
Vías distales

Vías en manos, pies o scalp

- malas para estudios arteriales rápidos
- riesgo de extravasación y fallo de bolo



Lo ideal

Para un buen angioTC se necesitan 3–4 ml/s
...pero en pediatría casi nunca tenemos esa vía



Trucos que marcan la diferencia

- ✓ Usa contraste de alta concentración (300–350 mg/ml)
- ✓ Añade siempre suero de arrastre (flush) 10–20 ml
 - perfil de bolo más limpio
 - menos artefactos en cava
 - mejor realce vascular

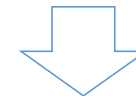


La realidad

La mayoría de niños llevan:

- 22G → 2 ml/s
- 24G → 1–1,5 ml/s

Intentar no bajar
de 2 ml/s



No pasa nada si...



Mantienes la dosis total de 2 ml/kg

Ajustas la monitorización:

*Si bajas velocidad → el bolo se alarga → se alarga la fase
monitorización y se llega a un menor realce pico -pero apto
para el diagnóstico-*

*** En TC pediátrica no buscamos el bolo perfecto.
Buscamos una fase diagnóstica, segura y reproducible.**

3

Sincronización (bolus tracking)



El problema

En TC pediátrica los tiempos fijos fallan porque:

- Los niños tienen frecuencias cardíacas muy distintas
- Las vías son pequeñas
- Los bolos son lentos y variables

¿Qué quiere decir?

El mismo retraso puede dar una fase perfecta... o una fase inútil



La solución

Bolus tracking → método más seguro, reproducible y adaptado a cada niño

Porque **se ajusta automáticamente** a:

- Edad
- Tamaño
- Vía
- Flujo
- Frecuencia cardíaca

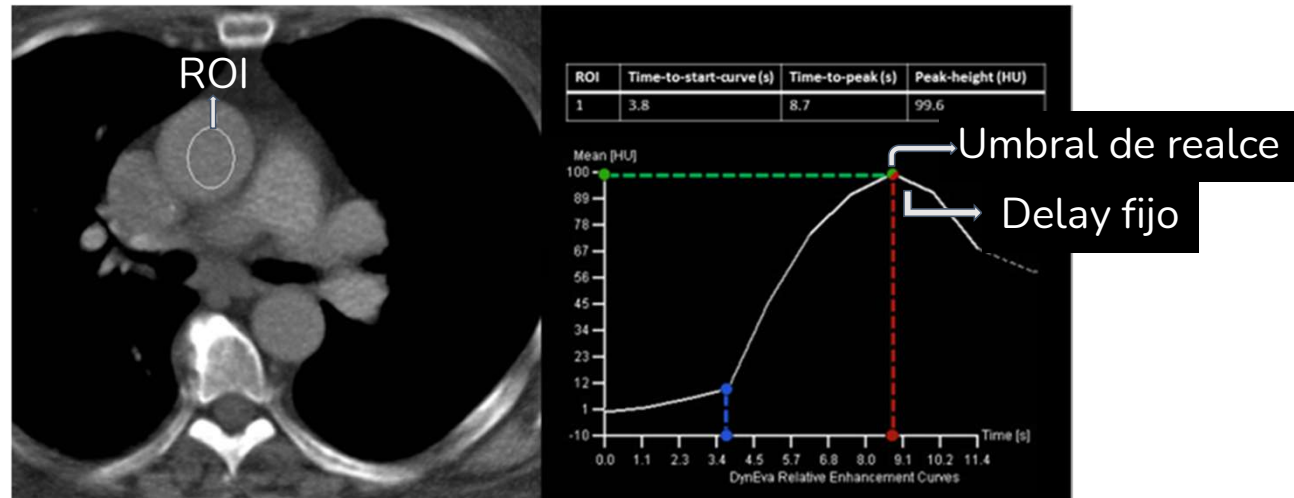


¿Qué es “Bolus tracking”?

- Colocas un ROI en un vaso → el TC monitoriza en tiempo real la llegada del contraste
- Umbral → Cuando la densidad en ese ROI supera un umbral de realce, el TC lanza la adquisición tras un delay corto fijo

Es un disparo automático

- 👉 No se adivinan tiempos
- 👉 Mide el bolo del propio paciente





¿Dónde poner el ROI?

Cuello - troncos supraaórticos	Aorta ascendente / cayado
Tórax - Aorta torácica	Aorta ascendente
Tórax - Arterias pulmonares	Cono de la pulmonar
Abdomen	Aorta abdominal suprarrenal
Extremidades superiores	Aorta ascendente
Extremidades inferiores	Aorta abdominal suprarrenal



Regla de oro

ROI grande, centrado en el vaso, lejos de catéteres



Umbral de realce: la clave en Pediatría



En adultos

Velocidad habitual de 3–4 ml/s → umbrales de realce altos = 100–120 UH



En niños

Velocidad habitual de 2 ml/s → el contraste llega más lento → el realce no sube tanto = muchas veces no llega al umbral de 100 UH



Umbrales prácticos

El TC trae umbrales predeterminados en sus protocolos y normalmente no hay que tocarlos

Solo ajustarlos si el bolo es:

- muy lento (1–2 ml/s) → bajar a 50-60 UH
- muy rápido (>3 ml/s) → subir a 80-100 UH



Delay: deja que el bolo se distribuya

Una vez alcanzado el umbral, el TC espera unos segundos antes de disparar

Suelen ser unos 3-5 segundos para estudios arteriales

Vienen determinados y optimizados en cada TC

Ej. Delays optimizados de GE: TSA → 5,3 s // Aorta torácica y pulmonares → 7,1 s // Abdomen → 4,3 s.



¡Recuerda!

Añade siempre suero de arrastre (flush) 10–20 ml a la misma velocidad que el contraste → da un ascenso más limpio y evita que el bolo se quede en la cava.

4

Fases venosas y alternativas



¿Tiempos fijos? No tiene por qué

- 1 Se monitoriza la llegada arterial
- 2 El contraste alcanza la ROI
- 3 Se espera un delay más largo
- 4 Se adquiere la fase venosa

 **Así la fase venosa es correcta sin adivinar tiempos.**



¿Por qué usar tracking también en venosa?

Porque no solo mejora la imagen, también mejora la forma de trabajar

👉 El mismo principio:

Se mide la llegada arterial y se espera lo necesario para que el contraste llegue al sistema venoso

Usar bolus tracking para todos los estudios (arteriales y venosos) consigue que:

- ✓ Técnicos y radiólogos usen siempre el mismo método
- ✓ Se cree una rutina estable
- ✓ Se reduzcan errores
- ✓ Se evite “probar tiempos”



Una sola forma de hacerlo, muchas indicaciones
Eso es lo que hace que un protocolo funcione en la vida real



Fase venosa con tracking — valores prácticos

Estudio	ROI	Umbral	Delay
Cráneo — venografía	Aorta ascendente	50–70 UH	25–35 s (hasta 45 s si quieres más parénquima)
Cuello (yugulares)	Carótida común / Aorta ascendente	50–70 UH	20–30 s
Tórax (mediastino)	Aorta ascendente	50–70 UH	20–30 s
Pulmonar (fase venosa)	Aurícula izquierda	60–80 UH	15–25 s
Abdomen (portal)	Aorta suprarrenal	60–80 UH	25–35 s(lactantes: 20–25 s)
Extremidades superiores	Aorta ascendente	60–80 UH	20 - 30 s
Extremidades inferiores	Aorta descendente	60–80 UH	25–35 s(lactantes: 20–25 s)



Si no hay bolus tracking...

Se usan retrasos fijos desde el inicio de la inyección, ajustados por:

- Edad
- Peso
- Velocidad de inyección
- Calibre de vía

 **Son aproximaciones.
El tracking es más robusto**



¿Y la fase excretora?

No usa tracking



Se adquiere entre 5 y 10
minutos tras el bolo IV

Recomendado: ~8 minutos

Conclusiones

La TC pediátrica combina alta complejidad, baja frecuencia y alta variabilidad

👉 En este contexto, no se puede improvisar



**La estandarización no es opcional
Es una necesidad de seguridad clínica**



Estandarizar es importante porque

↓ Errores

↑ Calidad diagnóstica

↓ Dosis radiación



En pediatría todo depende de

Tamaño del niño

Calidad de la vía

Velocidad de inyección



Un buen protocolo

Protege al niño

Protege al técnico

Protege al radiólogo

Referencias bibliográficas

Zacharias C, Alessio AM, Otto RK, Iyer RS, Philips GS, Swanson JO, et al. Pediatric CT: strategies to lower radiation dose. AJR Am J Roentgenol. 2013;200(5):950-6. doi:10.2214/AJR.12.9026.

Nivelstein RAJ, van Dam IM, van der Molen AJ. Multidetector CT in children: current concepts and dose reduction strategies. Pediatr Radiol. 2010;40(8):1324-44.

Strauss KJ, Goske MJ, Kaste SC, et al. Image Gently: ten steps you can take to optimize image quality and lower CT dose for pediatric patients. AJR Am J Roentgenol. 2010;194:868-73. doi:10.2214/AJR.09.4091.

Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography: an increasing source of radiation exposure. N Engl J Med. 2007;357:2277-84. doi:10.1056/NEJMra072149.

Brenner DJ, Elliston CD, Hall EJ, Berdon WE. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. AJR Am J Roentgenol. 2001;176:289-96. doi:10.2214/ajr.176.2.1760289.

Donnelly LF, Emery KH, Brody AS, et al. Minimizing radiation dose for pediatric body applications of single-detector helical CT: strategies at a large children's hospital. AJR Am J Roentgenol. 2001;176:303-6. doi:10.2214/ajr.176.2.1760303.

Frush DP, Slack CC, Hollingsworth CL, et al. Computer-simulated radiation dose reduction for abdominal multidetector CT of pediatric patients. *AJR Am J Roentgenol*. 2002;179:1107-13. doi:10.2214/ajr.179.5.1791107.

Greess H, Lutze J, Noemayr A, et al. Dose reduction in subsecond multislice spiral CT examination of children by online tube current modulation. *Eur Radiol*. 2004;14:995-9. doi:10.1007/s00330-004-2301-9.

Li J, Udayasankar UK, Toth TL, et al. Automatic patient centering for MDCT: effect on radiation dose. *AJR Am J Roentgenol*. 2007;188:547-52. doi:10.2214/AJR.06.0370.

Deak PD, Langner O, Lell M, Kalender WA. Effects of adaptive section collimation on patient radiation dose in multisection spiral CT. *Radiology*. 2009;252:140-7. doi:10.1148/radiol.2522081845.

Peng Y, Li J, Ma D, et al. Use of automatic tube current modulation with a standardized noise index in young children undergoing chest CT. *Acta Radiol*. 2009;50:1175-81. doi:10.3109/02841850903241914.

Alliance for Radiation Safety in Pediatric Imaging (Image Gently). How to develop CT protocols for children. Image Gently; 2007.

Bae KT. Intravenous contrast medium administration and scan timing at CT: considerations and approaches. Radiology. 2010;256(1):32-61. doi:10.1148/radiol.10090908.

Chandra T, Podberesky DJ, Romberg EK, Tang ER, Iyer RS, Epelman M. Optimization of pediatric body CT angiography: what radiologists need to know. AJR Am J Roentgenol. 2020;215(3):726-35. doi:10.2214/AJR.19.22273.

Tang S, Zhang G, Chen Z, Liu X, Fan X, Liu D, et al. Application of multiple injections of contrast agent in head and neck CT arteriovenous angiography in children: study protocol clinical trial (SPIRIT compliant). Medicine (Baltimore). 2020;99(15):e19773. doi:10.1097/MD.00000000000019773.

GE Healthcare. AutomA / SmartmA Theory [documento técnico]. GE Healthcare.

McCollough CH, et al. Smart mA – Automatic Exposure Control (AEC): principios para el sistema Smart mA de General Electric Medical Systems [documento técnico/educativo]. Mayo Clinic.
