

TC helicoidal-3D y endoscopia virtual en la patología de la vía aérea pediátrica

ISABEL GORDILLO Y JOSÉ ANTONIO MATUTE

Hospital Materno-Infantil Gregorio Marañón. Madrid. España.
igordillo.hgugm@salud.madrid.org; jamatute@telefonica.net

La tomografía computarizada helicoidal (TCH) es la técnica de elección para la exploración no invasiva de la vía aérea¹. Permite la adquisición del volumen torácico completo en un único período de apnea minimizando los artefactos producidos por el movimiento respiratorio. Una de sus principales ventajas es permitir la reconstrucción de imágenes axiales solapadas sin aumentar la radiación sobre el paciente –dato fundamental en la edad pediátrica– y, de esta forma, poder realizar reconstrucciones tridimensionales y endoscopia virtual.

Puntos clave

La tomografía computarizada helicoidal (TCH) es la técnica de elección para la exploración no invasiva de la vía aérea.

La TCH multicorte disminuye de forma importante el tiempo de adquisición de la exploración y, sobre todo, aumenta la resolución de una manera notable, especialmente al disminuir el grosor de corte. El aumento de la resolución obtenido hace posible realizar TCH-angiografía con los datos adquiridos.

La rapidez en el tiempo de adquisición de la exploración favorece la colaboración del paciente a la hora de mantener el tiempo de apnea necesario y disminuye los tiempos de sedación de tal forma que, según la edad, incluso puede no ser necesaria.

Es una técnica no invasiva que puede llegar a cualquier punto del árbol bronquial permitiendo el acceso a zonas postestenóticas en estenosis importantes no accesibles a la broncoscopia convencional.

La contribución principal de las reconstrucciones tridimensionales es facilitar la comprensión de la anatomía del árbol traqueobronquial y demostrar las relaciones de la vía aérea con las estructuras vecinas. Las imágenes anatómicas obtenidas favorecen en gran manera la comunicación y el entendimiento entre los radiólogos y los clínicos.

La contribución principal de las reconstrucciones tridimensionales (3D) es facilitar la comprensión de la anatomía del árbol traqueobronquial y demostrar las relaciones de la vía aérea con las estructuras vecinas (fig. 1). La TCH monocorte se introdujo en la práctica clínica a principio de la década de los noventa. Inicialmente estaba claro que la reducción en el tiempo de adquisición de las exploraciones era un hecho, pero pocos podían pronosticar los revolucionarios cambios que iban a tener lugar con el desarrollo de dicha técnica. Fue con la introducción de las estaciones de trabajo y con el posproceso de la imagen cuando se completaron y pudieron realizarse nuevos y espectaculares procedimientos como la TCH-angiografía, las reconstrucciones 3D y la endoscopia virtual¹⁻³.

Tras una década de uso en la práctica clínica de la TCH monocorte, el segundo acontecimiento de relevancia fue el desarrollo de la TCH multicorte. A partir de este momento fue posible adquirir múltiples cortes en una única rotación del tubo y los detectores, con lo que disminuía de forma importante el tiempo de adquisición de la exploración.

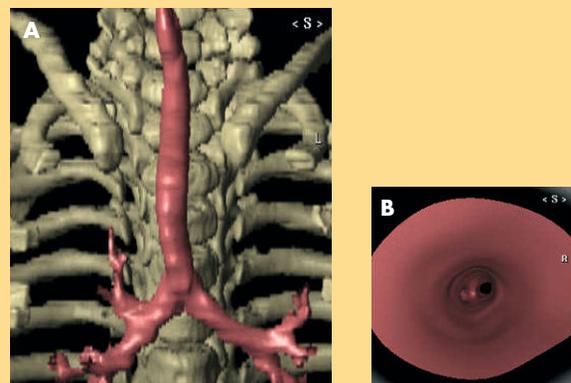


Figura 1. Estudio normal. Reconstrucción tridimensional de estructuras óseas, tráquea y bronquios principales en un niño de 7 años (A). Corte axial de la endoscopia virtual (B).

ción y, sobre todo, aumentaba la resolución de una manera notable, especialmente al disminuir el grosor de corte. Dentro de la TCH, no existen dudas acerca de las ventajas que supone la TCH multicorte sobre la TCH monocorte, y que pueden resumirse en las siguientes⁴:

1. Aumento de la resolución espacial.
2. Disminución del tiempo de adquisición.
3. Mayor cobertura anatómica.
4. Optimización del medio de contraste.
5. Obtención de reconstrucciones 3D de mayor calidad.

La introducción de la TCH multicorte ha tenido un evidente impacto clínico en un gran número de áreas al mejorar las aplicaciones ya existentes y conocidas de la TCH monocorte. La TCH-angiografía, que se utiliza de forma habitual, reduce de forma espectacular la necesidad de exploraciones cruentas como la angiografía convencional. De la misma forma, la colonoscopia y broncoscopia virtuales se han introducido en la práctica diaria.

Aunque las imágenes axiales de la TCH suelen ser suficientes para realizar la valoración de la mayoría de las alteraciones de la vía aérea, existen limitaciones que hacen necesaria y muy recomendable la realización del posproceso con las reconstrucciones bidimensionales y 3D. Estas limitaciones que presentan las imágenes axiales son las siguientes: dificultad para detectar estenosis sutiles, infravaloración de la extensión craneocaudal de la enfermedad, dificultad para establecer las relaciones 3D de la vía aérea con las estructuras mediastínicas vecinas y valoración deficiente de las vías aéreas que se orientan oblicuas al plano axial; además, las TCH, sobre todo las multicorte, generan cientos de imágenes para una sola exploración, lo que dificulta sobremanera el análisis de todas y cada una de ellas⁵⁻⁹. Las reconstrucciones 3D a partir de los cortes axiales originales ayudan a paliar todas estas limitaciones ofreciendo mapas anatómicos perfectamente comprensibles y reduciendo el número de imágenes. Es importante comprender que las reconstrucciones 3D no crean nueva información sobre las imágenes axiales originales, pero con ellas se obtiene una forma distinta, anatómica y complementaria, de valorar los mismos datos; esta forma llega a ser fundamental e imprescindible en la interpretación, diagnóstico y planteamiento quirúrgico de muchos casos. Las imágenes anatómicas obtenidas favorecen en gran manera la comunicación y el entendimiento entre los radiólogos y los clínicos. A pesar de la claridad de las imágenes 3D, las imágenes axiales de-

ben analizarse y revisarse siempre al valorar un estudio, permanecen como un importante punto de referencia para hacer una adecuada interpretación y además permiten valorar los artefactos que pueda haber en las reconstrucciones realizadas. También son imprescindibles para el estudio del parénquima pulmonar y de todas las estructuras mediastínicas¹⁰.

Se deduce de lo anteriormente expuesto que la introducción de la TCH, especialmente la multicorte, con la realización de reconstrucciones 3D (de la vía aérea, TCH-angiografía y broncoscopia virtual) ha cambiado por completo el abordaje y acercamiento a la anatomía y procesos patológicos de la vía aérea y de las estructuras vasculares torácicas en los niños⁴.

Las ventajas del uso de esta técnica en la edad pediátrica vienen dadas por los siguientes aspectos:

1. La rapidez en el tiempo de adquisición de la exploración favorece la colaboración del paciente a la hora de mantener el tiempo de apnea necesario y disminuye los tiempos de sedación¹¹⁻¹³, de tal forma que, según la edad, ésta incluso puede no ser necesaria¹⁴. La necesidad de sedación en la TCH monocorte es, aproximadamente, del 30% de los pacientes¹⁵. En cambio, con la TCH multicorte hay publicaciones que comunican una reducción de sedación al 5%¹².

2. Es una técnica no invasiva que puede llegar a cualquier punto del árbol bronquial permitiendo el acceso a zonas postestenóticas en estenosis graves no accesibles a la broncoscopia convencional.

En pacientes de riesgo, como niños con traqueomalacia grave o con estenosis importantes de la vía, en los que el uso del broncoscopio convencional puede ocluir la vía aérea, la TCH-3D y el endoscopio virtual proporcionan una alternativa segura^{9,16-18}.

3. El aumento de la resolución obtenido, especialmente al disminuir el grosor de corte, hace posible realizar TCH-angiografía con los datos adquiridos en la exploración. Esta exploración es fundamental a la hora de valorar la influencia de las estructuras vecinas en el compromiso de la vía aérea (anillos vasculares, etc.), facilita el planteamiento quirúrgico al poderse obtener mapas anatómicos en 3D¹⁹ y evita la realización de exploraciones más cruentas como la angiografía convencional, que comporta más dosis de radiación, más tiempo de sedación y mayor morbimortalidad (fig. 2).

Sobre la angiografía convencional tiene la ventaja de tener tiempos más cortos de adquisición y mayor rango de cobertura, lo que permite la detección de enfermedades vasculares y no vasculares. Además, la dosis de radiación que se aplica con la TCH-angio-

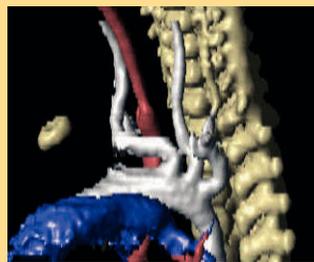


Figura 2. Tomografía axial computarizada-angiografía. Reconstrucción tridimensional de estructuras óseas, tráquea (en rojo), aorta con troncos supraaórticos (en blanco) y arterias pulmonares (en azul) en un neonato de 10 días de vida con dificultad respiratoria. El tronco braquiocefálico derecho tiene una salida distal en el cayado aórtico. La porción proximal es tortuosa, y el cruce por delante de la tráquea produce una compresión en su cara anterior.

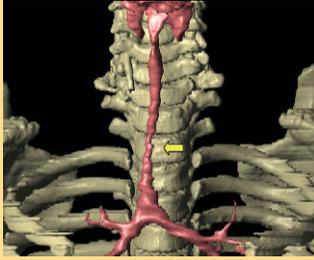


Figura 3. Estenosis traqueal congénita. Reconstrucción tridimensional de estructuras óseas y de la tráquea y bronquios principales en un niño de 6 años con una estenosis de gran longitud (flecha amarilla) en el tercio medio de la tráquea.

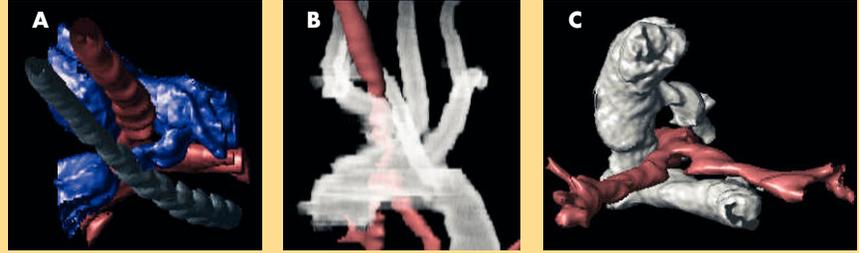


Figura 4. Anillos vasculares. Se muestran las reconstrucciones tridimensionales de 4 casos de anillos vasculares que dan lugar a compromiso de la vía aérea en la edad pediátrica. Los casos son: sling de la arteria pulmonar (A), arteria subclavia derecha aberrante (B), arco aórtico derecho (C) y doble arco aórtico (D). En todas las figuras la vía aérea está representada en rojo, las arterias pulmonares en azul, y la aorta y troncos en blanco. En A la estructura representada en azul claro es la sonda nasogástrica.

grafía es de 2 a 3 veces menor que con la convencional⁴.
4. Debido al inherente alto contraste de los pulmones y la vía aérea con respecto a las estructuras vecinas, se pueden usar técnicas de baja dosis con bajo kilovoltaje y bajo miliamperaje^{7,20-22}.

En la edad pediátrica la técnica descrita tiene fundamentalmente 2 indicaciones:

1. Patología intrínseca de la vía aérea central.
2. Patología vascular con repercusión sobre la vía aérea.

Patología intrínseca de la vía aérea central

Las indicaciones de la TCH con reconstrucciones 3D en las enfermedades de la tráquea y de los bronquios principales incluyen⁴:

- Detección, valoración y seguimiento posquirúrgico de alteraciones congénitas: estenosis traqueal congénita (fig. 3), existencia de bronquios accesorios, hipoplasia y atresia bronquial^{23,24}.
- Detección y valoración de la extensión de las estenosis traqueales y bronquiales de cualquier origen²⁴.
- Detección y confirmación de traqueomalacia¹⁸.
- Valoración de endoprótesis traqueobronquiales y valoración posquirúrgica de traqueoplastias²⁵.
- Valoración de fístulas traqueoesofágicas²⁶.

Patología vascular con repercusión sobre la vía aérea

La adquisición volumétrica de las TCH y la resolución que proporcionan permiten obtener unas reconstruccio-

nes volumétricas con una clara representación de la aorta y troncos supraaórticos, de la vena cava superior y de las arterias y venas pulmonares²⁷. En el caso de las enfermedades de la vía aérea pediátrica las ventajas son obvias, ya que en una única exploración se puede valorar si existe compromiso de la vía debido a compresiones vasculares. Las indicaciones son:

- Detección, valoración y seguimiento posquirúrgico de anillos vasculares congénitos con todas sus posibles variantes^{19,28-30} (fig. 4).
- Valoración de compresiones vasculares sobre la vía aérea de origen posquirúrgico tras cirugía por cardiopatías congénitas.
- Valoración de prótesis endovasculares.

Las limitaciones e inconvenientes de la técnica son las siguientes:

- Aunque valora la superficie mucosa, lo hace de forma incompleta al no poder analizar su color o friabilidad.
- No muestra cambios dinámicos al ser una exploración estática.
- Los artefactos de pulsión, las secreciones abundantes, los coágulos, entre otros, pueden simular zonas de estenosis.
- No permite la obtención de material para estudio citológico o microbiológico. Esta limitación es menos relevante en niños, ya que los procesos neoplásicos son raros en este grupo de edad.

A pesar de estas limitaciones, estamos ante una técnica de alto valor diagnóstico y complementaria a la fibrobroncoscopia. El uso de ambas asegura en gran manera el correcto diagnóstico de las enfermedades traqueales de la infancia.

Bibliografía



● Importante ●● Muy importante

■ Epidemiología

■ Metaanálisis

■ Ensayo clínico controlado

1. Grenier PA, Beigelman-Aubry C, Fetita C, Prêteux F, Brauner MW, Lenoir S. New frontiers in CT imaging of airway disease. *Eur Radiol.* 2002;12:1022-44.
2. Fletcher JG, Luboldt W. CT colonography and MR colonography: current status, research directions and comparison. *Eur Radiol.* 2000;10:786-801.
3. Behar JV, Nelson RC, Zidar JP. Thin-section multidetector CT angiography of renal artery stents. *Am J Radiol.* 2002;178:1155-9.
4. ●● Siegel MJ. **Multiphase and three-dimensional multi-detector row CT of thoracic vessels and airways in the pediatric population.** *Radiology.* 2003;229:641-50.
5. Remy-Jardin M, Remy J, Artaud D. Tracheobronchial tree: assessment with volume rendering-technical aspects. *Radiology.* 1998;208:393-8.
6. Remy-Jardin M, Remy J, Artaud D. Volume rendering of the tracheobronchial tree: clinical evaluation of bronchographic images. *Radiology.* 1998;208:761-70.
7. ● Naidich DP, Gruden JF, McGuinness GM. **Volumetric CT of the airways.** *J Thorac Imaging.* 1997;12:11-28.
8. Rubin GD. Data explosion: the challenge of multidetector-row CT. *Eur J Radiol.* 2000;36:74-80.
9. ●● Salvolini L, Bichi E, Costarelli L. **Clinical applications of 2D and 3D CT imaging of the airways: a review.** *Eur J Radiol.* 2000;34:9-25.
10. Boisselle PM, Reynolds KF, Ernst A. Multiphase and three-dimensional of the central airways with multidetector CT. *AJR Am J Roentgenol.* 2002;179:301-8.
11. Gustafson LM, Liu JH, Link DT. Spiral CT versus MRI in neonatal airway evaluation. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2000;52:197-201.
12. Pappas JN, Donnelly LF, Frush DP. Reduced frequency of sedation of young children with multisection helical CT. *Radiology.* 2000;215:897-9.
13. Donnelly LF, Frush DP, Nelson RC. Multislice helical CT to facilitate combined CT of the neck, chest, abdomen, and pelvis in children. *AJR Am J Roentgenol.* 2000;174:1620-2.
14. Frush DP, Donnelly LF, Chotas HG. Contemporary pediatric thoracic imaging. *AJR Am J Roentgenol.* 2000;175:841-51.
15. Kaste SC, Young CW, Holmes TP. Effect of helical CT on the frequency of sedation in pediatric patients. *AJR Am J Roentgenol.* 1997;168:1001-3.
16. Konen E, Katz M, Rozenman J, Ben-Shlush Y, Szeinberg A. Virtual bronchoscopy in children: early clinical experience. *AJR Am J Roentgenol.* 1998;171:1699-702.
17. Contencin P, Gumpert LC, De Gaudemar I. Non-endoscopic techniques for the evaluation of the pediatric airway. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 1997;41:347-52.
18. Gilkeson RC, Ciancibello LM, Hejal RB. Tracheobronchomalacia: dynamic airway evaluation with multidetector TC. *AJR Am J Roentgenol.* 2001;176:205-10.
19. Hopkins KL, Patrick LE, Simoneaux SF. Pediatric great vessel anomalies: initial clinical experience with spiral CT angiography. *Radiology.* 1996;200:811-5.
20. Choi YW, McAdams HP, Jeon SC, Park C, Lee S, Hahm C. Low-dose spiral CT: application to three-dimensional imaging of central airways [resumen]. *Radiology.* 2000;217:385.
21. Naidich DP, Harkin TJ. Airways and lung: CT versus bronchography through the fiberoptic bronchoscope. *Radiology.* 1996;200:613-4.
22. Haaga JR. Commentary: radiation dose management weighing risk versus benefit. *AJR Am J Roentgenol.* 2001;177:289-91.
23. Ghaye B, Szapiro D, Fanchamps J, Dondelinger RF. Congenital bronchial abnormalities revisited. *Radiographics.* 2001;21:105-19.
24. Hoppe H, Walder B, Sonnenschein M, Vock P, Dinkel L. Multidetector CT virtual bronchoscopy to grade tracheobronchial stenosis. *AJR Am J Roentgenol.* 2002;178:1195-200.
25. Ferreti GR, Kocier M, Calaque O, Arbib F, Righini C, Coulomb M, et al. Follow-up after stent insertion in the tracheobronchial tree: role of helical computed tomography in comparison with fiberoptic bronchoscopy. *Eur Radiol.* 2003;13:1172-8.
26. Fitoz S, Atasoy C, Yagmurlu A, Akyar S, Erden A, Dindar H. Three-dimensional CT of congenital esophageal atresia and distal tracheoesophageal fistula in neonates: preliminary results. *AJR Am J Roentgenol.* 2000;175:1403-7.
27. ● Lawler LP, Fishman EK. **Multi-detector row CT of thoracic disease with emphasis on 3D volume rendering and CT angiography.** *Radiographics.* 2001;21:1257-73.
28. Katz M, Konen E, Rozenman J. Spiral CT and 3D image reconstruction of vascular rings and associated tracheobronchial anomalies. *J Comput Assist Tomogr.* 1995;19:564-8.
29. ● Berdon WE. **Rings, slings, and other things: vascular compression of the infant trachea updated from the mid-century to the millennium – the legacy of Robert E. Gross, MD, and Edward B. D. Neuhauser, MD.** *Radiology.* 2000;216:624-32.
30. Donnelly LF, Fleck RJ, Pacharn P, Ziegler MA, Fricke BL, Cotton RT. Aberrant subclavian arteries. Cross-sectional imaging findings in infants and children referred for evaluation of extrinsic airway compression. *AJR Am J Roentgenol.* 2002;178:1269-74.