

Variaciones anatómicas del árbol traqueobronquial en dos hospitales de referencia de Yucatán, México

José Luis Che-Morales,^{*,‡} Esperanza Figueroa-Hurtado,[‡] Arturo Cortés-Tellés[‡]

^{*}Instituto Mexicano del Seguro Social; [‡]Hospital Regional de Alta Especialidad de la Península de Yucatán
Trabajo recibido: 21-VIII-2015; aceptado: 05-IX-2015.

RESUMEN. Las variaciones traqueobronquiales son identificadas con regularidad durante la broncoscopia; diversos estudios han demostrado que el proceso de arborización bronquial es programado y controlado genéticamente; sus modificaciones durante la vida intrauterina originan una amplia gama de variantes anatómicas. Con base en las descripciones disponibles, se ha podido constatar que los tipos y frecuencias de las variaciones bronquiales son distintas entre zonas geográficas, razas e inclusive entre individuos pertenecientes a un mismo grupo étnico. En este contexto y dado que, existen muy escasos reportes en nuestro país, el presente documento tiene como objetivo comunicar cuáles son las variaciones más frecuentes del árbol traqueobronquial en pacientes que fueron referidos para un estudio broncoscópico en el sureste de México. Consideramos que los hallazgos contribuyen a ampliar el debate sobre las posibles explicaciones en la génesis de las variantes anatómicas de las vías respiratorias bajas.

Palabras clave: Variantes, traqueobronquiales, México, isomerismo izquierdo, isomerismo derecho.

ABSTRACT. Variations in the tracheobronchial tree are commonly identified during bronchoscopy. Several studies have showed that bronchial ramification is a process programmed and genetically controlled; any disruption in the intrauterine development can generate a wide spectrum of bronchial variations. According with the best evidence available, bronchial modifications are different in type and frequency among geographic areas, races and between members of the same ethnicity. There is scarce information about the topic in our country; based on this context, the main purpose is to communicate the frequencies of bronchial variations in a group of patients who were referred to a bronchoscopic study in the southeast of Mexico. The authors consider that the findings enhance the discussion related with genetics in bronchial variations.

Key words: Variations, tracheobronchial, Mexico, right isomerism, left isomerism.

INTRODUCCIÓN

Históricamente y con base en los recursos disponibles se han realizado descripciones detalladas del árbol traqueobronquial.¹ Diemerbroeck *et al.* elaboraron uno de los primeros registros sobre la anatomía bronquial en 1685.² A finales del siglo XIX Ewart *et al.* continuaron las descripciones de la vía aérea, más aún, a este último se le atribuye la definición del segmento broncopulmonar.¹ A su vez, Hardie-Neil *et al.* describieron las subdivisiones de los segmentos pulmonares y Nelson HP destaca por primera vez la importancia de las características anatómicas para llevar a cabo estrategias como el drenaje postural en la práctica clínica.³

Con los avances tecnológicos en la broncoscopia se ha logrado explorar con detalle la vía aérea, de manera particular la segmentación bronquial.⁴ En este sentido, se han desarrollado varias nomenclaturas con el propósito de sistematizar los hallazgos broncoscópicos.^{1,3,5} Collins *et al.* proponen una de las primeras

descripciones que han sido aceptadas globalmente; la estrategia consiste en anteponer la letra «B» al número de segmento bronquial en cuestión (*v.gr.* B8: bronquio basal anterior).⁶

Sin embargo, las nomenclaturas no proporcionan información sobre las variaciones de la normalidad.⁷ Es imprescindible que el broncoscopista tenga conocimiento profundo de la anatomía normal y sus variaciones; los hallazgos toman relevancia en situaciones de intervención médico-quirúrgicas.⁸ La trascendencia de identificar con detalle la variabilidad de la anatomía bronquial se fundamenta en estudios de investigación básica, donde se ha demostrado que la división bronquial es un proceso estereotipado y controlado genéticamente a través de tres mecanismos: a) ramificación dominante, b) bifurcación planar y c) bifurcación ortogonal. Esto genera como resultado que existan diferencias anatómicas entre poblaciones y es aconsejable indagar sobre la frecuencia de las variaciones en cada población de interés.⁹

Existen pocos documentos en la literatura que comuniquen la frecuencia de las variaciones bronquiales en la población mexicana, de hecho, no conocemos ningún informe en el sureste de nuestro país. El trabajo más grande en México fue reportado por Navarro *et al.*, los investigadores revelaron que únicamente 27% de las broncoscopias realizadas en un centro de referencia tiene la distribución bronquial acorde con la nomenclatura internacional estandarizada (SBN *por sus siglas en inglés*). Es notable la existencia de una gran variabilidad en la segmentación bronquial.¹⁰ Por tal motivo, el presente documento tiene por objetivo principal informar la frecuencia de las variaciones del árbol bronquial que presentan los pacientes que fueron intervenidos vía broncoscopia ante diversos padecimientos en dos unidades hospitalarias de referencia en el sureste del país.

MATERIAL Y MÉTODOS

Es un estudio observacional que incluyó la revisión de expedientes de pacientes que fueron intervenidos por broncoscopia en dos centros de referencia en el sureste del país, en los períodos comprendidos de enero de 2013 a mayo de 2015 [Hospital Regional de Alta Especialidad de la Península de Yucatán (HRAEPY)] y de enero de 2014 a mayo de 2015 [Unidad Médica de Atención Ambulatoria 01 del Instituto Mexicano del Seguro Social (UMAA-IMSS)].

No fue necesario recabar consentimiento informado para el presente trabajo dada la naturaleza retrospectiva del mismo. En todo momento se mantuvo la confidencialidad de los datos obtenidos con base en la Declaración de Helsinki.¹¹ Para incrementar la seguridad de la información, los datos recolectados se registraron en una hoja de cálculo con acceso codificado en la computadora de los investigadores.

Todas las broncoscopias fueron realizadas por dos neumólogos de adultos certificados por los consejos correspondientes. Los equipos utilizados fueron los siguientes: en el HRAEPY, videobroncoscopio flexible Pentax™ con diámetro externo (DE) de 6.2 mm y diámetro interno (DI) de 2.8 mm; asimismo, otro con DE 5.5 mm y DI 2.0 mm; por otro lado, en la UMAA-IMSS se utilizó un fibroscopio flexible Olympus™ BF Type P30 con DE 5.0 mm y DI 2.2 mm, al cual se le adaptó una cámara Toshiba™ al cabezal. En todos los casos se registró video o serie de fotografías. Los reportes se realizaron en los formatos propios de cada unidad; cabe mencionar que se destacó la descripción detallada de los hallazgos broncoscópicos con base en las propuestas de Ikeda y otros autores.^{12,13}

De cada expediente broncoscópico se extrajeron las siguientes variables: datos demográficos, comorbilidades, indicación de la broncoscopia y la descripción de cada una de las variantes anatómicas encontradas.

Análisis estadístico

Las variables continuas se describen como medianas con intervalos intercuartílicos, por otro lado las variables categóricas como frecuencias con porcentajes. Dado que el estudio tiene como objetivo describir frecuencias, no se realizó análisis estadístico adicional a lo citado. Los datos fueron almacenados en una hoja de datos (Microsoft Excel 2013, paquete office 365).

RESULTADOS

Se revisaron e incluyeron todos los casos en los cuales se realizó una exploración broncoscópica completa durante el período de tiempo citado; de la totalidad de casos, se excluyeron 7 pacientes por no cumplir con los criterios de inclusión, quedando un total de 152 procedimientos para el análisis final. Los datos demográficos de los pacientes y las indicaciones de las broncoscopias pueden observarse en la tabla 1.

Con base en la Nomenclatura Internacional del Árbol Bronquial, la frecuencia de casos que presentaron alguna variación en el árbol traqueobronquial fue de 35.5% (54 casos). Se identificaron un total de 71 variantes anatómicas, de las cuales, 64 (90.1%) pertenecen a la segmentación de árboles bronquiales y 7 (9.9%) a la morfología de la tráquea. Propiamente, la distribución de las variaciones en bronquios fue la siguiente: lóbulo superior derecho (LSD) 80%, lóbulo superior izquierdo (LSI) 65.5%, lóbulo inferior derecho (LID) 14.2%, lóbulo inferior izquierdo (LII) 27.5%, finalmente, lóbulo medio (LM) y llingula representaron 2.9 y 7%, respectivamente (tabla 2).

Tabla 1. Datos demográficos de la población con evidencia de variaciones bronquiales.

Variable	n = 54
Edad (años)	52 (41-63)
Género (masculino)	30 (56%)
Indicación de la broncoscopia	
Neoplasia	22 (41%)
Infección	16 (30%)
Anormalidades estructurales	6 (11%)
Hemoptisis	5 (9%)
Atelectasia	2 (4%)
Otras	3 (5%)

Tabla 2. Distribución de la totalidad de variantes anatómicas traqueobronquiales. (n = 71).

Variables			
Tráquea	n = 7		
Morfología en funda de sable	7 (100%)		
Bronquio principal derecho	n = 35	Bronquio principal izquierdo	n = 29
Isomerismo izquierdo completo	1 (2.8%)		
- Lóbulo superior		- División superior	
Isomerismo izquierdo	24 (69%)	Isomerismo derecho	18 (62%)
División cuatripartita	3 (8.5%)	División tripartita de B1+2	1 (3.6%)
Distribución B1/B2+B3	1 (2.8%)		
- Lóbulo medio		- Lígula	
Distribución tripartita	1 (2.8%)	Distribución tripartita	2 (6.8%)
- Lóbulo inferior		- Lóbulo inferior	
Bifurcación de B6	1 (2.8%)	Isomerismo derecho	1 (3.6%)
Ausencia de B7	2 (5.7%)	Bronquio subapical	1 (3.6%)
Distribución B9+10	1 (2.8%)	Trifurcación de B6	2 (6.8%)
Isomerismo izquierdo	1 (2.8%)	B7 presente	2 (6.8%)
		B9+10	2 (6.8%)

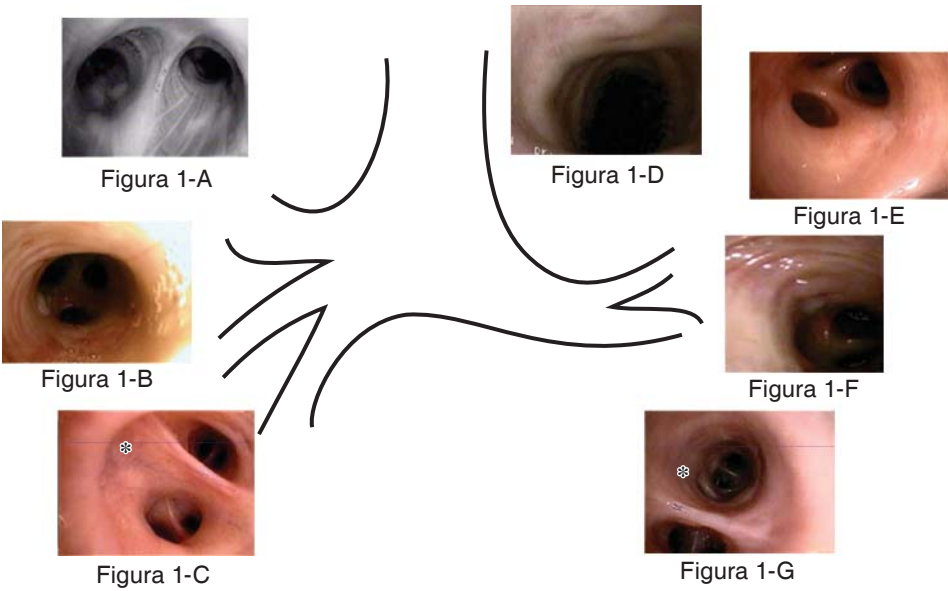


Figura 1. Ejemplos de variaciones bronquiales.
1-A: Isomerismo izquierdo en LSD; 1-B: Trifurcación en LM, 1-C: Ausencia de B7 en LID; 1-D: Tráquea en funda de sable; 1-E: Isomerismo derecho en LSI; 1-F: Trifurcación en lígula; 1-G: Bronquio subapical LII.

Abreviaturas: LSD: Lóbulo superior derecho; LM: Lóbulo medio; B7: Bronquio del segmento basal medial; LID: Lóbulo inferior derecho; LSI: Lóbulo superior izquierdo; LII: Lóbulo inferior izquierdo.

Variantes del árbol bronquial derecho

En el LSD se presentaron 24 casos (69%) con isomerismo izquierdo; 3 pacientes (8.5%) con distribución tetrapartita y un caso de isomerismo izquierdo completo. En el LM sólo se identificó un caso de segmentación tripartita. Finalmente, en el LID se observaron 2 casos de ausencia de B7 y un caso de cada una de las siguientes variantes anatómicas: a) segmento apical (B6) bifurcado en su nacimiento; b) segmento lateral y posterior fusionados (B9+10); c) isomerismo izquierdo.

Variantes del árbol bronquial izquierdo

En el LSI, propiamente división superior, se identificaron 18 casos (62%) de isomerismo derecho y un caso (3.6%) de división tripartita en el segmento ápico-posterior. En la lígula se encontraron dos casos con división tripartita. La distribución de las variaciones en el LII se presenta en la tabla 2.

En las figuras 1 y 2 se presentan de manera gráfica ejemplos de las variaciones más frecuentes y un caso de isomerismo izquierdo completo del bronquio principal derecho.

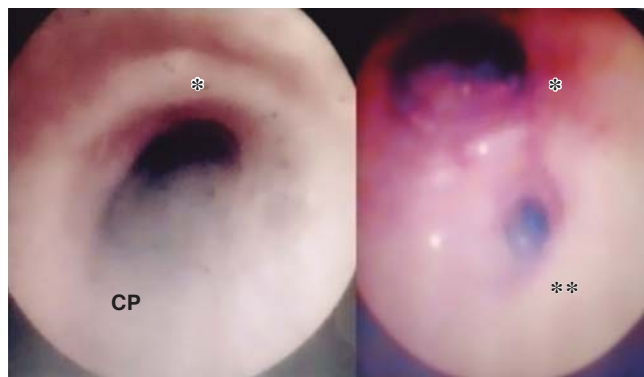


Figura 2. Isomerismo izquierdo completo del bronquio principal derecho.

Izquierda: *Ausencia de bronquio al LSD; CP: Carina principal. Derecha: *Bronquio al LSD; **Bronquio al LID.

Variantes de la tráquea

Con respecto a los hallazgos en la tráquea, la totalidad de las descripciones corresponden a la morfología en funda de sable (figura 1).

DISCUSIÓN

Los principales hallazgos de nuestro estudio fueron los siguientes: a) al menos tres de cada 10 pacientes presentan una variación anatómica de la normalidad; b) tanto el LSD y la división superior del LSI presentaron la mayor proporción de variantes; c) el hallazgo más frecuente fue el isomerismo izquierdo y d) no hubo diferencia en la frecuencia de variaciones con base en el género.

Al momento no existe una explicación precisa sobre el origen de las variaciones bronquiales, sin embargo, se han propuesto tres hipótesis que pudieran explicar las variantes anatómicas: a) reducción, b) migración y c) selección de los primordios bronquiales; en cada una de ellas se ha postulado que la génesis de variaciones pueden ocurrir en los primeros 30 días de gestación; particularmente, el desarrollo de bronquios traqueales supernumerarios entre los días 29° y 30°; por otro lado, las variantes lobares, a partir del día 32° del período gestacional.¹⁴

La mayoría de las investigaciones señalan que el proceso de división bronquial es estereotipado y definido genéticamente, más aún, es susceptible de sufrir modificaciones durante la gestación.^{9,15} Se han identificado diversos genes involucrados en el patrón de la división de los primordios bronquiales (*FGF10*, *BMP4* y *Shh*) y en la conservación de la asimetría bronquial (*Pitx2* y *Lefty1*); entonces, cualquier alteración que ocu-

rra en la expresión genética puede explicar la presencia de isomerismos bronquiales y, en casos más graves, malformaciones congénitas.^{16,17} En adición, estudios de la organogénesis pulmonar han demostrado que factores extrínsecos (p. ej. tamaño del tórax) e intrínsecos (oclusiones bronquiales endógenas espontáneas, entre otras) influyen en el desarrollo pulmonar, por lo tanto, la coordinación entre factores genéticos, epigenéticos y ambientales pueden brindar una explicación sobre la presencia de variantes traqueobronquiales.¹⁵ A pesar de ello, la frecuencia de las variaciones bronquiales parece tener un comportamiento regional e inclusive es diversa entre individuos de la misma zona geográfica.^{7,18-20}

Particularmente en México, Navarro *et al.* reportaron que sólo 27% de los individuos sometidos a broncoscopia tenía la distribución bronquial normal; podemos suponer que 73% de dicha población presentaba alguna variación.¹⁰ Nuestra serie, en el sureste del país, registró 35.5% de variantes, esta frecuencia, si bien menor a la citada en población mexicana, se encuentra entre los rangos descritos a nivel internacional.⁸

Cabe destacar que entre las variantes encontramos una mayor frecuencia de compromiso en el LSI con respecto a lo reportado por otros investigadores, posibles explicaciones pueden relacionarse con las características genéticas de la población y la raza estudiada. Para respaldar esta aseveración, citamos el proyecto de estudio del genoma mexicano donde se demostró que la etnia maya de la Península de Yucatán es el grupo que menor contribución tiene sobre el mapa genético de la población en México y, por ende, se considera una población genéticamente singular.²¹ Incluso, existen diferencias fenotípicas entre las regiones del país; tomando como referencia la estatura, conocemos que es distinta y es una de las variables determinantes del tamaño pulmonar.²² En dos estudios descriptivos de función pulmonar en población peninsular se reportó consistentemente que 75% de la población tenía una talla promedio menor de 1.58 metros, este dato contrasta con la media nacional reportada en 2012.²³⁻²⁵ Por lo anterior, es plausible que la esfera genética y la étnico-racial juegue un papel, aún no determinado, en la frecuencia de presentación de las variaciones bronquiales en las distintas poblaciones.

Si bien nosotros no encontramos diferencias con base en el género, ha sido materia de discusión en otros reportes. Gonlugur y Abakay *et al.* reportaron mayor predominancia de variaciones en los varones con respecto a las mujeres;^{18,19} por otro lado, en series caucásicas mantienen la misma distribución.⁷

Desde el punto de vista clínico, la mayoría de las variantes son asintomáticas, sin embargo cobran relevancia en escenarios donde se manifiestan procesos

infecciosos y cuando se planea realizar una cirugía de resección pulmonar.²⁶

Finalmente, las variantes de la tráquea, esencialmente correspondieron a la morfología en funda de sable (9.8%), esta anomalía se describe como el estrechamiento intratorácico caracterizado por disminución del diámetro coronal tomando como referencia el plano sagital en ausencia de patología mediastinal.^{27,28} No se conoce la causa exacta que precipite dicho cambio morfológico, sin embargo, existen algunas propuestas: a) análisis *postmortem*: señalan un fenómeno cíclico de cambios degenerativos, neovascularización y osificación como consecuencia de procesos inflamatorios sobre el cartílago traqueal; b) desarrollo de factores dinámicos intratorácicos: incluyendo la hiperinflación pulmonar con subsecuente elongación del diámetro sagital de la tráquea.²⁷ El hallazgo no esperado mediante broncoscopia debe alertar al médico en la búsqueda de alteraciones anatómicas (mediastinal) y funcionales (EPOC), el resto de las variaciones bronquiales reportadas en el presente trabajo tienen frecuencias similares a las reportadas por otros autores.^{7,8,19}

Entre las limitantes del presente trabajo se pueden enunciar la naturaleza retrospectiva y el escaso número de pacientes incluidos. Es posible que a pesar de que se descartaron las broncoscopias incompletas, hayan pasado inadvertidas variaciones sutiles de la segmentación bronquial. Por otra parte, la cantidad de pacientes analizados puede no ser representativa de la región; no obstante, los datos derivan de los centros más importantes en procedimientos de broncoscopia. Es importante mencionar que con base en nuestro conocimiento, es la primera serie que describe las variantes bronquiales más frecuentes en el sureste de México, una población conocida por tener características genéticas y étnico-raciales diferentes del resto del país.

CONCLUSIÓN

El LSD presenta la mayor frecuencia de variaciones anatómicas bronquiales en la población intervenida por broncoscopia en dos hospitales de referencia de Yucatán, México. El hallazgo más común fue el isomerismo izquierdo. La explicación de las disimilitudes entre los registros puede subyacer en factores genéticos y raciales, asimismo, existe la posibilidad de subregistros en las variaciones bronquiales reportadas en la literatura.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ingeniero en Electrónica Baltazar Cortés Tellés por su apoyo en la edición de imágenes.

REFERENCIAS

1. Jackson ChL, Huber JF. Correlated applied anatomy of the bronchial tree and lungs with a system with nomenclature. *Chest* 1943;9(4):319-326. doi:10.1378/chest.9.4.319
2. Boyden E. *Segmental anatomy of the lungs*. New York: McGraw-Hill; 1955.p. 25-27.
3. Neil JH, Gilmour W, Gwynne FJ. *Anatomy of bronchial tree*. *Br Med J* 1939; 1(4079):495-520.2.
4. Wang K. *Flexible bronchoscopy*. 3rd ed. Reino Unido: Blackwell Publishing; 2012.
5. Prakash U. A plea for uniform nomenclature in bronchology. *J Bronchol* 1995; 2(2):87-88.
6. Collins J, Dhillon P, Goldstraw P. *Practical bronchoscopy*. London: Blackwell; 1987.p. 9-25.
7. Vaz Rodrigues L, Martins Y, Guimarães C, de Santis M, Marques A, Barata F. *Anatomy for the bronchologist: a prospective study of the normal endobronchial anatomic variants*. *Rev Port Pneumol* 2011;17(5): 211-215. doi: 10.1016/j.rppneu.2011.06.009.
8. Lazcano-Hernández E, Guerrero-Mariles E, Velázquez-Serratos J, Juárez-Hernández F, Silva-Alvarado M, Flores-Hernández S, et al. Variantes bronquiales anatómicas raras. Comunicación de tres casos. *Rev Inst Nal Enf Resp Mex* 2007;20(2):119-125.
9. Metzger RJ, Klein OD, Martin Gr, Krasnow MA. The branching program of mouse lung development. *Nature* 2008;453(7196):745-750. doi: 10.1038/nature07005.
10. Navarro F, Cicero R. Divisional variability of the tracheobronchial tree based on bronchoscopic examinations. *J Bronchol* 1999;6(3):166-170.
11. Williams JR. The Declaration of Helsinki and public health. *Bull World Health Organ* 2008;86(8):650-652.
12. Ikeda S. *Atlas of flexible bronchofiberoscopy*. Tokyo: Igaku Shoin; 1974.p. 58-86.
13. Guerrero-Mariles E, Cuaya-Urceaga A, Lazcano-Hernández A, Peña-Mirabal E, Núñez-Pérez-Redondo C. Hallazgos frecuentes por broncoscopia con luz blanca. *Rev Inst Nal Enf Resp Mex* 2006;19(3):180-189.
14. Varju G, Downie GH. Aberrant airways: trifurcation of the right main bronchus. *J Bronchol* 2007;14(1):54-56.
15. Warburton D, El-Hashash A, Carraro G, et al. Lung organogenesis. *Curr Top Dev Biol* 2010;90:73-158. doi: 10.1016/S0070-2153(10)90003-3.
16. Miura T. Modelling lung branching morphogenesis. *Curr Top Dev Biol* 2008; 81:291-310.
17. Cardoso WV, Lü J. Regulation of early lung morphogenesis: questions, facts and controversies. *Development* 2006;133(9):1611-1624.
18. Gonlugur U, Efeoglu T, Kaptanoglu M, Akkurt I. Major anatomical variations of the tracheobronchial tree: bronchoscopic observation. *Anat Sci Int* 2005;80(2): 111-115.
19. Abakay A, Tanrikulu AC, Sen HS, et al. Clinical and demographic characteristics of tracheobronchial variations. *Lung India* 2011;28(3):180-183. doi: 10.4103/0970-2113.83973.

20. Beder S, Küpeli E, Karnak D, Kayacan O. Tracheo-bronchial variations in Turkish population. *Clin Anat* 2008;21(6):531-538. doi: 10.1002/ca.20667.
21. Silva-Zolezzi I, Hidalgo-Miranda A, Estrada-Gil J, et al. Analysis of genomic diversity in Mexican Mestizo populations to develop genomic medicine in México. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2009;106(21):8611-8616. doi: 10.1073/pnas.0903045106.
22. Hankinson JL, Odencrantz JR, Fedan KB. Spirometric reference values from a sample of the general U.S. population. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159(1):179-187.
23. Cámara Nacional de la Industria del Vestido. ¿Cuánto mide México?, el tamaño sí importa. Boletín de prensa. Fecha de acceso: julio 22, 2015. Accesible en: <http://www.canaive.org.mx/prensa>.
24. Che-Morales J, Cortes-Telles A. Análisis de la función pulmonar durante la evaluación inicial de pacientes con asma. Efecto de la obesidad. *Neumol Cir Tórax* 2013;72(4):269-275.
25. Velázquez-Chávez E, Che-Morales J, Cortés-Tellés A. Espirometría como herramienta en la detección de alteraciones en la función respiratoria. Reporte del Día Mundial de la Espirometría. *Evid Med Invest Salud* 2012;5(4):124-130.
26. Wooten C, Patel S, Cassidy L, et al. Variations of the tracheobronchial tree: anatomical and clinical significance. *Clin Anat* 2014;27(8):1223-1233. doi: 10.1002/ca.22351.
27. Ismail SA, Mehta AC. «Saber-Sheath» trachea. *J Bronchol* 2003;10(4):296-297.
28. Trigaux JP, Hermes G, Dubois P, Van Beers B, Delaunois L, Jamart J. CT of saber-sheath trachea. Correlation with clinical, chest radiographic and functional findings. *Acta Radiol* 1994;35(3):247-250.

✉ **Correspondencia:**

Dr. José Luis Che Morales
Unidad de Broncoscopia. Departamento de
Neumología, Hospital Regional de Alta Especialidad
de la Península de Yucatán.
Calle 7 #433 por 20 y 22. Fracc. Altabrisa, C.P. 97130,
Mérida, Yucatán, México.
Teléfono: (999) 942-7600 extensión 54302
Correo electrónico: cushingsx@hotmail.com

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.