

Evaluación ultrasonográfica de la vía aérea superior

Acad. Dr. Raúl Carrillo-Esper,* Dr. Jorge Arturo Nava-López,**
Dra. Graciela Romero-Sierra,*** Dra. Claudia Cárnez-Jiménez***

* Academia Nacional de Medicina. Academia Mexicana de Cirugía. Jefe de Unidad de Terapia Intensiva de la Fundación Clínica Médica Sur.

** Anestesiología Hospital General de México. Medicina del Enfermo Adulto en Estado Crítico de la Fundación Clínica Médica Sur.

*** Anestesiología Hospital General Naval de Alta Especialidad.

Solicitud de sobretiros:

Acad. Dr. Raúl Carrillo-Esper.
Unidad de Terapia Intensiva.
Fundación Clínica Médica Sur.
Dirección Puente de Piedra Núm. 150
Col. Toriello Guerra, Deleg. Tlalpan, 14050.
Tel.: 54247200 ext.: (4139)
E-mail: revistacma95@yahoo.com.mx

Recibido para publicación: 08-11-13.

Aceptado para publicación: 18-02-14.

Este artículo puede ser consultado en versión completa en
<http://www.medigraphic.com/rma>

RESUMEN

El ultrasonido es una herramienta diagnóstica segura, costo/efectiva y que se puede implementar a la cabecera del enfermo. Su aplicación en la anestesiología inicialmente se enfocó para la colocación de accesos vasculares, bloqueos neuroaxiales y regionales; sin embargo, en la actualidad su uso se ha extendido a la evaluación de la vía aérea de la función cardiopulmonar y hemodinámica en el perioperatorio. El ultrasonido en la valoración de la vía aérea es de utilidad para detectar alteraciones anatómicas, que junto con marcadores clínicos estrecha la predictibilidad de la vía aérea difícil. Ayuda a guiar y confirmar la intubación traqueal, y junto con la fibrobroncoscopia disminuye las complicaciones en la colocación de traqueotomía. El objetivo de este trabajo es ofrecer a los anestesiólogos información sobre la utilidad del ultrasonido en la evaluación de la vía aérea superior.

Palabras clave: Ultrasonido, vía aérea difícil, traqueostomía.

SUMMARY

Ultrasound is a safe diagnostic tool, cost-effective and can be implemented at the bedside of the patient. Its application in anesthesiology initially focused for placement of vascular access and regional anesthesia, however, at present its use has been extended to the evaluation of the airway, cardiopulmonary and hemodynamic function in the perioperative period. Ultrasound in the assessment of the airway is useful in detecting anatomical alterations and along with clinical markers increase the predictability of difficult airway. It helps guide and confirm tracheal intubation and with bronchoscopy it reduces complications in the placement of tracheostomy. The objective of this work is to provide information to anesthesiologists about the utility of ultrasound in the evaluation of the upper airway.

Key words: Ultrasound, difficult airway, tracheostomy.

INTRODUCCIÓN

Una de las habilidades esenciales del anestesiólogo es sin duda el abordaje de la vía aérea, teniendo como principal objetivo identificar a los pacientes que presenten alguna dificultad en el manejo de la misma y así tratarla de forma precisa y evitar las potenciales complicaciones. Esto a menudo no es una tarea fácil y muestra de ello es la diversidad de las clasificaciones que se han creado para tratar de identificar la vía aérea difícil.

La incorporación de la ultrasonografía a la anestesiología ha permitido realizar procedimientos más seguros y efectivos, facilitando la colocación de bloqueos regionales, de accesos vasculares y recientemente de la valoración de la vía aérea.

El ultrasonido (US) es una herramienta que se encuentra disponible a la cabecera del paciente, económica y práctica en comparación con otros estudios de gabinete; lo que permite que el anestesiólogo implemente su uso de forma rápida para la valoración de la vía aérea previo a un procedimiento anes-

tésico. En esta revisión se ofrecen las bases ultrasonográficas y los escenarios clínicos básicos para la evaluación de la vía aérea por la ultrasonografía en la anestesiología.

ANATOMÍA DE LA VÍA AÉREA

A la vía aérea se le conoce como el conjunto de estructuras anatómicas, que permite el paso del aire desde el exterior hasta los pulmones para realizar el intercambio de gases. La vía aérea de conducción se extiende desde las narinas hasta la generación bronquial 16, a partir de la cual se pueden observar unidades alveolares de intercambio y termina en la vía aérea de conducción⁽¹⁾. Debido a la gran impedancia acústica del aire, el ultrasonido del cuello y la vía aérea no puede evaluar las estructuras anatómicas que contienen aire en su interior; sin embargo, las paredes frontales y laterales son fácilmente valorables.

El cuello se divide en dos partes en forma de triángulo, anterior y posterior, por el músculo esternocleidomastoideo.

Para evaluar la vía aérea por ultrasonido, se utiliza el triángulo cervical anterior, cuyo límite son el borde inferior de la mandíbula y el borde anterior del músculo esternocleidomastoideo. El compartimento del cuello se localiza en posición anterior y se extiende desde la base del cráneo hasta el estrecho torácico superior. Las estructuras cervicales se disponen en tres capas: 1) una capa endocrina superficial que contiene las glándulas tiroideas, paratiroides y timo; 2) una capa respiratoria media que contiene la laringe y la tráquea, y 3) una capa digestiva profunda que contiene la faringe y el esófago (Figura 1)^(1,3).

Las estructuras que se identifican por ultrasonido tienen diferentes características, como por ejemplo: el aire no permite la visualización de las estructuras profundas, mientras que el aire intraluminal lo podemos apreciar como colas de cometa y artefactos de reverberación. Las estructuras óseas como el hueso hioides y el esternón, se observan como líneas hiperecóticas con una sombra hipoeecótica por debajo. Las estructuras cartilagosas como el cricoides y el tiroides se observan como imágenes hipoeecóticas homogéneas. Los

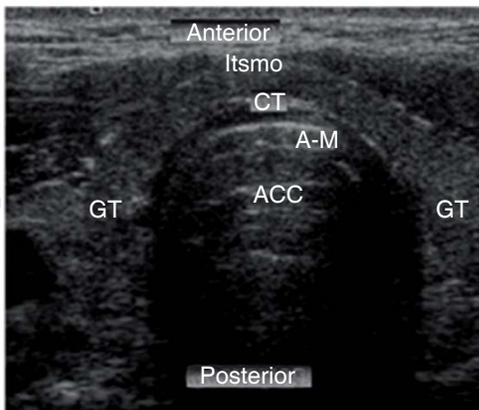
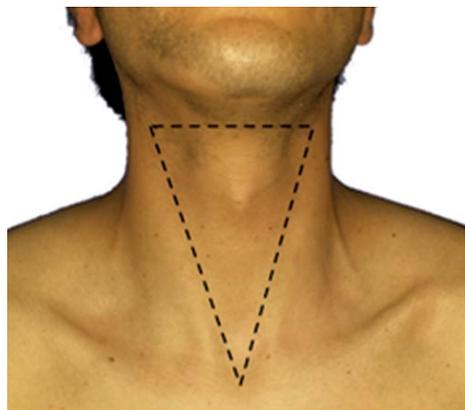
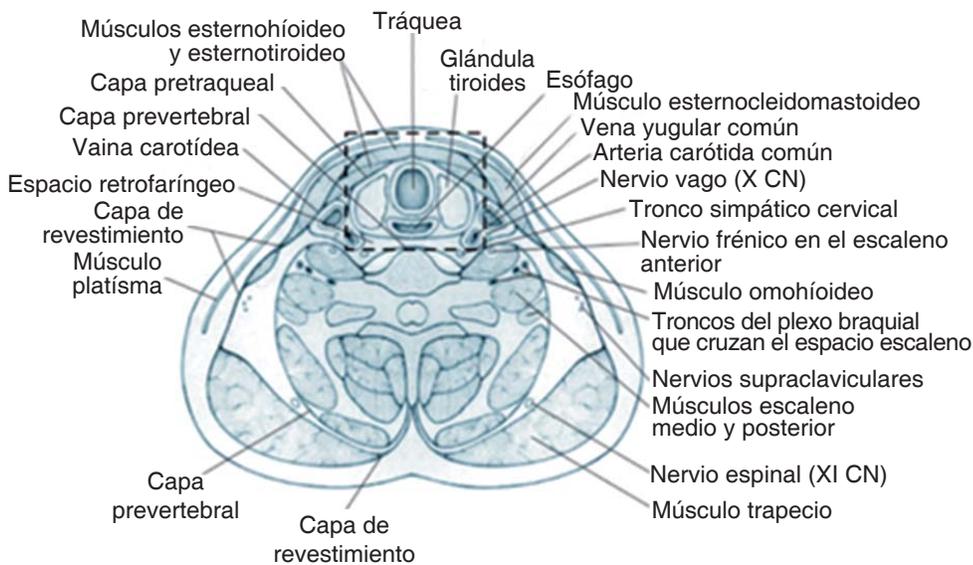


Figura 1.

Triángulo anterior del cuello. Fascias y capas del cuello. El compartimento visceral del cuello comprende al hueso hioides, los músculos supra e infrahioides, la faringe, el esófago, la laringe y la tráquea. En la imagen inferior se observa la sonoanatomía de las estructuras señaladas en el recuadro de la imagen superior. CT: Cartílago traqueal, GT: Glándula tiroidea, A-M: interfase aire-mucosa, ACC: artefactos de colas de cometa

Figura 2.

Proyección transversal supratiroidea. E=Epiglotis, A-M=interfase aire-mucosa, ESE=espacio supraepiglótico, ME=músculo estriado.



músculos y el tejido conectivo tienen una imagen estriada hipoeoica. La grasa y las estructuras glandulares son homogéneas y moderadamente hiperecógicas en comparación con estructuras adyacentes^(2,4).

Al realizar el ultrasonido de la cavidad oral, su pared lateral se observa como una delgada línea hiperecogénica con una capa muscular delgada debajo de ella, lo que se conoce como interfase aire-mucosa. Usualmente son observables la segunda y tercera porción de la lengua además de la base, mientras que el tercio anterior sólo se puede observar cuando la lengua se encuentra adherida al piso de la boca. Para realizar el rastreo en esta porción de la vía aérea se utilizan cortes diagonales y verticales desde el borde de la mandíbula hasta el hueso hioides. La lengua se observa como un órgano muscular con un patrón hipo-isoecóico y en ambos lados de la base de la lengua se puede identificar la vallecula o fondo palatofaríngeo, lo que indica la transición a la hipofaringe (Figura 2). En la proyección sagital y transversal se puede visualizar el hueso hioides como una estructura en forma de U con una sombra acústica posterior^(2,4).

La laringe es una estructura cartilaginosa situada por debajo del hueso hioides, formada por nueve cartílagos, de los que destacan el tiroides y cricoides. El cartílago tiroides proporciona la mejor ventana para visualizar las cuerdas vocales, las cuales se pueden observar formando un triángulo isósceles con una sombra traqueal central. Las cuerdas vocales se pueden delinear medialmente y los ligamentos vocales como imágenes hiperecógicas. Las cuerdas vocales falsas se encuentran paralelas y cefálicas a las verdaderas, mientras que éstas se pueden observar como imágenes hiperecógicas (Figura 3)^(1,4-6).

El cartílago cricoides se observa como una imagen hipoeoica en la vista parasagital y puede verse como una joroba en la vista transversal. En la superficie posterior se puede observar la pared traqueal anterior como una imagen delimitada por una interfase aire-mucosa. La membrana cricotiroides se observa en la vista transversal y sagital como



Figura 3. Ventana tiroidea CV=Cuerdas Vocales, CT=Cartílago tiroides.

una banda hiperecólica que une al cartílago tiroides con el cricoides (Figura 4)⁽⁵⁾.

La glándula tiroides es un órgano endocrino compuesto por dos lóbulos situados a cada lado de la tráquea, unidos por un istmo que se extiende por la tráquea, habitualmente delante del segundo y tercer cartílagos. Se sitúa en la profundidad de los músculos esternotiroideo y esternohioideo. Cada uno de sus lóbulos mide aproximadamente 5 cm de longitud y se extiende hacia el sexto anillo traqueal por detrás y a lo largo de las caras laterales del esófago. En la vista supraesternal y transversal el parénquima glandular se puede observar homogéneo y de características hiperecógicas, junto a ella se aprecian otras estructuras como los cuerpos vertebrales y la arteria carótida interna. El esófago se puede ver en la escotadura supraesternal como una imagen posterolateral a la tráquea, que se hace visible si le pedimos al paciente que degluta y observamos el movimiento peristáltico del esófago (Figura 5)^(1,4).

PROYECCIONES ULTRASONOGRÁFICAS PARA LA EVALUACIÓN DE VÍA AÉREA

Para la correcta realización del ultrasonido se recomienda colocar al paciente en posición supina con cabeza en hiperextensión (posición «olfateo»). Se recomienda utilizar el transductor lineal de 7.5 MHz, el cual proporciona buena definición de las estructuras anatómicas (Figura 6). El transductor del ultrasonido se puede orientar en sentido transverso y longitudinal. En la vista transversal se valoran tres ventanas principales, orientando el transductor con res-

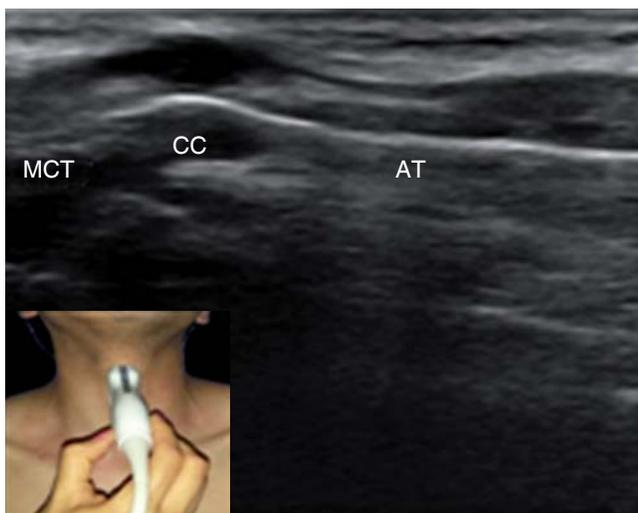


Figura 4. Ventana longitudinal. Permite evaluar los anillos traqueales, el cricoides, la membrana cricotorioidea y junto con la broncoscopia ayuda a guiar la colocación de traqueostomías. La unión del cartilago cricoides con el primer anillo traqueal tiene una forma característica de joroba. MCT=Membrana cricotiroidea, CC=cartilago cricoides, AT=anillo traqueal.

pecto al paciente en: vista sagital (longitudinal a la línea media), vista parasagital (longitudinal lateral a 2 cm de la línea media) y vista transversal (transversalmente a través de la superficie anterior del cuello). Además podemos dividir el cuello en región suprahioidea (valora el piso de la lengua y glándulas salivales); y región infrahioidea (valora cartilago y membrana tiroidea, epiglotis, cuerdas vocales, cartilago cricoides y membrana cricotiroidea, tráquea y tejidos vecinos)^(4,5).

EVALUACIÓN DE LA VÍA AÉREA

El ultrasonido transcutáneo nos ofrece la posibilidad de valorar las estructuras de la vía aérea desde la boca hasta el pulmón. La existencia de la vía aérea es difícil y puede pasar por desapercibida incluso tras una valoración clínica minuciosa, debido a que existen patologías y alteraciones anatómicas no diagnósticas; las cuales pueden ser previstas mediante la realización de la ultrasonografía, por ejemplo: hemangiomas subglóticos, quistes, estenosis, divertículos, etc.^(5,7).

La visualización del contenido de la cavidad oral permite dimensionar la porción posterior de la lengua mediante el transductor lineal en el paciente adulto y es de aproximadamente 6.27 ± 0.43 cm, por lo que las medidas por arriba de este punto de corte puede interferir con la correcta realización de la laringoscopia^(8,9).

El grosor del la región submentoniana, es también un factor importante para el desplazamiento de la lengua al efectuar la laringoscopia en esta región y es posible identificar a través del US las capas que la componen desde la piel, el tejido subcutáneo, platisma, digástrico, mielohioideo, genohioideo y el geniugoso. Una de las entidades que modifica el grosor de esta área es la obesidad, factor pronóstico para una laringoscopia difícil, no importando el índice de masa corporal. Aún no existe información certera que corrobore

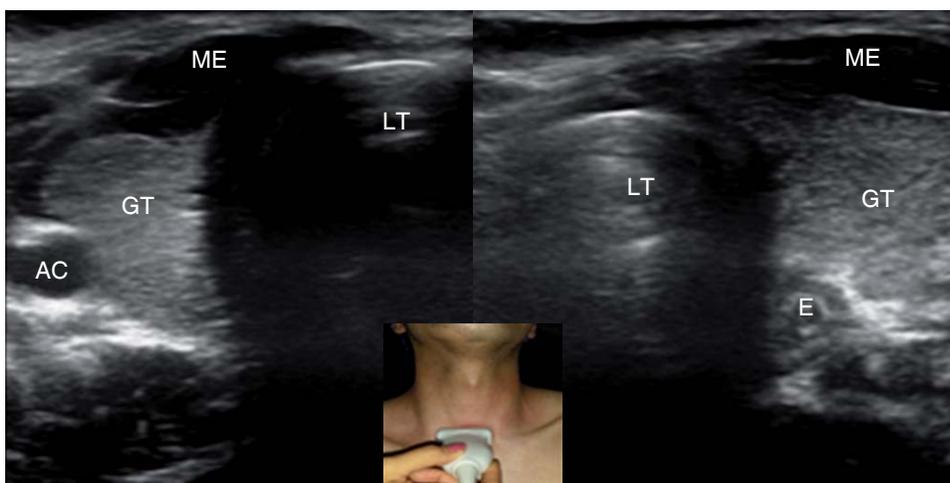


Figura 5.

Ventana supraesternal. Se pueden evaluar las estructuras adyacentes a la tráquea como los músculos, la glándula tiroidea, los vasos arteriales y venosos y el esófago. ME=músculo estriado, GT=Glándula tiroidea, E=Esófago, LT=Luz traqueal.

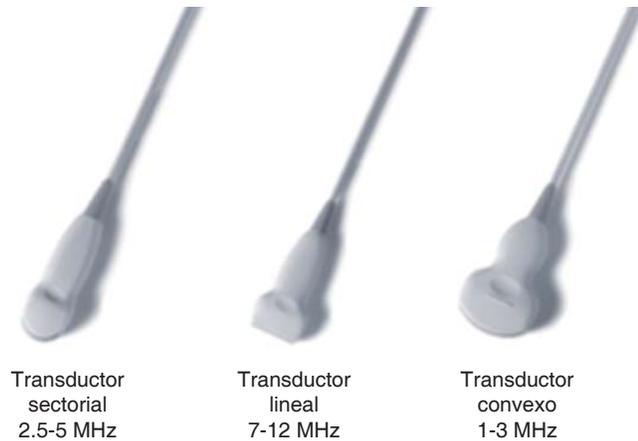


Figura 6. El transductor lineal de 7 a 12 MHz, permite una profundidad limitada con una resolución axial y lateral alta, es el ideal para valoración de la vía aérea.



Figura 7. Imagen del tejido adiposo pretraqueal medido a nivel del cartílago tiroideo en un paciente con índice de masa corporal mayor a 40 kg/m².

una ventana de medición exacta de los tejidos blandos del cuello; sin embargo, se recomienda realizar las mediciones a nivel de la membrana tirohioidea con el transductor en posición transversa. Ezri realizó un estudio en 50 pacientes con obesidad mórbida a los cuales se les realizó mediciones ultrasonográficas del área anterior del cuello desde la piel hasta la tráquea, colocando el traductor en tres ventanas diferentes o zonas; al nivel de las cuerdas vocales (Zona 1),

del istmo tiroideo (Zona 2) y del área supraesternal (Zona 3). Se observa que existe una estrecha correlación entre el engrosamiento de los tejidos blandos y la realización de una laringoscopia difícil. La Zona 1 demostró ser el mejor predictor para este propósito con un grosor del área pretraqueal entre 24-32 mm. El rango para la circunferencia del cuello presentó un traslape entre el grupo con laringoscopia difícil y fácil, siendo de 45-57 y 38-48 cm respectivamente. Una combinación de ambos métodos incrementaría el grado de predicción; sin embargo, es necesario realizar estudios más extensos (Figura 7)^(2,9-12).

INTUBACIÓN GUIADA POR ULTRASONIDO

El ultrasonido es una herramienta de utilidad para guiar y corroborar la correcta realización de la intubación de la tráquea. Es auxiliar en situaciones donde la vía aérea no es accesible de forma convencional o cuando existe sangrado o secreciones. Anatómicamente la ventana ultrasonográfica ideal para corroborar la intubación traqueal es a través de la membrana cricotiroidea, por ésta es fácil identificar una imagen triangular correspondiente a las cuerdas vocales con una fase dinámica a la introducción del tubo endotraqueal que se conoce como el signo de «flúter breve» y/o «tormenta de nieve». Cuando el tubo se localiza dentro de la tráquea el aspecto triangular de las cuerdas vocales se modifica a una imagen circular a la que se denomina «signo de la bala» (Figura 8). La evaluación ultrasonográfica de ambos campos pulmonares nos permite determinar si la posición del tubo endotraqueal, es la correcta y descartar la probabilidad de la intubación selectiva mediante los signos de «ondulamiento», «colas de cometa» y el movimiento diafragmático bilateral⁽¹³⁻¹⁵⁾.

Para distinguir entre una intubación traqueal y esofágica, es necesario recordar la anatomía. Se debe colocar el transductor en la ventana supraesternal, el esófago se identifica en la parte posterolateral izquierda a la tráquea, el cual se hace evidente a la deglución. Esta ventana permite corroborar si el tubo endotraqueal se encuentra en el esófago⁽⁴⁾.

LA TRAQUEOTOMÍA GUIADA POR ULTRASONIDO

Otra aplicación del ultrasonido para la evaluación de la vía aérea, es la identificación de los anillos traqueales para la realización de la traqueotomía percutánea y de la membrana cricotiroidea para abordajes de emergencia. Lo anterior adquiere mayor relevancia debido a que sólo un 30% de los anestesiólogos son capaces de identificar la membrana cricotiroidea de forma correcta mediante la palpación de puntos anatómicos^(16,17).

La traqueotomía es la colocación de una cánula permanente dentro de la tráquea a través del cuello, a diferencia

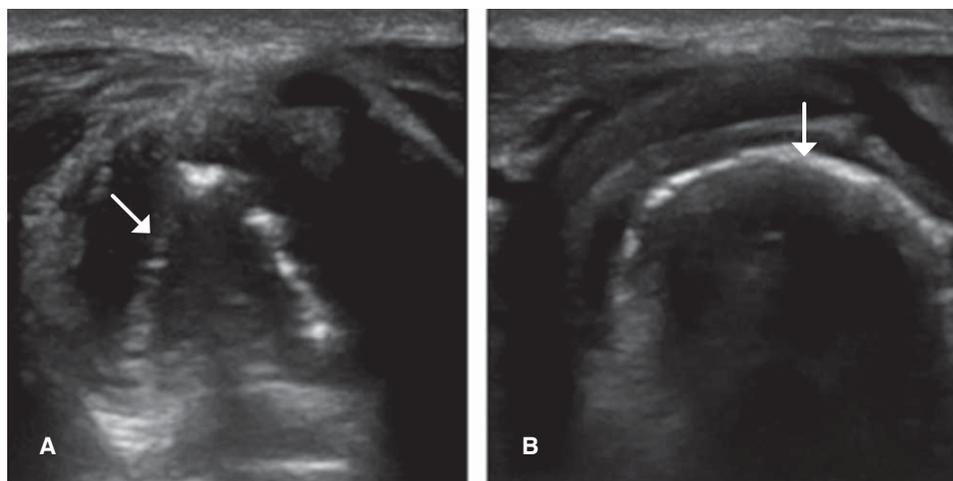


Figura 8.

A. Ventana transcricotiroidea antes de la intubación. La flecha indica las cuerdas vocales y su característica forma triangular.

B. Visión transcricotiroidea durante la intubación. La flecha indica la sombra acústica que forma del tubo endotraqueal, al pasar las cuerdas vocales la apariencia triangular cambia a una forma redondeada, lo que se conoce como el «signo de la bala».

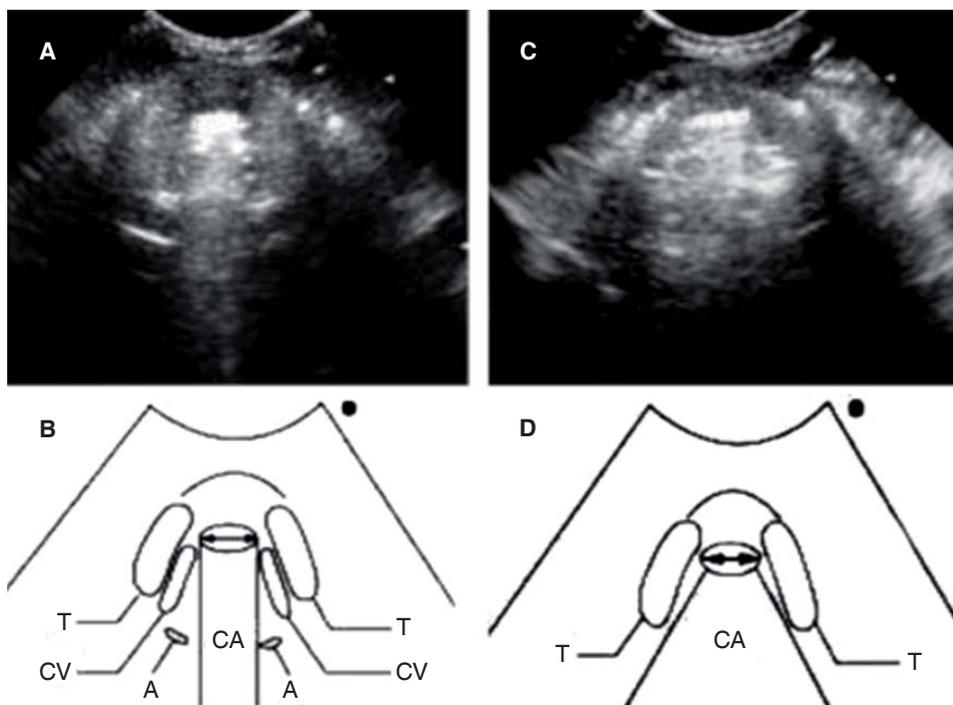


Figura 9.

Imágenes para predecir estridor laríngeo post-extubación en donde se observa.

A. Se observa en la imagen de ultrasonido la columna de aire en el centro cuando el globo de la cánula endotraqueal se encuentra insuflado. Se observa una banda rectangular en el centro con una columna de aire hiperecótica y colas de cometa.

B. Esquema de la imagen A, T=Tiroides, CV=Cuerdas vocales, A= Aritenoides, CA=Columna de aire.

C. Imagen de ultrasonido con el balón endotraqueal desinflado en el mismo paciente de la imagen A, el cual desarrolló estridor laríngeo postextubación.

D. Esquema de imagen C.

de la traqueotomía donde se realiza una incisión para la exploración, toma de biopsia o eliminación de alguna de las lesiones locales⁽¹⁶⁾.

Uno de los métodos para realizar la traqueotomía y que han ganado importancia en la actualidad, es mediante la dilatación percutánea (TDP). Aunque la tasa de complicaciones es baja, la TDP puede tener eventos adversos graves, las complicaciones hemorrágicas son las más frecuentes con una tasa del 6.6% (en comparación con el 1.9% de la técnica a cielo abierto), debido principalmente a las variaciones anatómicas no reconocidas⁽¹⁸⁾.

Los pacientes que requieren de la traqueotomía son a menudo personas con vía aérea difícil por múltiples causas y por este mismo hecho el uso del US es de gran ayuda, ya que las referencias anatómicas no siempre son confiables. Es necesario recordar que el US no debe reemplazar el uso de la broncoscopia para guiar el procedimiento, sino para ayudar en la elección del sitio de punción, ya que esto recomienda que se realice de forma simultánea. También es de utilidad en la elección del tamaño del tubo de la traqueotomía y al término del procedimiento para corroborar su adecuada colocación^(16,17,19,20).

La mejor manera para visualizar y evaluar la vía aérea es con una imagen longitudinal de la tráquea; sin embargo, para la visualización de la trayectoria de la aguja es mejor con una imagen transversal. En las imágenes transversales, se observa en la línea media una hiperecogenicidad que corresponde a la punta de la aguja dentro del lumen traqueal lleno de aire. El cartílago cricoides se identifica como una sombra acústica relativamente más grande dentro de la pared anterior de la laringe y es caudal a la membrana cricotiroides. Los anillos traqueales se observan como sombras acústicas relativamente delgadas dentro de la pared anterior de la tráquea. Para la realización de la traqueostomía el sitio de punción traqueal se debe seleccionar con base en los siguientes criterios: (1) por debajo del primer anillo traqueal pero, (2) por encima del quinto anillo traqueal (idealmente el espacio entre el segundo y tercer anillo o entre el tercer y cuarto anillo) y (3) sin visualización del trayecto de una estructura vascular. Todo lo anterior puede ser valorado mediante ultrasonografía, permitiéndonos elegir el mejor sitio de la punción traqueal (Figura 4)^(17,21).

EVALUACIÓN ULTRASONOGRÁFICA DEL ESTRIDOR LARÍNGEO

Los pacientes con vía aérea difícil o que presentaron una laringoscopia traumática pueden desarrollar edema laríngeo y estridor postextubación. El ultrasonido es una herramienta que puede ayudar a identificar a los pacientes con alto riesgo de desarrollar esta complicación en el perioperatorio.

El edema laríngeo ocurre en el 2-15% de los pacientes postextubados y se manifiesta como dificultad respiratoria y sibilancias espiratorias e inspiratorias denominadas «estridor». Esta complicación es un factor de riesgo para la reintubación y para la evaluación de la presencia de edema de la visualización directa de las vías respiratorias superiores y es difícil por la presencia del tubo endotraqueal, por lo que en 1988 se realizó la prueba de fuga del globo que nos sirve como un método sencillo para predecir la aparición de

complicaciones de la vía aérea posterior a la extubación. Esta prueba consiste en evaluar el movimiento del aire por fuera del tubo endotraqueal, calculando la diferencia del volumen corriente espirado con y sin el globo inflado a una presión positiva de 30 cmH₂O⁽²¹⁻²⁵⁾.

El ultrasonido es una herramienta útil y no invasivo para la evaluación de las cuerdas vocales y la morfología de la laringe en pacientes intubados, siendo la medición del ancho de la columna de aire, una medida que potencialmente nos ayude a identificar a los pacientes con riesgo de estridor postextubación. La mejor manera para la realización de la prueba de fuga es con una vista transversal en la membrana cricotiroides, donde podemos valorar las cuerdas vocales verdaderas y falsas, el cartílago tiroides y aritenoides. Ding realizó en un estudio prospectivo de 51 pacientes, con 24 horas previas a la extubación, revisión ultrasonográfica de las cuerdas vocales y de laringe, así como una medición del ancho de la columna de aire. En la cual observó una tasa de estridor postextubación de 7.8%, en los que se presentó una fuga de volumen de 300 mL (columna de aire de 6.4 mm) en el grupo que no presentó estridor y un volumen de 25 mL (columna de aire de 4.5 mm) en el grupo con estridor (Figura 9)^(22,24).

CONCLUSIÓN

El ultrasonido está posicionado como una herramienta de gran utilidad para el anestesiólogo, ya que le permite evaluar integralmente al paciente en el perioperatorio; lo que favorece una práctica con mayores estándares de seguridad y calidad de la anestesiología. Su ámbito de la aplicación incluye la orientación para la colocación de accesos vasculares, bloqueos regionales y tronculares, la evaluación integral de la función pulmonar, estado hemodinámico, cardíaco y volumen intravascular, contenido y volumen gástrico y como se mostró en este trabajo la importancia para la evaluación de la vía aérea superior, y es recomendable que todo anestesiólogo tenga un entrenamiento formal en esta disciplina.

REFERENCIAS

1. Moore KL. Anatomía con orientación clínica. 3rd ed. Madrid, España: Panamericana; 1993.
2. Šustić A. Role of ultrasound in the airway management of critically ill patients. *Critical Care Medicine*. 2007;35:S173-S177.
3. White JS. Cuello. In: USMLE road map anatomía. México: McGraw Hill; 2006, p. 230-251.
4. Kundra P, Mishra SK, Ramesh A. Ultrasound of the airway. *Indian J Anaesth*. 2011;55:456-462.
5. Singh M, Chin KJ, Chan VW, Wong DT, Prasad GA, Yu E. Use of sonography for airway assessment: an observational study. *J Ultrasound Med*. 2010;29:79-85.
6. Raphael DT, Conard FU 3rd. Ultrasound confirmation of endotracheal tube placement. *J Clin Ultrasound*. 1987;15:459-462.
7. Peris A, Tutino L, Zagli G, Batacchi S, Cianchi G, Spina R, et al. The use of point-of-care bedside lung ultrasound significantly reduces the number of radiographs and computed tomography scans in critically ill patients. *Anesth Analg*. 2010;111:687-692.
8. Kristensen MS. Ultrasonography in the management of the airway. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2011;55:1155-1173.
9. Prasad A, Yu E, Wong DT, et al. Comparison of sonography and computed tomography as imaging tools for assessment of airway structures. *J Ultrasound Med*. 2011;30:965-972.
10. Ezri T, Gewürtz G, Sessler DI, Medallion B, Szmuk P, Hagberg C, et al. Prediction of difficult laryngoscopy in obese patients by ultrasound quantification of anterior neck soft tissue. *Anaesthesia*. 2003;58:1111-1114.
11. Komatsu R, Singh M, Sengupta P, Chin KJ, Wadhwa A, Chan VWS, et al. Ultrasound quantification of anterior soft tissue thickness fails to predict difficult laryngoscopy in obese patients. *Anaesthesia and Intensive Care*. 2007;35:32-37.

12. Adhikari S, Zeger W, Schmier C, Crum T, Craven A, Ffrokaj I, et al. Pilot study to determine the utility of point-of-care ultrasound in the assessment of difficult laryngoscopy. *Acad Emerg Med*. 2011;18:754-758.
13. Adi O, Chuan TW, Rishya M. A feasibility study on bedside upper airway ultrasonography compared to waveform capnography for verifying endotracheal tube location after intubation. *Crit Ultrasound J*. 2013;5:7-13.
14. Fiadjoe JE, Ding L-W, Stricker P, Gurnaney H, Nishisaki A, Rabinowitz A, et al. Ultrasound-guided tracheal intubation: a novel intubation technique. *Anesthesiology*. 2012;117:1389-1391.
15. Park SC, Ryu JH, Yeom SR, Jeong JW, Cho SJ. Confirmation of endotracheal intubation by combined ultrasonographic methods in the emergency department. *Emerg Med Australas* 2009;21:293-297.
16. Halum SL, Ting JY, Plowman EK, et al. A multi-institutional analysis of tracheotomy complications. *Laryngoscope*. 2012;122:38-45.
17. Rajajee V, Fletcher JJ, Rochlen LR, Jacobs TL. Real-time ultrasound-guided percutaneous dilatational tracheostomy: a feasibility study. *Crit Care*. 2011;15:R67.
18. Rudas M. The role of ultrasound in percutaneous dilatational tracheostomy. *AJUM*. 2012;15:143-148.
19. Hardee PS, Ng SY, Cashman M. Ultrasound imaging in the preoperative estimation of the size of tracheostomy tube required in specialised operations in children. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2003;41:312-316.
20. Tremblay LN, Scales DC. Ultrasound-guided tracheostomy - not for the many, but perhaps the few... or the one. *Crit Care*. 2011;15:147-152.
21. Kleine-Brueggeny M, Greif R, Ross S, Eichenberger U, Moriggl B, Arnold A, et al. Ultrasound-guided percutaneous tracheal puncture: a computer-tomographic controlled study in cadavers. *Br J Anaesth*. 2011;106:738-742.
22. Ding LW, Wang HC, Wu HD, Chang CJ, Yang PC. Laryngeal ultrasound: a useful method in predicting post-extubation stridor. A pilot study. *Eur Respir J*. 2006;27:384-389.
23. Keeraticchanon W, Limthong T, Keeraticchanon S. Cuff leak volume as a clinical predictor for identifying post-extubation stridor. *J Med Assoc Thai*. 2012;95:752-755.
24. Frutos-Vivar F, Esteban A, Apezteguia C, et al. Outcome of reintubated patients after scheduled extubation. *J Crit Care*. 2011;26:502-509.
25. Potgieter PD, Hammond J. "Cuff" test for safe extubation following laryngeal edema. *Crit Care Med*. 1988;16:818-823