



Revista Colombiana de Cirugía

ISSN: 2011-7582

Asociación Colombiana de Cirugía

Zapata, Ricardo; Naranjo, Camilo; Méndez, Manuela; Montoya, Camilo; Jaramillo, Juan Santiago; Cruz, Gustavo; Posada, Leonardo
Reconstrucción traqueal bajo oxigenación con membrana para circulación extracorpórea para el manejo de una lesión traumática: reporte de caso y revisión bibliográfica
Revista Colombiana de Cirugía, vol. 33, núm. 2, 2018, Abril-Junio, pp. 211-219
Asociación Colombiana de Cirugía

DOI: <https://doi.org/10.30944/20117582.64>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=355557054011>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org
UAEM

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

PRESENTACIÓN DE CASO

Reconstrucción traqueal bajo oxigenación con membrana para circulación extracorpórea para el manejo de una lesión traumática: reporte de caso y revisión bibliográfica

Tracheal reconstruction under oxygenation with membrane extracorporeal circulation for the management of a traumatic lesion: case report and literature

Ricardo Zapata¹, Camilo Naranjo², Manuela Méndez², Camilo Montoya¹, Juan Santiago Jaramillo³, Gustavo Cruz³, Leonardo Posada⁴

¹ Médico, cirujano de Tórax, Clínica CardioVID, Medellín, Colombia

² Médico, residente de Cirugía General, Universidad CES, Medellín, Colombia

³ Médico, anestesiólogo, fellow en Anestesia Cardiotorácica, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia

⁴ Médico, anestesiólogo cardiovascular, Clínica CardioVID, Medellín, Colombia

Resumen

Introducción. El traumatismo traqueal es una condición poco frecuente que puede ser ocasionada por traumas abiertos, cerrados o iatrogénicos; su presentación clínica es variable y el diagnóstico suele ser clínico, apoyándose en la radiografía de tórax, la tomografía círvico-torácica y la fibrobroncoscopia.

Su manejo representa todo un reto médico y quirúrgico, y se requieren múltiples herramientas para su adecuado tratamiento. La terapia con oxigenación con membrana para circulación extracorpórea ha sido ampliamente utilizada en el manejo de pacientes con falla respiratoria aguda, en los cuales los métodos convencionales de asistencia respiratoria mecánica no son suficientes para garantizar una adecuada oxigenación.

Caso clínico. Se presenta el caso de una paciente con una lesión traqueal iatrogénica reparada quirúrgicamente, bajo asistencia con oxigenación con membrana para circulación extracorpórea, para garantizar la oxigenación tisular y la adecuada recuperación y supervivencia de la paciente.

Conclusiones. La terapia con oxigenación con membrana para circulación extracorpórea es una excelente alternativa para el manejo quirúrgico de las lesiones traqueales complejas que amenazan la vida del paciente, ya que permite brindar un soporte vital y un adecuado intercambio gaseoso durante el procedimiento.

Palabras clave: tráquea; traumatismos del cuello; enfermedad iatrogénica; reconstrucción; respiración artificial; oxigenación por membrana extracorpórea.

Abstract

Introduction: Tracheal trauma is a rare condition that can be caused by open, closed, or iatrogenic trauma; its clinical presentation is variable and the diagnosis is usually clinical, supported by chest X-ray, thoracic CT and bronchoscopy. Its management represents a medical and surgical challenge, requiring multiple tools for the

Fecha de recibido: 9/08/2017 - Fecha aceptación: 20/09/2017

Correspondencia: Ricardo Zapata, MD, Calle 78b N° 75-21, Medellín, (Ant.) / Teléfonos: (574) 322-7090, 445-2300 y (301) 431-2777; fax: (574) 441-7837 y 441-7869 / Correo electrónico: razapatag@hotmail.com

Citar como: Zapata R, Naranjo C, Méndez M, Montoya C, Jaramillo JS, Cruz G, et al. Reconstrucción traqueal bajo oxigenación con membrana para circulación extracorpórea para el manejo de una lesión traumática: reporte de caso y revisión bibliográfica. Rev Colomb Cir. 2018;33:211-9. <https://doi.org/10.30944/20117582.64>

proper treatment of this entity. Extracorporeal membrane oxygenation therapy has been widely used in the management of patients with acute ventilatory failure in whom conventional methods of mechanical ventilation are insufficient to ensure adequate oxygenation of the patient.

Case report: We present the case of a patient with a surgically repaired iatrogenic tracheal lesion conducted with extracorporeal membrane oxygenation to maintain tissue oxygenation and assure recuperation and survival.

Conclusions: Extracorporeal membrane oxygenation therapy is an excellent alternative for the surgical management of complex tracheal lesions that threaten the patient's life, allowing vital support and adequate gas exchange during the procedure.

Keywords: trachea; neck injuries; iatrogenic disease; reconstruction; respiration, artificial; extracorporeal membrane oxygenation.

Introducción

El traumatismo traqueal es poco frecuente, con una incidencia global que oscila entre el 1 y el 3 %, y con una morbimortalidad considerable. Las lesiones iatrogénicas de tráquea representan entre el 0,05 y el 0,5 % de los traumas de tráquea^{1,2}. El trauma iatrogénico de tráquea suele ser secundario a procedimientos diagnósticos, como la broncoscopia y la mediastinoscopia, o a manipulación de la vía aérea durante la intubación orotraqueal.

El cuadro clínico varía desde la disnea asfixiante súbita o la imposibilidad de respirar, hasta hallazgos como estridor, enfisema subcutáneo o hemoptisis. Hasta el 10 % de los pacientes pueden cursar asintomáticos, principalmente en caso de laceraciones menores.

El diagnóstico suele ser clínico, apoyándose en la radiografía de tórax, la tomografía cérvico-torácica y la fibrobroncoscopia.

Su manejo representa todo un reto médico y quirúrgico, aun en los centros hospitalarios más especializados y, en gran medida, depende de la localización, el tipo y el grado de la lesión que haya sufrido el paciente³. El tratamiento quirúrgico suele basarse en una sutura primaria cuando son lesiones lineales, o en la resección y la anastomosis término-terminal cuando hay una pérdida de tejidos o una solución de continuidad significativa.

Una de las principales dificultades en el manejo de las lesiones traqueales, es el momento de dar asistencia respiratoria mecánica, ya que, dependiendo de su localización y extensión, el

tubo orotraqueal puede ser insuficiente o interferir con el campo quirúrgico. Además, cuando se requiere presión positiva, esta no solo favorece el fallo del reparo quirúrgico, sino que, también, evita el cierre de las lesiones en casos de manejo conservador⁴.

La oxigenación con membrana para circulación extracorpórea (*Extracorporeal Circulation Membrane Oxigenation, ECMO*), es una forma de soporte vital que permite la oxigenación de la sangre directamente en el sistema venoso, obviando el intercambio gaseoso pulmonar⁵. La oxigenación con membrana para circulación extracorpórea veno-venosa, ha sido ampliamente utilizada en casos de falla respiratoria aguda, en los cuales los métodos convencionales de asistencia respiratoria mecánica no son suficientes para garantizar un adecuado aporte de oxígeno. Sin embargo, en muy pocas ocasiones se ha reportado el uso de esta técnica en el tratamiento de lesiones graves del árbol traqueobronquial.

Se presenta el caso de una paciente que sufrió una extensa lesión traqueal iatrogénica aguda que requirió cirugía, durante la cual se utilizó oxigenación con membrana para circulación extracorpórea.

Caso clínico

Se trata de una mujer de 67 años de edad, sin antecedentes patológicos respiratorios relevantes, que fue sometida a laringectomía radical por una recidiva de neoplasia de cuerdas vocales. En el periodo posoperatorio inmediato, después de

cambiar la intubación orotraqueal por intubación traqueal, presentó una grave y súbita disminución de la saturación de oxígeno y enfisema subcutáneo progresivo que se extendía hasta la cara, el cuello, el tórax y el abdomen superior. En la radiografía de tórax se observaba un neumotórax derecho asociado a neumomediastino, por lo cual requirió urgentemente un drenaje pleural (figura 1).

Ante la sospecha de una lesión aguda de la vía aérea, se examinó con un fibrobroncoscopio flexible y se demostró una extensa lesión longitudinal de la tráquea, la cual se extendía desde el tercio medio de la tráquea hasta el bronquio principal derecho, con exposición del mediastino.

El deterioro respiratorio continuó hasta progresar a un colapso respiratorio, por lo cual se procedió a la intubación urgente y selectiva del bronquio izquierdo, guiada con broncoscopia, para asegurar la vía aérea. A pesar de esta maniobra, la paciente continuó en falla respiratoria, con presiones altas en la vía aérea, disminución de la saturación de oxígeno y progresión del enfisema.

Ante una falla respiratoria hipoxémica resistente secundaria a la disruptión de la tráquea, la imposibilidad de garantizar la buena permeabilidad de la vía aérea y la estabilidad hemodinámica sin necesidad de soporte vasoactivo, se decidió iniciar el tratamiento con oxigenación



Figura 1. Neumotórax derecho con enfisema subcutáneo y neumomediastino

con membrana para circulación extracorpórea veno-venosa.

Se insertó una cánula venosa no habitual, subclavia izquierda-femoral derecha, para lograr una adecuada exposición de todo el hemitórax derecho y, así, garantizar un buen acceso quirúrgico. Se procedió a la oxigenación con membrana para circulación extracorpórea, sin anticoagulación para disminuir el riesgo de sangrado durante la cirugía y después de ella, con lo cual se logró asegurar la vía aérea de la paciente, la consiguiente estabilización respiratoria y una buena oxigenación.

Posteriormente, se procedió a la reparación quirúrgica de la lesión traqueal. Mediante un abordaje por toracotomía postero-lateral derecha, se identificó la lesión en la porción membranosa, que se extendía desde la unión del tercio superior con el medio hasta el bronquio fuente derecho, con una longitud aproximada de nueve centímetros, que se asociaba con un extenso neumomediastino. Se liberó toda la cara posterior de la tráquea y de la carina, y se procedió a hacer un cierre primario con sutura monofilamento absorbible. Esta sutura traqueal se reforzó con un colgajo de músculo intercostal (figura 2).

Se dejó un drenaje pleural y se colocó la cánula de traqueostomía por encima del inicio de la lesión; se reexpandió el pulmón de forma controlada, se verificó la estanquidad de la sutura y se inició la asistencia respiratoria mecánica en modo protector.

La evolución posoperatoria temprana fue satisfactoria (figura 3). El intercambio gaseoso fue óptimo y el índice PAFI ($\text{PaO}_2/\text{FIO}_2$) iba en ascenso; la saturación venosa de oxígeno y el lactato sérico eran adecuados, y hubo una disminución progresiva del flujo en la circulación extracorpórea; además, se logró una correcta restitución de la vía aérea, por lo que se decidió retirar dicho soporte en el periodo posoperatorio temprano y se continuó con asistencia respiratoria mecánica en modo protector, controlada por presión y con PEEP (*Positive End Expiratory Pressure*) baja, iniciándose posteriormente el destete del respirador según el protocolo.

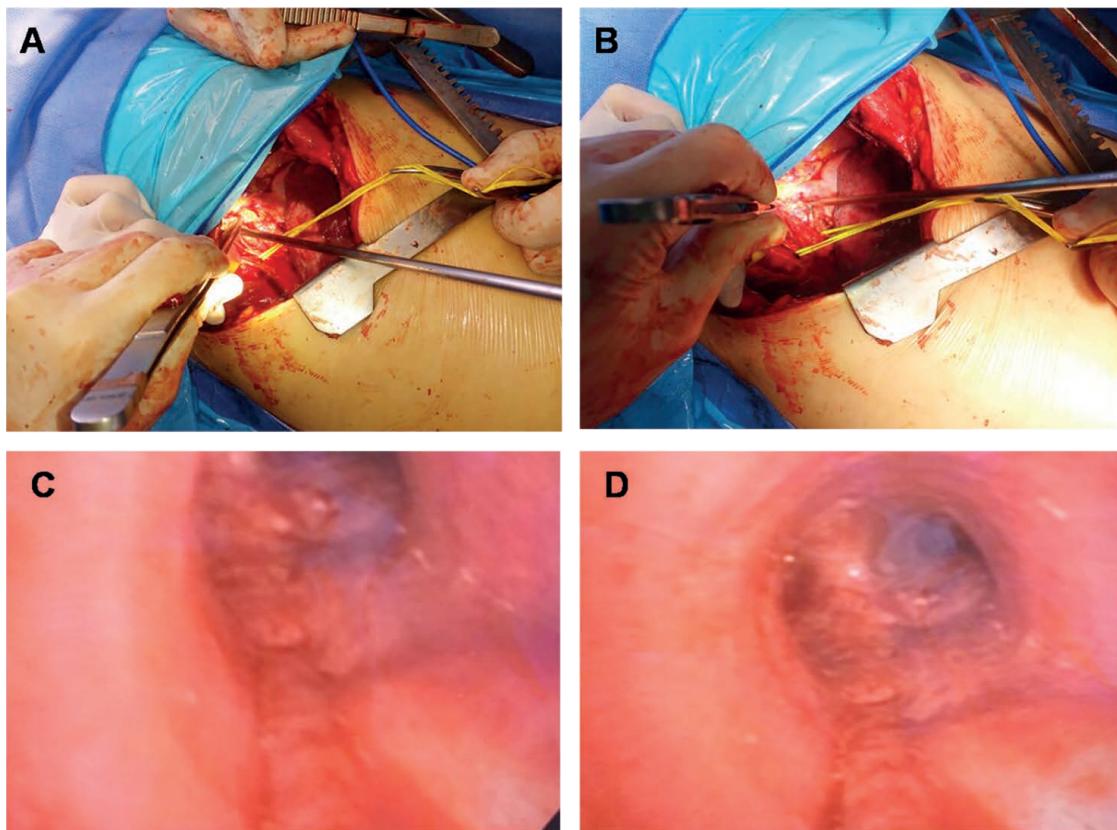


Figura 2. A y B se evidencia exposición de la tráquea con *vessel loop* en toracotomía postero-lateral derecha; C y D vista endoscópica de la lesión traqueal reparada



Figura 3. Periodo posoperatorio inmediato: adecuada expansión pulmonar con algunas atelectasias laminares.

En la fibrobroncoscopia de control al cuarto día posoperatorio, la cánula estaba en buena posición, con su extremo distal inmediatamente por encima del inicio de la sutura de la porción membranosa de la tráquea, y se observó un buen proceso de cicatrización.

Al quinto día postoperatorio hubo aumento en los reactantes de fase aguda y se observaron infiltrados alveolares en la placa de tórax (figura 4). Se aislaron bacilos Gram negativos (*Enterobacter cloacae*) en el lavado broncoalveolar y se hizo diagnóstico de neumonía lobar, por lo cual se inició la administración de cefepime. La tomografía de tórax de control mostró consolidación con atelectasias subsegmentarias (figura 5).

En la fibrobroncoscopia de control, la sutura estaba íntegra con adecuada cicatrización y había

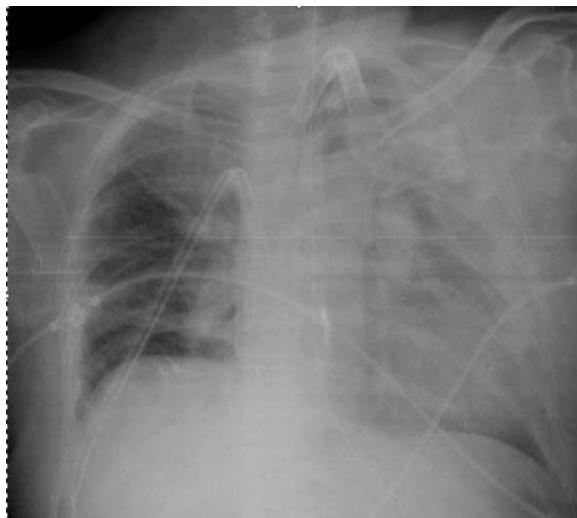


Figura 4. Infiltrados alveolares bilaterales con mayor compromiso del lado izquierdo.

algunos tapones mucosos. La evolución continuó hacia la mejoría, pudiendo ser dada de alta a los 17 días del periodo posoperatorio. Los hallazgos fueron normales hasta el último control realizado (figura 6).

Discusión

La mayoría de los traumatismos de la vía aérea y el pulmón se resuelven con estrategias de asistencia respiratoria mecánica convencional. Sin embargo, hay un pequeño grupo de pacientes que presentan disrupción grave de la vía aérea y desarrollan hipoxemia e hipercapnia persistentes. Este grupo de pacientes son los que pueden beneficiarse de la oxigenación con membrana para circulación extracorpórea, la cual va a permitir una adecuada oxigenación de los tejidos,

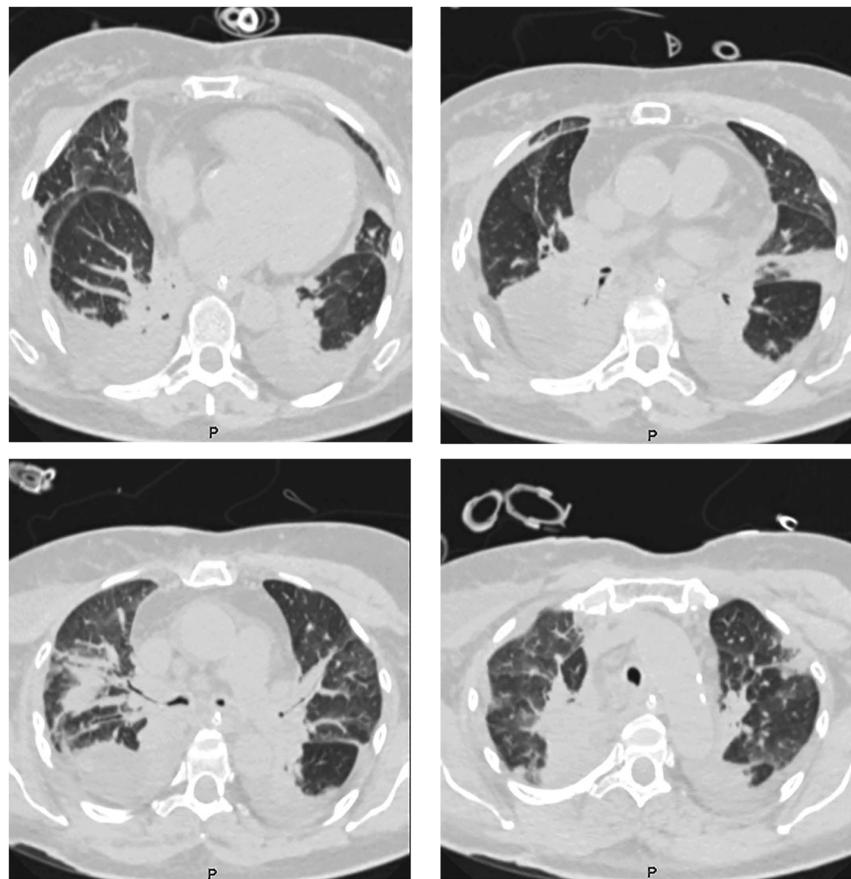


Figura 5. Tomografía simple de tórax que evidencia consolidación neumónica más atelectasias.



Figura 6. Radiografía de control a los 6 meses del periodo posoperatorio que evidencia adecuada expansión pulmonar.

disminuyendo la agresión de la asistencia respiratoria mecánica sobre la vía aérea y los pulmones, y permitiendo que estos sanen.

Las lesiones traqueales iatrogénicas son poco frecuentes y se producen como consecuencia de procedimientos como la intubación orotraqueal, la fibrobroncoscopia, las dilataciones traqueales y la traqueostomía percutánea^{6,7}. La lesión suele ser lineal, sobre la porción membranosa y, usualmente, afecta la tráquea media o distal y los bronquios principales, sobre todo el derecho. Algunos de los factores predisponentes para estas lesiones son: necesidad de intubación urgente, personal poco entrenado, retiro tardío de las guías durante la intubación, uso de intercambiadores de tubo orotraqueal, sexo femenino, edad avanzada, talla baja, índice de masa corporal elevado y uso crónico de esteroides^{8,9}.

El diagnóstico se basa en la sospecha clínica. Las imágenes diagnósticas, como la radiografía y la tomografía de tórax, no permiten identificar con certeza la lesión traqueal; sin embargo, permiten observar signos indirectos, como el neumotórax, el neumomediastino, el derrame pleural, el enfisema subcutáneo y el aumento del diámetro traqueal alrededor del tubo^{10,11}. El único

signo específico de perforación traqueal visible con estas imágenes, es que el balón del tubo esté por fuera de la luz de la tráquea¹²; sin embargo, este es muy poco frecuente y, en la mayoría de los casos, estos métodos únicamente permiten aumentar la sospecha diagnóstica. Esta se confirma por la visualización directa de la lesión mediante fibrobroncoscopia o broncoscopia rígida, que permiten identificar el sitio exacto de la lesión y su longitud, y también, planear el tratamiento.

El tratamiento de esta entidad se basa en el tipo de lesión que se presente. Las lesiones sin perforación completa de la tráquea, consistentes en laceraciones parciales sin compromiso de otros órganos, pueden tratarse de forma conservadora. Este tratamiento permite que ambos bordes de la membrana traqueal se agrullen en la porción posterior con el tejido del mediastino, lo cual permite la formación de una capa de fibrina y, posteriormente, el sellado de la lesión¹³. No obstante, la falla terapéutica con el esquema conservador de estas lesiones o la progresión de la lesión, obligan a practicar intervenciones quirúrgicas para su control definitivo¹⁴. Por otro lado, las lesiones asociadas con compromiso del esófago, mediastinitis o ambos, suelen tener indicación quirúrgica¹⁵. Las que se acompañan de una comunicación amplia con el espacio pleural, una fuga aérea masiva o herniación del mediastino a través de la laceración traqueal, también requieren cirugía¹⁶.

En términos generales, y según diversos autores, la tendencia actual es el tratamiento quirúrgico temprano de las lesiones, siempre que la condición clínica del paciente lo permita. El manejo conservador se reserva para aquellos pacientes con lesiones pequeñas o que se encuentren en muy malas condiciones que contraindiquen la intervención quirúrgica.

La oxigenación con membrana para circulación extracorpórea es una forma de asistencia vital externa, que permite brindar un soporte parcial o completo al corazón y a los pulmones. La oxigenación con membrana para circulación extracorpórea veno-venosa hace posible oxigenar la sangre por vía venosa, lo que provee un

intercambio gaseoso no pulmonar en el paciente crítico y permite tanto el reposo pulmonar como una asistencia respiratoria protectora. Además, permite el reposo de la vía aérea, liberándola de la presión positiva ejercida durante la asistencia respiratoria mecánica.

La mortalidad de los pacientes críticamente enfermos puede ser tan alta como de 40 % en aquellos pacientes con falla respiratoria. La falla respiratoria aguda, ya sea por síndrome de dificultad respiratoria aguda, por disfunción primaria o por trauma directo, puede tratarse con la membrana para oxigenación extracorpórea. Las indicaciones para iniciar la terapia de oxigenación con membrana para circulación extracorpórea, son: falla respiratoria hipoxémica, hipercapnia persistente con presiones elevadas de la vía aérea y síndromes graves de fuga aérea. Cada día viene imponiéndose más este procedimiento en otras indicaciones, principalmente como terapia puente en un trasplante o en otro procedimiento quirúrgico, en los cuales, por sus características, se dificulta mantener la vía aérea y la asistencia respiratoria.

Se ha descrito el uso de la oxigenación con membrana para circulación extracorpórea en pacientes con traumas traqueales, y se han reportado casos con manejo conservador o quirúrgico. Esto abre una puerta para el tratamiento de este tipo de pacientes, ya que permite disminuir al máximo la presión utilizada en la asistencia respiratoria mecánica sin comprometer la oxigenación tisular y, además, usar asistencia respiratoria espontánea, disminuyendo la sedación al máximo, lo que conlleva un despertar temprano del paciente y una mejoría clínica más rápida.^{17,18}

Hasta la fecha, se ha utilizado en el periodo perioperatorio en casos de trasplante pulmonar¹⁹, trauma traqueo-bronquial²⁰⁻²³, lesiones iatrogénicas durante procedimientos oncológicos²⁴ y trastornos congénitos de la vía respiratoria^{25,26}; en todos, ha demostrado ser una herramienta de salvamento útil cuando el deterioro pulmonar es grave y no mejora con asistencia respiratoria.

No hay datos estadísticos recientes sobre su efectividad, recomendaciones sobre su duración

o sugerencias de esquemas terapéuticos, pues los estudios publicados se limitan a reportes de casos y series muy pequeñas, y no permiten sacar conclusiones ni generar recomendaciones. Sin embargo, está claro que la oxigenación con membrana para circulación extracorpórea se postula como una excelente alternativa en los casos críticos, permitiendo, no solo mantener los niveles de oxigenación tisular de manera adecuada, sino también, disminuir las presiones necesarias en la vía aérea durante la asistencia respiratoria, facilitando así la pronta cicatrización de la lesión.

En el caso que se presenta, se agrupan varias condiciones descritas en este artículo, como son los factores de riesgo de sexo femenino, edad y antecedente de radioterapia. En esta paciente, durante la manipulación de la vía aérea, se presentó una lesión grave con disrupción completa de la porción membranosa que se extendió hasta el bronquio fuente derecho y exposición del mediastino; estos factores, sumados a la inestabilidad respiratoria y la hipoxemia progresiva resistente, obligaron a considerar el soporte con membrana de oxigenación extracorpórea como herramienta para dar soporte vital y poder llevar a cabo la reparación quirúrgica de manera exitosa.

Ahmad, *et al.*¹⁸, hicieron una revisión retrospectiva de 46 pacientes con trauma grave que fueron tratados con este tipo de oxigenación y se incluyeron 39 (85 %) que recibieron oxigenación con membrana para circulación extracorpórea veno-venosa; de estos, sobrevivió el 44 %. La indicación para esta terapia entre los 17 pacientes que sobrevivieron, fue el síndrome de dificultad respiratoria del adulto en 71 % y lesiones sin este síndrome en el restante 29 %; de estos últimos, 3 presentaron disrupción de la vía aérea. Los autores concluyeron que la oxigenación con membrana para circulación extracorpórea es una opción para el tratamiento de los pacientes con trauma gravemente comprometidos, con una supervivencia satisfactoria, aunque el trauma traqueobronquial es por sí mismo un factor de mal pronóstico.

Conclusión

Las lesiones iatrogénicas traqueales son poco frecuentes y plantean un reto médico y quirúrgico para el personal de la salud. En los pacientes críticos cuando la magnitud de la lesión compromete la seguridad de la vía aérea y la oxigenación, la oxigenación con membrana para circulación extracorpórea es una excelente alternativa, pues permite mantener la oxigenación tisular al tiempo que se hacen procedimientos de rehabilitación pulmonar, y se evita someter el reparo quirúrgico a presiones positivas que favorezcan su falla. Se postula, así, como una herramienta útil y prometedora para este tipo de pacientes.

Referencias

1. Schneider T, Volz K, Dienemann H, Hoffmann H. Incidence and treatment modalities of tracheobronchial injuries in Germany. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2009;8:571-6.
2. Flores J, Ortiz PJ, Cervantes J. Trauma penetrante de cuello ¿es confiable la exploración física para el diagnóstico de lesiones? *An Med Asoc Med Hosp ABC*. 2000;45:6-12.
3. Stefan Welter. Repair of tracheobronchial injuries. *Thorac Surg Clin*. 2014;24:41-50.
4. Son BS, Cho WH, Kim CW, Cho HM, Kim SH, Lee SK, et al. Conservative extracorporeal membrane oxygenation treatment in a tracheal injury: A case report. *J Cardiothorac Surg*. 2015;10:48. doi: 10.1186/s13019-015-0252-7.
5. Tramm R, Ilic D, Davies AR, Pellegrino VA, Romero L, Hodgson C. Extracorporeal membrane oxygenation for critically ill adults. *Cochrane Database of Syst Rev*. 2015, Issue 1. doi:10.1002/14651858.CD010381.
6. Berry M, Van Schil P, van Meerbeeck J, Vanmaele R, Eyskens E. Surgical treatment of iatrogenic tracheal lacerations. *Acta Chir Belg*. 1997;97:308-10.
7. Orta DA, Cousar JE, Yergin BM, Olsen GN. Tracheal laceration with massive subcutaneous emphysema: A rare complication of endotracheal intubation. *Thorax*. 1979;34:665-9.
8. Lobato EB, Risley WP, Stoltzfus DP. Intraoperative management of distal tracheal rupture with selective bronchial intubation. *J Clin Anesth*. 1997;9:155-8.
9. Jougon J, Ballester M, Choukroun E, Dubrez J, Reboul G, Velly JF. Conservative treatment for postintubation tracheobronchial rupture. *Ann Thorac Surg*. 2000;69:216-20.
10. Chen JD, Shanmuganathan K, Mirvis SE, Killen K, Dutton R. Using CT to diagnose tracheal rupture. *AJR Am J Roentgenol*. 2001;176:1273-80.
11. Scaglione M, Romano S, Pinto A, Sparano A, Scialpi M, Rotondo A. Acute tracheobronchial injuries: Impact of imaging on diagnosis and management implications. *Eur J Radiol*. 2006;59:336-43.
12. Wagner A, Roeggla M, Hirschl MM, Roeggla G, Schreiber W, Sterz F. Tracheal rupture after emergency intubation during cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation*. 1995;30:263-6.
13. Schneider T, Storz K, Dienemann H, Hoffmann H. Management of iatrogenic tracheobronchial injuries: A retrospective analysis of 29 cases. *Ann Thorac Surg*. 2007;83:1960-4.
14. Conti M, Pougeoise M, Wurtz A, Porte H, Fourrier F, Ramon P, et al. Management of postintubation tracheal membrane rupture. *Chest*. 2006;130:412-8.
15. Kouerenis I, Loutsidis A, Hountis P, Apostolakis E, Belleni I. Treatment of iatrogenic injury of membranous trachea with intercostal muscle flap. *Ann Thorac Surg*. 2004;78:85-6.
16. Carretta A, Melloni G, Bandiera A, Negri G, Voci C, Zannini P. Conservative and surgical treatment of acute posttraumatic tracheobronchial injuries. *World J Surg*. 2011;35:2568-74.
17. Tiruvoipati R, Botha J, Peek G. Effectiveness of extracorporeal membrane oxygenation when conventional ventilation fails: Valuable option or vague remedy? *J Crit Care*. 2012;27:192-8.
18. Ahmad SB, Menaker J, Kufera J, O'Connor J, Scalea TM, Stein DM. Extracorporeal membrane oxygenation after traumatic injury. *J Trauma Acute Care Surg*. 2016;82:587-91.
19. Fuehner T, Kuehn C, Hadem J, Wiesner O, Gottlieb J, Tudorache I, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in awake patients as bridge to lung transplantation. *Am J Respir Crit Care Med*. 2012;85:763-8.
20. Korvenoja P, Pitkänen O, Berg E, Berg L. Venovenous extracorporeal membrane oxygenation in surgery for bronchial repair. *Ann Thorac Surg* 2008; 86:1348-9.
21. Campione A, Agostini M, Portolan M, Alloisio A, Fino C, Vassallo G. Extracorporeal membrane oxygenation in respiratory failure for pulmonary contusion and bronchial disruption after trauma. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2007;133:1673-1674.
22. Sian K, McAllister B, Brady P. The use of extracorporeal membrane oxygenation therapy in the delayed surgical repair of a tracheal injury. *Ann Thorac Surg*. 2014;97:338-40.
23. Biancosino C, Kruger M, Kuhn C, Zinne N, Wilhelm M, Zeckey C, et al. First successful surgical reconstruction of bilateral transected main bronchi with extracor-

- poreal membrane oxygenation support. Ann Thorac Surg. 2016;102:e135-7.
24. Fermin L, Arnold S, Nunez L, Yakoub D. Extracorporeal membrane oxygenation for repair of tracheal injury during transhiatal esophagectomy. Ann Cardiac Anaesthesia. 2017;20:67-9.
25. Walker LK, Wetzel RC, Haller JA. Extracorporeal membrane oxygenation for perioperative support during congenital tracheal stenosis repair. Anesth Analg. 1992;75:825-9.
26. Angel C, Murillo C, Zwischenberger J, Swischuk L, Graves D, Chernin J. Perioperative extracorporeal membrane oxygenation for tracheal reconstruction in congenital tracheal stenosis. Pediatr Surg Int. 2000;16:98-101.