

Técnicas de aislamiento pulmonar y ventilación monopulmonar

Pablo Contreras Barrios.¹, Karen Venegas Landaida.²

Introducción: Las técnicas de aislamiento pulmonar y ventilación monopulmonar (VMP) son fundamentales en cirugía torácica, permitiendo ventilación selectiva y colapso pulmonar para proteger el pulmón contralateral y facilitar la exposición quirúrgica. Su desarrollo histórico ha evolucionado desde dispositivos rudimentarios hasta los actuales tubos de doble lumen (TDL) y bloqueadores bronquiales (BB). **Objetivo:** Revisar las indicaciones, dispositivos y manejo anestésico durante la VMP, enfatizando estrategias para prevenir complicaciones como hipoxemia y lesión pulmonar. **Métodos:** Revisión narrativa basada en literatura médica, abordando perspectiva histórica, indicaciones absolutas y relativas, así como características técnicas de TDL y BB. Se detalla el manejo intraoperatorio, incluyendo optimización de la relación ventilación/perfusión (V/Q), manejo de hipoxemia y prevención de distrés respiratorio. **Conclusiones:** Las técnicas de aislamiento pulmonar son el gold standard en anestesia durante cirugía de tórax. La elección del dispositivo depende de factores anatómicos y quirúrgicos, con ventajas específicas para TDL (rapidez, acceso a fibrobroncoscopia) y BB (versatilidad en vía aérea difícil). La hipoxemia durante VMP puede ser un problema clínico que requiere manejo multimodal. La ventilación protectora reduce el riesgo de distrés respiratorio. El éxito del procedimiento radica en la integración de técnicas de aislamiento pulmonar, monitorización estricta y manejo fisiológico individualizado.

Introduction: Lung isolation techniques and one-lung ventilation (OLV) are essential in thoracic surgery, enabling selective ventilation and lung collapse to protect the contralateral lung and facilitate surgical exposure. Their historical evolution spans from rudimentary devices to modern double-lumen tubes (DLT) and bronchial blockers (BB). **Objective:** To review the indications, devices, and anesthetic management during OLV, emphasizing strategies to prevent

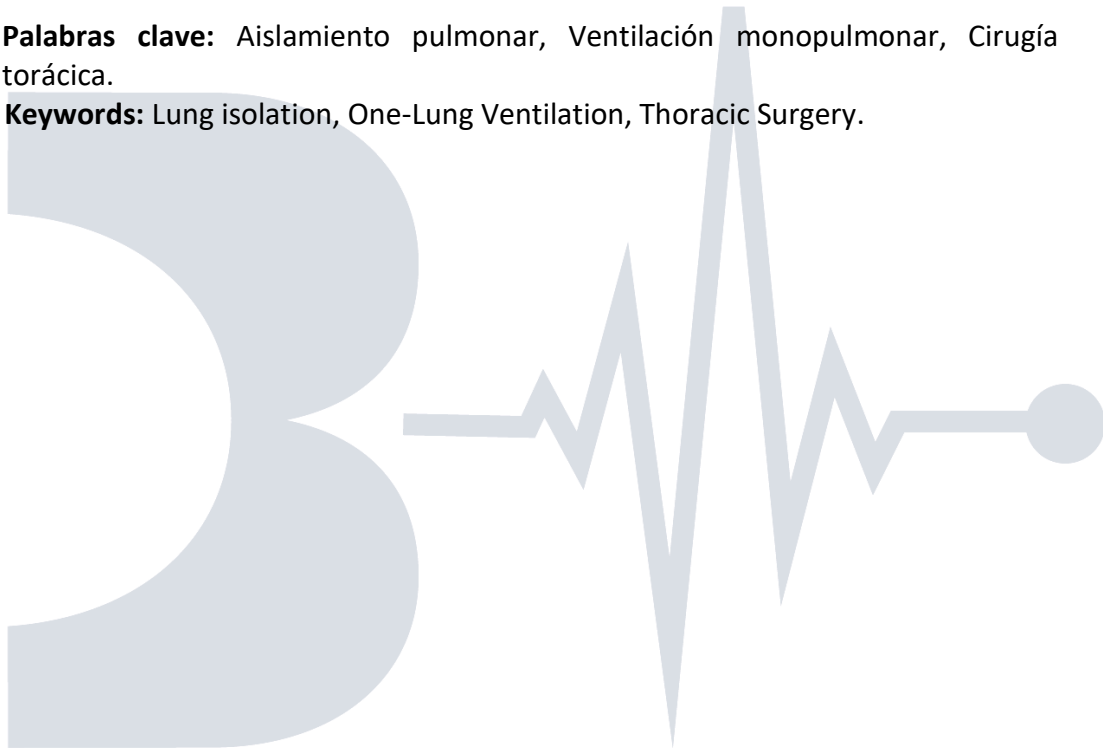
¹ Licenciado en Medicina, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, Santiago de Chile.

² Médica Anestesióloga. Departamento de Anestesiología y Medicina Perioperatoria. Hospital Clínico de la Universidad de Chile

complications such as hypoxemia and lung injury. Methods: A narrative review based on medical literature, addressing historical perspectives, absolute and relative indications, and technical features of DLTs and BBs. Intraoperative management is detailed, including optimization of ventilation/perfusion (V/Q) ratios, hypoxemia management, and prevention of respiratory distress. Conclusions: Lung isolation techniques remain the gold standard in anesthesia for thoracic surgery. Device selection depends on anatomical and surgical factors, with specific advantages for DLTs (speed, fiberoptic access) and BBs (versatility in difficult airways). Hypoxemia during OLV is common and requires multimodal management. Protective ventilation reduces the risk of respiratory distress. Procedural success hinges on integrating isolation techniques, rigorous monitoring, and individualized physiological management.

Palabras clave: Aislamiento pulmonar, Ventilación monopulmonar, Cirugía torácica.

Keywords: Lung isolation, One-Lung Ventilation, Thoracic Surgery.



Introducción

Las técnicas de aislamiento pulmonar y ventilación monopulmonar (VMP) son procedimientos para aislar funcional y anatómicamente los pulmones, con lo que se asegura la ventilación y colapso selectivo de un pulmón o segmento pulmonar en procedimientos de cirugía torácica.¹ El pulmón ventilado permite el correcto intercambio gaseoso a la vez que puede ser protegido de la contaminación con sangre, pus, suero durante la realización de algunos procedimientos. Estas técnicas también permiten excluir segmentos pulmonares en que la ventilación con presión positiva es contraproducente o representa peligro, como en presencia de quistes y bulas pulmonares gigantes, además de fístulas broncopleurales. El pulmón colapsado permite la instrumentación torácica con adecuada exposición quirúrgica, que cobra importancia en tanto abordajes mínimamente invasivos videotoracoscópicos, como con técnica abierta, en que la correcta exposición es crítica para el éxito del procedimiento.

La necesidad de desarrollar técnicas de aislamiento pulmonar nace en el manejo quirúrgico del empiema con objetivo de prevenir la contaminación del pulmón sano.² Inicialmente se utilizaron agentes de anestesia general en dosis bajas que permitiera al paciente expectorar o deglutir el contenido bronquial, en conjunto con posicionamiento en decúbito lateral sobre el hemitórax afectado para permitir el drenaje de sangre y pus por gravedad. Los primeros dispositivos de canulación bronquial selectiva se desarrollaron en laboratorios de fisiología respiratoria en el siglo XIX,³ en paralelo al desarrollo del tubo endotraqueal para uso clínico, culminando en el desarrollo del primer modelo de tubo de doble lumen por Carlens en 1949, modificado por Robertshaw en 1962, en cual se basan los modelos comercializados el día de hoy. El primer bloqueador bronquial fue desarrollado por Magill en 1936. Desde entonces, el uso de estas técnicas se ha difundido fuera de su objetivo inicial en paralelo a la evolución de la técnica en cirugía de tórax.

Indicaciones

Las indicaciones clásicas de aislamiento pulmonar se pueden clasificar en absolutas y relativas.⁴ Las indicaciones absolutas guardan relación, en primer lugar,

con la protección del pulmón de la contaminación con fluidos como sangre (en hemoptisis masivas), pus (en abscesos) o grandes volúmenes de suero contaminado (en lavado broncoalveolar), y en segundo lugar con la redistribución de la ventilación para exclusión selectiva de segmentos pulmonares en caso de fístulas broncopleurales u otras fugas en el árbol traqueobronquial, y bulas o quistes gigantes con riesgo de rotura bajo ventilación con presión positiva.

Las indicaciones relativas son aquellas para permitir una adecuada exposición quirúrgica en diversos procedimientos como abordaje de estructuras mediastínicas, cirugía de columna torácica, cirugía de aorta torácica y cirugías de parénquima pulmonar, tanto resectivas como biopsias, entre otras.

Dispositivos de aislamiento pulmonar

Tubo de doble lumen (TDL)

El tubo de doble lumen es el método más difundido de aislamiento pulmonar en la actualidad. Se compone, como indica el nombre, de dos lúmenes con 2 cuffs: un lumen bronquial, con su propio cuff, que se inserta en el bronquio principal derecho o izquierdo, dependiendo del tipo de TDL, y un lumen traqueal que ventila o colapsa el pulmón contralateral. Existen TDL con diseño específico para bronquios izquierdo y derecho, dadas las diferencias anatómicas en ambos árboles bronquiales. El colapso y ventilación selectiva de ambos pulmones se puede lograr independiente de la lateralidad del tubo, por lo cual la elección de un TDL derecho o izquierdo está sujeta a factores anatómicos y del procedimiento a realizar.

El tubo más utilizado es el TDL izquierdo,⁵ dada las características anatómicas del árbol bronquial izquierdo que favorecen su adecuado posicionamiento, pudiendo realizarse a ciegas sin utilizar un fibrobroncoscopio a diferencia de un TDL derecho. Sin embargo, se recomienda el uso y disponibilidad de fibrobroncoscopio para verificar la correcta posición por sobre el método auscultatorio, siendo un gold estándar en el uso de dispositivos de separación pulmonar

El TDL derecho está indicado en situaciones en que existe distorsión de la anatomía del bronquio izquierdo o en que el sitio quirúrgico involucra al bronquio principal

izquierdo, sin embargo, su correcta inserción resulta de mayor dificultad por la menor longitud desde su origen hasta la emergencia del bronquio lobar superior derecho, aspecto por el cual en el lumen bronquial se adiciona un orificio lateral orientado a dicho bronquio, para ser ventilado adecuadamente. Por este motivo, su inserción debe realizarse bajo visión con fibrobroncoscopio.

Dentro de las ventajas de los TDL sobre otras técnicas se encuentra el menor tiempo requerido para su correcto posicionamiento, además de facilitar acceso a ambos pulmones para realizar fibrobroncoscopia, administrar oxígeno y aspiración de secreciones y sangre en el intraoperatorio.

Una de sus principales desventajas es la dificultad para elegir el tamaño del tubo.⁶ Se pueden tomar como referencia estudios de imágenes previos del paciente, siendo la tomografía axial computada de elección para estimar el diámetro bronquial.

En la actualidad se han desarrollado TDL con cámara de video integrada (Ambu® VivaSight™) que reducirían el requerimiento de fibrobroncoscopia para la verificación del posicionamiento del tubo.⁷

Bloqueador bronquial (BB)

Corresponden a una serie de dispositivos que consisten en el avance, bajo guía con fibrobroncoscopio, de un balón inflable hasta el bronquio principal o bronquio lobar que se desea dejar de ventilar.

Una de las ventajas de los BBs radica en poder insertarse dentro de un tubo endotraqueal monolumen o en una cánula de traqueostomía,⁸ lo que es de utilidad en pacientes que ya cuentan con vía aérea invasiva previo al procedimiento o se requerirán mantener en ventilación mecánica posterior a éste. También es de elección en casos de vía aérea difícil o distorsión anatómica de ésta que contraindica la inserción de un TDL. Además, facilita el aislamiento lobar selectivo en casos en que esté indicado. Sin embargo, requiere mayor tiempo para su posicionamiento, limita la posibilidad de aspirar secreciones y realizar fibrobroncoscopia en el pulmón colapsado.

Existen distintos dispositivos en el mercado, se puede utilizar desde un catéter-balón de Fogarty hasta modelos

comerciales diseñados para este objetivo como el bloqueador Arndt, que cuenta con un lazo guía para el fibrobroncoscopio, o el EZ-Blocker, que cuenta con un diseño en forma de Y invertida que se apoya en la carina con un balón inflable en cada bronquio, entre otros.

Manejo intraoperatorio

El manejo intraoperatorio del paciente en ventilación monopolmonar se transforma en un desafío para el anestesista, dados tanto riesgos asociados al procedimiento quirúrgico como aquellos derivados de la anestesia. La hipoxemia puede ser un problema, debido a desbalances en la relación ventilación/perfusión (V/Q) y shunt intrapulmonar, dados tanto por el colapso de un pulmón (shunt obligado) como por el desarrollo de atelectasias en el pulmón ventilado,⁵ el cual disminuye su compliance por posicionamiento en decúbito lateral. La vasoconstricción pulmonar hipóxica (VPH) corresponde una respuesta homeostática de la circulación pulmonar ante el estímulo hipóxico, que redistribuye el flujo pulmonar a aquellos segmentos mejor ventilados para optimizar la relación V/Q.^{9,10} Se presenta de forma bifásica con una respuesta inicial precoz ante la caída de la presión alveolar de oxígeno en el pulmón colapsado, hasta una meseta a los 20-30 minutos, y una segunda etapa que inicia aproximadamente 2 horas posterior al inicio del estímulo hipóxico. La reversión de esta VPH no es inmediata ni completa tras la reexpansión del pulmón colapsado, siendo progresiva y tardando más, mientras mayor tiempo se haya sostenido el estímulo hipóxico.⁵ Una adecuada respuesta de VPH requiere normotermia, normocapnia y estabilidad hemodinámica, parámetros que deben ser monitoreados y manejados de forma adecuad

La ventilación monopolmonar es un factor de riesgo para el desarrollo de distrés respiratorio en ambos pulmones por mecanismos como volutrauma, barotrauma, hiperperfusión por redistribución de flujo, atelectasia/reexpansión, reclutamiento cíclico, inflamación, isquemia/reperfusión y estrés oxidativo.⁵ Dentro de las estrategias de ventilación con objetivo de prevenir la injuria pulmonar están el uso de volumen corriente bajo (4-6 ml/kg peso ideal), uso de PEEP titulado e individualizado guiado por mejor compliance, limitación de presiones de vía aérea asegurando parámetros protectores como presión meseta o plateau menor a 25 cmH₂O, driving pressure menor o igual a 13 cmH₂O,

presión pico menor a 35 cmH₂O, además de una FiO₂ titulada para saturación mayor o igual a 92%. El uso de maniobras de reclutamiento alveolar cuando se sospeche una caída importante de la compliance, además de hipercapnia permisiva, son otras estrategias descritas para lograr una ventilación protectora durante la ventilación monopulmonar.^{5, 8, 10}

Ante la presencia de hipoxemia (evidenciada por saturación < 90%), la primera estrategia debe ser aumentar la FiO₂ a 100%. Una de las causas más frecuentes es la malposición del dispositivo de separación pulmonar, lo cual se debe descartar con fibrobroncoscopio, además de aspirar secreciones en caso de requerirse.^{8, 10} Si la posición del dispositivo es correcta y la vía aérea es permeable, se optimiza la relación V/Q del pulmón ventilado descartando desreclutamiento o sobredistensión alveolar, evaluando los parámetros del ventilador realizando maniobras de reclutamiento de ser necesario y evaluar si el PEEP es adecuado para la mecánica ventilatoria del paciente. Optimizar la hemodinamia mediante uso de fluidos, vasopresores, inotrópicos,⁸ evaluar profundidad anestésica adecuada, según sea el caso. Por otro lado, se puede administrar oxígeno al pulmón no ventilado a

través de presión positiva continua (CPAP), o bien reiniciar la ventilación bipulmonar si la hipoxemia es rápidamente progresiva, no responde a las maniobras previas y si el procedimiento lo permite.⁵

Conclusión

La cirugía torácica representa un desafío desde el punto de vista anestésico, desde el periodo preoperatorio en que se requiere una adecuada evaluación, hasta el manejo intraoperatorio orientado a prevenir complicaciones de la cirugía y la anestesia. Se han desarrollado a lo largo de la historia múltiples técnicas de aislamiento pulmonar, cada una con ventajas e indicaciones precisas, que hoy en día se han transformado en el gold standard para la realización de procedimientos en cirugía torácica. Durante la ventilación monopulmonar es frecuente la hipoxia intraoperatoria, por lo que se debe optimizar la respuesta fisiológica normal en conjunto al empleo de múltiples estrategias para su manejo, sumado al de riesgo de desarrollo de distrés respiratorio, que debe prevenirse mediante estrategias de ventilación protectora.

Referencias

1. **Gonzalez L, Chacon R, Montalvan C.** Aislación pulmonar. *Rev Chil Anest*, 2010; 39: 299-310
2. **Falzon D, Alston RP, Coley E, Montgomery K.** Lung Isolation for Thoracic Surgery: From Inception to Evidence-Based. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2016;31(2):678-93. Disponible en: <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2016.05.032>
3. **McGrath B, Tennuci C, Lee G.** The History of One-Lung Anesthesia and the Double-Lumen Tube. *J. Anesth. Hist.* 2017;3(3):76-86. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.janh.2017.05.002>
4. **Sun S, Wiser SH.** Lung isolation techniques. En: Vacanti C, Segal S, Sikka P, Urman R, editores. *Essential Clinical Anesthesia*. Cambridge: Cambridge University Press; 2011. p. 536–45.
5. **Venegas K.** Anestesia para cirugía de tórax. En: Escobar J, Gonzalez M, Varas V, editores. *Anestesiología Clínica 4ta edición*. Santiago: Mediterraneo; 2018. p. 247-262
6. **Shah SB, Hariharan U, Chawla R.** Choosing the correct-sized adult double-lumen tube: Quest for the holy grail. *Ann Card Anaesth*. 2023 Apr-Jun;26(2):124-132. doi: 10.4103/aca.aca_140_22. PMID: 37706375; PMCID: PMC10284481.
7. **Irouschek, A., Schmidt, J., Birkholz, T. et al.** Video double-lumen tube for one lung ventilation: implementation and experience in 343 cases of routine clinical use during the first 20 months of the SARS-CoV-2 pandemic. *J Cardiothorac Surg* 19, 218 (2024). <https://doi.org/10.1186/s13019-024-02663-5>
8. **Ashok V, Francis J.** A practical approach to adult one-lung ventilation. *BJA Educ*. 2017;18(3):69-74. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bjae.2017.11.007>
9. **Licker M, Hagerman A, Jeleff A, Schorer R, Ellenberger C.** The hypoxic pulmonary vasoconstriction: From physiology to clinical application in thoracic surgery. *Saudi J Anaesth*. 2021 Jul-Sep;15(3):250-263. doi: 10.4103/sja.sja_1216_20. Epub 2021 Jun 19. PMID: 34764832; PMCID: PMC8579502.
10. **Shum S, Huang A, Slinger P.** Hypoxaemia during one lung ventilation. *BJA Educ*. 2023 Sep;23(9):328-336. doi: 10.1016/j.bjae.2023.05.006. Epub 2023 Jul 1. PMID: 37600211; PMCID: PMC10435364.