

DOI: 10.25237/revchilanestv55n4-09

Ventilación unipulmonar pediátrica: ¿Cuál es el mejor método de aislamiento pulmonar?

Pediatric one-lung ventilation: What is the best method for lung isolation?

Gerardo Alberto Solís Pérez^{1,*} , Tomás Segura Fernández², Joana Elizeth Hernández Hernández², Jorge Mario Antolinez-Motta³, Manuel Alberto Guerrero Gutiérrez³, Silvia Peña Olvera^{4,5}

¹ Departamento de Anestesiología, Instituto Mexicano del Seguro Social, Unidad Médica de Alta Especialidad No14. Veracruz, México.

² Departamento de Anestesiología, Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas.

³ Clínica de Alto Riesgo Perioperatorio, Subdirección de Anestesia y Terapias, Hospital General Dr. Manuel Gea González. CDMX, México.

⁴ Profesor Titular del curso de Alta Especialidad en Anestesiología Bariátrica, Centro Médico Bariátrico de Tijuana, UABC, Campus Tijuana. Tijuana, México

⁵ Departamento de Anestesiología Pediátrica, Instituto Nacional de Pediatría, México.

Fuente de financiamiento: Ninguna.

Conflicto de intereses: Ninguno.

Fecha de recepción: 02 de agosto de 2025 / Fecha de aceptación: 16 de febrero de 2026

ABSTRACT

Objective: To highlight the anatomical and physiological characteristics of the lower airway in different age groups of the pediatric population and to establish appropriate methods for lung exclusion in pediatric thoracic surgery. **Method:** A non-systematic literature search was conducted using the PubMed and Cochrane metasearch engines on pediatric one-lung ventilation, emphasizing the best lung isolation method according to patient age and type of surgery. **Conclusion:** Lung isolation in pediatric patients represents a challenge in anesthetic management. Knowledge of the anatomical and physiological characteristics of the lower airway and the characteristics of existing methods for achieving lung isolation in the pediatric population is essential.

Keywords: Lung isolation, one-lung ventilation, light tube, bronchial blocker, pediatric thoracic surgery, doble lumen tube.

RESUMEN

Objetivo: Resaltar las particularidades anatómicas y fisiologías de la vía aérea inferior de los diferentes grupos etarios de la población pediátrica y establecer los métodos adecuados que permitan la exclusión pulmonar en cirugía torácica del paciente pediátrico. **Método:** Se realizó una búsqueda no sistemática de la literatura en los metabuscadores PubMed y Cochrane sobre la ventilación unipulmonar pediátrica, mostrando énfasis en el mejor método de aislamiento pulmonar acorde a la edad del paciente y tipo de cirugía. **Conclusión:** El aislamiento pulmonar en el paciente pediátrico representa un reto en el manejo anestésico, siendo necesario el conocimiento de las características anatómicas y fisiológicas de la vía aérea inferior y las características de los métodos existentes para lograr el aislamiento pulmonar en población pediátrica.

Palabras clave: Aislamiento pulmonar, ventilación unipulmonar, sonda de luz, bloqueador bronquial, cirugía torácica pediátrica.

*Autor de correspondencia:

Gerardo Alberto Solís Pérez

ger_solis@hotmail.com

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9052-8930>

ISSN: 0719-6792



Introducción

La cirugía torácica y la anestesia para cirugía torácica pediátrica han cambiado drásticamente durante los últimos 15 años con la llegada de la cirugía toracoscópica videoasistida (VATS) y la cirugía robótica (RATS). Aunque la cirugía VATS ha ganado popularidad, la toracotomía sigue siendo un procedimiento quirúrgico relativamente frecuente, especialmente en lactantes muy pequeños, en quienes el equipo toracoscópico suele ser demasiado grande para realizar procedimientos complejos. La cirugía toracoscópica videoasistida ha reducido significativamente el número de días de hospitalización tras procedimientos torácicos complejos[1].

En el contexto de cirugía torácica pediátrica, podemos reducir las indicaciones de ventilación unipulmonar (VUP) a 3[2]:

1. Controlar la distribución de la ventilación: fistulas broncopleurales, quistes pulmonares unilaterales gigantes o bullas y ventilación pulmonar diferencial.
2. Evitar contaminación: infección, hemorragia y lavado pulmonar unilateral.
3. Proporcionar campo quirúrgico: toracoscopia, toracotomía y cirugía torácica no pulmonar.

Diferencias en la ventilación y perfusión: Adultos vs Niños

La ventilación, por lo general, se dirige preferentemente a las regiones declives del pulmón, generando un gradiente que aumenta desde las zonas menos dependientes hacia las más dependientes. A causa de la gravedad, la perfusión suele presentar un patrón semejante, con mayor flujo sanguíneo en los segmentos declives, lo que permite un buen equilibrio entre ventilación y perfusión (V/Q). En el caso de los lactantes, la ventilación se orienta principalmente hacia las áreas no declives, mientras que la perfusión se distribuye de forma más homogénea debido a la menor distancia anteroposterior de su tórax, lo que reduce el impacto de la gravedad. Esta combinación da lugar a un mayor desequilibrio en la relación V/Q.

Durante la cirugía torácica, diversos factores incrementan el desajuste en la relación ventilación/perfusión (V/Q). La anestesia general, el uso de bloqueadores neuromusculares y la ventilación mecánica reducen la capacidad residual funcional de ambos pulmones. Además, la compresión del pulmón dependiente en decúbito lateral puede inducir atelectasia, mientras que la retracción quirúrgica o la ventilación de un solo pulmón provocan el colapso del pulmón intervenido. La vasoconstricción pulmonar hipóxica, que ayuda a redirigir el flujo sanguíneo alejándolo de áreas mal ventiladas para limitar el desajuste V/Q, puede verse inhibida por anestésicos inhalatorios y fármacos vasodilatadores. Estos mecanismos se observan tanto en bebés como en niños y adultos. Sin embargo, el impacto del decúbito lateral sobre la relación V/Q difiere entre lactantes y pacientes mayores. En adultos con una enfermedad pulmonar unilateral, la oxigenación es mejor si el pulmón sano está en posición dependiente (abajo) y el afectado no dependiente (arriba), gracias al mayor flujo sanguíneo hacia el pulmón funcional y menor hacia el dañado, favorecido por el gradiente gravitacional. Esto mejora la correspondencia V/Q en la cirugía torácica en decúbito lateral[3].

En cambio, en lactantes con patología pulmonar unilateral,

la oxigenación mejora cuando el pulmón sano está arriba[4],[5]. Esto se debe a varias particularidades: la caja torácica blanda de los lactantes no sostiene adecuadamente el pulmón dependiente, lo que reduce la capacidad residual funcional hasta acercarla al volumen residual y facilita el cierre de vías aéreas incluso durante la respiración normal[6]. Además, a diferencia de los adultos, el diafragma dependiente en los lactantes no obtiene ventaja funcional significativa, ya que el gradiente de presión abdominal es menor. También, el reducido tamaño corporal de los lactantes disminuye el gradiente hidrostático entre ambos pulmones, limitando el aumento de perfusión hacia el pulmón dependiente.

Comprender el desarrollo pulmonar tras el nacimiento es clave para anticipar la función respiratoria después de una resección pulmonar en niños. El número de alvéolos crece de unos 20 millones al nacer a cerca de 300 millones hacia los 8 años, con el crecimiento más rápido en los primeros tres años. A partir de los 8 años, el número se estabiliza, y el aumento del volumen pulmonar hasta los 25 años se debe al crecimiento de los alvéolos. Finalmente, el mayor consumo de oxígeno de los lactantes (6-8 ml O₂/kg/min frente a 2-3 ml O₂/kg/min en adultos), sumado a su menor capacidad residual funcional, los hace más susceptibles a hipoxemia y desaturación durante la cirugía en decúbito lateral.

Programación del ventilador paso a paso

Volumen corriente

La ventilación mecánica en cirugía torácica tiene dos tiempos. La ventilación bipulmonar (VBP) y la ventilación unipulmonar (VUP). Debemos recordar que cuando se requiere VUP, ya sea en adultos o niños, nuestro pulmón se debe considerar "enfermo" por lo cual el volumen corriente se calculara con el Peso Predicho (PP)[7] para pacientes mayores de 30 kg y si es menor de ese peso, según el Second Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference (PALICC-2) se deberá tomar en cuenta el peso menor entre el real y el percentilado[8].

El último estudio publicado en el 2024 por Zhu et al., incluyó 213 niños menores de 6 años para resección pulmonar. Se dividieron en tres grupos: Ventilación Convencional (sin presión positiva al final de la espiración (PEEP)) y Protección pulmonar (que se dividió a su vez en dos grupos: con maniobra de reclutamiento y con 5 cmH₂O de PEEP) donde el volumen corriente (VT) se calculó a 10-8 mL/kg peso real para la VBP y a 6 mL/kg peso real para la VUP. No se encontró diferencia en la aparición de complicaciones pulmonares posoperatorias (CPP) a los 7 días; 16,9% para el grupo de intervención y el grupo control 21,1% (p = 0,45)[9].

El estudio de Lee et al. publicado en 2019, que incluyó 110 niños menores de 5 años programados para resección pulmonar, se asignaron a los pacientes a dos grupos: protección pulmonar (VBP con VT de 6 mL/kg peso real y VUP 4 mL/kg peso real) y grupo control (VBP con VT de 10 mL/kg peso real y VUP 8 mL/kg peso real). Las CPP a los 7 días fueron de 9,1% en el grupo de protección pulmonar respecto al 25,5% en el grupo control (OR = 0,29 [0,10-0,88]; p = 0,02)[10].

Conclusión: con la evidencia actual se recomienda programar el volumen corriente en ventilación bipulmonar a 8-10 mL/

kg al menor de los dos pesos y en ventilación unipulmonar a 5-6 mL/kg al menor de los dos pesos. La disminución de la distensibilidad pulmonar en niños pequeños hace que en ocasiones no se puede elevar el VT por arriba de 6 ml/kg.

Frecuencia respiratoria

Debemos recordar que el dióxido de carbono (CO_2) y frecuencia respiratoria (FR) están relacionados. Es de vital importancia tener en cuenta el rango de frecuencia respiratoria por grupo etario (Tabla 1)[11],[12].

Los niveles normales de CO_2 para México se pueden obtener del estudio de Padilla et al., aunque hay que señalar que son valores estimados por fórmulas[13].

Durante la VUP, al disminuir el volumen corriente por debajo de 5 mL/kg se presenta un aumento en el CO_2 . Esto es

debido a que disminuye el volumen minuto. Un aumento moderado de la PaCO_2 puede ser beneficioso en niños durante los procedimientos toracoscópicos. En un estudio con 12 niños sometidos a cirugía toracoscópica videoasistida para el cierre del conducto arterioso persistente, la hipercapnia con valores de PaCO_2 entre 50 y 70 mmHg aumentó el gasto cardíaco y la tensión arterial y venosa central de oxígeno[14]. Como media se ha establecido el valor de 60 mmHg como punto de cohorte donde el CO_2 puede autorregularse[15].

Aquí yace uno de los principales problemas en la VUP pediátrica[16]: establecer los límites permitidos de hipercapnia. Esto se debe a los posibles efectos perjudiciales de la hipercapnia sobre el sistema inmunitario, el sistema nervioso central, los pulmones, el corazón, el hígado y los riñones[17]. Según el consenso PALICC-2 mientras el pH no baje de 7,2 es permitida la hipercapnia[8].

Tabla 1. Diámetros anteroposterior, lateral y área seccional de la tráquea y bronquios izquierdo y derecho

Tráquea (parte proximal)			
Grupo de edad	Ø AP (mm)	Ø Lateral (mm)	AST (mm ²)
0-1	6,6 (4,2-8,4)	6,3 (4,6-8,4)	33,0 (17,4-55,8)
1-2	6,7 (4,3-9,2)	7,1 (5,6-8,6)	39,2 (20,8-55,5)
2-4	7,7 (5,0-10,6)	8,0 (6,3-10,1)	49,4 (27,1-84,0)
4-6	7,9 (4,5-11,2)	8,1 (6,2-10,8)	50,7 (26,4-94,1)
6-8	9,0 (6,2-11,9)	9,2 (6,6-11,4)	68,7 (42,1-107,8)
8-10	9,5 (7,4-12,0)	9,2 (8,1-12,1)	74,3 (49,1-110,6)
10-12	11,0 (8,7-16,4)	10,5 (9,2-15,7)	92,8 (70,0-207,2)
12-14	12,5 (9,1-16,5)	12,2 (10,2-16,0)	124,1 (82,3-196,4)
14-16	13,9 (11,2-17,6)	13,2 (11,0-16,4)	148,5 (100,5-223,1)
Bronquio principal izquierdo (parte proximal)			
0-1	3,5 (2,1-5,6)	4,3 (2,5-6,2)	12,1 (6,3-28,6)
1-2	4,2 (3,5-6,4)	5,6 (4,3-6,8)	19,6 (12,0-36,9)
2-4	5,6 (4,0-8,2)	6,6 (5,1-9,0)	30,4 (20,3-49,0)
4-6	5,4 (3,6-7,8)	7,3 (5,8-9,3)	30,7 (22,4-59,9)
6-8	6,7 (4,6-8,3)	7,8 (5,8-10,7)	41,7 (23,1-65,3)
8-10	7,3 (5,7-8,7)	8,8 (7,4-10,7)	50,5 (34,1-76,7)
10-12	7,8 (6,4-10,9)	10,0 (7,3-13,2)	63,8 (43,2-100,3)
12-14	8,9 (7,2-11,2)	10,5 (8,6-13,0)	80,6 (51,3-125,0)
14-16	10,0 (6,0-12,7)	14,4 (9,2-14,5)	91,4 (49,3-146,2)
Bronquio principal derecho (parte proximal)			
0-1	4,2 (2,7-6,8)	5,2 (3,4-6,8)	17,4 (11,3-38,4)
1-2	5,4 (4,2-8,7)	6,6 (5,1-8,0)	31,4 (20,6-50,0)
2-4	7,1 (4,7-9,8)	7,5 (5,6-10,4)	39,4 (25,7-68,1)
4-6	6,6 (5,1-9,3)	8,3 (5,8-10,2)	42,2 (25,6-67,8)
6-8	7,7 (5,1-10,0)	8,9 (7,9-12,3)	60,2 (39,2-91,3)
8-10	8,5 (7,5-10,6)	9,9 (7,5-12,6)	67,6 (52,6-94,4)
10-12	9,4 (5,4-11,6)	11,5 (8,1-13,9)	82,9 (54,3-123,0)
12-14	10,2 (7,8-13,0)	12,0 (9,5-14,6)	104,2 (73,8-141,1)
14-16	11,5 (7,3-14,8)	12,6 (9,5-16,7)	118,8 (58,9-179,5)

Fuente: Letal, M., & Theam, M. (2017). Paediatric lung isolation. BJA Education, 17(2), 57-62. doi:10.1093/bjaed/mkw047.

Conclusión: programar la frecuencia respiratoria en función al grupo etario y al nivel de CO_2 , si es posible guiarlo acorde a la altitud. El límite para suspender una VUP es cuando nuestro CO_2 se eleva más allá de 60 mmHg o tener un pH menor de 7,2.

Presión positiva al final de la espiración (PEEP)

El uso de PEEP en cirugía torácica es esencial para mantener una adecuada ventilación y disminuir el riesgo de hipoxia y atelectasias. La posición de decúbito lateral, dependiendo el lado a operar, juega un papel primordial en la pérdida de aérea que es posible ventilar; del lado derecho se pierde aproximadamente 2,1% del aérea del pulmón por la posición del corazón y del lado izquierdo 7,4%, lo cual mejora con la aplicación de PEEP[18]. En niños pequeños, el uso de VT y PEEP bajos se ha considerado un estándar al momento de la VUP[19], aunque la definición de ventilación protectora en cirugía de tórax y VUP no esta de todo claro en la población pediátrica[20].

Durante la VBP el uso de PEEP puede calcularse acorde al consenso PALICC-2 con valores de 3-5-8 cmH_2O con un acuerdo fuerte para su aplicación. En el momento de realizar VUP el estudio de Lee et al., se observó que el uso de volúmenes corrientes de 4 ml/kg combinados con 6 cm de H_2O de PEEP durante la VUP redujo el riesgo de CPP[10]. Zhu et al., informó que la presión de distensión fue menor con PEEP de 5 cmH_2O que al estandarizar el PEEP con maniobra de reclutamiento (17 cmH_2O)[9].

Conclusión: el uso de PEEP es esencial para prevenir la hipoxia durante la VUP en cirugía torácica pediátrica. Con la evidencia actual y debido a las limitaciones del pulmón pediátrico el uso de PEEP debe oscilar entre 5-6 cmH_2O durante la VUP. En VBP y acorde a la dinámica ventilatoria titular el PEEP acorde al consenso PALICC-2 (3-5-8 cmH_2O).

Relación Inspiración/Espiración (RIE)

En la población adulta la RIE siempre es 1:2 bajo ventilación mecánica a dos pulmones[21] excepto en algunas patologías como el broncoespasmo[22]. Para pacientes adultos durante la VUP una RIE de 1:1 parece tener ciertos beneficios. Lee et al., en un estudio que incluyó 100 paciente para VUP, encontró que la presión parcial de oxígeno arterial (PaO_2) después de 60 min de VUP fue significativamente menor con una RI:E 1:2 en comparación con RI:E 1:1 (207,76 frente a 264,02 mmHg, respectivamente)[23].

Para la población pediátrica no hay mucha evidencia al respecto. El único artículo que habla sobre la modificación de la RIE es de 2024 con población neonatal de 1 a 10 días de nacidos sometidos a VUP para reparación de fistula traqueoesofágica abierta. Se incluyeron 40 neonatos a término sometidos a toracotomía derecha. Se asignaron a dos grupos: ventilación de relación inversa RI:E 2:1 y relación convencional RI:E 1:2. Se reporto una tendencia a la reducción en la incidencia de desaturaciones graves (15% con RI:E 2:1 vs 35% con RI:E 1:2 con un RR de 0,429 (0,129-1,426) IC del 95%. Se redujo la incidencia de todas las desaturaciones 40% con RI:E 2:1 vs 75% con RI:E 1:2 con un RR de 0,533 (0,295-0,965) lo que llevo a una disminución en el tiempo de cirugía[24].

Conclusión: la programación de la RIE debe estar guiada acorde a la mecánica ventilatoria. La evidencia sugiere que en

paciente mayores una RIE 1:1 parece ser beneficiosa para disminuir el espacio muerto, aumentar la oxigenación y disminuir la presión meseta. Para población neonatal una RIE 2:1 disminuye los eventos de desaturación.

Fracción inspirada de oxígeno (FiO_2)

Tradicionalmente, durante la VUP en la población pediátrica se ha usado una FiO_2 por arriba del 90% para evitar la hipoxia[19]. Sin embargo, muchos estudios han demostrado que el uso de una FiO_2 alta puede estar asociado con daño oxidativo en diversos tejidos y complicaciones pulmonares[25],[26]. Estos riesgos pueden ser aún mayores en pacientes jóvenes[27]. Se recomienda ajustar la FiO_2 acorde a los valores de la Saturación Periférica de Oxígeno (SpO_2) para mantenerla entre 95%-98% para la población pediátrica[28] y en población mayor entre 92%-96%[29],[30]. La titulación de la FiO_2 en cirugía de tórax está regida por tres tiempos: el inicio de la ventilación bipulmonar, el inicio de la ventilación unipulmonar y la reexpansión del pulmón[31].

Debido a la falta de evidencia en este rubro, podemos guiarnos y tomar como referencia los niveles de SPO_2 acorde al PEEP que programamos con base al conceso PALICC-2 para los pacientes pediátricos sometidos VBP: PEEP < 10 cmH_2O para una SpO_2 92%-97% y si PEEP > 10 cmH_2O una SPO_2 de 88%-92%[8].

Conclusión: titular la FiO_2 acorde a la SpO_2 . Una SpO_2 entre 95% y 98% parece ser ideal. En caso de ser necesario, guiarse por gasometría para obtener una PaO_2 entre 60 y 100 mmHg.

Modo ventilatorio

La selección del modo ventilatorio en anestesia pediátrica sigue en discusión. No hay un conceso respecto a cuál usar. El Paediatric Mechanical Ventilation Consensus Conference (PEMVECC) sobre la ventilación mecánica en niños críticos nos indica que no hay recomendación respecto a que modo ventilatorio usar (Controlado por Volumen o Controlado por Presión) con un acuerdo fuerte[32].

El modo de ventilación adecuado para la VUP en pacientes pediátricos sometidos a cirugía torácica; sea abierta o VATS, sigue siendo controvertido. Sin embargo, la VUP no es fisiológica y puede causar efectos adversos en el sistema respiratorio, lo que resulta en un desequilibrio en la relación ventilación/flujo sanguíneo, un aumento del shunt intrapulmonar (Qs/Qt) y una disminución de la PaO_2 [33].

Kaimin et al., analizaron 74 paciente pediátricos de manera retrospectiva entre 1 y 7 días de nacidos sometidos a cirugía torácica con VUP. Se compararon dos modos ventilatorios Control Volumen (VCV) y Control Presión con Volumen Garantizado (PCV-VG). Se encontró que el modo PCV-VG proporcionaba menos presiones de la vía aérea a lo largo del tiempo: presión meseta 18,78 vs 16,27 cmH_2O , presión pico 22,59 vs 20,95 cmH_2O y la distensibilidad dinámica mejora: 13,19 vs 16,70 ml/ cmH_2O . En el posoperatorio, el modo PCV-VG se asoció con una menor duración de la ventilación mecánica, la estancia en la UCI y la estancia hospitalaria ($p < 0,05$)[34].

Para niños entre 1 mes y 1 año, Wang et al., comparo VCV y PCV-VG para cirugía torácica por VATS y VUP. Los niños ma-

nejados con PCV-VG presentaron presiones de la vía aérea (presión pico y presión media) relativamente menores a las 2 h de VUP. La distensibilidad dinámica fue mayor a las 2 h. Sin embargo, ninguno de los indicadores mostró diferencias significativas entre estos dos grupos a la primera hora en comparación con la tercera ($p > 0,05$ en todos los casos). La incidencia de hipoxemia fue significativamente mayor en el manejado por VCV que en el grupo PCV-VG ($p < 0,05$)[35].

Para pacientes adolescentes se pueden manejar con parámetros de adultos. Tan et al., compararon los modos VCV contra PCV. Sesenta pacientes adultos sometidos a VUP. Se midieron las presiones de la vía aérea a lo largo del tiempo y la producción de factores proinflamatorios. La resistencia de la vía aérea (Raw) fue significativamente menor en el grupo PCV en comparación con el grupo VCV en T2 ($26,0 \pm 3,8$ frente a $29,9 \pm 7,3$ cmH₂O/L/s), T3 ($26,0 \pm 3,7$ frente a $30,2 \pm 7,7$ cmH₂O/L/s) y T4 ($25,8 \pm 4,1$ frente a $29,6 \pm 6,7$ cmH₂O/L/s). Se observaron tendencias similares para la presión pico (Ppico) y la presión meseta (Pplat). La presión media (Pmedia) fue similar en ambos grupos. En comparación con el grupo PCV, los niveles de TNF- α e interleucina 6 en el grupo VCV aumentaron significativamente ($p < 0,05$ en todos los casos)[36].

Conclusión: no hay consenso de qué modo ventilatorio usar. Para pulmones sanos en la población pediátrica no hay una recomendación de qué modo usar. Para la VUP con la evidencia actual el modo PCV-VG parece tener beneficios en los niños menos de 5 años. Para pacientes mayores el modo PCV tiende a mostrar beneficios.

Programar para obtener metas

La programación de los parámetros ventilatorios tiene como fin lograr metas de protección pulmonar. En el ámbito de la cirugía torácica pediátrica y VUP todavía no hay pautas claras sobre que metas obtener es por tal motivo que mencionaremos las metas más aceptadas para la población adulta. Podemos transpolar las características del pulmón ventilado como si fuera una entidad que se comportara como Síndrome de Distrés Respiratorio Pediátrico (PARDS por sus siglas en inglés) para así guiar nuestra ventilación en este escenario.

Presión pico

Idealmente se debe mantener lo más baja posible. Debemos recordar que la posición en decúbito lateral incrementa el valor de esta presión debido a los puntos de fijación[37]. En personas adultas el simple cambio de posición incrementa el valor de la presión pico hasta en 55,1%[38]. Para la población pediátrica el máximo de presión pico sería < 32 cmH₂O[32].

Presión meseta

Es la presión generada por la distribución del aire dentro del pulmón, con el fin de vencer el retroceso elástico del pulmón. En adultos se incrementa con el cambio de posición hasta 42%[38]. Un punto aceptable para los niños mayores es < 25 cmH₂O[39] pero para los niños más pequeños < 32 cmH₂O[32].

Presión de distensión

Depende de la relación entre la distensibilidad pulmonar (Cst), PEEP y el volumen corriente inspirado (VT). En cirugía

torácica para personas adultas se ha establecido un punto de cohorte de < 12 cmH₂O, pero depende de varios factores como grado de la enfermedad y capacidad pulmonar basal[40]. En el escenario de cirugía torácica pediátrica y VUP un punto de cohorte aceptable es < 15 cmH₂O[32].

Poder mecánico

Es la fuerza medida de Joules (J) ejercida por el ventilador mecánico. En la población adulta se sabe que la posición de decúbito lateral incrementa su valor[41]. En el 2024 Yoon et al., encontraron en 1.055 pacientes sometidos a VUP que si el valor basal del poder mecánico incrementa con el tiempo hay mayor riesgo de complicaciones[42]. Para la población pediátrica lo único que hay descrito es que si hay un aumento de 0,1 J respecto al basal hay un incremento en la mortalidad con un OR de 0,93%[43].

¿Qué hacer en caso de hipoxemia?

La hipoxemia durante la VUP se debe a la mezcla venosa a través de shunts y áreas con unidades de intercambio de gases con baja V/Q[44]. La hipoxemia grave es relativamente frecuente en niños sometidos a VUP según una cohorte retrospectiva de Templeton et al., con una frecuencia del 18%[45].

Los factores de riesgo asociados con mayor frecuencia a este evento son cirugías del lado derecho y el uso de ventilación no diferencial en niños donde el uso de bloqueador bronquial está indicado[45]. En la posición lateral, el menor gradiente hidrostático presente en niños reduce la perfusión preferencial del pulmón ventilado en comparación con los adultos, lo que provoca una derivación adicional incrementando la hipoxemia[3],[5].

El uso de bloqueador bronquial y la presencia de menos hipoxemia parece contraintuitivo, pero quedó demostrado por Yan et al. donde la intubación endobronquial se utilizó casi el doble que los bloqueadores bronquiales para instaurar la VUP en esta cohorte de pacientes, tanto de centros privados como académicos. Se especula que esto probablemente se relacione con una mayor facilidad técnica en términos de ejecución. La profundidad precisa de la colocación de un tubo endotraqueal puede ser difícil en niños pequeños y lactantes, incluso con el uso de un broncoscopio de fibra óptica flexible[46].

Revisando la literatura disponible, nos dimos a la tarea de desarrollar una serie de pasos y un algoritmo para realizar acciones correctivas en caso de hipoxemia durante la VUP en cirugía torácica pediátrica.

1. **Seleccionar el mejor dispositivo:** las características anatómicas y fisiológicas de la población pediátrica hace que la VUP y la correcta exclusión pulmonar sea un reto. Se debe practicar las diferentes competencias necesarias para una adecuada exclusión pulmonar (colocación de bloqueadores bronquiales, uso de fibrobroncoscopio, colocación de sondas de doble luz y exclusión pulmonar con tubos de una sola luz). En la Figura 1 se observa el mejor método de exclusión pulmonar por grupo etario.
2. **Verificar la adecuada colocación del dispositivo:** En las intubaciones endobronquiales derechas, con frecuencia la derivación del lóbulo superior derecho se encuentra a menos de 1 cm de la carina, lo que reduce considerablemente el margen de error para una colocación correcta y aumenta

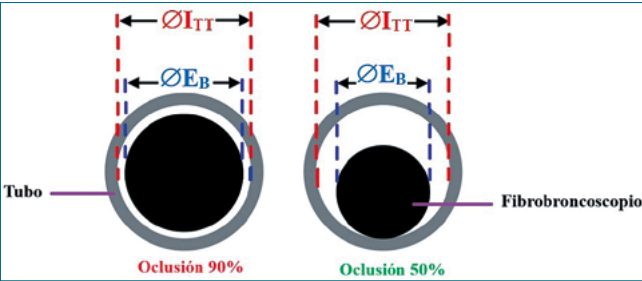


Figura 1. ØEB = Diámetro exterior fibrobronoscopio.
ØITT = Diámetro interior tubo traqueal.

- considerablemente la probabilidad de excluir todo el lóbulo superior derecho[47]. Además, durante la intubación endobronquial, el sellado a nivel del bronquio es incompleto, lo que puede provocar la fuga de secreciones, sangre y moco del lado operatorio al pulmón declive. Por ende, se debe verificar la adecuada colocación del dispositivo con fibrobronoscopio o videotubo de doble luz.
3. *Aspiración:* en caso de detectar secreciones, tener el material necesario para la succión, con cánulas de diferente calibre y un aspirador funcional y con la presión correspondiente. Se recomienda una presión negativa de 120-150 mmHg en adultos, 80-120 mmHg en adolescentes, 80-100 mmHg en niños y 60-80 mmHg en neonatos[48].
 4. *Incrementar FiO₂:* en caso de tener mezcla de oxígeno se debe elevar la FiO₂ al 100%. Hay que recordar que entre más pequeño sea el paciente hay más riesgo de toxicidad por oxígeno[27].
 5. *Si hay uso de sonda de doble luz, usar Presión Positiva Continua en la vía respiratoria (CPAP) en el pulmón no dependiente:* la aplicación de CPAP al pulmón no ventilado durante la VUP para cirugía torácica fue descrita por primera vez

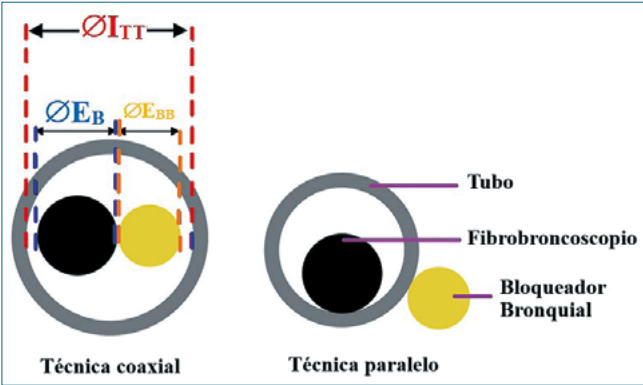


Figura 2. ØEB = Diámetro exterior fibrobronoscopio.
ØITT = Diámetro interior tubo traqueal.
ØEBB = Diámetro exterior bloqueador bronquial.

- por Capan[49]. Se cree que la CPAP mejora la oxigenación mediante un mecanismo pasivo (captación de oxígeno por los alvéolos con administración continua de oxígeno). Se recomienda comenzar con CPAP de 5 cmH₂O y aumentar progresivamente hasta no más de 10 cmH₂O. Para el CPAP funcione, debe aplicarse a un pulmón al menos parcialmente reexpandido antes de ajustarlo al volumen deseado Figura 2[50].
6. *Retorno a la ventilación bipulmonar:* como última maniobra se debe regresar a la ventilación bipulmonar. Si nuestro colapso pulmonar es con un dispositivo que evita la reexpansión a discreción, como por ejemplo bloqueador bronquial o tubo de una luz, se debe avisar al cirujano, ya que, si no se cuenta con fibrobronoscopio adecuado, la ventilación unipulmonar será imposible Figura 3.
 7. *Misceláneos:* se ha reportado el uso de medicamentos para

Tabla 2. Indicaciones de intubación selectiva		
Indicaciones		Objetivo principal
Indicaciones absolutas	• Absceso o quiste pulmonar unilateral	Protección del pulmón contralateral
	• Hemorragia pulmonar unilateral	Protección del pulmón contralateral
	• Lavado broncoalveolar	Protección del pulmón contralateral
	• Fístula broncopulmonar, lesión traqueobronquial	Asegurar vía aérea e intercambio gaseoso
	• Patología unilateral grave (Bullas)	Ventilación diferencial
	• Trasplante pulmonar	Asegurar vía aérea e intercambio gaseoso y ventilación diferencial
Indicaciones absolutas	Prioridad alta	• Neumonectomías Exposición quirúrgica
		• Aneurisma torácico Exposición quirúrgica
		• Lobectomía y resección pulmonar menor Exposición quirúrgica
	Prioridad baja	• Intervenciones sobre la pleura y mediastino Exposición quirúrgica
		• Esofaguetomía Exposición quirúrgica
		• Cirugía ortopédica del tórax y columna dorsal Exposición quirúrgica
		• Cirugía cardíaca Exposición quirúrgica
		• Simpatetomía bilateral Exposición quirúrgica

Fuente: Granell M. Anestesia y reanimación en cirugía torácica. Panamericana; 2019. Capítulo 5, pp 45.

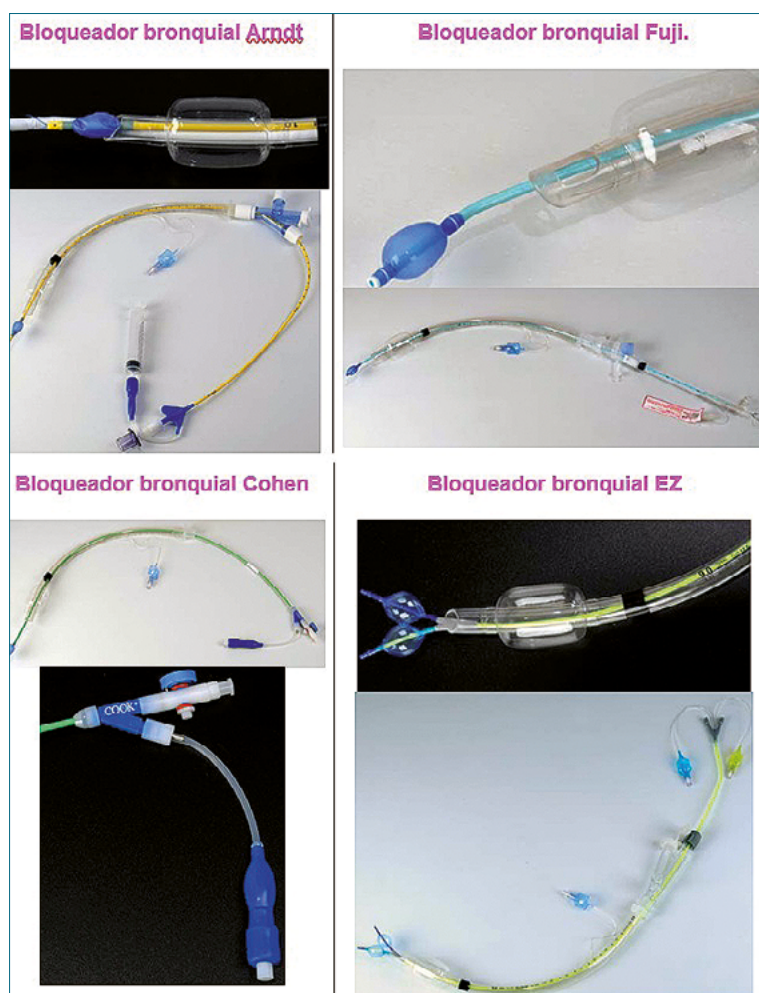


Figura 4.

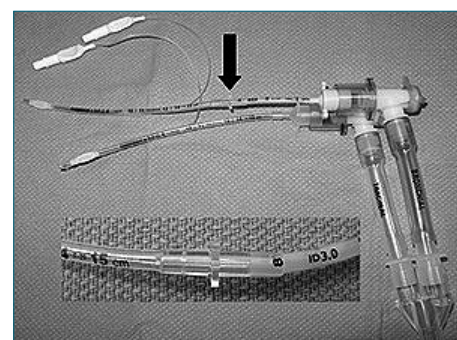


Figura 3.

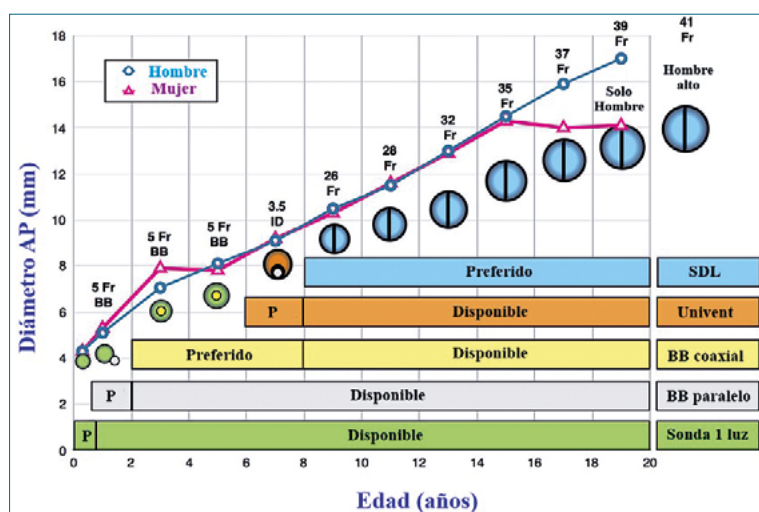


Figura 5.

mejorar la oxigenación durante la VUP en cirugía torácica pediátrica. La almitrina es el medicamento mejor estudiado, desafortunadamente no se encuentra disponible en México[51]. La fenilefrina se ha reportado como una

opción para mejorar la oxigenación y la vasoconstricción pulmonar hipóxica durante la VUP[52]. Aunque un estudio publicado en el 2018 parece indicar que no hay ningún beneficio[53] (Tabla 3).

Tabla 3. Tamaño de la tráquea y la selección del tamaño del dispositivo corresponden al paciente promedio de esa edad

Edad (años)	Diámetro promedio de la vía aérea (mm)			
	Tráquea		Bronquial (calculado como porcentaje del tamaño traqueal AP)[18]	
	Anteroposterior	Transverso	Izquierdo (66%)	Derecho (86%)
18-20 hombre	17,5	16,6	11,6	15,1
16-18 hombre	15,7	15,9	10,4	13,5
14-16 hombre	14,5	14,3	9,6	12,5
18-20 mujer	14,2	13,9	9,4	12,2
16-18 mujer	13,7	14,0	9,0	11,8
14-16 mujer	13,9	14,6	9,2	12,0
12-14	13,0	13,3	8,6	11,2
10-12	11,6	11,8	7,7	10,0
8-10	10,5	10,7	6,9	9,0
6-8	9,2	9,3	6,1	7,9
4-6	8,0	9,0	5,3	6,9
2-4	7,4	8,1	4,9	6,4
0,5-2	5,3	6,4	3,5	4,6
0-,05	4,3	4,7	2,8	3,7

Fuente: Roberts S, Thornington RE. Paediatric bronchoscopy. Contin Educ Anaesth Crit Care Pain. 2005;5(2):41-4.

Conclusión

En la Tabla 2 mostramos un resumen visual de la programación parámetro a parámetro con la evidencia actual. Es necesario seguir realizando estudios en la población pediátrica, ya que el advenimiento de nuevas tecnologías para lograr el colapso pulmonar a edades cada vez menores hace que la ventilación mecánica a un solo pulmón sea todo un reto para el anestesiólogo.

Contribución de los autores

GASP; se encargó de la conceptualización de la idea y redacción del manuscrito, TSF; se encargó de la redacción del manuscrito, LECD se encargó de la búsqueda de artículos y diseño de imágenes, DEM y MAGG se encargaron de la edición y corrección estadística y DPRF se encargó de la revisión y corrección del manuscrito.

Referencias

1. da Nobrega Oliveira RE, de Andrade Pontual Peres C, Oliveira AC, Onyeji P, Kemczenski F. Comparative outcomes of video-assisted thoracic surgery versus open thoracic surgery in pediatric pulmonary metastasectomy: a systematic review and meta-analysis. *Pediatr Surg Int.* 2024 Dec;41(1):34. <https://doi.org/10.1007/s00383-024-05934-3> PMID:39699640

2. Body SC, Hartigan PM. Applied thoracic physiology. In: Hemmings HC Jr, Hopkins PM, editors. *Foundations of Anesthesia, Basic and Clinical Sciences.* London: Harcourt; 2000. pp. 515–24.

3. Remolina C, Khan AU, Santiago TV, Edelman NH. Positional hypoxemia in unilateral lung disease. *N Engl J Med.* 1981 Feb;304(9):523–5. <https://doi.org/10.1056/NEJM198102263040906> PMID:6779161

4. Murray-Torres TM, Winch PD, Naguib AN, Tobias JD. Anesthesia for thoracic surgery in infants and children. *Saudi J Anaesth.* 2021;15(3):283–99. https://doi.org/10.4103/sja.SJA_350_20 PMID:34764836

5. Heaf DP, Helms P, Gordon I, Turner HM. Postural effects on gas exchange in infants. *N Engl J Med.* 1983 Jun;308(25):1505–8. <https://doi.org/10.1056/NEJM198306233082505> PMID:6406888

6. Mansell A, Bryan C, Levison H. Airway closure in children. *J Appl Physiol.* 1972 Dec;33(6):711–4. <https://doi.org/10.1152/jappl.1972.33.6.711> PMID:4643846

7. Brower RG, Matthay MA, Morris A, Schoenfeld D, Thompson BT, Wheeler A; Acute Respiratory Distress Syndrome Network. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2000 May;342(18):1301–8. <https://doi.org/10.1056/NEJM200005043421801> PMID:10793162

8. Bhalla A, Baudin F, Takeuchi M, Cruces P; Second Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference (PALICC-2) of the Pediatric Acute Lung Injury and Sepsis Investigators (PALISI) Network. Monitoring in Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome: From the Second Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference. *Pediatr Crit Care Med.* 2023 Feb;24(12 Suppl 2):S112–23. <https://doi.org/10.1097/PCC.0000000000003163> PMID:36661440

9. Zhu C, Zhang M, Zhang S, Zhang R, Wei R. Lung-protective ventilation and postoperative pulmonary complications during pulmonary resection in children: A prospective, single-centre, randomised controlled trial. *Eur J Anaesthesiol.* 2024 Dec;41(12):889–97. <https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000002063> PMID:39238348

10. Lee JH, Bae JI, Jang YE, Kim EH, Kim HS, Kim JT. Lung protective ventilation during pulmonary resection in children: a prospective, single-centre, randomised controlled trial. *Br J Anaesth.* 2019

- 199705000-00015 PMID:9141927
39. Licker M, Diaper J, Villiger Y, Spiliopoulos A, Licker V, Robert J, et al. Impact of intraoperative lung-protective interventions in patients undergoing lung cancer surgery. *Crit Care*. 2009;13(2):R41. <https://doi.org/10.1186/cc7762> PMID:19317902
40. Park M, Ahn HJ, Kim JA, Yang M, Heo BY, Choi JW, et al. Driving Pressure during Thoracic Surgery: A Randomized Clinical Trial. *Anesthesiology*. 2019 Mar;130(3):385–93. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000002600> PMID:30664548
41. Chiumello D, Formenti P, Bolgiaghi L, Mistraletti G, Gotti M, Vetrone F, et al. Body Position Alters Mechanical Power and Respiratory Mechanics During Thoracic Surgery. *Anesth Analg*. 2020 Feb;130(2):391–401. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000004192> PMID:31935205
42. Yoon S, Nam JS, Blank RS, Ahn HJ, Park M, Kim H, et al. Association of Mechanical Energy and Power with Postoperative Pulmonary Complications in Lung Resection Surgery: A Post Hoc Analysis of Randomized Clinical Trial Data. *Anesthesiology*. 2024 May;140(5):920–34. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000004879> PMID:38109657
43. Bhalla, A. K., Klein, M. J., Modesto I Alapont, V., Emeriaud, G., Kneyber, M. C. J., Medina, A., Cruces, P., Diaz, F., Takeuchi, M., Maddux, A. B., Mourani, P. M., Camilo, C., White, B. R., Yehya, N., Pappachan, J., Di Nardo, M., Shein, S., Newth, C., Khemani, R., & Pediatric Acute Lung Injury and Sepsis Investigators (PALISI) Network (2022). Mechanical power in pediatric acute respiratory distress syndrome: a PARDIE study. *Critical care (London, England)*, 26(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s13054-021-03853-6>.
44. Campos JH, Feider A. Hypoxia During One-Lung Ventilation- A Review and Update. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2018 Oct;32(5):2330–8. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2017.12.026> PMID:29361458
45. Templeton TW, Miller SA, Lee LK, Kheterpal S, Mathis MR, Goenaga-Diaz EJ, et al.; Multicenter Perioperative Outcomes Group Investigators. Hypoxemia in Young Children Undergoing One-lung Ventilation: A Retrospective Cohort Study. *Anesthesiology*. 2021 Nov;135(5):842–53. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000003971> PMID:34543405
46. Yan J, Rufang Z, Rong W, Wangping Z. Extraluminal Placement of the Bronchial Blocker in Infants Undergoing Thoracoscopic Surgery: A Randomized Controlled Study. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2020 Sep;34(9):2435–9. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2020.02.006> PMID:32178953
47. Downard MG, Lee AJ, Heald CJ, Anthony EY, Singh J, Templeton TW. A Retrospective Evaluation of Airway Anatomy in Young Children and Implications for One-Lung Ventilation. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2021 May;35(5):1381–7. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2020.08.015> PMID:32921610
48. Ireton J. Tracheostomy suction: a protocol for practice. *Paediatr Nurs*. 2007 Dec;19(10):14–8. PMID:18196852
49. Capan LM, Turndorf H, Patel C, Ramanathan S, Acinapura A, Chalon J. Optimization of arterial oxygenation during one-lung anesthesia. *Anesth Analg*. 1980 Nov;59(11):847–51. <https://doi.org/10.1213/00000539-198011000-00007> PMID:6999948
50. Campos JH, Peacher D. Application of Continuous Positive Airway Pressure During Video-Assisted Thoracoscopic Surgery. *Curr Anesthesiol Rep*. 2021;11(4):446–56. <https://doi.org/10.1007/s40140-021-00479-w> PMID:34393664
51. Bermejo S, Gallart L, Silva-Costa-Gomes T, Vallès J, Aguiló R, Puig MM. Almitrine fails to improve oxygenation during one-lung ventilation with sevoflurane anesthesia. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2014 Aug;28(4):919–24. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2013.03.019> PMID:24016684
52. Schloss B, Martin D, Beebe A, Klammer J, Tobias JD. Phenylephrine to Treat Hypoxemia during One-Lung Ventilation in a Pediatric Patient. *Thorac Cardiovasc Surg Rep*. 2013 Dec;2(1):16–8. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1343734> PMID:25360404
53. Godai K, Hasegawa-Moriyama M, Matsunaga A, Kanmura Y. Phenylephrine does not improve oxygenation during one-lung ventilation: A randomized, double-blind, cross-over study. *PLoS One*. 2018 Apr;13(4):e0195576. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195576> PMID:2963063