

## Artículo Original

**EXPERIENCIA CLÍNICA CON EL BLOQUEADOR BRONQUIAL DE ARNDT EN PACIENTES PEDIÁTRICOS**

MARIO CONCHA P.<sup>1</sup>, RICARDO FUENTES H.<sup>2</sup>, VERÓNICA MERTZ K.<sup>2</sup>, ALEJANDRO GONZÁLEZ A.<sup>1</sup>, LUIS CORTÍNEZ F.<sup>1</sup> y JUAN CARLOS PATILLO S.<sup>3</sup>

**Key words:** Pediatric, single lung ventilation, arterial blood gases.

**Resumen**

**Objetivo:** Describir la experiencia con el bloqueador bronquial de Arndt (BBA) y determinar los efectos de la ventilación monopolmonar (VMP) en el intercambio gaseoso en pacientes pediátricos. **Método:** El BBA se utilizó en 11 pacientes que requirieron VMP. Cuando el diámetro del tubo traqueal impedía el uso del BBA como originalmente estaba descrito, éste fue colocado en la tráquea previo a la intubación traqueal quedando por fuera del tubo traqueal. El BBA fue posicionado con ayuda de un fibrobroncoscopio introducido a través del adaptador del bloqueador. Se estandarizaron la modalidad de ventilación y las maniobras destinadas a restablecer la oxigenación en caso de desaturación. Se controlaron gases arteriales, presión de vía aérea y CO<sub>2</sub> de fin de espiración (EtCO<sub>2</sub>) ventilando ambos pulmones y en VMP. **Resultados:** El BBA fue correctamente posicionado en todos los pacientes, obteniéndose un pulmón desinflado en todos ellos. La relación pO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> promedio en decúbito lateral ventilando ambos pulmones y en VMP fue 287 (rango 100-424) y 199 (rango 62-332), p = 0,0108. La diferencia pCO<sub>2</sub>-EtCO<sub>2</sub> mostró un comportamiento variable, aumentando en algunos e incluso haciéndose negativa en otros. **Conclusión:** El BBA permitió realizar VMP en todos los pacientes. La relación paO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> disminuyó en todos los pacientes pero la saturación arterial de oxígeno pudo ser mantenida en niveles seguros. La capnografía mostró ser un indicador poco confiable de la efectividad de la ventilación durante VMP.

**Abstract**

**Context:** Single lung ventilation (SLV) and knowledge of its effects in pediatric patients has been limited by the lack of suitable double lumen tubes (DLT). The bronchial blocker (BB) described by Arndt allows SLV without a DLT, even in small children. **Objective:** Describe the experience with the Arndt's BB, and the effects of SLV on gas exchange in children. **Design:** Observational study. **Setting and patients:** Eleven children requiring SLV using a BB were studied at a University Hospital. **Interventions:** A BB was used for SLV. When the internal diameter of the ET didn't allow the use of the BB as originally described, it was inserted into the trachea before tracheal intubation, leaving the BB next to the ET. A FOB inserted through the multi-portal adapter of the BB guided it to the desired position. Ventilatory pattern and maneuvers to restore arterial oxygen saturation (SatO<sub>2</sub>) were standardized. **Main outcome measures:** Arterial blood gases, airway pressure, and EtCO<sub>2</sub> were obtained in lateral decubitus position while both lungs were ventilated and during SLV. **Results:** Ages were between seven months and four years. In 10 patients, the BB was inserted alongside the tracheal tube. In all cases the lung was quiet and deflated.

<sup>1</sup> Profesor Asociado de Anestesiología. División de Anestesiología.

<sup>2</sup> Profesor Asistente de Anestesiología. División de Anestesiología.

<sup>3</sup> Profesor Asistente de Cirugía. Sección Cirugía Pediátrica. División de Cirugía. Facultad de Medicina. Pontificia Universidad Católica de Chile.

In 2 patients, surgical manipulation dislodged the BB. In one it could not be replaced and thoracotomy was required. Arterial  $pO_2$  decreased in all patients, but  $SatO_2$  was maintained above 90%. No significant changes in  $pCO_2$  and airway pressure were observed, and  $pCO_2$ - $EtCO_2$  relationship was unpredictable. **Conclusion:** Arndt's BB allowed SLV in all patients. Even though arterial  $pO_2$  decreased in all children,  $SatO_2$  could be maintained at an acceptable level.

## INTRODUCCIÓN

La falta de tubos de doble lumen de un diámetro adecuado para pacientes pediátricos ha sido probablemente el factor más importante para limitar el uso de esta técnica en estos pacientes. Sin embargo, el creciente número de procedimientos que pueden ser realizados por vía toracoscópica, ha renovado el interés por utilizar esta técnica en pacientes pediátricos. Aun cuando existen estudios que muestran la utilización de ventilación monopulmonar (VMP) en estos pacientes, ellos difieren en la manera de aislar el pulmón, no tienen una estandarización de la modalidad ventilatoria de manera de poder comparar los efectos de la VMP en el intercambio gaseoso, y reportan pocos pacientes menores de dos años<sup>1-5</sup>. La introducción del bloqueador bronquial descrito por Arndt, el cual puede utilizarse y ser dirigido con un fibrobroncoscopio (FBC) a través de un tubo traqueal manteniendo sin problemas la ventilación<sup>6</sup>, permite realizar VMP sin necesidad de un tubo de doble lumen, incluso en niños pequeños<sup>7</sup>. El objetivo de este estudio es describir nuestra experiencia con el bloqueador bronquial de Arndt (BBA) y los efectos de la VMP en el intercambio gaseoso en pacientes pediátricos.

## PACIENTES Y MÉTODO

El estudio fue autorizado por el Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Se revisaron los registros de 11 pacientes que requirieron VMP en los cuales se utilizó el BBA. Los datos registrados formaban parte de un registro clínico diseñado para estandarizar el procedimiento con esta técnica, y fueron registrados en el momento de realizar el procedimiento.

Los pacientes se monitorizaron con ECG, presión arterial (PA) no invasiva que fue cambiada a una línea arterial después de la inducción de la anestesia, oximetría de pulso y capnografía. Se realizó una inducción inhalatoria con sevoflurano, óxido nítrico y oxígeno al 50%. En los pacientes que llegaron a pabellón con una vía venosa, se realizó una inducción con 5-7  $mg \cdot kg^{-1}$  de tiopental. La relajación muscular se realizó con 0,5  $mg \cdot kg^{-1}$  de atracurio.

La intubación traqueal se realizó con un tubo traqueal (TT) sin *cuff*, que no permitiera fuga de aire con presiones de 20 cm de  $H_2O$ . Un BBA 5 French (Cook Critical Care, Bloomington, IN, USA) fue insertado como ha sido previamente descrito<sup>5</sup>. Cuando el diámetro del TT no permitía la introducción simultánea del FBC y del BBA, se realizó una laringoscopia y se introdujo el BBA en la tráquea y posteriormente se intubó la tráquea, dejando el BBA por fuera del TT. El FBC se introdujo a través del orificio específico para éste que posee el adaptador del BBA y se utilizó para guiar el correcto posicionamiento del BBA. El procedimiento fue abandonado si esto no se lograba antes de 10 minutos. La ventilación se realizó con una máquina Datex-Ohmeda Aestiva/5, con una fracción inspirada de oxígeno ( $FiO_2$ ) de 0,5, un volumen corriente de ( $V_t$ ) de 8-10  $m \cdot kg^{-1}$  que no se modificó al iniciar la VMP, una frecuencia respiratoria que se ajustó para obtener un  $CO_2$  de final de espiración ( $EtCO_2$ ) de 35-40, y un flujo de gases frescos de 2  $L \cdot min^{-1}$ . Si el paciente estaba previamente intubado se utilizó una  $FiO_2$  de 1. Se controlaron gases arteriales a los 5 minutos de colocado en decúbito lateral. Posteriormente se introdujo el FBC para revisar el correcto posicionamiento del BBA, el cual se infló con el menor volumen que visualmente ocluyera el bronquio. Auscultatoriamente se confirmó la ausencia de ruidos respiratorios y se retiró el asa del canal del BBA para permitir la deflación del pulmón superior. Si en estas condiciones la saturación arterial de oxígeno ( $SatO_2$ ) disminuía a 95% o menos, se realizaba reclutamiento alveolar, efectuando 5 ventilaciones con una presión inspiratoria máxima de 30 cm  $H_2O$  mantenida por 5 segundos, seguida de la adición de 5 cm de  $H_2O$  de PEEP. Si la  $SatO_2$  no podía ser mantenida al menos en 90%, se aumentaba la  $FiO_2$  a 1. Si a pesar de esto la  $SatO_2$  se mantenía bajo 90%, la VMP fue abandonada y el procedimiento fue realizado ventilando ambos pulmones. Se realizó un nuevo control de gases arteriales 5 minutos después de establecido un patrón ventilatorio que mantuviera una  $SatO_2$  mayor de 90% y previo a la estimulación quirúrgica. Disminuciones de la  $SatO_2$  bajo 95% durante la cirugía se trataron de la manera descrita previamente.

Se registró la  $EtCO_2$  y la presión máxima de vía

aérea en el momento de obtener la muestra para gases arteriales. La mantención de la anestesia se realizó con 1-1,5 MAC de isoflurano en oxígeno y 50% de óxido nítrico, excepto cuando se requirió una  $FiO_2$  de 1. Se administraron dosis adicionales de 1-2  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  de fentanyl para controlar aumentos de frecuencia cardíaca y PA mayores del 20% de los valores basales. La relajación muscular se mantuvo con dosis adicionales de 0,2  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  de atracurio. No se usó capnotórax durante la cirugía. Se registraron los datos demográficos, diagnóstico, patología asociada, tipo de cirugía (toracotomía o videotoroscopia), diámetro del tubo traqueal, presión de vía aérea en decúbito lateral con ventila-

ción de ambos pulmones y en VMP, requerimientos para obtener  $SatO_2$  de 90% y duración de la VMP. Considerando que fueron utilizadas diferentes  $FiO_2$ , se usó la relación  $paO_2/FiO_2$  para evaluar los cambios de  $pO_2$  asociados al uso de VMP. El análisis estadístico se realizó con test de Wilcoxon.

## RESULTADOS

Las características demográficas de los pacientes estudiados, tipo de cirugía y diámetro del TT se muestran en la Tabla 1.

El BBA se colocó por fuera del TT en 10 pa-

**Tabla 1.** Demografía, tubo traqueal, diagnóstico y tipo de cirugía

	Edad (meses)	Peso	Tubo	Diagnóstico	Procedimiento
1	9,5	10,2	4	Tumor mediastino posterior	VTC
2	13	10,4	4	Empiema pleural	VTC
3	21	10,8	4	Tumor mediastino posterior	VTC
4	60	13,9	5	Empiema pleural	VTC
5	48	13,2	5	Quiste broncogénico	VTC
6	25	16,1	4,5	Empiema pleural	VTC
7	49	16,0	5	Tumor mediastino posterior	TCT
8	48	20,3	5	Empiema pleural	VTC
9	47	14,7	4,5	Hernia diafragmática	VTC
10	7	7,3	4	MAQC	VTC-TCT
11	50	21,1	4,5	MAQC	VTC

MAQC: Malformación adenomatosa quística congénita. VTC: Videotoroscopia. TCT: Toracotomía.

**Tabla 2.** Gases arteriales

Paciente	V2P $pO_2$	VMP $pO_2$	V2P $pCO_2$	VMP $pCO_2$
1	100	138*	36	45
2	162	156*	36	41
3	142	105	38	42
4	302*	257*	55	47
5	212	128	44	35
6	100*	104*	70	106
7	88	62*	46	40
8	120	250*	36	45
9	208	96	43	41
10	161	115	64	70
11	186	166	41	42

V2P: Ventilación de ambos pulmones. VMP: Ventilación monopulmonar. (\*)  $FiO_2$  1.

**Tabla 3.** Relación  $pO_2/FiO_2$ 

Paciente	V2P	VMP
1	200	138
2	324	156
3	284	210
4	302	257
5	424	256
6	100	104
7	176	62
8	240	250
9	416	192
10	322	230
11	372	332

V2P: Ventilación de ambos pulmones.

VMP: Ventilación monopulmonar.

cientes, pudiendo ser correctamente posicionado en todos en menos de 5 minutos. En 8 pacientes el BBA se posicionó en el bronquio izquierdo y en 3 en el derecho. El posicionamiento en el bronquio derecho fue fácilmente obtenido avanzando el BBA. El posicionamiento a izquierda se consiguió rotando la cabeza a derecha, y avanzando y rotando el BBA en contra del sentido de los punteros del reloj. En todos los pacientes se consiguió un pulmón desinflado, inmóvil, y el procedimiento pudo ser realizado utilizando VMP. En 2 pacientes la manipulación quirúrgica desplazó el BBA, siendo posible reubicarlo en uno de ellos. En el otro (paciente 10), el BBA había sido puesto por fuera del TT, y no pudo ser correctamente reubicado. Por necesidad quirúrgica, el procedimiento se terminó a través de una toracotomía. La  $pO_2$  y  $pCO_2$  en decúbito lateral mientras se ventilan ambos pulmones (V2P), y en VMP se muestran en la Tabla 2. El promedio de la relación  $pO_2/FiO_2$  en las mismas condiciones fueron 287 (rango 100-424) y 199 (rango 62-332) respectivamente, con una  $p = 0,0108$ . Los valores individuales se muestran en la Tabla 3. La diferencia  $pCO_2-EtCO_2$  se muestra en la Tabla 4.

Los pacientes 4 y 6 que requirieron una  $FiO_2$  de 1 durante toda la cirugía, eran portadores de una neumopatía bilateral difusa complicada por un empiema pleural que motivó la cirugía. El paciente 4 estaba previamente intubado y el 6 no pudo mantener una  $SatO_2$  sobre 90% con una  $FiO_2$  de 0,5 después de las maniobras de reclutamiento. En 4 pacientes fue necesario aumentar la  $FiO_2$  a 1, pudiendo mantenerse en 0,5 en 5. Cuatro pacientes

**Tabla 4.** Diferencia  $pCO_2-EtCO_2$ 

Paciente	V2P $pCO_2-EtCO_2$	VMP $pCO_2-EtCO_2$
1	2	0
2	6	10
3	0	12
4	24	9
5	13	-8
6	-7	13
7	9	5
8	7	5
9	5	6
10	22	5
11	21	8

V2P: Ventilación de ambos pulmones.

VMP: Ventilación monopulmonar.

requirieron maniobras de reclutamiento alveolar al menos una vez. En 4 pacientes la PA media disminuyó más del 20% en relación a estas maniobras, retornando a valores previos en menos de un minuto. Todos los pacientes que no estaban previamente intubados pudieron extubarse en pabellón. La VMP duró 84,3 minutos (promedio) (rango 28-195). La presión de vía aérea durante V2P y durante VMP fue 18 y 25 cm  $H_2O$  (promedio) respectivamente (rango 12-22 y 22-28 cm  $H_2O$ ). El paciente 6 presentó un aumento de la presión de vía aérea durante la cirugía, asociado a disminución de la  $SatO_2$  a 85% y aumento de  $EtCO_2$ . No se tomaron gases arteriales durante este episodio. La  $SatO_2$  se recuperó después de aspiración traqueal y reclutamiento alveolar. Al extubar se encontró un tapón mucoso que obstruía el 50% del lumen traqueal.

## DISCUSIÓN

El BBA permitió realizar VMP en todos los pacientes, incluso en aquellos en los cuales tuvo que ser utilizado por fuera del TT. De acuerdo con lo señalado por Schmidt<sup>7</sup>, considerando que el BBA tiene un diámetro de 2,5 mm, y que el FBC más delgado tiene un diámetro externo de 2 mm, el uso del BBA se vería limitado a TT con un diámetro interno de al menos 4,5 mm. Sin embargo, algunas adaptaciones en el conector del tubo permiten su uso con un tubo de 4 mm de diámetro interno<sup>7</sup>. Recientemente hemos reportado el uso de un coledoscopio de 3 mm para guiar el BBA, permitien-

do usar el BBA con un TT de 3,5 mm de diámetro interno<sup>8</sup>. El no disponer de un FBC de 2 mm puede ser una limitación para el uso de BBA en niños pequeños, y ésta es la razón por la cual éste fue utilizado por fuera del TT incluso cuando en pacientes en los cuales el tubo era de un diámetro mayor a 4 mm. El BBA, especialmente cuando es usado por fuera del TT, tiene algunas similitudes con el método descrito para aislar un pulmón usando un catéter de Fogarty<sup>9</sup>. Probablemente el aporte más importante del BBA es el adaptador que permite el paso del FBC y del BBA, permitiendo posicionarlo mientras se mantiene la ventilación de manera fácil y efectiva. Aun cuando el uso de BBA por fuera del TT no representa un problema clínico, la obtención del máximo de las ventajas asociadas al uso del BBA se obtiene cuando éste se utiliza por dentro del TT.

Es importante señalar que los criterios para pasar de una videotoroscopia a toracotomía no estaban previamente definidos, y obedecían sólo a necesidad quirúrgica. En el paciente en el cual esto fue necesario y en que el bloqueador se desplazó y no pudo reposicionarse, tanto continuar la VMP con una intubación bronquial selectiva o la insuflación de CO<sub>2</sub> eran posibilidades para continuar el procedimiento por vía toracoscópica. Esto no se realizó por considerarse que la dificultad del procedimiento requería la realización de una toracotomía.

El cambio más importante asociado al inicio de la VMP fue la disminución de la relación  $paO_2/FiO_2$ , sin embargo, con la estrategia ventilatoria utilizada, la  $paO_2$  pudo ser mantenida en un nivel seguro. Numerosos factores determinan la magnitud de la disminución de la  $paO_2$ <sup>10</sup>. Algunos de estos, como la vasoconstricción pulmonar hipóxica y la retracción quirúrgica, involucran al pulmón no ventilado. Otros, como la disminución de la capacidad residual funcional, formación de atelectasias, acumulación de secreciones, trasudación, aparición de broncoespasmo o de un neumotórax se originan en el pulmón ventilado. Todos estos factores determinan grados variables de desigualdad V/Q, con la consiguiente disminución de la  $paO_2$ . En los niños más pequeños, debido a su menor tamaño torácico, se agrega el hecho que al reducirse el gradiente de presión hidrostática entre el pulmón superior y el inferior, disminuye la cantidad de sangre desviada desde el pulmón no ventilado hacia el ventilado.

El escaso efecto de la VMP en la  $pCO_2$  se explica por la forma relativamente lineal de la curva de eliminación de CO<sub>2</sub>, lo que determina que alveolos con ventilación aumentada pueden eliminar más

CO<sub>2</sub> y compensar la disminución de eliminación de éste que se produce como resultado de alveolos que no se ventilan<sup>11</sup>. En dos pacientes (6 y 10), el aumento de la  $pCO_2$  pudo ser considerado clínicamente importante. Sin embargo, debe señalarse que ésta estaba aumentada previo al inicio de la VMP, dando cuenta probablemente de un deterioro importante del intercambio gaseoso determinado por un cuadro infeccioso pulmonar difuso en el paciente 6, o por acumulación de secreciones en el paciente 11. El paciente 6 presentaba un tapón mucoso que ocluía el 50% del lumen del TT, el cual también explica el aumento de presión de la vía aérea observado en este paciente. Como ha sido descrito en otras situaciones clínicas, puede presentarse una relación  $pCO_2$ -EtCO<sub>2</sub> aumentada o incluso negativa<sup>12-15</sup>. En los pacientes reportados ambas situaciones fueron observadas, pudiendo explicarse por cambios en el volumen pulmonar que modifican la magnitud del *shunt* o del espacio muerto, o por modificaciones del patrón ventilatorio<sup>12,16-18</sup>. El hecho que la estrategia ventilatoria utilizada consideraba aumentos de la frecuencia respiratoria y maniobras de reclutamiento, impide comparar entre pacientes o con otros estudios en que se utilizaron otros patrones ventilatorios. Sin embargo, esta observación destaca el hecho que durante la VMP, la capnografía puede no ser un monitor confiable de la eficiencia de la ventilación.

La mejor estrategia ventilatoria durante VMP no ha sido determinada<sup>19</sup>. Si el TT está correctamente posicionado, niveles altos de  $FiO_2$  no parecen necesarios para mantener una  $pO_2$  segura. En pacientes adultos con Síndrome de Distress Respiratorio del Adulto, se han promovido estrategias de "ventilación protectora", que buscan reducir el daño asociado a la ventilación mecánica. Éstas promueven el uso de  $V_t$  bajos y el uso de PEEP, pudiendo estas recomendaciones ser extrapoladas a la VMP<sup>20-24</sup>. Sin embargo, una adecuada determinación del  $V_t$  para un paciente pediátrico, debiera probablemente considerar las características específicas de la distensibilidad tóraco-pulmonar de cada paciente. La posibilidad de reducción del volumen del pulmón inferior, enfatiza la importancia de medidas destinadas a la mantención de éste. Las maniobras de reclutamiento alveolar han demostrado su utilidad para reestablecer la oxigenación<sup>25</sup> y deben ser utilizadas cuando se presenta desaturación arterial durante VMP una vez verificada la correcta posición del TT. Considerando que la mayor parte de los pacientes requirió del uso de PEEP, parece una medida adecuada su utilización desde el inicio de la VMP.

En resumen, presentamos un grupo de pacientes pediátricos en los cuales se utilizó el BBA para rea-

lizar VMP. La  $pO_2$  se mantuvo en rango seguro con una estrategia ventilatoria relativamente simple. En estos pacientes, la capnografía no fue un buen indicador de la efectividad de la ventilación.

**Declaración de intereses:** Los autores no tienen relación alguna con Cook Critical Care y no han recibido ningún tipo de soporte para la realización de este estudio.

## REFERENCIAS

1. Wald SH, Mahajan A, Kaplan MB, et al. Experience with the Arndt paediatric bronchial blocker. *Br J Anaesth.* 2005; 94: 92-94.
2. Camci E, Tugrul M, Tugrul ST, et al. Techniques and complications of one-lung ventilation in children with suppurative lung disease: experience in 15 cases. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2001; 15: 341-345.
3. Mukhtar AM, Obayah GM, Elmasry A, et al. The therapeutic potential of intraoperative hypercapnia during video-assisted thoracoscopy in pediatric patients. *Anesth Analg.* 2008; 106: 84-88.
4. Tobias JD. Noninvasive carbon dioxide monitoring during one-lung ventilation: end-tidal *versus* transcutaneous techniques. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2003; 17: 306-308.
5. Hammer GB, Harrison TK, Vricella LA, et al. Single lung ventilation in children using a new paediatric bronchial blocker. *Paediatr Anaesth.* 2002; 12: 69-72.
6. Arndt GA, Kranner PW, Rusy DA, et al. Single-lung ventilation in a critically ill patient using a fiberopically directed wire-guided endobronchial blocker. *Anesthesiology.* 1999; 90: 1484-1486.
7. Schmidt C, Rellensmann G, Van Aken H, et al. Single-lung ventilation for pulmonary lobe resection in a newborn. *Anesth Analg.* 2005; 101: 362-364.
8. Concha MR, Mertz VF. Single-lung ventilation for resection of a giant bronchogenic cyst in a 5-month-old patient. *Paediatric anaesthesia.* 2012; 22: 939-940.
9. Rao CC, Krishna G, Grosfeld JL, et al. One-lung pediatric anesthesia. *Anesth Analg.* 1981; 60: 450-452.
10. Hammer GB. Pediatric thoracic anesthesia. *Anesth Analg.* 2001; 92: 1449-1464.
11. Grichnik KP, Clark JA. Pathophysiology and management of one-lung ventilation. *Thorac Surg Clin.* 2005; 15: 85-103.
12. Ip Yam PC, Innes PA, Jackson M, et al. Variation in the arterial to end-tidal  $PCO_2$  difference during one-lung thoracic anaesthesia. *Br J Anaesth.* 1994; 72: 21-24.
13. Sanders JC, Gerstein N. Arterial to endtidal carbon dioxide gradient during pediatric laparoscopic fundoplication. *Paediatr Anaesth.* 2008; 18: 1096-1101.
14. Lazzell VA, Burrows FA. Stability of the intraoperative arterial to end-tidal carbon dioxide partial pressure difference in children with congenital heart disease. *Can J Anaesth.* 1991; 38: 859-865.
15. Laffon M, Gouchet A, Sitbon P, et al. Difference between arterial and end-tidal carbon dioxide pressures during laparoscopy in paediatric patients. *Can J Anaesth.* 1998; 45: 561-563.
16. Grenier B, Verchere E, Mesli A, et al. Capnography monitoring during neurosurgery: reliability in relation to various intraoperative positions. *Anesth Analg.* 1999; 88: 43-48.
17. Short JA, Paris ST, Booker PD, et al. Arterial to end-tidal carbon dioxide tension difference in children with congenital heart disease. *Br J Anaesth.* 2001; 86: 349-353.
18. Nunn J. *Applied Respiratory Physiology.* Sixth ed: Butterworth-Heinemann; 2005.
19. Slinger PD. Postpneumectomy pulmonary edema: good news, bad news. *Anesthesiology.* 2006; 105: 2-5.
20. Hickling KG, Walsh J, Henderson S, et al. Low mortality rate in adult respiratory distress syndrome using low-volume, pressure-limited ventilation with permissive hypercapnia: a prospective study. *Crit Care Med.* 1994; 22: 1568-1578.
21. Amato MB, Barbas CS, Medeiros DM, et al. Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 1998; 338: 347-354.
22. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. *N Engl J Med.* 2000; 342: 1301-1308.
23. Wolthuis EK, Choi G, Dessing MC, et al. Mechanical ventilation with lower tidal volumes and positive end-expiratory pressure prevents pulmonary inflammation in patients without preexisting lung injury. *Anesthesiology.* 2008; 108: 46-54.
24. Schultz MJ, Haitzma JJ, Slutsky AS, et al. What tidal volumes should be used in patients without acute lung injury? *Anesthesiology.* 2007; 106: 1226-1231.
25. Tusman G, Bohm SH, Sipmann FS, et al. Lung recruitment improves the efficiency of ventilation and gas exchange during one-lung ventilation anesthesia. *Anesth Analg.* Jun 2004; 98: 1604-1609.

Correspondencia a:  
Mario Concha P.  
mconcha@med.puc.cl