



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**¿Disminuyen las complicaciones  
respiratorias postoperatorias en pacientes  
con enfermedad pulmonar obstructiva  
crónica con el uso de ventilación controlada  
por presión en anestesia?**

**Adriana Paola Barriga Moreno**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Medicina, Departamento de Cirugía  
Unidad Especializada de Anestesiología  
Bogotá, Colombia

2013

**¿Disminuyen las complicaciones  
respiratorias postoperatorias en pacientes  
con enfermedad pulmonar obstructiva  
crónica con el uso de ventilación controlada  
por presión en anestesia?**

**Adriana Paola Barriga Moreno**

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título  
de:

**Especialista en Anestesiología y Reanimación**

Director (a):

Doctor Francisco Valero

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Medicina, Departamento de Cirugía  
Unidad Especializada de Anestesiología

2013

*Al amor de mi vida*

*Las grandes obras necesitan de una gran  
inspiración y tú eres la mía, gracias por ser mi  
luz en el camino.*



## Revisión sistemática:

# ¿Disminuyen las complicaciones respiratorias posoperatorias en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica por el uso de ventilación controlada por presión en anestesia?

*Adriana Paola Barriga Moreno*; Estudiante de postgrado de Tercer año de Anestesiología y Reanimación, Unidad Especializada de Anestesiología y Reanimación, Departamento de Cirugía, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia.

*José Francisco Valero Bernal*; Profesor Asociado, Unidad Especializada de Anestesiología y Reanimación, Departamento de Cirugía, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia

**Considérese actualizado hasta:** 15 de Enero de 2013

## Resumen

**Antecedentes:** La ventilación mecánica es una de las principales medidas terapéuticas en anestesiología por lo que se requiere mejorar su conocimiento buscando nuevos modos ventilatorios que permitan tener mejores desenlaces en los pacientes que requieren soporte ventilatorio invasivo durante cirugías realizadas bajo anestesia general. El uso de la ventilación controlada por presión trae ventajas fisiológicas para los pacientes que requieren soporte con ventilación mecánica invasiva, el objetivo de este trabajo es establecer si el uso de este modo ventilatorio se traduce en desenlaces clínicamente importantes para recomendarlo sobre el uso de la ventilación controlada por volumen.

**Métodos:** revisión sistemática de la literatura. Se consultó el periodo entre enero de 1980 a enero de 2013 en las bases de datos MEDLINE , EMBASE, Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL) los términos: “COPD AND pressure ventilation AND anesthesia AND postoperative pulmonary complications”, “pressure controlled ventilation AND COPD AND (surgery or anesthesia)”, “pressure controlled ventilation AND (surgery or anesthesia)”, “COPD AND (surgery OR anesthesia)”, COPD AND pulmonary complications AND ventilation” y “volume controlled ventilation AND pressure controlled ventilation AND (anesthesia OR surgery)”. Los criterios de selección considerados fueron: estudios controlados aleatorios realizados en pacientes con diagnóstico de enfermedad pulmonar obstructiva crónica llevados a cirugía bajo anestesia general que compararan ventilación controlada por presión contra ventilación controlada por volumen. Se planeó evaluar como desenlaces complicaciones respiratorias postquirúrgicas.

**Resultados:** No se encontró ningún artículo que comparara la ventilación controlada por presión y la ventilación controlada por volumen en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica sometidos a anestesia general.

**Conclusión:** No se cuenta con evidencia que recomiende el uso de la ventilación controlada por presión por encima de la ventilación controlada por volumen en anestesia para pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica

## **Abstract**

**Background:** Mechanical ventilation is a major therapeutic measure in anesthesiology by what is required to improve their knowledge seeking new ventilation modes that yield better outcomes in patients requiring invasive ventilatory support during surgeries performed under general anesthesia. The use of pressure controlled ventilation brings physiological advantages for patients requiring mechanical ventilation support with, the aim of this study is to establish if the use of this ventilatory mode result in clinically relevant endpoints.

**Methods:** A systematic review of the literature. We consulted the period from January 1980 to January 2013 in MEDLINE, EMBASE, Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL), the terms "COPD and Pressure Ventilation and Anesthesia and postoperative pulmonary complications", "pressure controlled ventilation AND COPD AND (surgery or anesthesia) ", " pressure controlled ventilation AND (surgery or anesthesia) ", " COPD AND (OR anesthesia surgery) "AND Pulmonary Complications COPD and Ventilation" and "volume controlled ventilation controlled ventilation pressure AND AND ( OR anesthesia surgery)". The selection criteria were randomized controlled studies conducted in patients with chronic obstructive pulmonary disease undergo surgery under general anesthesia comparing pressure-controlled ventilation against volume-controlled ventilation. We planned to evaluate like outcomes the postoperative respiratory complications.

**Results:** We found no article that compared the pressure-controlled ventilation and volume-controlled ventilation in patients with chronic obstructive pulmonary disease undergoing general anesthesia.

**Conclusión:** No evidence has recommended the use of pressure-controlled ventilation over volume-controlled ventilation in anesthesia for patients with chronic obstructive pulmonary disease.

# ANTECEDENTES

## Descripción de la afección

Con el paso del tiempo la prevalencia de EPOC en la población que requiere ser llevada a un procedimiento quirúrgico aumenta. Algunos trabajos reportan una incidencia de 5-10% de la población programada para cirugía general, 10-12% para cirugía cardíaca y hasta un 40% para cirugía de tórax, mientras que la incidencia para la población general es del 5% (McAlister et al 2003; Halbert et al 2006; Licker et al 2006) 1. Inicialmente los estudios estuvieron enfocados hacia las complicaciones cardiovasculares postoperatorias en los pacientes con EPOC que eran llevados a procedimientos quirúrgicos, pero se ha avanzado en el estudio de las complicaciones pulmonares postoperatorias que revisten gran importancia para estos pacientes<sup>1</sup>.

La incidencia de complicaciones respiratorias postoperatorias varía en los estudios según la población estudiada y la definición de complicación utilizada. Stein y Cassara<sup>7</sup> encontraron una incidencia del 21%, para Wong et al <sup>2</sup> y Pereira et al <sup>3</sup> fue del 37%, mientras que Kroenke et al <sup>4</sup> mostraron que era del 23% en pacientes con EPOC grave y de 10% en los de grado leve y moderado. R. de Albuquerque Medeiros et al <sup>5</sup> encontraron que la incidencia de complicaciones postoperatorias en pacientes con EPOC sometidos a cirugía general electiva fue del 33,9%. Tusman et al <sup>11</sup> establecieron que la tasa de complicaciones pulmonares postoperatorias es mayor en los pacientes ancianos, con más comorbilidades y en los que son sometidos a cirugías de alta complejidad, el 5,4 % de los pacientes de alto riesgo pueden desarrollar falla respiratoria postoperatoria después de cirugías electivas y tiene una mortalidad del 27% a los 2 meses para los que desarrollan injuria pulmonar aguda. <sup>11</sup>

Se ha trabajado en varias medidas para prevenir las complicaciones postoperatorias en los pacientes con EPOC dado su gran impacto económico por el mayor requerimiento de



ingreso a las unidades de cuidado intensivo y un mayor tiempo de estancia intrahospitalaria, es así como Tarhan et al 6 hallaron un 24% de complicaciones pulmonares cuando los pacientes realizaban las medidas preventivas preoperatorias y un 43% cuando no lo hacían demostrando que estas intervenciones son importantes para tener en cuenta en el ajuste preoperatorio de los pacientes con EPOC. En el trabajo de R. de Albuquerque Medeiros et al 5 se encontró que la mortalidad cuyo origen fue pulmonar en la población incluida en el trabajo fue del 3,4%.

Los factores de riesgo asociados con el desarrollo de complicaciones respiratorias postoperatorias encontrados en el trabajo de R. de Albuquerque Medeiros et al 5 son el género masculino, un tiempo quirúrgico mayor de 210 min, una incisión quirúrgica localizada en el tórax o el abdomen y una relación FEV1/FVC disminuida ( $71,9 \pm 10,9\%$ ). Rossato et al describieron que los factores de riesgo asociados a la cirugía son: un procedimiento mayor, que la cirugía sea de emergencia, un tiempo quirúrgico prolongado definido como una duración quirúrgica mayor a 3-4 horas, el uso de anestesia general y el uso de pancuronio por su alto riesgo de producir relajación neuromuscular residual 7 Por su parte Licker et al afirman que la EPOC se comporta como un predictor independiente de complicaciones postoperatorias<sup>1</sup> y que la exposición a más de 2,5 a 4 horas de anestesia general es un fuerte predictor para la incidencia de estas complicaciones, la explicación de este fenómeno es el efecto deletéreo sobre la función respiratoria que tienen los inductores, opioides, relajantes musculares y la ventilación mecánica usados en esta técnica anestésica, todo esto sumado a la posición supina y las incisiones toraco-abdominales genera que exista una franca disminución en los volúmenes pulmonares con la aparición de atelectasias en las regiones dependientes del pulmón **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Entre las complicaciones respiratorias más importantes se encuentran la falla respiratoria y la bronconeumonía con una incidencia del 1-3% y 1-5% respectivamente, pero su espectro es muy amplio e incluye desde atelectasias, hipoxemia, hasta fístulas broncopleurales y derrame pleural pasando por las descritas anteriormente **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Las atelectasias no sólo constituyen una complicación per se sino que son un factor importante en la patogénesis de complicaciones pulmonares postoperatorias, en algunos casos por sí mismas pueden no tener implicaciones clínicas para los pacientes o incluso pasar desapercibidas, pero en otros pacientes pueden desencadenar complicaciones más severas como 11:

Hipoxemia: la alteración de la relación ventilación perfusión dada por la presencia de las atelectasias lleva a una disminución de la PaO<sub>2</sub>. La hipoxemia se ha relacionado directamente con una mayor incidencia de delirium, un potencial aumento de las infecciones del sitio operatorio, se ha encontrado una relación entre la hipoxemia y cambios electrocardiográficos postoperatorios y taquicardia que se resuelven con oxígeno suplementario, y por último, el desarrollo de infarto agudo de miocardio en el postoperatorio inmediato coincide con el momento en que se presentan más atelectasias 12,13

Neumonía: los factores postoperatorios que aumentan el riesgo de presentar neumonía postoperatoria tienen que ver con los cambios a nivel pulmonar que se generan con la ventilación con presión positiva y con las alteraciones de la mecánica respiratoria propias del periodo postoperatorio. Dentro de los cambios pulmonares durante la anestesia debemos tener en cuenta la alteración de la movilidad ciliar en las zonas de atelectasia, la hipoactividad de los macrófagos alveolares y la disminución en la actividad del surfactante entre otros que favorecen la generación de más atelectasias y el crecimiento bacteriano.11

Respuesta inflamatoria local: los mecanismos relacionados con esta respuesta ante las atelectasias incluyen la sobredistensión de las áreas adyacentes, el estrés mecánico y la hipoxia de las zonas de atelectasia; esto conlleva a la liberación de citoquinas proinflamatorias, especies reactivas de oxígeno e infiltración por leucocitos.11

Injuria pulmonar inducida por ventilador: esta entidad se puede presentar en un espectro clínico que va desde la injuria pulmonar aguda hasta el síndrome de dificultad respiratoria aguda, los mecanismos propuestos para su generación son el paso del colapso alveolar a la sobredistensión en cada ciclo respiratorio y la sobredistensión de las unidades alveolares no atelectásicas, en este escenario el estrés tisular está directamente relacionado con el volumen corriente programado en el ventilador y las presiones de la vía aérea que se generen durante la ventilación mecánica. 11

## **Descripción de la intervención**

La ventilación controlada por volumen es el modo ventilatorio que más se ha usado en la práctica anestésica<sup>15</sup>. Su principal parámetro es el volumen corriente que es establecido para alcanzar un volumen minuto satisfactorio mediante un flujo de aire constante, la inyección de este volumen puede generar altas presiones en la vía aérea disminuyendo la distensibilidad pulmonar tanto estática como dinámica, lo que aumenta el riesgo de volutrauma. La ventilación controlada por presión usa un flujo cuyo pico se da al inicio de la inspiración con una desaceleración posterior, el límite está dado por la presión en la vía aérea y el volumen corriente depende de la presión programada y la distensibilidad pulmonar.

## **Cómo podría funcionar la intervención**

Las ventajas que se han demostrado para la ventilación controlada por presión son la generación de presiones pico en la vía aérea más bajas<sup>19-18</sup>, menor impacto sobre el estado hemodinámico del paciente, la disminución del riesgo de barotrauma, mejor oxigenación y optimización de la ventilación<sup>15</sup>. En los pacientes con EPOC estos efectos podrían tener un impacto importante en la disminución de complicaciones respiratorias postoperatorias ya que disminuiría la hipoxia, la respuesta inflamatoria local, la

sobredistensión alveolar y haciendo parte de una ventilación protectora la aparición de atelectasias.

## **Por qué es importante hacer esta revisión**

Desde el punto de vista fisiológico el uso de la ventilación controlada por presión trae ventajas importantes para los pacientes llevados a cirugía con ventilación mecánica invasiva, sin embargo desconocemos si este tipo de ventilación trae desenlaces clínicamente fuertes para recomendar el uso de este modo ventilatorio sobre el uso de la ventilación controlada por volumen en pacientes que cursan con enfermedad pulmonar obstructiva crónica y van a ser sometidos a una intervención quirúrgica.

## **OBJETIVO**

Conocer el impacto que tiene la ventilación controlada por presión sobre las complicaciones respiratorias de los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica llevados a cirugía bajo anestesia general con ventilación mecánica invasiva y establecer si se debe recomendar el uso de este modo ventilatorio por encima de la ventilación controlada por volumen en la anestesia de los pacientes con EPOC que requieren alguna intervención quirúrgica.

# METODOS

## **Criterios para la valoración de los estudios de esta revisión estrategia de búsqueda para la identificación de los estudios**

Se incluirían todos estudios controlados aleatorios realizados en pacientes con diagnóstico de enfermedad pulmonar obstructiva crónica llevados a cirugía bajo anestesia general que compararan la ventilación controlada por presión contra la ventilación controlada por volumen

## **Estrategia de búsqueda para la identificación de los estudios**

Se realizó la búsqueda en las siguientes fuentes:

Registro Cochrane Central de Ensayos Controlados (Cochrane Central Register of Controlled Trials, CENTRAL) (The Cochrane Library, 2012, número 9), MEDLINE (desde enero de 1980 hasta enero de 2013) y EMBASE (desde enero de 1980 hasta enero de 2013). Adicionalmente se realizó una búsqueda en Google académico para localizar estudios publicados en fuentes no indexadas y una búsqueda en bola de nieve en las referencias relevantes que resultaron de las búsquedas realizadas.

Se realizó la búsqueda con los términos: "*COPD AND pressure ventilation AND anesthesia AND postoperative pulmonary complications*", "*pressure controlled ventilation AND COPD AND (surgery or anesthesia)*", "*pressure controlled ventilation AND (surgery or anesthesia)*", "*COPD AND (surgery OR anesthesia)*", "*COPD AND pulmonary complications AND ventilation*" y "*volume controlled ventilation AND pressure controlled*

*ventilation AND (anesthesia OR surgery)*". No se aplicaron límites de idioma. En los buscadores se utilizó un filtro de edad para limitar la búsqueda a estudios realizados en población adulta (mayores de 18 años) y un filtro de tipo de publicación para encontrar ensayos clínicos y ensayos clínicos aleatorizados. Luego se eliminó el filtro de tipo de publicación

## **Recolección de datos y análisis estadístico**

Se examinaron los títulos y resúmenes de las publicaciones identificadas a través de las búsquedas electrónicas, para obtener una lista de posibles estudios relevantes.

## **Resultados**

No se encontró ningún artículo que comparara la ventilación controlada por presión y la ventilación controlada por volumen en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica sometidos a anestesia general.

## **Discusión**

El paciente con enfermedad pulmonar obstructiva crónica que va a ser sometido a una intervención quirúrgica y que necesita soporte ventilatorio invasivo está expuesto a los efectos deletéreos de la presión positiva no sólo sobre la función respiratoria y cardiovascular sino que la lesión pulmonar inducida por el ventilador que se ha documentado sobre todo en pacientes con patologías pulmonares secundaria a la respuesta inflamatoria generada, aumenta el riesgo de las

complicaciones postoperatorias siendo más alto cuando la cirugía tiene una duración mayor de 5 horas 17,18. Por otro lado los pacientes con EPOC tienen mayor riesgo a la sobredistensión alveolar, generación de auto PEEP y alteración de la relación ventilación perfusión que son los efectos habitualmente esperados con la ventilación controlada por volumen convencional, en respuesta a esta situación se han desarrollado varios trabajos cuya conclusión es que la ventilación protectora con volúmenes corrientes más bajos y con la instauración de PEEP bajo disminuye el impacto fisiológico del estrés mecánico que se generaba con la ventilación convencional, disminuye la respuesta inflamatoria, disminuye el riesgo de volutrauma, mejora la oxigenación y disminuye la aparición de atelectasias que como ya se discutió es uno de los principales factores desencadenantes de complicaciones respiratorias postoperatorias.

Estos hallazgos han permitido modificar el manejo ventilatorio de los pacientes en su transoperatorio, pero aún nos falta avanzar en el conocimiento de nuevos modos ventilatorios que han mejorado los desenlaces de los pacientes de las unidades de cuidado intensivo que es el escenario donde se nutrido la evidencia en este tópico. Los pacientes con EPOC que son llevados diariamente a las salas de cirugía merecen un manejo acorde con su fisiopatología, se ha encontrado que la ventilación con presión positiva intermitente puede agravar la hiperinsuflación dinámica y producir el cierre prematuro de las vías aéreas pequeñas llevando a una alteración importante de la relación ventilación perfusión, 1 y las recomendaciones para su manejo son el uso de frecuencias respiratorias bajas, ajustar la relación inspiración/expiración, controlar la PEEP intrínseca y disminuir las presiones en la vía aérea; pero ¿no existirá un mejor modo ventilatorio para el manejo de estos pacientes?.

En algunos trabajos se afirma que el modo ventilatorio controlado por presión con un flujo en rampa descendente tendría una potencial ventaja en la disminución de la presión pico de la vía aérea, que en los pacientes con EPOC es determinante en la generación de complicaciones postoperatorias, sin embargo esta hipótesis

no se ha demostrado en un estudio aleatorio controlado que compare este modo ventilatorio contra el convencional para que se pueda generar una recomendación fuerte de su uso, con el agravante de que estas extrapolaciones son derivadas de protocolos ventilatorios heterogéneos y se basan en variables fisiológicas, no en desenlaces fuertes como variación en la mortalidad o disminución de las complicaciones postoperatorias de esta población específica. La ausencia de resultados en esta revisión sistemática es un claro espejo de la falta de profundización que existe sobre la ventilación mecánica en anestesia para grupos poblacionales específicos y se constituye en una invitación para que se ahonde en el tema y podamos ofrecer a los pacientes un manejo más fisiológico que se vea reflejado en el resultado de cada persona enferma que requiera un procedimiento quirúrgico.

## **Conclusiones de los autores**

No se cuenta con evidencia que recomiende el uso de la ventilación controlada por presión por encima de la ventilación controlada por volumen en anestesia para pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica. La ausencia de evidencia refleja la necesidad de profundizar en el manejo ventilatorio de los pacientes llevados a cirugía con situaciones fisiopatológicas específicas como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica para disminuir sus complicaciones postoperatorias.



# Bibliografía

1. Perioperative medical management of patients with COPD Marc Licker<sup>1</sup>, Alexandre Schweizer<sup>1</sup> Christoph Ellenberger<sup>1</sup> Jean-Marie Tschopp<sup>2,3</sup> John Diaper<sup>1</sup> François Clergue<sup>1</sup> International Journal of COPD 2007;2(4) 493–515
2. Wong DH, Weber EC, Schell MJ, Wong AB, Anderson CT, Barker SJ. Factors associated with postoperative pulmonary complications in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. Anesth Analg 1995; 80: 276-284.
3. Pereira EDB, Faresin SM, Fernandes ALG. Morbidade respiratória nos pacientes com e sem síndrome pulmonar obstrutiva submetidos a cirurgia abdominal alta. JBM 1998; 74: 36-44.
4. Kroenke K, Lawrence VA, Theroux JF, Tuley MR, Hilsenbeck S. Postoperative complications after thoracic and major abdominal surgery in patients with and without obstructive lung disease. Chest 1993; 104: 1445-1451.
5. Complicaciones pulmonares y mortalidad en el postoperatorio de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica leve y moderada sometidos a cirugía general electiva R. de Albuquerque Medeirosa, S.M. Faresinb y J.R. Jardim Arch Bronconeumol 2001; 37: 227-234)
6. Tarhan S, Moffitt EA, Sessler AD. Risk of anesthesia and surgery in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Surgery 1973; 74: 720-726.
7. Avaliação pulmonar e prevenção das complicações respiratórias perioperatórias \**Pulmonary evaluation and prevention of perioperative respiratory complications* Denise Rossato Silva<sup>1</sup>, Pierângelo Tadeu Baglio<sup>2</sup>, Marcelo Basso Gazzana<sup>3</sup>, Sérgio Saldanha Menna Barreto<sup>4</sup> Rev Bras Clin Med, 2009;7:114-123
8. M. Tugrul, E. Camci, H. Karadeniz. Comparison of volume controlled with pressure controlled ventilation during one-lung anaesthesia. J. Anaesth. 1997;79: 306-310

9. Natalini G, Facchetti P, Dicembrini MA. Pressure controlled versus volume controlled ventilation with laryngeal mask airway. *J Clin Anesth*. 2001 Sep;13(6):436-9.
10. Sampa Dutta Gupta, Sudeshna Bhar Kundu, Tapas Ghose. A comparison between volume-controlled ventilation and pressure-controlled ventilation in providing better oxygenation in obese patients undergoing laparoscopic cholecystectomy. *Indian J Anaesth*. 2012 May-Jun; 56(3): 276–282.
11. Tusman G, Böhm SH, Warner DO . Atelectasis and perioperative pulmonary complications in high-risk patients. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2012 Feb;25(1):1-10
12. Rosenberg J, Rasmussen V, von Jessen F, et al. Late postoperative episodic and constant hypoxaemia and associated ECG abnormalities. *Br J Anaesth* 1990; 65:684–691.
13. Reeder MK, Muir AD, Foex P, et al. Postoperative myocardial ischaemia: temporal association with nocturnal hypoxaemia. *Br J Anaesth* 1991; 67:626–631
14. G Aguilar, F. Belda, R Badenes. Ventilatory pressure modes in anesthesia. *Current Anaesthesia & Critical Care* 21 (2010) 255-261
15. P. Cadi, T. Guenoun, D. Journois. Pressure-controlled ventilation improves oxygenation during laparoscopic obesity surgery compared with volume- Controlled ventilation. *British Journal of Anaesthesia* 100 (5): 709–16 (2008)
16. Oğurlu M, Küçük M, Bilgin F. Pressure-controlled vs volume-controlled ventilation during laparoscopic gynecologic surgery. *J Minim Invasive Gynecol*. 2010 May-Jun;17(3): 295-300
17. M. Unzueta, J. Casas, M. Moral. Pressure-Controlled Versus Volume-Controlled Ventilation During One-Lung Ventilation for Thoracic Surgery. *Anesth Analg* 2007;104:1029 –33
18. F. Montes, D. Pardo, H. Charrís. Comparison of two protective lung ventilator regimes on oxygenation during one-lung ventilation: a randomized controlled trial. *Journal of Cardiothoracic Surgery* 2010, 5:99

19. P. Cruz, I. Garutti, P. Piñeiro. Effects of Ventilatory Mode During One-Lung Ventilation on Intraoperative and Postoperative Arterial Oxygenation in Thoracic Surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, Vol 23, No 6 (December), 2009: pp 770-77
20. T. Meier, A. Lange, H. Papenberg. Pulmonary Cytokine Responses During Mechanical Ventilation of Noninjured Lungs With and Without End-Expiratory Pressure. *Anesth Analg* 2008;107:1265–75
21. R. Determann, E. Wolthuis, G. Choi. Lung epithelial injury markers are not influenced by use of lower tidal volumes during elective surgery in patients without preexisting lung injury. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol* 294: L344–L350, 2008
22. E. Wolthuis, G. Choi, M. Delsing. 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
23. P. Michelet, X. D'Journo, A. Roch. Protective Ventilation Influences Systemic Inflammation after Esophagectomy. A Randomized Controlled Study, Christophe Doddoli, Valerie Marin. *Anesthesiology* 2006; 105:911–9
24. G. Choi, E. Wolthuis, P. Bresser. Mechanical Ventilation with Lower Tidal Volumes and Positive End-expiratory Pressure Prevents Alveolar Coagulation in Patients without Lung Injury. *Anesthesiology* 2006; 105:689–95
25. H. Cai, H. Gong, L. Zhang. Effect of low tidal volume ventilation on atelectasis in patients during general anesthesia: a computed tomographic scan. *Journal of Clinical Anesthesia* (2007) 19, 125–129
26. G. Hedenstierna. Airway closure, atelectasis and gas exchange during anaesthesia. *Minerva Anestesiologia*, 2002;68:332-6
27. H. Talab, I. Zabani, H. Abdelrahman. Intraoperative Ventilatory Strategies for Prevention of Pulmonary Atelectasis in Obese Patients Undergoing Laparoscopic Bariatric Surgery. *Anesth Analg* 2009;109:1511–6

28. M. Zoremba, F. Dette, T. Hunecke. The influence of perioperative oxygen concentration on postoperative lung function in moderately obese adults. *Eur J Anaesthesiol* 2010; 27:501–507
29. Imberger G, McIlroy D, Pace NL. Positive end-expiratory pressure (PEEP) during anaesthesia for the prevention of mortality and postoperative pulmonary complications (Review). *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2010, Issue 9. Art. No.: CD007922.
30. Kim JY, Shin CS, Kim HS. Positive end-expiratory pressure in pressure-controlled ventilation improves ventilatory and oxygenation parameters during laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc.* 2010 May; 24(5):1099-103.
31. S. Maisch, H. Reissmann, B. Fuellekrug. Compliance and Dead Space Fraction Indicate an Optimal Level of Positive End-Expiratory Pressure After Recruitment in Anesthetized Patients. *Anesthesia & Analgesia* 2008; 106:175–81
32. E. Futier, J. Constantin, P. Pelosi. Intraoperative Recruitment Maneuver Reverses Detrimental Pneumoperitoneum-induced Respiratory Effects in Healthy Weight and Obese Patients Undergoing Laparoscopy. *Anesthesiology* 2010; 113:1310 –9
33. H. Reinius, L. Jonsson, S. Gustafsson. Prevention of Atelectasis in Morbidly Obese Patients during General Anesthesia and Paralysis. *Anesthesiology* 2009; 111:979–87
34. W. A. Almarakbi, H. M. Fawzi, J. A. Alhashemi. Effects of four intraoperative ventilatory strategies on respiratory compliance and gas exchange during laparoscopic gastric banding in obese patients. *British Journal of Anaesthesia* 102 (6): 862–8 (2009)
35. F. Valenza, F. Vagginelli, A. Tiby. Effects of the Beach Chair Position, Positive End-expiratory Pressure, and Pneumoperitoneum on Respiratory Function in Morbidly Obese Patients during Anesthesia and Paralysis. *Anesthesiology* 2007; 107:725–32
36. J. Llorénsa, M. Ballesterá, G. Tusmanb. Adaptive support ventilation for gynaecological laparoscopic surgery in Trendelenburg position: bringing ICU modes of mechanical ventilation to the operating room. *European Journal of Anaesthesiology* 2009, Vol 26 No 2

37. The effect of positive end expiratory pressure on the respiratory profile during one-lung ventilation for thoracotomy. L. M. C. Leong, S. Chatterjee, F. Gao. *Anaesthesia*, 2007 (62) 23–26
38. P. Gruber, C. Gomersall, P Leung. Randomized Controlled Trial Comparing Adaptive-support Ventilation with Pressure-regulated Volume-controlled Ventilation with Automode in Weaning Patients after Cardiac Surgery. *Anesthesiology* 2008; 109:81–7
39. G. Yu, K. Yang, A. B. Baker. The effect of bi-level positive airway pressure mechanical ventilation on gas exchange during general anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia* 96 (4): 522–32 (2006)
40. U. Lucangelo, V. Antonaglia, W. Zin. High-frequency percussive ventilation improves perioperatively clinical evolution in pulmonary resection. *Crit Care Med* 2009 Vol. 37, No. 5
41. M. Zoremba, G. Kalmus, F. Dette. Effect of intra-operative pressure support vs pressure controlled ventilation on oxygenation and lung function in moderately obese adults. *Anaesthesia*, 2010, 65, pages 124–129
42. J. Tsai, M. Lund, L. Lundell. One-Lung Ventilation During Thoracoabdominal Esophagectomy Elicits Complement Activation. *Journal of Surgical Research* 152, 331–337 (2009)
43. F. Valenza, G. Chevillard, T. Fossali. Management of mechanical ventilation during laparoscopic surgery. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology* 24 (2010) 227–241
44. G. Tusman, S. Membera, S. Böhm. Prevention and reversal of lung collapse during the intra-operative period. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology* 24 (2010) 183-197