

Importancia de la diferencia de la presión parcial arterial y espiratoria final de bióxido de carbono en la colecistectomía laparoscópica. Estudio comparativo en pacientes con o sin patología cardiopulmonar

G Patricia López-Herranz,* Ana Ma. Castro-Garduño*

RESUMEN

Objetivo: Comparar la diferencia de la presión parcial de CO₂ arterial y espiratoria final de bióxido de carbono en pacientes con o sin patología cardiopulmonar sometidos a colecistectomía laparoscópica electiva. **Métodos:** Es un estudio prospectivo, longitudinal, observacional y comparativo, que se realizó en el Servicio de Anestesiología del Hospital General de México. Fueron incluidos veinte pacientes en el grupo I, con estado cardiopulmonar preoperatorio clase I, de acuerdo a la Sociedad Americana de Anestesiólogos (ASA), y 20 sujetos en el grupo II, con diagnóstico previo de enfermedad cardiovascular o pulmonar (ASA II o III), con anestesia general y ventilación controlada. Los valores de bióxido de carbono de la gasometría arterial y de la capnometría se obtuvieron antes de la insuflación del gas, a los 15 minutos después del capnoperitoneo y al finalizar el procedimiento quirúrgico. **Resultados:** En cuanto a la edad y sexo no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. Los valores de la diferencia de la presión parcial arterial y espiratoria final de bióxido de carbono en el grupo I fueron: preinsuflación de 2.8 mm Hg, durante el capnoperitoneo de 2.9 mm Hg y posterior a la liberación del CO₂ de 3.6 mm Hg. En el grupo II, los resultados fueron: 5.5, 8.1 y 9.9 mm Hg, respectivamente ($p < 0.05$). Además, se registró una disminución significativa en el pH en el grupo II. **Conclusiones:** La colecistectomía laparoscópica con capnoperitoneo está asociada a un incremento importante en la diferencia de la presión arterial y espiratoria final de bióxido de carbono, en particular en sujetos con enfermedad cardiovascular y/o pulmonar, por lo que se justifica el monitoreo invasivo en estos pacientes.

Palabras clave: Bióxido de carbono, capnografía, monitoreo, gasometría arterial.

ABSTRACT

Objective: In this study, it is compared the difference between the arterial partial pressure and the end expiratory carbon dioxide pressure in patients with and without cardiopulmonary disease for elective laparoscopic cholecystectomy. **Methods:** In a prospective, longitudinal, observational and comparative study, forty patients were assigned in two groups. Group I, 20 healthy patients and group II, 20 patients with cardiovascular and/or pulmonary disease. All of them received general anesthesia. Simultaneously, obtained CO₂ arterial pressure by analysis of arterial blood gas and the end of expiration CO₂ through capnography; preinsufflation of CO₂, and fifteen minutes after capnoperitoneum began. The last, when the procedure was concluded. **Results:** In relation to sex and age no significant difference was established between group I and group II. The arterial and the end expiratory pressure of CO₂ difference in values were: preinsufflation in the group I was 2.8 mm Hg, in the capnoperitoneum 2.9 mm Hg and postinsufflation 3.6 mm Hg. In the group II, the results were: 5.5, 8.1 and 9.9 mm Hg respectively ($p < 0.05$). In the group II, the pH decreased. **Conclusions:** The laparoscopic cholecystectomy with capnoperitoneum is related with an important increased in the arterial and end tidal carbon dioxide pressure difference, specially in patients with cardiovascular and/or pulmonary disease. Therefore the invasive monitoring is justified.

Key words: Carbon dioxide, capnography, monitoring, arterial blood gases.

* Servicio de Anestesiología. Hospital General de México.

INTRODUCCIÓN

La insuflación de la cavidad abdominal con bióxido de carbono (CO₂) denominada capnoperitoneo, es necesaria para la realización de los procedimientos laparoscópicos. Durante la insuflación de CO₂, ocurre absorción sistémica de este gas y un aumento en la presión intraabdominal (PIA) que, junto con la hipercarbia, produce una serie de alteraciones en todo el organismo, con manifestaciones principalmente cardiovasculares y pulmonares. Los cambios hemodinámicos incluyen: aumento de la tensión arterial (TA), frecuencia cardíaca (FC), resistencia vascular sistémica (RVS) y disminución del gasto cardíaco (GC). A nivel pulmonar existe disminución de la capacidad vital (CV), de la capacidad funcional residual (CFR) y de la distensibilidad pulmonar, así como un incremento en la presión de la vía aérea (Pva).¹⁻³

En condiciones normales, la concentración plasmática de CO₂ depende de cierto número de variables que incluyen: el metabolismo celular, la perfusión tisular, el flujo sanguíneo y la ventilación. Con la formación del capnoperitoneo, el flujo exógeno de CO₂ constituye una variable adicional. La absorción de CO₂ desde la cavidad peritoneal deteriora la ventilación por factores mecánicos, como la distensión abdominal, la posición del paciente y la ventilación mecánica. Cuando se utiliza el CO₂ como gas para la insuflación, hay un aumento en la producción de éste ($\dot{V}CO_2$), el cual se incrementa lentamente durante los primeros 15 a 20 minutos y alcanza una meseta a los 25 minutos, de aproximadamente el 25% sobre los valores antes de la insuflación. La absorción del gas depende de su capacidad de difusión y de la perfusión de las paredes de la cavidad peritoneal. Como el CO₂ se difunde con mucha facilidad, puede haber absorción de grandes cantidades en sangre y, en consecuencia, hay un aumento en la presión parcial arterial de CO₂ (PaCO₂).⁴⁻⁶ No obstante, este incremento de la PaCO₂, que se origina por el capnoperitoneo, es bien tolerado en pacientes jóvenes y sanos y no causa cambios clínicamente significativos en la homeostasia. Sin embargo, esto puede variar de acuerdo al estado físico, como en aquellos con enfermedad cardiopulmonar preoperatoria, por ejemplo, hipertensión arterial, isquemia miocárdica, tabaquismo crónico, asma bronquial, bronquitis crónica, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), etcétera. En estos ca-

sos existen factores que alteran la relación ventilación-perfusión y, si se agregan los cambios generados por el capnoperitoneo, el riesgo de desarrollar hipercarbia y acidosis es mayor.³ Por ello es elemental el conocimiento de las modificaciones que ocurren a nivel cardiopulmonar y el control continuo de las variables fisiológicas durante la cirugía laparoscópica como son frecuencia respiratoria, tensión arterial, frecuencia cardíaca, trazo electrocardiográfico. También es indispensable la utilización del oxímetro de pulso y del capnoscopia para la vigilancia estrecha de la saturación de oxígeno por pulso-oximetría (SpO₂) y la presión espiratoria final de CO₂ (PefCO₂) en este tipo de procedimientos. Este control se complementa con la toma de gases arteriales para la medición de la PaCO₂, sobre todo en pacientes de alto riesgo.

La PefCO₂ mide el final de la espiración de un volumen corriente. El valor de la PefCO₂ se aproxima mucho a la concentración alveolar de CO₂. En el capnoscopia, la PefCO₂ se mide al final de la meseta que se alcanza cuando el gas espirado procede totalmente de los alvéolos. Una escala mide la altura del capnograma y proporciona la PefCO₂ (capnografía). Un monitor de CO₂ calcula automáticamente la PefCO₂ y da su valor numérico (capnometría). A pesar de que los valores de la PefCO₂ son muy cercanos a los del CO₂ en sangre arterial (PaCO₂), ambos valores no son exactamente los mismos. Normalmente la PefCO₂ es de 3 a 5 mm Hg más baja que la PaCO₂ debido a la dilución de los gases exhalados del espacio muerto, y se denomina diferencia entre la presión parcial arterial y espiratoria final de CO₂ (PaCO₂-PefCO₂). Si la ventilación del espacio muerto es anormalmente mayor en comparación con el volumen corriente, como en embolia pulmonar o EPOC, la diferencia entre la PaCO₂ y la PefCO₂ se incrementa.⁷⁻¹² La PaCO₂-PefCO₂ depende de varios factores, como edad, alteraciones pulmonares, relación ventilación/perfusión (\dot{V}/\dot{Q}), cambios en la capacidad funcional residual (CFR), modificaciones en la producción de CO₂ ($\dot{V}CO_2$), gasto cardíaco, hipovolemia y anestesia.¹³ Los agentes anestésicos, la ventilación con presión positiva, la insuficiencia del volumen circulatorio, pueden reducir el gasto cardíaco. Si éste, disminuye lo suficiente para causar hipoperfusión pulmonar, la ventilación será mayor que la perfusión, con lo que la diferencia se incrementa y varía de 5 a 10 mm Hg. Diferencia superior a 15 mm Hg indica importantes cambios

fisiopatológicos. Actualmente se ha elevado el número de procedimientos laparoscópicos en pacientes de alto riesgo anestésico-quirúrgico, y no existen estudios suficientes sobre la $PaCO_2$ - $PefCO_2$. El objetivo de este trabajo fue conocer y evaluar mediante las mediciones de la $PaCO_2$ por gasometría arterial y la cuantificación de la $PefCO_2$ por capnometría, la diferencia entre ambas que presenten los pacientes sin patología previa, y aquellos con antecedentes de enfermedad cardiovascular y/o pulmonar sometidos a colecistectomía laparoscópica electiva.

PACIENTES Y MÉTODOS

Con la aprobación del comité de ética institucional, se realizó un estudio prospectivo, longitudinal, observacional y comparativo, en pacientes seleccionados para cirugía laparoscópica, bajo anestesia general, en los quirófanos centrales del Hospital General de México, durante el periodo comprendido entre septiembre de 1997 a febrero de 1998.

Los sujetos fueron agrupados de acuerdo al estado cardiovascular y pulmonar preoperatorio. En el grupo I fueron incluidos 20 pacientes con función cardiopulmonar normal, los cuales, de acuerdo a la clasificación de la Sociedad Americana de Anestesiólogos, se encontraban en ASA I. El grupo II lo conformaron 20 sujetos con diagnóstico previo de enfermedad cardiovascular (hipertensión arterial) y/o pulmonar (tabaquismo, bronquitis crónica, EPOC), clasificados como ASA II-III.

Previo consentimiento firmado, en la sala de preoperatorio se realizó valoración y medicación preanestésica y se canalizó una vena periférica con solución Hartmann. En la sala quirúrgica, todos los pacientes fueron vigilados continuamente durante el procedimiento anestésico quirúrgico; parámetros como tensión arterial no invasiva (TANI) mediante baumanómetro y estetoscopio, frecuencias cardíaca y respiratoria, trazo electrocardiográfico en derivación II y la SpO_2 mediante pulso oximetría con un monitor Datex Satlite Plus. Se administró por vía endovenosa citrato de fentanilo (Fentanest) a 3 $mg \times kg$ de narcosis basal. Para la inducción se utilizó etomidato (Hypnomidate) a dosis de 300 $mg \times kg$ y como relajante muscular suxametonio (Anectine) a 1 $mg \times kg$ o vecuronio (Norcurón) a 0.08 $mg \times kg$ para la intubación orotraqueal. Después de esto, inmediatamente se inició el control continuo de la $PefCO_2$ con un capnoscopio Capnomac Ultima™ Datex

Engstrom. Además se colocó sonda orogástrica (Levin) y vesical (Foley). El mantenimiento fue con enflurano a volúmenes % de 1 a 2, dosis adicionales de vecuronio (0.04 $mg \times kg$), fentanilo en bolos de 2 $mg \times kg$, O_2 al 100% en circuito semicerrado y ventilación mecánica con ventilador marca Narkomed, con el ajuste del volumen corriente (VC) de acuerdo al peso (10 mL $\times kg$).

La frecuencia respiratoria fue de 10 por minuto, con un incremento a 12 por minuto para mantener una adecuada cifra de $PefCO_2$. Para la insuflación peritoneal se usó CO_2 , la PIA se mantuvo en 12 mm Hg, en posición de Trendelenburg invertida (Fowler). La colecistectomía por laparoscopia se terminó satisfactoriamente en todos los casos. Las muestras de sangre arterial se analizaron en un gasómetro marca Mallinckrodt Medical; los valores de $PaCO_2$ y pH mediante la toma de sangre de la arteria radial, y de la $PefCO_2$ que marcó la capnometría se obtuvieron simultáneamente. La primera, después de la inducción, se tomó como cifra basal preinsuflación, la segunda a los 15 minutos posterior a la insuflación en la cavidad peritoneal de CO_2 , y la tercera al finalizar el procedimiento quirúrgico y liberado el capnoperitoneo en ambos grupos. Los datos obtenidos, se analizaron con la prueba de t de Student no pareada y análisis de varianza (ANOVA).

RESULTADOS

Fueron estudiados 40 pacientes, 34 mujeres y seis hombres distribuidos de la siguiente manera: 20 sujetos en el grupo I, 18 del sexo femenino y dos del masculino, con edad promedio de 34 ± 10 años y estado físico ASA de I; en el grupo II, 16 mujeres y cuatro hombres, con edad promedio de 39 ± 9 años y ASA II-III.

Los parámetros ventilatorios obtenidos preinsuflación de CO_2 mostraron diferencia significativa en la $PaCO_2$. Fue de 31 mm Hg en el grupo I y de 35 mm Hg en el grupo II, mientras que la $PefCO_2$ fue de 30 mm Hg en ambos grupos. Los valores de la $PaCO_2$ tomados a los 15 minutos de instalado el capnoperitoneo fueron de 34 mm Hg en el grupo I y de 39 mm Hg en el grupo II ($p < 0.001$); mientras que la $PefCO_2$ resultó similar en ambos grupos, 31 mm Hg para el grupo I y 32 mm Hg para el grupo II. Las cifras de $PaCO_2$ y de $PefCO_2$ posinsuflación no tuvieron significancia estadística entre ambos grupos; respectivamente, los valores fueron de 39 y 37 mm Hg en el grupo I y de 42 y 34 mm Hg en el gru-

po II (Figura 1). El análisis de los valores de la PaCO_2 - PefCO_2 preinsuflación en el grupo I fue de 2.8 mm Hg y de 5.5 mm Hg en el grupo II. Sin embargo, durante el capnoperitoneo y la posinsuflación de la cavidad abdominal, se observó un incremento de esta diferencia en el grupo II, con cifras de 8.1 y 9.9 mm Hg en comparación con el grupo I, que mostró valores de 2.9 y 3.6 mm Hg, respectivamente, con resultados estadísticamente significativos con $p < 0.05$ (Figura 2). Con respecto al pH, las cifras basales (antes de la insuflación) fueron de 7.4 para ambos grupos. Durante el capnoperitoneo y la posinsuflación hubo disminución significativa en el pH arterial; respectivamente, fue de 7.39 y 7.34 en el grupo I, y de 7.34 y 7.32 en el grupo II.

DISCUSIÓN

Con el arribo de nueva tecnología quirúrgica, la colecistectomía laparoscópica se realiza con mucha frecuencia; simultáneamente, el monitoreo transanestésico de la PefCO_2 resulta esencial para vigilar en forma muy estrecha la homeostasis de CO_2 en este tipo de procedimientos quirúrgicos. En una situación de hemodinamia y ventilación estable, la medición de la PefCO_2 durante la anestesia sigue muy de cerca a los cambios en los niveles sanguíneos de CO_2 y resulta, por lo tanto, una guía no invasiva de la PaCO_2 , y la relación entre estas dos variables proporciona datos de gran interés. En Francia, Seguer y colaboradores realizaron un estudio en 60 pacientes sin alteraciones respiratorias, para colecistectomía laparoscópica, con un volumen corriente inicial

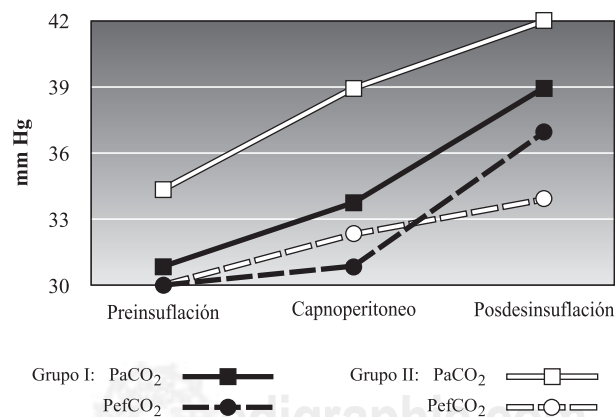


Figura 1. Cambios ventilatorios de acuerdo al estado físico del paciente. Los valores de PaCO_2 (mm Hg) y PefCO_2 (mm Hg) se determinaron preinsuflación, a los 15 minutos después de instalado el capnoperitoneo y posdesinsuflación.

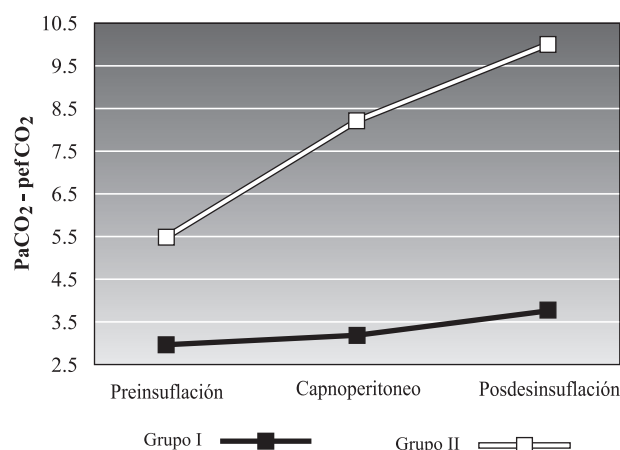


Figura 2. Valores de la diferencia de la presión parcial arterial y espiratoria final de bióxido de carbono ($\text{PaCO}_2 - \text{PefCO}_2$). $p < 0.05$.

de 10 mL x kg y una frecuencia respiratoria de 10 por minuto, y mostraron un aumento en la PaCO_2 - PefCO_2 entre 4 y 5 mm Hg. Resultados similares reportaron Makinen y asociados en 1993.¹⁴

En nuestro trabajo, se compararon dos grupos de pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica; el grupo I incluyó sujetos sin alteraciones cardiopulmonares y el grupo II pacientes con enfermedad cardiovascular y/o pulmonar. Se observó que los resultados de la PaCO_2 y la PefCO_2 fueron similares en el grupo I; mientras que en el grupo II los valores de la gasometría (PaCO_2) resultaron superiores a los que se obtienen mediante capnometría (PefCO_2), con un incremento significativo a medida que se instala el capnoperitoneo y al finalizar el procedimiento, alcanzando cifras de 15 hasta 21 mm Hg de diferencia en estos pacientes; en cambio, el rango de diferencia fue de 7 mm Hg en el grupo I. Wittgen y colaboradores también compararon pacientes ASA I y ASA II-III y obtuvieron una diferencia de 12 mm Hg en sujetos con patología cardiopulmonar y una disminución del pH.³ En 1993, Fox y asociados estudiaron los cambios en la PaCO_2 - PefCO_2 en nueve enfermos con estado físico ASA III-IV sometidos a colecistectomía laparoscópica y observaron un incremento de 10 mm Hg posterior a la insuflación, para alcanzar un valor máximo de 11 mm Hg a los 10 minutos de instalado el capnoperitoneo, con un descenso gradual del pH.¹⁵

Por otro lado, McKinstry LJ y su grupo, en un estudio en el que analizaron nueve casos ASA I-III, no encontraron significancia estadística en estos valores, a pesar de que en un caso la diferencia fue del 8 mm Hg.¹⁶ En nuestro trabajo, el análisis de la gasometría

evidenció, además, una disminución gradual en el pH en ambos grupos, con mayor acentuación en el grupo II, resultados que concuerdan con todas las investigaciones realizadas por otros autores.^{3,14-16} A pesar de los niveles altos de PaCO_2 - PefCO_2 y de la acidosis que se obtuvieron en este trabajo, no se presentaron arritmias transoperatorias y no fue motivo para convertir el procedimiento a colecistectomía abierta. De acuerdo con estos resultados, es de gran utilidad para el anestesiólogo determinar la cifra de la PefCO_2 y relacionarla con el nivel de CO_2 arterial en pacientes sanos. Por lo que es relevante contar con un capnoscopio y la interpretación adecuada de la capnografía y capnometría. Sin embargo, en sujetos con enfermedad cardiopulmonar, el monitoreo debe ser invasivo, es decir, complementarse siempre con gasometría arterial para establecer el incremento de la PaCO_2 - PefCO_2 , porque en estos casos la PefCO_2 , por sí sola, no es un parámetro confiable. Comparar la PaCO_2 y la PefCO_2 permite detectar oportunamente la hipercarbia que ocurre al insuflar el CO_2 en la cavidad peritoneal y establecer de inmediato las medidas necesarias para restituir los niveles normales de este gas. Es por esto que, en la cirugía laparoscópica, se recomienda la anestesia general con intubación orotraqueal, ya que con el apoyo ventilatorio es posible controlar las cifras de CO_2 , ya sea con el aumento de la frecuencia respiratoria o del volumen corriente o de ambos y de esta manera evitar complicaciones mayores.

En conclusión, la colecistectomía laparoscópica con capnoperitoneo está asociada a incremento significativo del CO_2 , que requiere un aumento variable de la frecuencia respiratoria y/o del volumen corriente para mantener el CO_2 dentro de límites normales, en particular en pacientes con enfermedad cardíaca y/o pulmonar, puesto que tienen una respuesta respiratoria diferente frente a la insuflación peritoneal de CO_2 . La elevación del valor de la PefCO_2 es un indicador poco fidedigno de la verdadera condición de estos sujetos y no traduce la cifra real de la PaCO_2 . Es recomendable el análisis periódico de los gases arteriales, porque revela la extensión de hipercarbia y acidosis. Cuando en estos pacientes los valores de PaCO_2 y pH arterial están alterados en forma severa, la PefCO_2 puede variar sólo levemente. Todos los pacientes intervenidos de colecistectomía laparoscópica serán cuidadosamente controlados durante el procedimiento, sobre todo en pacientes de alto riesgo, en los que está justificado el monitoreo invasivo, para identificar las complicaciones que se producen por el capnoperi-

toneo e iniciar las medidas necesarias, que consisten en liberar temporalmente el capnoperitoneo o convertir a cirugía abierta.

BIBLIOGRAFÍA

1. Kendall AP, Bhatt S, Oh TE. Pulmonary consequences of carbon dioxide insufflation for laparoscopic cholecystectomies. *Anaesthesia* 1995; 50: 286-289.
2. Poulin EC, Breton G, Fortin C, Mamazz J, Robert J. Evaluation of respiratory function in laparoscopic cholecystectomy. *Surg Laparosc Endosc* 1992; 2: 292-296.
3. Wittgen MC, Andrus HC, Fitzgerald DS, Baudendistel JL, Dahms ET, Kaminski LD. Analysis of the hemodynamic and ventilatory effects of laparoscopic cholecystectomy. *Arch Surg* 1991; 126: 997-1001.
4. Hodgson C, McClelland RMA, Newton JR. Some effects of peritoneal insufflation of carbon dioxide at laparoscopy. *Anaesthesia* 1970; 25: 382.
5. Puri GD, Singh H. Ventilatory effects of laparoscopy under general anaesthesia. *Br J Anaesth* 1992; 68: 211.
6. Biobner M, Felber AR, Göglér S et al. Carbon dioxide uptake from pneumoperitoneum during laparoscopic cholecystectomy. *Anesthesiology* 1992; 77: A3.
7. Whitesell R, Asiddao C, Gollman D, Jablonski J. Relationship between arterial and peak expired carbon dioxide pressure during anesthesia and factors influencing the difference. *Anesth Analg* 1981; 60: 508-512.
8. Weingarten M. Vigilancia del anhídrido carbónico y el oxígeno en el sistema respiratorio: Perspectiva de 10 años de trabajo. *El Hospital* 1992; 48: 26-39.
9. Bhavani-Shankar K, Moseley H, Kumar AY, Delph Y. Capnometry and anaesthesia. *Can J Anaesth* 1992; 39: 617-632.
10. Brown DR, Fishburnst JI, Roberson VO, Hulka JF. Ventilator and blood gas changes during laparoscopy with local anaesthesia. *Am J Obstet Gynecol* 1976; 124: 741-745.
11. Yamanaka MK, Sue DY. Comparison of arterial end-tidal PCO_2 difference and dead space/tidal volume ratio in respiratory failure. *Chest* 1987; 92: 832-835.
12. Nathaniel JS. Effect of nonbiliary problems on laparoscopic cholecystectomy. *Am J Surg* 1993; 165: 522-526.
13. Brampton WJ, Watson RJ. Arterial to end-tidal carbon dioxide tension difference during laparoscopy. Magnitude and effect of anaesthetic technique. *Anaesthesia* 1990; 45: 210-214.
14. Makinen MR, Aromaa U. Arterial to end tidal PCO_2 difference during carbon dioxide pneumoperitoneum. *Acta Anaesth Scand* 1993; 37: S100.
15. Fox LG, Hein HAT, Gawey BJ, Hellman CL, Ramsay MAE. Physiologic alterations during laparoscopic cholecystectomy in ASA III-IV patients. *Anesthesiology* 1993; 79: A55.
16. McKinstry LJ, Perversett RA, Yip RW. Arterial and end tidal carbon dioxide in patients undergoing laparoscopic cholecystectomy. *Anesthesiology* 1992; 77: A108.

Dirección para correspondencia:

Dra. G Patricia López-Herranz
Hospital General de México.
Servicio de Anestesiología
Dr. Balmis 148
Col. Doctores
06726 México, D.F.