

Ventilación por presión vs ventilación por volumen y su impacto en el nivel de CO₂ expirado en una cirugía laparoscópica

Dr. Miguel Ángel Larriva-Cerda,* Dr. Javier Valero-Gómez,** Dr. Luis Alberto-Barrientos,***
Dr. Fernando Castilleja-Leal,**** Dr. Luis Alonso-Morales,***** Ana Cristina González-Estavillo,*****
Dra. Lizbeth Ortega-Suárez,* Óscar Adrián Larriva-Cerda,***** Óscar Israel García-Espíndola*****

* Residente en la especialidad de Anestesiología. Programa Multicéntrico de Especialidades Médicas del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey y la Secretaría de Salud.

** Anestesiólogo. Director Médico del Hospital San José Tec. de Monterrey, Profesor del Programa de Postgrado en Medicina Crítica, Escuela de Graduados en Medicina del ITESM. Asesor de especialidad.

*** Anestesiólogo con subespecialidad en Medicina Crítica. Profesor del Programa de Postgrado en Medicina Crítica, Escuela de Graduados en Medicina del ITESM. Asesor de especialidad.

**** Médico Internista con subespecialidad en Medicina Crítica. Profesor del Programa de Postgrado en Medicina Interna, Escuela de Graduados en Medicina del ITESM. Asesor de especialidad.

***** Profesor de la especialidad de Medicina Interna. Investigador Clínico del Hospital San José Tec. de Monterrey. Asesor Metodológico.

***** Estudiante de 5to. año de Medicina en la Escuela de Medicina «Ignacio A. Santos», ITESM.

***** Estudiante de Licenciatura en Economía, Facultad de Economía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Asesor estadístico.

Solicitud de sobretiros:

Dr. Miguel Ángel Larriva-Cerda.
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Escuela de Medicina. Hospital San José Tec. de Monterrey. Hospital Metropolitano «Dr. Bernardo Sepúlveda». Secretaría de Salud de Nuevo León. Departamento de Anestesiología.
E-mail: mdlarriva@gmail.com

Recibido para publicación: 28-10-11.

Aceptado para publicación: 23-03-12.

Este artículo puede ser consultado en versión completa en
<http://www.medigraphic.com/rma>

RESUMEN

El manejo anestésico ha tenido que adecuarse a los requerimientos de una cirugía laparoscópica para poder mantener los niveles sanguíneos de CO₂ dentro de los límites más cercanos posibles a la normalidad. El equilibrio ante la producción y eliminación de este gas se ve alterado por la introducción en la cavidad peritoneal de una cantidad importante de CO₂, gas actualmente utilizado para hacer la insuflación neumoperitoneo. El propósito del presente estudio es conocer los parámetros adecuados de ventilación controlada por presión en cirugías laparoscópicas y establecer una comparación con la ventilación controlada por volumen para determinar en cuál de estos dos modos de ventilación hay una disminución del CO₂ expirado. El tamaño de la muestra fue de 92 pacientes de 18-80 años de edad ASA I-II que no presentaran enfermedad cardiopulmonar de base y que estuvieran programados para colecistectomía laparoscópica. El total de la muestra se dividió al azar en dos grupos de 46 pacientes, los cuales fueron manejados con anestesia general balanceada y a cada grupo se le asignó un modo de ventilación. Las variables medidas al inicio, durante y al final del neumoperitoneo fueron saturación de oxígeno, frecuencia cardíaca, presión arterial, volumen tidal, volumen minuto, presiones de vía aérea, dióxido de carbono al final de la espiración (ETCO₂) y la presión intraabdominal utilizada. El análisis estadístico se realizó por medio de datos panel, con efectos aleatorios analizados en el programa estadístico STATA 11. Se encontraron diferencias significativas en los niveles de ETCO₂, siendo menor en el grupo con ventilación controlada por volumen y aún más importante en pacientes de sexo femenino.

Palabras clave: Laparoscopia, ventilación por presión, CO₂ expirado.

SUMMARY

The anesthetic management has been fitted to the needs of the laparoscopic surgery, as a way to keep the blood CO₂ levels in between the physiologic needs. The equilibrium between the production and elimination of this gas, seems to be affected by the introduction of a large amount of CO₂ in the abdominal cavity, gas normally used in this surgery to insuflate and start a pneumoperitoneum. The purpose of this study is to know the adequate parameters in the pressure controlled ventilation in laparoscopic surgery and make a comparison against the volume controlled ventilation to determine in which of the 2 modes establish a diminutive end tidal CO₂. The sample size was 92 patients between 18 and 80 years old with an ASA I-II classification, who didn't present cardiopulmonary illness and were programmed for laparoscopic

cholecystectomy. The total of the patients were randomly divided into 2 groups of 46 patients each, they all were managed by general anesthesia and every group was assigned with a ventilation mode. The measured parameters at the beginning, during, and at the end of the pneumoperitoneum were oxygen saturation, cardiac frequency, blood pressure, tidal volume, minute volume, air way pressures, end tidal CO₂, and intraabdominal pressure. The statistical analysis was realized by panel data with random effects, analyzed by the program STATA 11. There were found significant differences in the levels of end tidal CO₂, being lower in the pressure controled ventilation group, and even more markedly in female patients.

Key words: laparoscopic surgery, pressure controlled ventilation, end tidal CO₂.

INTRODUCCIÓN

El manejo anestésico ha tenido que adecuarse a los requerimientos de una cirugía laparoscópica para poder mantener los niveles sanguíneos de CO₂ dentro de los límites más cercanos posibles a la normalidad. El equilibrio ante la producción y eliminación de este gas se ve alterado por la introducción en la cavidad peritoneal de una cantidad importante de CO₂, gas actualmente utilizado para hacer la insuflación.

El neumoperitoneo consiste en la insuflación de un gas inerte en la cavidad peritoneal a través de una aguja de Verres (aguja con protección para no dañar las vísceras). Sin el neumoperitoneo es imposible operar, pues no habría espacio para el desplazamiento de los instrumentos y la correcta manipulación de órganos^(2,3).

El gas que se utiliza es el CO₂, pero pueden utilizarse otros como el helio y el óxido nitroso. Éstos se deben utilizar laparoscópicamente a una presión máxima de 12 mmHg y debe mantenerse constante, lo cual se logra a través del insuflador, aparato que inyecta CO₂ en la cavidad peritoneal a un flujo variable; dependiendo de la necesidad, se regula automáticamente por sistemas electrónicos^(1,2). Si la presión del CO₂ sube a 15 mmHg traerá consigo múltiples problemas, como por ejemplo: enfisema subcutáneo, disminución del retorno venoso por retención en el área esplácnica e ingurgitación yugular, sobrecarga ventricular y congestión, incremento de la capnia (CO₂ en sangre) y de la capnografía (CO₂ exhalado).

A pesar de su frecuente uso, el neumoperitoneo produce alteraciones importantes en la fisiología cardiovascular y sobre todo respiratoria del paciente. Estas alteraciones fisiopatológicas son secundarias a los cambios de la posición en que se coloca al paciente, al aumento de la presión intraabdominal (PIA) y a la absorción hacia el torrente circulatorio del CO₂ insuflado intraperitonealmente^(4,5).

El CO₂ utilizado para establecer el neumoperitoneo tiene como principales desventajas el causar irritación peritoneal e hipercapnia. Esta última puede producirse porque el gas

se difunde y se absorbe fácilmente a través de la superficie peritoneal^(5,6).

El dióxido de carbono utilizado para la insuflación durante la cirugía puede producir acidosis respiratoria por la absorción del mismo por el peritoneo. En algunos casos, como en la insuflación retroperitoneal, esta acidosis e hipercapnia persiste por algunas horas en el postoperatorio⁽⁷⁾. Estudios previos han descrito un aumento del 15% en el CO₂ expirado durante el neumoperitoneo^(5,8), mientras que otros autores comentan que mantener una presión fija en aproximadamente 30 mmHg expirados ayuda a mantener niveles de 40 mmHg durante la insuflación y el procedimiento quirúrgico^(6,9).

No obstante, no se han realizado estudios que comparen el uso de ventilación por presión y por volumen, su efecto directo en la cantidad del CO₂ expirado y su impacto en la mecánica ventilatoria ya afectada por la insuflación intraabdominal⁽⁹⁾.

MATERIAL Y MÉTODOS

Previo a recolectar cualquier dato del presente estudio de investigación, se solicitó la autorización a la Dirección de Enseñanza del Hospital Metropolitano «Dr. Bernardo Sepúlveda». Asimismo, se cuenta con la autorización del protocolo por las Comisiones de Ética y de Investigación de la Escuela de Medicina del Tecnológico de Monterrey Fundación Santos y de la Garza Evia IBP Hospital San José Tec. de Monterrey.

La población del presente estudio se conformó por pacientes programados para cirugía de colecistectomía laparoscópica en el Hospital Metropolitano «Dr. Bernardo Sepúlveda». Para fines del presente estudio, el muestreo fue aleatorio en aquellos pacientes que voluntariamente desearon participar. Además, el tamaño de la muestra fue de un total de 92 pacientes y se asignaron al azar para formar dos grupos de 46 pacientes cada uno. Dicho tamaño de muestra se estimó de acuerdo con un nivel de significancia de 0.05, potencia de 1.64 y tamaño de efecto pequeño ($r = 0.50$), para una prueba unidireccional que garantiza la confiabilidad de los resultados.

Los siguientes conforman los criterios de inclusión y exclusión que se tomaron en cuenta para la realización, esto con el fin de definir con base en cuáles criterios se decidió admitir o descartar a algún candidato a participar en esta investigación, respectivamente.

1. Criterios de inclusión

Pacientes programados para colecistectomía laparoscópica en la hoja diaria de programación del Hospital Metropolitano «Dr. Bernardo Sepúlveda», programados para cirugía electiva, que entiendan, acepten y firmen el consentimiento informado, mayores de 18 años y menores de 80 años.

2. Criterios de exclusión

Pacientes que se nieguen a participar en el estudio, que no acepten o entiendan el consentimiento informado, con diagnóstico de enfermedad pulmonar subyacente, con diagnóstico de enfermedad pulmonar obstructiva crónica, con evaluación por la Asociación Americana de Anestesiólogos (ASA) mayor de 3 y menores de 18 años.

Procedimiento de selección de participantes

Una vez reunidos los criterios de inclusión, fueron asignados aleatoriamente al grupo de ventilación mecánica (sin uso de PEEP), o ventilación por presión (sin uso de PEEP) por aleatorización simple. Los pacientes fueron aleatorizados por medio de la página web <http://www.randomizer.org/>

La evaluación inicial incluye una historia clínica y exploración física completa y detallada. Se incluye un PEEA (padeamiento, evolución y estado actual), antecedentes médicos, tanto personales como heredofamiliares, interrogatorio por aparatos y sistemas, así como medicamentos y tratamientos actuales. Además, se realizó una monitorización no invasiva con establecimiento de los parámetros basales a la entrada del paciente a la sala quirúrgica con el instrumento «Registro de ventilación por presión vs ventilación por volumen. impacto en el CO₂ expirado en cirugía laparoscópica». Dicho instrumento fue diseñado por el autor principal del presente estudio e incluyó datos relevantes al manejo y respuesta ventilatoria del paciente, entre ellos edad, peso y talla.

Posteriormente, se efectuó la inducción anestésica con midazolam (.05 mg/kg), fentanilo (2-5 ug/kg), propofol (1-2 mg/kg) y rocuronio (0.6 mg/kg). Además, el mantenimiento anestésico se llevó a cabo con sevoflurano a mantener un 1.0 a 1.4 MAC y fentanilo en bolo para mantener una dosis de 2.5 ug/kg/h. Por lo tanto, los pacientes se mantuvieron con ventilación por volumen a 7 mL de volumen tidal por kg de peso o por ventilación por presión, la necesaria para mantener también un volumen de 7 mL/kg de volumen corriente. Todos

los pacientes se conservaron a una ventilación controlada con frecuencia de 12 respiraciones por minuto.

Todas las anestесias fueron manejadas con máquinas de anestesia S/5 Aespire de GE Health Care, con modelos de ventilador 7100. El monitoreo de la cirugía se mantuvo con Cardiacap/5 Gas Frame de GE Health Care y la medición del CO₂ se hizo con el Anesthesia Software S-XANE01 y medidor de capnografía externo N-XC, Side Stream CO₂.

Al iniciar la anestesia general, se tomó registro de las variables a estudiar en el primer minuto después de la intubación (T0): saturación de oxígeno, frecuencia cardíaca, presión arterial, volumen tidal, volumen/minuto, volumen/kg, presiones de vía aérea (presión pico, presión media, presión Platea), ETCO₂ y la presión intraabdominal utilizada. Se realizaron las mismas mediciones a los 5 minutos después de iniciado el neumoperitoneo (T1), a los 20 minutos (T2), otra inmediatamente después de finalizar el neumoperitoneo (T3) y una última antes de extubar al paciente (T4).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se realizó por medio de Datos panel, con efectos aleatorios analizados en el programa estadístico STATA11 (2010, StataCorp 4905 Lakeway Drive College Station, TX 77845). Se generaron las siguientes variables Dummy:

Tratamiento	Presión = 0 Volumen = 1
Sexo	Hombre = 0 Mujer = 1
Edad	18-59 = 0 60 y más = 1

RESULTADOS

Se incluyeron 92 pacientes al estudio, no hubo diferencias respecto a las características de ambos grupos en cuanto a edad, peso o IMC (Cuadro I). De igual forma, los dos grupos fueron sometidos a presiones promedio de neumoperitoneo similares.

El ETCO₂ medido por capnografía fue significativamente menor en el grupo de ventilación controlada por volumen ($p = 0.043$) comparado contra el grupo de presión en 0.91 mmHg. El sexo influye significativamente ($p = 0.001$) en 2.01 mmHg de ETCO₂ expirado, siendo menor en pacientes femeninos (Figura 1 y Cuadro II).

Las presiones pico en vía aérea fueron significativamente menores ($p = 0.028$) en el grupo de ventilación controlada por presión, comparadas contra el grupo de ventilación por volumen en 2.11 cmH₂O, presentando promedios de 17 cmH₂O contra 20 mmH₂O, en el paciente intubado sin neu-

moperitoneo (T1), y de 24 cmH₂O contra 28 cmH₂O en el paciente intubado con neumoperitoneo (T3). El sexo influye estadísticamente ($p = 0.021$) en 2.86 cmH₂O de presión siendo menor en pacientes del sexo femenino. La presión arterial media (PAM) influye igualmente ($p = 0.01$), variando 0.11 cmH₂O por cada mmHg de cambio en la PAM (Figura 2 y Cuadro IV).

Las presiones Plateau en vía aérea fueron significativamente menores ($p = 0.032$) en el grupo de ventilación controlada por presión comparadas contra el grupo de ventilación por volumen en 2.09 cmH₂O, presentando promedios de 15 cmH₂O contra 18 cmH₂O en el paciente intubado sin neumoperitoneo (T1), y de 22 cmH₂O contra 26 cmH₂O en el paciente intubado con neumoperitoneo (T3). El sexo influye estadísticamente ($p = 0.022$) en 2.87 cmH₂O de presión siendo menor en mujeres.

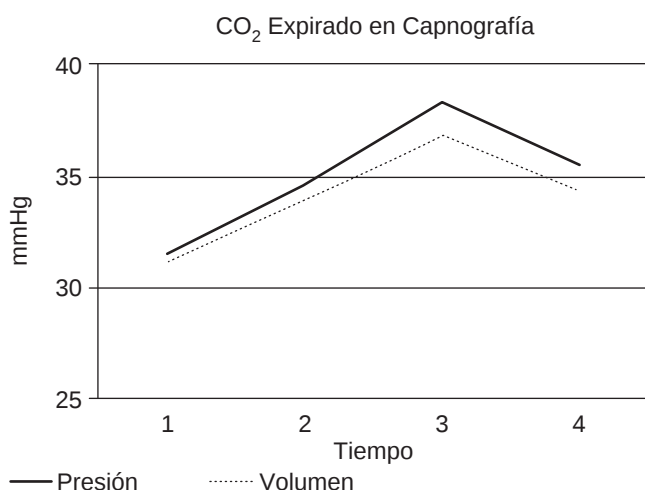


Figura 1. Niveles de dióxido de carbono (CO₂) al final de la expiración respecto al tiempo de duración del neumoperitoneo. Comparativo entre modelos de ventilación para CO₂ expirado.

Cuadro I. Características de grupos para ambos modelos de ventilación.

	Ventilación presión N = 46	Ventilación volumen N = 46
Edad	39.1 (12.53)	42.6 (11.75)
Sexo	F39/M7	F36/M10
Peso	69.69 (15.53) $p < 0.0001$ M: 83.4 $p < 0.81$ F: 67.23 $p < 0.31$	75.34 (12.19) $p < 0.0001$ M: 85.2 $p < 0.81$ F: 72.61 $p < 0.31$
Talla	1.62 (0.08)	1.64 (0.08)
IMC	26.43 (5.3)	27.89 (3.7)

La presión arterial media (PAM) influye igualmente ($p = 0.01$) variando 0.11 cmH₂O por cada mmHg de cambio en la PAM (Figura 3 y Cuadro IV).

CONCLUSIONES

Se examinaron dos modos de ventilación y el efecto que pueden tener en el CO₂ expirado durante la cirugía laparoscópica. Nuestra hipótesis inicial, que sugería que la ventilación por presión mantendría los niveles de CO₂ expirados por debajo de los valores mantenidos en ventilación controlada por volumen, fue descartada por la evidencia. Se logra comprobar que la ventilación por volumen mantiene los niveles del CO₂ expirado a 1 mmHg por debajo de los valores mantenidos por la ventilación controlada por presión. Asimismo, se descubrió que factores como el sexo pueden llegar a aumentar esta diferencia según el modo de ventilación empleado.

Además, las presiones en la vía aérea presentaron cambios importantes entre uno y otro patrón de ventilación. Los resultados arrojan que los individuos manejados con ventilación controlada por presión presentan presiones de vía aérea dos

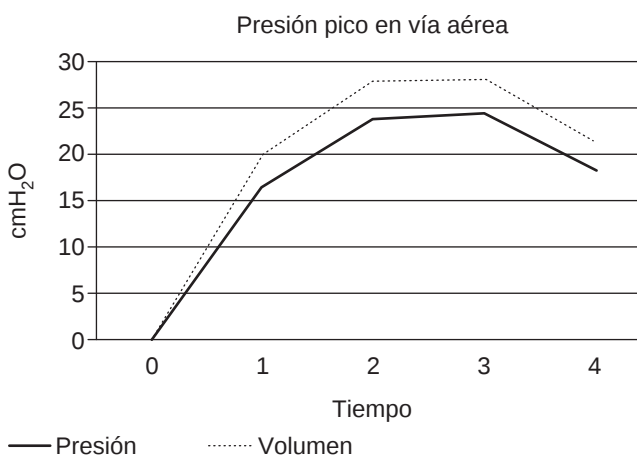


Figura 2. Comparativo entre modelos de ventilación para presión pico.

Cuadro II. Resultados modelo 1 para CO₂ expirado.

ETCO ₂	Coefficiente	p >
Tratamiento	-0.9170	0.043
PAM	0.0282	0.071
Edad	-0.2723	0.595
Sexo	2.0100	0.001
IMC	-0.0720	0.141
Constante	-0.8189	

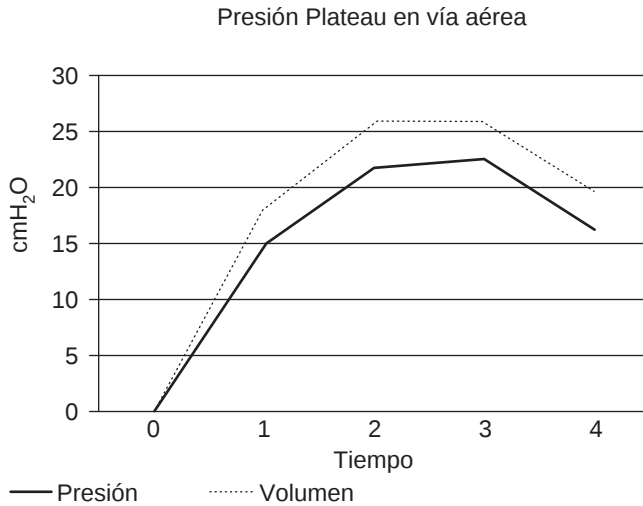


Figura 3. Comparativo entre modelos de ventilación para presión Plateau.

Cuadro III. Resultados modelo 2 para presión pico en vía aérea.

ETCO ₂	Coficiente	p >
Tratamiento	2.1170	0.028
PAM	0.1193	0.001
Edad	-0.0626	0.566
Sexo	2.8600	0.021
IMC	0.3117	0.002
Constante	-6.7948	

Cuadro IV. Resultados modelo 3 para presión Plateau en vía aérea.

ETCO ₂	Coficiente	p>
Tratamiento	2.1960	0.032
PAM	0.1191	0.001
Edad	-0.5321	0.616
Sexo	2.8700	0.022
IMC	-0.3113	0.003
Constante	-8.2533	

unidades por debajo de la comparativa. Cabe destacar que las presiones se ven modificadas también por el sexo, el índice de masa corporal y la presión arterial media.

Tomando en cuenta los datos obtenidos en el estudio, aun a pesar de que la ventilación controlada por presión directamente no mejora el CO₂ expirado en la cirugía laparoscópica, sí ofrece una opción como modelo de ventilación en este tipo de cirugías, ya que las presiones de la vía aérea son menores, disminuyendo los riesgos como barotrauma⁽⁸⁾. Asimismo, mantiene los niveles de CO₂ estables al igual que la ventilación por volumen, pero con una dinámica pulmonar mucho más fisiológica.

Por consiguiente, la ventilación por presión se convierte en una opción sensata durante la cirugía laparoscópica, pues sabiendo los factores que influyen en el CO₂ expirado, se pueden alterar para manejar la ventilación de la manera más apropiada posible, aplicada a las necesidades y características de un paciente en particular.

REFERENCIAS

1. Sabiston D. Tratado de patología quirúrgica. (15ª Ed). Vol. 1 y 2. México: McGraw-Hill Interamericana. 1999.
2. Desmond J, Gordon R. Ventilation in patients anaesthetized for laparoscopy. Canadian Journal of Anaesthesia 1970;17:378-387.
3. Streich B, Decailliot F, Perney C, Duvaldestin P. Increased carbon dioxide absorption during retroperitoneal laparoscopy. British Journal of Anaesthesia 2003;91:793-796.
4. Balick-Weber CC, Nicolas P, Hedreville-Montout M, Blanchet P, Stephan F. Respiratory and haemodynamic effects of volume-controlled vs pressure-controlled ventilation during laparoscopy: a crossover study with echocardiographic assessment. British Journal of Anaesthesia 2007;99:429-435.
5. Sprung J, Whalley D, Falcone T, Wilks W, Navratil J, Bourke D. The effects of tidal volume and respiratory rate on oxygenation and respiratory mechanics during laparoscopy in morbidly obese patients. Anesthesia & Analgesia 2003;97:268-274.
6. Henzler D, Pelosi P, Dembinski R, Ullman A, Mahnen A, Rossaint R, Kuhlen R. Respiratory compliance but not gas exchange correlates with changes in lung aeration after a recruitment maneuver: an experimental study in pigs with saline lavage lung injury. Critical Care 2005;9:471-482.
7. Miner J, Heegard W, Plummer D. End-tidal Carbon Dioxide Monitoring during Procedural Sedation. Academic Emergency Medicine 2002;9:275-280.
8. Lloréns J, Ballester M, Tusman G, Blasco L, García-Fernández J, Jover JL, Belda FJ. 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;26:135-139.
9. Bhavani-Shankar K, Steinbrook R, Brooks D, Datta S. Arterial to end-tidal carbon dioxide pressure difference during laparoscopic surgery in pregnancy. Anesthesiology 2000;93:370.