



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

**SECRETARÍA DE SALUD DE LA CIUDAD DE MÉXICO
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

**CURSO UNIVERSITARIO DE ESPECIALIZACIÓN EN
ANESTESIOLOGÍA**

**“RELACIÓN DEL USO DE PEEP Y LA DIFERENCIA EtCO₂-PaCO₂ DURANTE
LA CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA. ESTUDIO COMPARATIVO”**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN: CLÍNICA

PRESENTADO POR: DR. JOEL VALENTÍN CHÁVEZ VEGA

**PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN:
ANESTESIOLOGÍA**

**DIRECTORES DE TESIS: DR. JOSÉ SALVADOR JUÁREZ PICHARDO
DRA. SONIA LICONA ORTIZ**



CIUDAD DE MÉXICO 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

"RELACIÓN DEL USO DE PEEP Y LA DIFERENCIA EtCO₂-PaCO₂ DURANTE
LA CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA. ESTUDIO COMPARATIVO"

Autor: Dr. Joel Valentín Chávez Vega

Vo. Bo.



Dra. Herlinda Morales López

Profesora Titular del Curso de Especialización en Anestesiología

Vo. Bo.

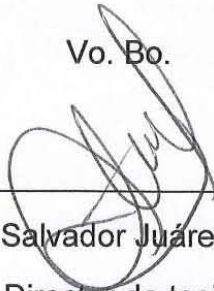


Dr. Federico Lazcano Ramírez
DIRECCION DE EDUCACIÓN
E INVESTIGACIÓN
SECRETARIA DE
SALUD DEL DISTRITO FEDERAL

"RELACIÓN DEL USO DE PEEP Y LA DIFERENCIA EtCO₂-PaCO₂ DURANTE
LA CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA. ESTUDIO COMPARATIVO"

Autor: Dr. Joel Valentín Chávez Vega

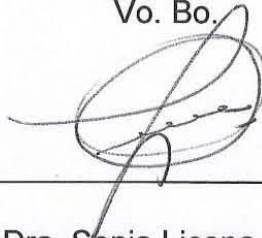
Vo. Bo.



Dr. José Salvador Juárez Pichardo

Director de tesis
Médico Adscrito al Servicio de Anestesiología
Hospital General Enrique Cabrera Cossío

Vo. Bo.



Dra. Sonia Licona Ortiz

Directora de tesis

Jefe de Servicio de Anestesiología
Hospital de Especialidades Belisario Domínguez

ÍNDICE

1. Introducción.....	1
2. Material y Métodos.....	7
3. Resultados.....	11
4. Discusión.....	15
5. Conclusiones.....	18
6. Referencias Bibliográficas.....	19

RESUMEN

Objetivo: Se determinó la correlación entre EtCO₂ y PaCO₂ usando ventilación mecánica con y sin PEEP, en pacientes sometidos a cirugía laparoscópica de forma electiva.

Material y métodos: Se realizó un estudio longitudinal comparativo, que incluyó un total de 22 pacientes programados para colecistectomía laparoscópica, los cuales se distribuyeron en dos grupos de forma aleatorizada: Grupo I de Estudio: Ventilación mecánica con volumen control a 6.6 ml/kg de peso más 8 cmH₂O de PEEP. Grupo II Control: Ventilación mecánica con volumen control a 6.6 ml/kg de peso. Se evaluó el volumen tidal administrado, la frecuencia respiratoria promedio, peso predicho, pH, pCO₂, EtCO₂, HCO₃⁻, presión de neumoperitoneo y la frecuencia respiratoria. El análisis estadístico se llevó a cabo por medio de la prueba de χ^2 pearson y U de Mann-Whitney a través del programa SPSS versión 22.

Resultados: No se encontró diferencia estadísticamente significativa en el gradiente EtCO₂ y PaCO₂ en los grupos que utilizaron PEEP, contra los que no utilizaron PEEP, en ningún momento de la cirugía laparoscópica.

Conclusiones: Es probable que no existan diferencias importantes en la brecha EtCO₂ y PaCO₂ cuando se utiliza ventilación mecánica por volumen control sin PEEP o ventilación mecánica por volumen control con PEEP. No siempre el CO₂ espirado es más bajo que el CO₂ arterial.

Palabras clave: EtCO₂, PaCO₂, ventilación mecánica, PEEP, cirugía laparoscópica.

Abstract:

Objective: Was determined the correlation between EtCO₂ and PaCO₂ was determined using mechanical ventilation with and without PEEP in patients undergoing laparoscopic surgery elective. **Material and methods:** A comparative longitudinal study, which included a total of 22 patients scheduled for laparoscopic cholecystectomy, which were divided into two groups randomly was conducted: Group I: Mechanical ventilation with volume control 6.6 ml/kg with 8 cmH₂O PEEP. Group II: Mechanical ventilation with volume control 6.6 ml/kg. The tidal volume delivered was evaluated, the average breathing rate, predicted body weight, pH, pCO₂, EtCO₂, HCO₃⁻, pneumoperitoneum pressure and respiratory rate. Statistical analysis was performed using χ^2 Pearson test and Mann-Whitney U through the SPSS version 22 program. **Results:** No statistically significant difference was found in the EtCO₂ and PaCO₂ gradient in the groups that used PEEP, against those who did not use PEEP, at any time of laparoscopic surgery. **Conclusions:** It is likely that there are significant differences in the gap EtCO₂ and PaCO₂ when mechanical ventilation is used for volume control without PEEP or mechanical ventilation with PEEP Volume Control. CO₂ exhaled not always be lower than the arterial CO₂

Keywords: EtCO₂, PaCO₂, mechanical ventilation, PEEP, laparoscopic surgery

1. INTRODUCCIÓN

En una revisión bibliográfica realizado por Cochrane se menciona que la cirugía laparoscópica es ampliamente aceptada como método para tratar diferentes enfermedades abdominales.¹

Normalmente el primer paso para la realización de una cirugía laparoscópica es distender el abdomen, insuflando con un gas, lo cual provee suficiente espacio para la visualización y la manipulación de las estructuras. El CO₂ ha sido el gas más usado para la insuflación del neumoperitoneo. A su vez el CO₂ ha sido asociado a varios cambios en los parámetros fisiológicos que pueden afectar la mecánica ventilatoria y cardiovascular, así como la presencia de dolor abdominal posterior a la cirugía, por cantidades de CO₂ aún presentes en la cavidad abdominal. ¹

Dentro de los cambios encontrados durante la realización de una cirugía por vía laparoscópica se han encontrado los siguientes: La posición en Trendelemburg incrementa el riesgo de edema cerebral, y edema de la vía aérea, además del causado por el neumoperitoneo. Se empeora la capacidad residual funcional y la relación ventilación perfusión.²

En la posición de Trendelemburg invertido, la posición con la cabeza en posición vertical extrema conlleva a la disminución del retorno venoso, por lo tanto hipotensión y a su vez con isquemia miocárdica y cerebral.²

Incremento de las resistencias vasculares periféricas, debido a la compresión aórtica y producción de factores neurohumorales tales como la vasopresina y el eje renina angiotensina aldosterona. La compresión de la vena cava inferior reduce la precarga y puede llevar a una disminución del gasto cardiaco. Esto se exagera por la cefalización de las estructuras intratorácicas inducidas por la posición.²

Dentro de los cambios respiratorios que ocurren por la insuflación del abdomen con CO₂ se encuentra la disminución de la compliance pulmonar, reducción de la capacidad residual funcional, lo que a su vez conlleva a la generación de atelectasias, alteración en la relación ventilación perfusión e hipoxemia. Durante la cirugía, el CO₂ es absorbido causando un incremento en la presión arterial de CO₂ (PaCO₂), lo cual a su vez se exagera por la alteración entre la relación ventilación perfusión.²

Dentro del manejo anestésico se recomienda que se realice una intubación orotraqueal, relajación neuromuscular y manejar ventilación por presión positiva. Todo esto para prevenir la aspiración gástrica, un adecuado control del CO₂ y facilitar el acceso quirúrgico. ²

Tanto la posición en Trendelenburg y la insuflación del neumoperitoneo durante la cirugía laparoscópica, hacen que sea absolutamente necesario la realización de la ventilación mecánica. La ventilación mecánica usada por modo volumen control, se asegura un adecuado volumen minuto y un volumen tidal predeterminado, a expensas de riesgo de barotrauma, y el uso de presiones altas, principalmente en pacientes obesos. El uso de la ventilación por el modo presión permite altos flujos, minimizando las presiones pico y ha mostrado mejorar el reclutamiento alveolar y la oxigenación en pacientes obesos durante la cirugía laparoscópica. El agregar el uso de presión positiva al final de la espiración (PEEP) ha sido usado para minimizar el des-reclutamiento, aunque esto debería ser usado cautelosamente, ya que puede comprometer el gasto cardiaco, sumado a los efectos del neumoperitoneo. ²

Para la realización de una cirugía por vía laparoscópica se ha puesto énfasis en la necesidad de realizar ventilación mecánica con monitoreo a base de capnografía. Existen 3 indicaciones para el uso de capnografía/capnometría: verificación de la adecuada colocación del tubo endotraqueal, evaluación de la circulación pulmonar y estado respiratorio y tercero optimización de la ventilación mecánica.³

Es importante resaltar que la capnografía provee información valiosa acerca de la eficiencia de la ventilación. La brecha entre CO₂ espirado (ET CO₂) y PaCO₂ se incrementa cuando el espacio muerto se incrementa. De hecho la brecha entre ET CO₂ y PaCO₂ varía con el paso del tiempo en el mismo paciente.³

Altas frecuencias respiratorias pueden afectar las capacidades de la capnografía. La presencia de alta resistencia en la vía aérea o la relación inspiración espiración pueden disminuir la exactitud de la medición de capnografía lateral, comparada con la capnografía en la línea principal.³

Por otro lado el ETCO₂, se refiere a la presión parcial de CO₂ al final de la espiración puede ser usado como guía para el mantenimiento del volumen minuto durante la ventilación mecánica. Se considera que la PaCO₂ excede el nivel de ETCO₂, esto se debe a la difusión del CO₂ pasando de un nivel de relativamente alta presión a uno de baja presión, en este caso de los capilares pulmonares a los alveolos, tal que incrementa en el espacio muerto anatómico, en el espacio muerto fisiológico y la presencia de embolismo pulmonar. En el mismo artículo se menciona que el espacio muerto anatómico y fisiológico incrementa al aumentar la edad, lo cual a su vez puede aumentar el gradiente entre PaCO₂ y ETCO₂. Por lo anterior se deduce que la monitorización con capnografía debe tomarse cautelosamente como indicador fiel de la PaCO₂.⁴

En un estudio realizado por Flanagan et al, se reportó que el ETCO₂ nos da una aproximación más exacta durante hipercarbia severa. En un estudio realizado por Razi E. et al se menciona que existe una fuerte relación entre los niveles de ETCO₂ y PaCO₂ durante la ventilación mecánica, incluyendo modalidades tales como SIMV y tubo en T, y generalmente los niveles de ETCO₂ son más bajos que los niveles de PaCO₂. En pacientes sanos se menciona que el gradiente varía entre 2-5 mmHg⁵ Como es sabido, la concentración inhalada de oxígeno, así como el uso de PEEP, afectan el volumen del espacio muerto alveolar.⁵

En este artículo se refiere que el ETCO₂ no es un parámetro confiable para estimar la PaCO₂ durante una cirugía laparoscópica, ya que la insuflación de la cavidad abdominal con CO₂ incrementa las atelectasias, disminución de la capacidad residual funcional y aumenta la relación ventilación perfusión. Las concentraciones altas de oxígeno, refiriéndose a FiO₂ mayores a 50% y el uso de PEEP, se refiere que disminuyen el gradiente ETCO₂ PaCO₂, presumiblemente por la absorción de las atelectasias, por lo que concluyen que las metas a lograr de ETCO₂ deben ser ajustadas de acuerdo a los parámetros ventilatorios utilizados.⁶

Se ha mencionado que la hipocapnia se limita a casos específicos desde que sus efectos deletéreos han sido reportados, no solo a nivel cerebral sino también el compromiso hemodinámico que se presenta. La hipocapnia sólo se debería mantener máximo por 20 minutos, únicamente en casos de herniación cerebral inminente o para mantener el campo quirúrgico limpio.⁷

En otro artículo se refiere que la hipocapnia asociada a hiperventilación y por ende a alcalosis respiratoria tiene un amplio rango de efectos fisiológicos, incluyendo aumento de la presión intracerebral, disminución del flujo sanguíneo cerebral, disminución del consumo de oxígeno cerebral y también del metabolismo cerebral. A su vez se ha reportado disfunción cognitiva y aumento de la estancia intrahospitalaria.⁸

Cambios agudos en el equilibrio ácido base induce efectos regulatorios en la estructura y función de proteínas y enzimas, las cuales llevan funciones celulares específicas, tales como glicólisis, gluconeogénesis, mitosis, síntesis de DNA, etc.⁹

En otros artículos se refiere que los efectos de la hiperventilación e hipocapnia son muchos. Pueden causar vasodilatación lo cual a su vez puede causar reducción del retorno venoso, disminución del llenado ventricular y por ende disminución del gasto cardíaco y de la tensión arterial. También puede causar prolongación del intervalo QT y arritmias cardíacas.¹⁰

Con el uso de protección ventilatoria se ha demostrado mejoramiento de la función ventilatoria posoperatoria, disminución en la puntuación sobre enfermedades infecciosas pulmonares, aunque no ha tenido repercusión en la estancia intrahospitalaria.¹¹

En varios artículos se ha mencionado que el uso de volúmenes tidales altos causa sobredistensión, aunado al cierre cíclico de las vías aéreas resulta en daño epitelial y del parénquima.¹²

Otro beneficio de utilizar volúmenes bajos durante la ventilación mecánica es el de disminuir el riesgo de volutrauma. El actual paradigma es el de usar peso predictivo contrario al peso real del paciente.¹³

Aún se encuentra por definir si el uso de ventilación mecánica con volúmenes bajos disminuye la progresión hacia el síndrome de dificultad respiratoria aguda, aunque sí se ha determinado que el uso de volúmenes altos puede progresar hacia dicho síndrome.¹⁴

Las complicaciones pulmonares son la principal causa de morbimortalidad en pacientes sometidos a anestesia general. La inducción de la anestesia se encuentra acompañada de una reducción del volumen pulmonar y una rápida formación de atelectasias. De cualquier forma pocas intervenciones han sido claramente identificadas que disminuyan las complicaciones pulmonares.¹⁵

La evidencia clínica ha demostrado que el uso de volúmenes tidales altos pueden causar sobredistensión alveolar y producir daño pulmonar.¹⁵

El uso de una protección ventilatoria usando volúmenes tidales bajos (4-8 ml/kg) y el uso de PEEP se ha estipulado que es beneficiosa en pacientes que padecen síndrome de dificultad respiratoria aguda. A su vez también se han realizado estudios en pacientes en los que se ha utilizado volúmenes tidales bajos durante procedimientos quirúrgicos, encontrando disminución de complicaciones posoperatorias, incluyendo la atenuación de la respuesta inflamatoria, mejorando la función pulmonar y minimizar potencialmente la desaturación.¹⁵

Por otro lado durante la ventilación mecánica se ha utilizado el capnógrafo como instrumento de medición para evaluar constantemente la presión de CO₂ a nivel pulmonar, sin embargo, es probable que el nivel de CO₂ no tenga una relación directa con la presión arterial de CO₂, inclusive puede haber mayor variabilidad usando diferentes modos ventilatorios. Aunado a esto se encuentra la situación de que durante una intervención quirúrgica por vía laparoscópica se utiliza comúnmente CO₂ para crear el neumoperitoneo para poder tener visión directa de los órganos intraabdominales, ocasionando un aumento de la presión de CO₂ en sangre arterial y por lo tanto alterar el gradiente ETCO₂-PaCO₂².

Hoy en día la cirugía laparoscópica se encuentra entre las más practicadas por los beneficios que trae consigo, como es una menor estancia intrahospitalaria y menor exposición quirúrgica. En 2004 se realizaron aproximadamente unas 100,000 en México¹⁶. Debido a estas cifras se hace indispensable tener una mayor certeza acerca del estado fisiológico del paciente durante la intervención quirúrgica. Comprobar si existe una relación directa entre los niveles de CO₂ y ETCO₂ durante una cirugía laparoscópica es factible, ya que en los hospitales donde se realizan este tipo de intervenciones se cuenta con los aditamentos necesarios para poder realizar una correlación entre estas variables, y al realizarse esta investigación se puede proponer ajustar el manejo anestésico en este tipo de pacientes, y con esto saber si el uso de PEEP modifica el gradientes EtCO₂ PaCO₂ durante la ventilación mecánica en la cirugía laparoscópica.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Previa autorización por parte del Comité de Ética del Hospital de Especialidades Belisario Domínguez, de los Servicios de Salud de la Ciudad de México se realizó un trabajo, considerado como estudio observacional analítico, longitudinal, comparativo, prospectivo, bajo el siguiente procedimiento:

Se registraron todos los pacientes captados en el área de hospitalización del servicio de Cirugía General que estuvieron programados para colecistectomía laparoscópica electiva durante el periodo del 1° de marzo hasta el 31 de mayo del 2016, en el Hospital de Especialidades Belisario Domínguez, dando un total de 22 pacientes divididos en dos grupos. Todos los pacientes fueron mayores de 20 años de edad, programados para colecistectomía laparoscópica, incluyendo desde una valoración preanestésica ASA I hasta ASA III, con un IMC menor a 30 kg/cm².

El objetivo principal del trabajo fue determinar la correlación entre Et CO₂ y PaCO₂ con y sin el uso de PEEP durante la ventilación mecánica en pacientes sometidos a cirugía laparoscópica

Se elaboró un instrumento de recolección de datos, consistente en variables de datos generales, riesgo anestésico, tipo de procedimiento, datos evaluativos, efectos adversos y parámetros vitales del paciente.

Todos los pacientes fueron instruidos con respecto al estudio, sobre el objetivo de mantener la normocapnia durante el procedimiento anestésico, previo consentimiento informado y autorización para el estudio.

Los pacientes fueron distribuidos en dos grupos balanceados de manera aleatoria por muestreo simple sin reemplazo.

Grupo I de Estudio: Ventilación mecánica con ventilador mecánico Datex 7100 con volumen control a 6.6 ml/kg de peso más 8 cmH₂O de PEEP

Grupo control: Ventilación mecánica con ventilador mecánico Datex 7100 con volumen control a 6.6 ml/kg de peso y sin PEEP

El tamaño de la muestra se estableció a conveniencia del investigador. La aleatorización se realizó por medio de tabla de números aleatorios.

El manejo anestésico fue de la siguiente manera:

Premedicación: Midazolam 30 mcg/kg IV, narcosis: Fentanil 3 mcg/kg IV, inducción: Propofol 1.5 mg/kg IV, relajación neuromuscular Vecuronio 80 mcg/kg IV laringoscopia directa con hoja Mac 3 o 4, intubación con cánula endotraqueal Murphy, hombres 7.5 a 8.5, mujeres de 6.5 a 7.5. Mantenimiento: Sevoflurano 1 CAM, fentanil dilución 500 mcg en 100 ml con bomba Baxter® de infusión de 0.039 a 0.065 mcg/kg/min, Oxígeno a 2 lts por minuto, FiO2 al 40%.

La monitorización se llevó a cabo con un monitor de constantes vitales marca Datex Ohmeda, PANI, pulsioxímetro, cardioscopio, analizador de gases anestésicos, capnografía y FiO2.

Posterior a la inducción se realizó técnica de Allen con ultrasonido con transductor lineal de 10 MHz para localizar la arteria radial. Se realizó técnica aséptica, posteriormente se infiltró con lidocaína simple al 1% y se canalizó con catéter intravascular 22 G. Después se conectó a solución heparinizada con una concentración a 1 UI por ml, y se obtuvieron gasometrías arteriales de acuerdo al momento (M) 1, 2, 3, 4.

Dichos momentos corresponden a antes de la insuflación de la cavidad peritoneal con CO2, y tres tomas cada quince minutos posterior a la insuflación del neumoperitoneo con CO2. Durante cada toma de gasometría se registró en ese preciso momento cada variable a determinar, que fue la presión del neumoperitoneo, y la frecuencia respiratoria administrada, haciéndose corresponder con el reporte gasométrico específico.

En ambos grupos se determinó la diferencia entre los valores de Et CO2 y PaCO2 durante la ventilación mecánica en modo volumen control con y sin uso de PEEP previo a la insuflación abdominal del neumoperitoneo.

Se determinó la diferencia entre los valores de Et CO₂ y PaCO₂ durante la ventilación mecánica en modo volumen control con y sin uso de PEEP durante la insuflación abdominal del neumoperitoneo con y sin uso de PEEP y su relación con la frecuencia respiratoria en los momentos sugeridos.

Se valoró también en cuál de los dos grupos hubo mayor correlación (menor diferencia) de los niveles de Et CO₂ y PaCO₂,

Se determinó la correlación entre la brecha de EtCO₂ y PaCO₂ y el estado ácido base durante la cirugía laparoscópica.

Las variables que se evaluaron durante la realización del estudio, se enumeran de la siguiente manera:

- 1. Edad (años)*
- 2. Peso (kilogramos)*
- 3. Talla (metros)*
- 4. Peso predicho (kilogramos)*
- 5. IMC (kilogramos/talla²)*
- 6. pH (ácido, normal o alcalino)*
- 7. pCO₂ (Hipercapnia, hipocapnia, normocapnia)*
- 8. EtCO₂ (Hipercapnia, hipocapnia, normocapnia)*
- 9. PEEP (mmHg)*
- 10. Brecha o gradiente EtCO₂ y PacO₂, es la diferencia entre el valor de CO₂ espirado y CO₂ arterial, definiendo una brecha negativa como aquella donde la PaCO₂ es más baja que el EtCO₂, una brecha corta como aquella donde hay una diferencia entre ambos de 1 hasta 8 mmHg, quedando la PaCO₂ en un rango más alto comparado al EtCO₂ y una brecha amplia como aquella donde hay una diferencia mayor a 8 mmHg entre uno y otro, nuevamente quedando la PaCO₂ más alta.*

Los valores determinados se presentaron de forma descriptiva como mediana, valor mínimo y valor máximo. Se utilizaron valores demográficos para prueba de homogeneidad con Chi cuadrada se determinaron para observar el tipo de distribución, estableciendo las pruebas de inferencia paramétricas y no paramétricas.

La hipótesis nula fue que la brecha entre los valores de EtCO₂ y PaCO₂ no son diferentes entre los pacientes que recibieron ventilación mecánica por volumen sin uso de PEEP contra aquellos que recibieron ventilación mecánica por volumen con PEEP.

La hipótesis alternativa fue que la brecha entre los valores de EtCO₂ y PaCO₂ son diferentes entre los pacientes que recibieron ventilación mecánica por volumen sin uso de PEEP contra aquellos que recibieron ventilación mecánica por volumen con PEEP.

El método estadístico se realizó por medio de prueba Chi 2 como prueba de inferencia no paramétrica, U de Mann Whitney y correlación de Spearman con el programa SPSS versión 22 para Windows 10. Los cuadros se realizaron con el programa Microsoft Power Point 2010.

3. RESULTADOS

Se estudió un total de 22 pacientes; ninguno se eliminó del estudio, quedando en el grupo 1, 13 pacientes, de los cuales, el 100% fueron mujeres, y en el grupo 2, 9 pacientes, fueron mujeres correspondiendo al 88.8%. No se encontró diferencia estadísticamente significativa en ambos grupos en cuanto a edad, peso, talla, peso predicho, volumen corriente administrado ni frecuencia respiratoria, dando un valor de $p > 0.05$. Se reportó la mediana debido a la distribución de datos.

Cuadro 1. Descripción General de las Variables

Variables	Grupo 1		Grupo 2		Valor estadístico
	n=13		n=9		
	Mediana (mín/máx)		Mediana (mín/máx)		
Peso	70	(50/86)	60	(52/86)	0.421 ^b
Edad	46	(40/55)	48	(42/55)	0.365 ^b
Talla	1.53	(1.5/1.67)	1.58	(1.5/1.67)	0.401 ^b
Género	13	100%	8	88%	0.000 ^a
Peso predicho	46	(43.3/58)	50.54	(43.3/58.6)	0.401 ^b
Volumen tidal	303	(288/387)	333.5	(286/387)	0.401 ^b
Frecuencia respiratoria	18	(14/24)	17	(14/24)	0.219 ^b

a) Chi cuadrada

b) U de Mann Whitney

No se observó diferencia estadísticamente significativa entre los grupos que utilizaron ventilación mecánica por volumen más PEEP, contra los que no utilizaron PEEP en cuanto al gradiente EtCO₂ y PaCO₂ ($p>0.05$).

Se encontró que los pacientes presentaron una clara diferencia entre los valores de EtCO₂-PaCO₂, quedando incluso negativa en 7 pacientes, y en 4 pacientes se encontró una brecha mayor a 8. El resto de los pacientes, en este caso 11, se mostró que presentaron una brecha corta, sin embargo en ningún grupo de los previamente mencionados se encontró que hubiera una diferencia estadísticamente significativa. Tampoco hubo diferencia entre el estado ácido base y si la brecha fue negativa, corta o amplia, aún en ambos grupos, con una $p>0.05$ (cuadro 2)

Cuadro 2. Relación entre la Brecha EtCO₂ PaCO₂ y el Estado Ácido-Base en Ambos Grupos

		Estado Ácido base				Valor estadístico		
Grupos	Rango brecha	Acidosis	Normal	Alcalino	Total	P ^(a)	P ^(b)	R de Spearman
Sin PEEP	negativo	0	2	0	2	0.312	0.342	0.28
	corto	0	6	2	8			
	amplio	1	2	0	3			
Con PEEP	negativo	0	3	2	5	0.358	0.21	0.43
	corto	0	3	0	3			
	amplio	0	1	0	1			
Total	negativo	0	5	2	7	0.222	0.111	0.37
	corto	0	9	2	11			
	amplio	1	3	0	4			
	Total	1	17	4	22			

a) Chi Cuadrada Pearson, b) Correlación de Spearman. Rango, brecha: Negativo < 0, Corto entre 0 y 8, Amplio, más de 8.

No se encontró diferencia estadísticamente significativa en la brecha EtCO₂-PaCO₂ en ningún momento (Cuadro 3), tanto antes como durante la administración de neumoperitoneo, utilizando prueba t para para dos muestras suponiendo varianzas iguales, dado que la t calculada en todos los momentos, se reporta inferior a la t crítica, utilizando una significancia estadística $p > 0.05$.

Cuadro 3. Valores de T calculados donde se establece el valor de T para determinar si hay diferencia en la brecha EtCO₂-PaCO₂ utilizando PEEP y sin PEEP

	M1		M2		M3		M4	
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2
Negativo	2	4	2	4	2	4	1	4
Corto	8	4	9	4	7	4	10	4
Amplio	3	1	2	1	4	1	2	1
T calculada	1.37		1.29		1.58		1.1	
T crítica	2.08		2.08		2.08		2.08	
$p > 0.05$								

M1: Momento 1, antes de la insuflación del neumoperitoneo; M2, M3, M4, cada uno de estos momentos corresponden a cada 15 minutos entre si posterior a la insuflación del neumoperitoneo.

No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre la presión del neumoperitoneo en la cavidad abdominal con CO₂ y la frecuencia respiratoria empleada para mantener un EtCO₂ como meta de 30 a 32 mmHg entre el grupo que no utilizó PEEP y el grupo al que se le administró PEEP ($p>0.05$) (Cuadro 4). Se requirieron frecuencias respiratorias más altas para poder mantener una valor de EtCO₂ entre 30 y 32 mmHg posterior a la insuflación con neumoperitoneo en ambos grupos, sin encontrar significancia estadísticamente significativa ($p>0.05$).

Cuadro 4. Relación de Porcentajes entre el Neumoperitoneo y Frecuencia Respiratoria para Mantener un EtCO₂ entre 30 y 32 mmHg en los 4 Momentos

	M1%		M2%		M3%		M4%	
Neumoperitoneo (mmHg)	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2
0-5	76.9	88.9	0	0	0	11.1	0	0
5-10	0	0	7.7	0	15.4	0	7.7	0
>10	23.1	11.1	92.4	100	84.6	88.9	92.3	100
<i>Frecuencia respiratoria</i>								
10-14	38.5	77.7	7.7	33.3	7.7	11.1	7.7	0
15-18	53.9	22.3	53.8	44.4	53.9	66.6	53.9	66.6
19-22	7.7	0	30.8	11.1	30.8	11.1	30.8	22.2
>22	0	0	7.7	11.1	7.7	11.1	7.7	11.1
<i>P, significancia estadística</i>	0.519		0.899		0.911		0.655	

4. DISCUSIÓN

Hoy en día como se ha mencionado anteriormente, las cirugías laparoscópicas se encuentran en boga, y se prefiere sobre la cirugía “abierta”, lo que ha llevado al desarrollo del actuar de los anestesiólogos, por lo que se ha propuesto en la norma oficial mexicana que dichas cirugías se lleven a cabo bajo anestesia general, ya que se puede contar con una monitorización más completa, incluyendo el análisis del CO₂ espirado, así como el control de la vía aérea y por ende también una mayor comodidad para el paciente y el cirujano.

En nuestro estudio se encontró un mayor predominio de mujeres en cuanto al género en ambos grupos, correspondiendo esto con la literatura médica, de pacientes que padecen colelitiasis¹⁶.

Nuestros pacientes tuvieron una homogeneidad aceptable en cuanto a variables tales como el peso, talla y edad, y por lo tanto de los parámetros que se modificaron para control ventilatorio, hablamos en este caso del peso predicho, el volumen tidal y las frecuencias respiratorias, contando con una distribución de variables bastante parecida al estudio realizado por Gung⁶, contrastando con el estudio realizado por Satoh⁴, donde incluyen a pacientes en los extremos de la vida.

En cuanto al control de la vía aérea y la capnometría/capnografía, se ha mencionado en varios artículos^{4,5,6} que generalmente se ha encontrado que los valores de CO₂ espirado son más bajos con respecto a los valores arteriales de CO₂, habiendo entre ellos una diferencia desde 2 hasta 5 mmHg, sin embargo nosotros encontramos que las diferencias entre uno y otro pueden variar más de lo reportado actualmente, incluso hasta más de 8 mmHg o en ocasiones invirtiendo la relación, siendo el CO₂ espirado más alto que el valor arterial de CO₂, con una diferencia entre 1 y 2 mmHg (cuadro 2).

Se analizó si existía diferencia en la brecha EtCO₂-PaCO₂, tanto en los pacientes que fueron sometidos a ventilación mecánica sin uso de PEEP, como en aquellos en los que no se utilizó PEEP, encontrando que no hay diferencia estadísticamente significativa en ningún momento del procedimiento, ni antes de la insuflación del neumoperitoneo, como después de la insuflación del mismo.

También se analizó la diferencia entre las frecuencias respiratorias necesarias para alcanzar valores normales de CO₂ espirado de acuerdo a los diferentes momentos, tanto sin insuflación del neumoperitoneo como cada 15 minutos posterior a la insuflación, encontrando que no hay diferencia significativa entre ambos grupos de las frecuencias respiratorias necesarias para lograr el CO₂ espirado ($p > 0.05$), y a su vez se encontró que se requirió de frecuencias respiratorias más altas para lograr un CO₂ espirado normal posterior a la insuflación del neumoperitoneo, no habiendo diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos en cuanto a las frecuencias respiratorias, tal y como menciona Hayden² en su estudio.

Con lo anterior pudimos observar que no se encuentran diferencias estadísticamente significativas en cuanto a los valores arteriales de CO₂, y CO₂ espirado, modificando la ventilación mecánica con o sin uso de PEEP, sin embargo lo anterior se debe tomar con reserva debido al número de pacientes, se necesitan más pacientes para poder completar un mayor tamaño de muestra y que los resultados obtenidos tengan mayor significancia estadística.

El PEEP (presión positiva al final de la espiración), ha sido utilizado como una medida para fomentar el reclutamiento alveolar y disminuir el número de atelectasias, principalmente en pacientes que son sometidos a cirugías laparoscópicas, donde se ve comprometida la compliance pulmonar por la aplicación de CO₂ en la cavidad abdominal², al igual que la posición de Trendelenburg, así como en otro tipo de pacientes, como los obesos que por su masa se ve comprometida la mecánica ventilatoria debido a la compresión de las estructuras torácicas. Sin embargo el uso de PEEP, se ha mencionado que debe ser usado cautelosamente, ya que puede comprometer el gasto cardíaco², al igual que aumentar la posibilidad de causar barotrauma.

En el artículo de Vázquez-García y Pérez-Padilla que habla sobre los valores gasométricos en las diferentes poblaciones de México, se ha mencionado que en la Ciudad de México se maneja un valor promedio de PaCO₂ de 30 mmHg, con un rango estrecho que va de los 29 hasta los 30 mmHg³.

Desde el advenimiento de la monitorización digital en anestesiología, se ha propuesto la utilización de medios cada vez más sofisticados para darnos una idea más cercana del estado interno del paciente, incluyendo en este caso el uso de la capnografía, que como se ha indicado con anterioridad, la PaCO₂ excede los valores de CO₂ espirado, debido a la difusión del CO₂, pasando de un nivel de relativamente alta presión a uno de más baja presión, de los capilares a los alveolos, sin embargo se ha cuestionado cual es la diferencia habitual entre estos dos valores, y se ha comentado en distintos artículos^{3,4,5,6}, que esto puede variar por distintos parámetros que pueden presentarse durante el evento anestésico. En este trabajo se encontró que la diferencia entre estos dos valores puede ir desde valores invertidos hasta diferencias mayores a 8 mmHg.

5. CONCLUSIONES

No existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la diferencia/brecha EtCO₂ y PaCO₂ con ventilación mecánica por volumen control sin PEEP y ventilación mecánica por volumen control con PEEP

El CO₂ espirado puede ser en ocasiones más alto que el valor de CO₂ arterial

Se necesitan frecuencias respiratorias más elevadas durante la insuflación del neumoperitoneo, para mantener valores normales de CO₂ espirado, no encontrando diferencias estadísticamente significativas en este estudio entre la ventilación por volumen con o sin PEEP.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¹ Cheng Y, Lu J, Xiong X, Wu S, Lin Y, Wu T, Cheng N. Gases for establishing pneumoperitoneum during laparoscopic abdominal surgery (Review), *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2013, [Consultado el 24 de febrero del 2016, 18:00 hrs] Issue 1. Art. No.: CD009569. DOI: 10.1002/14651858.CD009569.pub2. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD009569.pub2/pdf/abstract>
- ² Hayden P, Cowman S. Anaesthesia for laparoscopic surgery, *Continuing education in Anaesthesia, Critical Care & Pain*, Volume 11 Number 5 2011 [Consultado el 24 de febrero del 2016, 17:30 hrs] Oxford University Press on behalf of the British Journal of Anaesthesia
- ³ Walsh B, Crotwell D, Restrepo R. Capnography/Capnometry during mechanical ventilation: 2011. *Respiratory care*, april 2011, [Consultado el 24 de febrero del 2016, 20:00 hrs] Vol 56 No 4. AARC Clinical practice guideline
- ⁴ Satoh K, Ohashi A, Kumagai M, Sato M, Kuji A, Joh S, Evaluations of differences between PaCO₂ and ETCO₂ by age as measured during general anesthesia with patients in a supine position, *Hindawi Journal of Anesthesiology* Volume 2015, [Consultado el 26 de febrero del 2016, 16:35 hrs] Article ID 710537, 5 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2015/710537>
- ⁵ Razi E, Moosavi G, Omid K, Saebi A, Razi A, Correlation of End-Tidal carbon dioxide with arterial carbon dioxide in mechanically ventilated patients, *Arch Trauma Res*. 2012 [Consultado el 17 de febrero del 2016, 17:19 hrs] Summer; 1(2): 58–62. Published online 2012 Aug 21. doi: [10.5812/at.6444](https://doi.org/10.5812/at.6444)
- ⁶ Geng G, Hu J, Huan S, Effects of different inhaled oxygen concentration and end-expiratory positive pressure on Pa-etCO₂ in patients undergoing gynecological laparoscopic surgery, *Int J Clin Exp Med* 2013;6 (10):956-959 [Consultado el 24 de febrero del 2016, 20:00 hrs]

- ⁷ Solano M, Castillo I, Niño de Mejía M, Hypocapnia in neuroanesthesia: Current situation. *Rev Colomb Anesthesiol.* 2012 [Consultado el 3 de marzo del 2016, 20:00 hrs] 2012;40(2):137-144
- ⁸ Grüne F, Kazmaier S, Sonntag H, Stolker RJ, Weyland A, Moderate hyperventilation during intravenous anesthesia increases net cerebral lactate efflux, *Anesthesiology* 2014 [Consultado el 5 de marzo del 2016, 16:33 hrs] Feb;120(2):335-42. doi: 10.1097/ALN.0b013e3182a8eb09.
- ⁹ Aristizábal-Salazar R, Calvo-Torres L, Valencia-Arango LA, Montoya-Cañon M, Barbosa-Gantiva O, Hincapie-Bahena V, Acid-base equilibrium: The best clinical approach, *Colombian Journal of Anesthesiology* [Consultado el 3 de marzo del 2016, 16:23 hrs] Volume 43, Issue 3, July–September 2015, Pages 219–224
- ¹⁰ Way M and Hill G, Intraoperative End-Tidal carbon dioxide concentrations: what is the target?, *Anesthesiol Res Pract* 2011 [Consultado el 3 de marzo del 2016 17:00 hrs] 2011;2011:271539. doi: 10.1155/2011/271539. Epub 2011 Oct 25.
- ¹¹ Severgnini P, Selmo G, Lanza C, Chiesa A, Frigerio A, Bacuzzi A, Dionigi G, Novario R, Gregoretti C, de Abreu MG, Schultz MJ, Jaber S, Futier E, Chiaranda M, Pelosi P, Protective mechanical ventilation during general anesthesia for open abdominal surgery improves posoperative pulmonary function, *Anesthesiology* 2013 [Consultado el 3 de marzo del 2016, 21:06 hrs] Jun;118(6):1307-21. doi: 10.1097/ALN.0b013e31829102de.
- ¹² Sutherasan Y, Vargas M, Pelosi P, Protective mechanical ventilation in the non injured lung: review and meta-analysis, *Critical care* 2014 [Consultado el 4 de marzo del 2016, 21:15 hrs] *Crit Care.* 2014; 18(2): 211. Published online 2014 Mar 18. doi: 10.1186/cc13778
- ¹³ Ferguson ND 2012. Is low tidal volumes for all? *JAMA* 2012;308:1689-1690 [Consultado el 4 de marzo del 2016, 21.34 hrs]
- ¹⁴ Fuller BM, Mohr NM, Drewry AM, Carpenter CR, Lower tidal volumen at initiation of mechanical ventilation may reduce progression to acute respiratory distress syndrome: a systematic review. *Critical care* 2013 [Consultado el 5 de marzo del 2016, 22.40 hrs] 2013 Jan 18;17(1):R11. doi: 10.1186/cc11936.

¹⁵ Tao T, Bo L, Chen F, Xie Q, Zou Y, Hu B, Li J, Deng X, *Effect of protective ventilation on posoperative pulmonary complications in patients undergoing general anaesthesia: a meta-analysis of randomised controlled trial*, *BMJ Open* 2014 [Consultado el 24 de febrero del 2016, 20:00 hrs] 2014;4:e005208 doi:10.1136/bmjopen-2014-005208

¹⁶ López Espinosa G et al, 2011 *Laparoscopic Cholecystectomy accomplished in Ambulatory Unit Surgery*. *Cir. gen* vol 33 no. 2 México abr/jun 2011

¹⁷Vazquez Garcia et al, 2000, *Estimated values for blood gas main towns and sites more altitude in Mexico*, *Rev Inst Nal Resp Mex*, Vol 13-Num 1, enero-marzo 2000 p 6-13