

ARTÍCULO ORIGINAL

Determinación del volumen de insuflación de bióxido de carbono y presión intraabdominal en colecistectomía laparoscópica

Carbon dioxide volume insufflation and intraabdominal pressure determination in laparoscopic cholecystectomy

Gloria Patricia López-Herranz

Resumen

Introducción: El volumen de insuflación máximo de bióxido de carbono (CO_2) recomendable en la colecistectomía laparoscópica, presenta diferencias con relación a la capacidad volumétrica individual. Una presión intraabdominal (PIA) de 15 mmHg puede ser excesiva para individuos pediátricos y de talla baja, y en otro caso conveniente para lograr un adecuado capnoperitoneo. El objetivo consistió en determinar el volumen de insuflación de CO_2 previo al capnoperitoneo y la PIA inicial, así como, la relación con los cambios cardiopulmonares durante la colecistectomía laparoscópica.

Material y métodos: Se aplicó una fórmula antropométrica para calcular el volumen de insuflación de CO₂ y la PIA iniciales, se comparó con el volumen de CO₂ y PIA finales, obtenidas por el cirujano. Se cuantificaron tensión arterial, frecuencia cardiaca, presión de la vía aérea, distensibilidad pulmonar y fracción espirada final de CO₂, durante colecistectomía laparoscópica.

Resultados: Se estudiaron 58 pacientes, 46 (79.3%) mujeres y 12 (20.7%) hombres. Al comparar el volumen de insuflación, capacidad volumétrica, porcentaje de volumen abdominal y PIA inicial con las obtenidas al final de la insuflación, se obtuvieron diferencias al aplicar la fórmula antropométrica ($p=0.0001$). Se encontraron diferencias significativas en las variables cardiovasculares y pulmonares iniciales y finales. Hubo una moderada relación entre el volumen de insuflación y la PIA iniciales ($p=0.0001$). Con el análisis multivariado, la PIA inicial se correlacionó positivamente con el volumen de insuflación ($p=0.020$).

Conclusiones: La aplicación de una fórmula antropométrica, permite el cálculo del volumen de insuflación inicial de CO₂, con una PIA menor, buena visualización abdominal y mayor seguridad durante la colecistectomía laparoscópica.

Palabras clave: Colecistectomía laparoscópica, neumoperitoneo, presión intraabdominal, bióxido de carbono, México.

Jefa de Unidad. Servicio de Anestesiología. Hospital General de México,
O. P. D.

Correspondencia: Gloria Patricia López-Herranz. Dr. Balmis 148. Col. Doctores. C. P. 06726. México, D. F. México. *Correo electrónico:* pati_107@hotmail.com

Abstract

Introduction: The maximum carbon dioxide (CO₂) volume insufflation recommended in laparoscopic cholecystectomy presents differences in relation to the individual volumetric capacity. Intraabdominal pressure (IAP) of 15 mmHg can be excessive for pediatric individuals and low stature, and appropriate in other cases to achieve a proper capnoperitoneum. The objective was to determine the insufflation volume of CO₂ previous to capnoperitoneum and IAP, and relationship with cardiopulmonary changes during laparoscopic cholecystectomy.

Material and Methods: An anthropometric formula was applied to calculate the initial volume of CO₂ insufflation and IAP, and compared to final volume of CO₂ and IAP obtained by the surgeon. Blood pressure, heart rate, pressure airway, lung compliance and final fraction of CO₂ during laparoscopic cholecystectomy were quantified.

Results: Fifty eight patients were studied, 46 (79.3%) women and 12 (20.7%) men. To compare the insufflation volume, volumetric capacity, abdominal volume percentage and initial IAP with those obtained at the end of insufflation, differences were obtained to apply anthropometric formula (P = 0.0001). Significant differences in initials and finals cardiovascular and lung variables were found. There was a moderate relationship between initial insufflation volume and the IAP (P = 0.0001). With multivariate analysis the initial IAP, was positively correlated with the insufflation volume (P = 0.020).

Conclusions: Anthropometric formula application, allows the calculation of the initial insufflation volume of CO₂, with less IAP, which provides a good visualization for the surgeon and a high security during laparoscopic cholecystectomy.

Keywords: Laparoscopic cholecystectomy, pneumoperitoneum, intraabdominal pressure, carbon dioxide, Mexico.

» Introducción

Los procedimientos quirúrgicos se perfeccionan día a día, con el objeto de reducir el traumatismo, morbilidad, mortalidad, estancia hospitalaria y costos de la atención médica. El desarrollo de mejores equipos e instrumentos, junto con el conocimiento de la anatomía y patología quirúrgica, hacen posible la aplicación de la laparoscopia para los procedimientos diagnósticos y terapéuticos.

A pesar de la baja morbimortalidad asociada a la cirugía laparoscópica, la presencia de complicaciones indica que el procedimiento no carece de riesgos. La frecuencia de complicaciones mayores se sitúa habitualmente entre el 1% a 2 %, con una mortalidad menor al 1% en comparación con la colecistectomía abierta.¹⁻³ Se atribuye una morbilidad relacionada con el capnoperitoneo por arriba de 0.2 %.⁴

La insuflación de la cavidad abdominal con gas, generalmente bióxido de carbono (CO₂), mediante

técnica cerrada con aguja de Veress, es indispensable durante los procedimientos laparoscópicos, con la consecuente distensión del peritoneo por la presión que ejerce el gas, estableciendo el neumoperitoneo o capnoperitoneo, y convertir una cavidad virtual en una real, para la creación de un campo quirúrgico. Es importante reconocer que la cavidad abdominal, contiene órganos que ocupan un espacio a considerar en el momento de la insuflación.

Habitualmente, los cirujanos laparoscopistas, determinan con bases empíricas la adecuada distensión abdominal, mediante elevación de la pared abdominal durante la insuflación del gas, o con percusión del abdomen hasta obtener un tono timpánico.

La cavidad abdominal se insufla inicialmente con un volumen de CO₂, que ejerce una presión para distender el peritoneo (capnoperitoneo), y se ajusta hasta llegar a la presión máxima de insuflación de 15 mmHg, que recomienda la *Food and Drug Administration* (FDA, por sus siglas en inglés), con un flujo

alto, en ocasiones hasta 10 L por minuto. Con esto se obtiene una adecuada exposición, visualización de los órganos de la cavidad abdominal, más seguridad para la introducción de trócares y mejor manipulación quirúrgica.

La capacidad volumétrica intraabdominal presenta variaciones, y la presión de insuflación máxima puede tener diferencias individuales. Una presión de 15 mmHg puede ser excesiva para individuos pediátricos o de talla baja, y en otro caso conveniente para lograr un adecuado capnoperitoneo. La cavidad abdominal tiene forma de esferoide elíptico, que se toma como modelo para aplicar una fórmula antropométrica, y la capacidad volumétrica, se puede aproximar con la medición exterior de ejes mayores.⁵

Con la instalación del capnoperitoneo a una presión y flujo altos, el volumen que ocupa el CO₂ se alcanza rápidamente, y origina una compresión súbita de los órganos intraabdominales, que conduce a cambios hemodinámicos como bradicardia, hipotensión, hipercarbia, arritmias, elevación del diafragma con alteraciones en la ventilación, principalmente hiperkapnia, disminución de la distensibilidad o compliancencia pulmonar (CP) y aumento en la presión de la vía aérea (P_{VA}).⁶⁻¹⁷ Además de cambios en la fisiología renal, cerebral, gastrointestinal, hepática, metabólica e inmunológica, con mayor repercusión cuando existe enfermedad previa, y no se tolera adecuadamente la alta presión que se obtiene durante la insuflación.¹⁸⁻²²

En el presente estudio, se describe un cálculo antropométrico para determinar el volumen de CO₂ necesario, para la insuflación de la cavidad abdominal en sujetos adultos programados para colecistectomía laparoscópica, así como los cambios cardiopulmonares que se presentan con este tipo cirugía.

» Material y métodos

Con la aprobación de los Comités de Investigación y Ética de la Institución (Hospital General de México), se realizó un estudio prospectivo, observacional, longitudinal, secuencial auto controlado en un periodo de nueve meses. Todos los sujetos participantes firmaron la carta de consentimiento informado antes del procedimiento.

Sujetos estudiados

Se incluyeron mujeres y hombres adultos, con clasificación I del estado físico de la *American Society of Anesthesiologists (ASA-PS, por sus siglas en inglés)*,

programados para colecistectomía laparoscópica. Se excluyeron mujeres embarazadas, menores de 18 años de edad, y negativa a firmar la carta de consentimiento informado. Se eliminaron aquellos con fuga de gas a través del equipo, falla en el monitoreo, y complicaciones por el capnoperitoneo.

Medidas somatométricas

Previo al inicio del estudio, en un grupo de sujetos, se realizó un procedimiento de estandarización sobre el terreno para la obtención de medidas somatométricas de calidad,²³ que incluyeron peso, talla y medición exterior de la altura vertical del abdomen, obtenida de la sínfisis del pubis al xifoides, o distancia 1 (D1), la anchura lateral o D2, derivada de la mitad de D1, y la anchura antero posterior o circunferencia de cintura o D3 dividida entre Pi multiplicada por el porcentaje de grasa corporal. La grasa subcutánea de la cintura, se redujo con la estimación del porcentaje de grasa corporal.⁵

Procedimiento

En la sala de preoperatorio, antes de la cirugía, se procedió a las mediciones somatométricas. Con bata quirúrgica, en ayuno, se obtuvieron peso y talla. Posteriormente, con cinta métrica de fibra de vidrio, en decúbito dorsal y espiración normal, se recolectaron las distancias D1, D2 y D3. El porcentaje (%) de grasa corporal, se estableció mediante una calculadora computarizada, con base en el peso, sexo y circunferencia de cintura o perímetro abdominal.²⁴ El volumen abdominal se calculó como el producto de las tres distancias (D1*D2*D3), multiplicadas por Pi/6, y se aplicó la fórmula antropométrica sugerida por Campos y colaboradores, considerando un 40% de distensión de la cavidad abdominal, para calcular el volumen de insuflación de CO₂ (V_{insufl}), la capacidad volumétrica (CV_i), determinar la PIA inicial (PIA_i) y comparar con el volumen de insuflación (V_{insuff}), capacidad volumétrica (CV_f) y PIA finales (PIA_f) determinados por el cirujano.

Medidas fisiológicas

En la sala quirúrgica se tomaron las variables: Tensión arterial sistólica (TAS), tensión arterial diastólica (TAD) y frecuencia cardiaca (FC), mediante un monitor electrónico de signos vitales (DinamapTM). Con anestesia general, intubación endotraqueal (IET),

relajación muscular y decúbito dorsal, se insertó la aguja de Veress en la región umbilical, y se inició insuflación de CO₂ con un insuflador Duo Lap a flujo bajo (1 a 3 L por minuto). Al conseguir el volumen de insuflación calculado por la fórmula (V_{insufl}), se registró la PIA_i y las variables tensión arterial sistólica (TAS), diastólica (TAD_i) y frecuencia cardiaca (FC_i) iniciales, así como, mediante espirometría se monitoreó presión de la vía aérea (P_{VAi}), y distensibilidad o compliance pulmonar (CP_i), y se utilizó capnografía y capnometría para la fracción espirada final de bióxido de carbono (FEFCO_{2i}), con un Capnomac ULTIMA Datex.

Por último, cuando el cirujano consiguió el volumen de insuflación final (V_{insufl}) considerado como adecuado para insertar el trócar, se registraron PIA_f, TAS_f, TAD_f, FC_f, P_{VAf}, CP_f y FEFCO_{2f} finales.

Análisis estadístico

La distribución normal de las variables se comprobó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. La estadística descriptiva se presentó como frecuencias y porcentajes para las variables categóricas y como media aritmética ± desviación estándar (DE), mediana y rango (mínimo-máximo) para las variables continuas. Se utilizó la prueba *t* de Student pareada para comparar las diferencias de las mediciones calculadas con la fórmula antropométrica y las obtenidas al final de la insuflación de CO₂ (volumen insuflación, capacidad volumétrica y PIA), así como las mediciones fisiológicas iniciales y finales (TAS, TAD, FC, CP, P_{VA} y FEFCO₂). Se utilizó correlación *r* de Pearson para analizar la asociación entre el V_{insufl} y PIA_f. Se aplicó el modelo de regresión lineal para examinar la correlación entre el volumen de insuflación, PIA iniciales y finales, y regresión múltiple para la PIA_f con edad, peso, talla, IMC, paridad y volumen de insuflación. Se consideró significativo un valor de *p*<0.05, con IC 95%.

Los datos se capturaron y analizaron con el paquete estadístico SPSS para Windows, versión 17.0.

Resultados

Durante un periodo de nueve meses, se evaluaron 66 sujetos. Se eliminaron cuatro por fuga a través de la aguja de Veress, cinco por registro inadecuado de la mecánica ventilatoria (CP), debido a falla en el monitor, uno por múltiples punciones con la aguja de insuflación y uno por adherencias, que dificultó la

insuflación. Se analizaron 58 sujetos que cumplieron los criterios de inclusión, 46 (79.3%) del sexo femenino y 12 (20.7%) del masculino. De las 46 mujeres, 32 (69.5%) tuvieron embarazos previos con media de 2 ± 2 y rango de ocho (cero a ocho).

Las características de los sujetos por edad, peso, talla, índice de masa corporal (IMC) y medidas somatométricas se presentan en la **Tabla 1**.

En tres casos (5.1%) el V_{insufl} o calculado fue igual al V_{insufl} en seis (10.3%) se obtuvo un V_{insufl} menor al calculado y en 49 (84.5%) el volumen de insuflación de CO₂ final fue mayor al calculado.

Con el cálculo antropométrico del V_{insufl} , se alcanzó una PIA_i de 6 mmHg en 11 (19%) casos, mientras que con el V_{insufl} en 15 casos (25.9%), la PIA_f fue de 12 mmHg. En seis (10.3%) sujetos la PIA_f fue menor que la PIA_i.

Al comparar el volumen de insuflación, capacidad volumétrica, porcentaje de volumen abdominal calculado o inicial y PIA, con las obtenidas al final de la insuflación con bióxido de carbono, se encontraron diferencias al aplicar la fórmula antropométrica (**Tabla 2**).

Hubo diferencias significativas en las variables cardiovasculares TAS, TAD, y FC, así como en la CP, P_{VA}, y FEFCO₂ con el volumen calculado y la PIA inicial, comparadas con los valores registrados al final de la insuflación de CO₂ (**Tabla 3**).

Se encontró una moderada relación entre el V_{insufl} y la PIA_i (*p*=0.0001) (**Figura 1A**). No hubo relación entre el V_{insufl} y la PIA_f (*p*=0.301). El análisis de la regresión lineal no mostró relación significativa entre el V_{insufl} y la PIA_f (**Figura 1B**).

Con el análisis multivariado la PIA_i se correlacionó positivamente con el V_{insufl} (*p*=0.020). No hubo correlación con la edad (*p*=0.911), peso (*p*=0.992), talla (*p*=0.928), número de embarazos o paridad (*p*=0.343) e IMC (*p*=0.918).

Con el análisis multivariado, la PIA_f no se correlacionó con el V_{insufl} (*p*=0.281), edad (*p*=0.778), peso (*p*=0.634), talla (*p*=0.720), número de embarazos o paridad (*p*=0.818), e IMC (*p*=0.961).

Discusión

El abordaje laparoscópico de la cavidad abdominal para colecistectomía con un volumen de insuflación de CO₂ excesivo, induce cambios fisiopatológicos que dificultan el procedimiento anestésico.^{3,7,12,15-18,21}

En el presente estudio, en 49 sujetos el V_{insufl} de CO₂ fue mayor al calculado. Sin embargo, en seis

» **Tabla 1.** Características de los sujetos y medidas somatométricas.

n = 58	Media (DE)	IC 95%	Mediana	Rango
Edad (años)	36 ± 12.9	32.6-39.4	33	42 (18-60)
Peso (kg)	66.2 ± 13.6	62.6-69.8	66.3	64.4 (39.6-104)
Talla (m)	1.5 ± 0.08	1.53-1.58	1.54	0.49 (1.38-1.87)
IMC (kg/m ²)	27 ± 4.5	25.8-28.2	27.2	20.9 (17-37.9)
Medidas somatométricas				
Porcentaje de grasa corporal (%)	38 ± 11	35-41	37.5	47 (14-61)
Circunferencia cintura (cm)	90.7 ± 11.3	87.7-93.7	91.2	48 (65-112)
D1 (cm)	30.8 ± 2.4	30.1-31.4	31	12.6(24.3-36.9)
D2 (cm)	15.3 ± 1.2	15-15.7	15.5	6.3 (12.1-18.4)
D3 (cm)	19 ± 3	18-19.8	18.1	13.7 (13-26.7)

Los datos de presentan como media ± DE, mediana y rango (mínimo – máximo).

DE, Desviación estándar; IC, Intervalo de confianza; IMC, Índice de masa corporal; D1, sínfisis del pubis al xifoides; D2, mitad de D1; D3, circunferencia cintura/Pi multiplicado por uno menos el porcentaje de grasa corporal.

» **Tabla 2.** Comparación del volumen de insuflación, capacidad volumétrica calculada con la fórmula antropométrica y presión intraabdominal inicial y los registrados al final de la insuflación con bióxido de carbono en colecistectomía laparoscópica.

Variables	Medición inicial (x̄ ± DE)	Medición final (x̄ ± DE)	Valor P
Volumen insuflación de CO ₂ (L)	1.7 ± 0.4	2.7 ± 0.9	0.0001
Capacidad volumétrica (L)	4.4 ± 1	6.7 ± 2.2	0.0001
Porcentaje de volumen abdominal (%)	40	63.5 ± 23	0.0001
PIA (mmHg)	7.3 ± 2.3	11.1 ± 2.1	0.0001

Los datos de presentan como media ± DE. DE, Desviación estándar; PIA, Presión intraabdominal.

sujetos el V_{insuff} fue menor al V_{insufi}, y en tres casos el V_{insufi} fue igual al volumen final. En todos los casos se logró una adecuada visualización de la cavidad abdominal, y no se presentaron complicaciones con la introducción del trócar.

Con el cálculo antropométrico del volumen de insuflación de CO₂, se alcanzó una PIA menor (6 mmHg) con relación a la obtenida con el volumen de insuflación final (12 mmHg). Se obtuvo una media de la PIA_f de 11.1 ± 2.1 mmHg y una mediana de 11 mmHg con un rango de 6 a 19 mmHg, comparado con un estudio de cohorte realizado en 356 mujeres programadas para laparoscopia, que reportó una mediana de la PIA de 4 mmHg con un rango of 2 a 10 mmHg,²⁵ resultados inferiores a los encontrados

» **Tabla 3.** Comparación de mediciones cardiovasculares, mecánica ventilatoria y capnometría, con volumen de insuflación de CO₂ y presión intraabdominal calculada o inicial y final, durante colecistectomía laparoscópica.

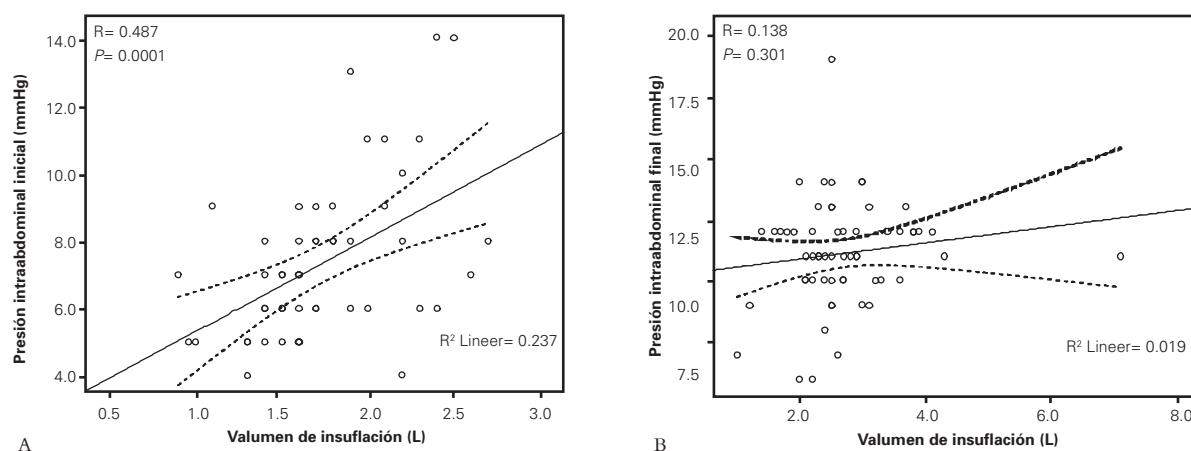
Variables	Medición inicial (x̄ ± DE)	Medición final (x̄ ± DE)	Valor P
Cardiovasculares			
TAS (mmHg)	105.28 ± 15.7	111.46 ± 16.7	0.0001
TAD (mmHg)	68.1 ± 10.9	73.5 ± 12	0.0001
FC (latidos por minuto)	67.7 ± 8.8	70.9 ± 10.9	0.004
Pulmonares			
CP (cm H ₂ O)	69.6 ± 19.2	54.6 ± 14	0.0001
PVA (cm H ₂ O)	13.8 ± 2.8	14.9 ± 2.8	0.0001
FEFCO ₂ (mmHg)	26.9 ± 2.1	27.6 ± 2.2	0.001

Datos presentados en media ± DE. DE, Desviación estándar; IC, Intervalo de confianza; TAS, Tensión arterial sistólica; TAD, Tensión arterial diastólica; FC, Frecuencia cardiaca; CP, Compliance o distensibilidad pulmonar; PVA, Presión vía aérea; FEFCO₂, Fracción espirada final de bióxido de carbono.

en este trabajo, en el que se rebasó la PIA hasta 19 mmHg.

Los resultados alcanzados en este trabajo con relación al volumen de insuflación de CO₂, capacidad volumétrica y PIA determinados por el cirujano, fueron superiores a los obtenidos con la fórmula, de acuerdo a las medidas somatométricas de cada sujeto, resultados similares a los reportados por Campos y colaboradores, que estudiaron prospectivamente 20 pacientes divididos en dos grupos de 10 sujetos cada uno. En el grupo donde se aplicó la fórmula antropométrica

Figura 1. Regresión lineal entre la presión intraabdominal inicial (PIA_i) y el volumen de insuflación de CO_2 calculado o inicial (V_{insufl}) **A**, y entre la presión intraabdominal final (PIA_f) y el volumen de insuflación de CO_2 final (V_{insufl}) **B**, durante colecistectomía laparoscópica. Se representan en las gráficas la regresión lineal (línea continua), y las bandas de confianza de coeficiente 95% (líneas punteadas).



para el cálculo del volumen de insuflación fijo al 40%, se obtuvo una PIA menor a 15 mmHg en nueve, y solamente uno alcanzó 15 mmHg, mientras que con una PIA fija de 15 mmHg, la media del porcentaje de volumen de insuflación fue de 46%.

En este estudio, con el volumen de insuflación de CO_2 y PIA altas, clínicamente los cambios cardiovasculares se presentaron más en la tensión arterial sistólica y diastólica que en la frecuencia cardiaca, y las alteraciones pulmonares se manifestaron con una mayor disminución de la CP, elevación de P_{va} , y aumento en la $FEFCO_2$.

Con el análisis multivariado, Vilos AG y colaboradores, encontraron que la presión intraperitoneal obtenida con la aguja de Veress (PIV), se correlacionó positivamente con el peso ($r = 0.518$, $p < 0.001$) e IMC ($r = 0.545$, $p < 0.001$) y negativamente con la paridad ($r = -0.179$, $p < 0.001$) de las mujeres. La correlación entre la PIV con altura y edad fue de $r = 0.029$, $p = 0.591$ y $r = -0.044$, $p = 0.411$, respectivamente.²⁵

En un estudio con pacientes masculinos para procedimientos laparoscópicos urológicos, encontraron una relación directa entre volumen de CO_2 insuflado y la presión del neumoperitoneo. No hubo relación significativa entre el volumen de CO_2 insuflado y una determinada PIA con la altura, peso y el IMC.²⁶

Los resultados obtenidos en el presente estudio correlacionan positivamente el volumen de insuflación

de CO_2 calculado con la fórmula y la PIA_i . No hubo correlación entre la PIA_f con el volumen de insuflación, edad, peso, talla, IMC y paridad.

Campos y colaboradores encontraron diferencias con los obesos por la cantidad de panículo adiposo, que refleja lecturas mayores de presión antes de obtener un buen neumoperitoneo. Asimismo, una mujer con embarazo reciente, requirió una gran cantidad de gas para obtener un neumoperitoneo satisfactorio para la laparoscopia.⁵

El control de la PIA que se genera durante el capnoperitoneo continua siendo de gran importancia, durante la colecistectomía laparoscópica. Existe suficiente evidencia para concluir que la función renal y el flujo sanguíneo renal (FSR), disminuyen durante el capnoperitoneo. La magnitud de la reducción depende de factores tales como la función renal preoperatoria, nivel de hidratación, PIA , posición del paciente y duración del capnoperitoneo.²⁷

Investigaciones recientes tanto en modelos experimentales como en estudios clínicos, determinaron la reducción en el flujo esplácnico causado por el neumoperitoneo, y como resultado, evidencia clínica de estrés oxidativo, mediante marcadores en el plasma humano, como los niveles de substancias reactivas del ácido tiobarbitúrico (TBARS, por sus siglas en inglés), para establecer la peroxidación lipídica, y los grupos carbonil proteína y sulfidril proteína para

determinar el estado de oxidación proteica. Se concluyó que los radicales libres, se generan al final del procedimiento laparoscópico en respuesta a la isquemia esplánica producida por el capnoperitoneo y a la reperfusión por la desuflación, sin importar la PIA (15 ó 10 mmHg).²⁸⁻³¹

Limitaciones

El presente estudio se realizó en humanos, por lo que presenta limitaciones potenciales. Por razones éticas, no se aleatorizó a los participantes y no hubo manipulación de la variable independiente (volumen de insuflación de CO₂), debido a que, con la aplicación de la fórmula antropométrica, el volumen de insuflación de CO₂ calculado es menor y no se alcanza PIA de 15 mmHg. Por lo cual, existe cierta desconfianza por parte del cirujano para obtener un campo quirúrgico adecuado e inseguridad para la introducción del trócar, por lo que cada sujeto fue su propio control.

No obstante, los resultados obtenidos en este estudio aportan datos clínicos importantes, puesto que con la aplicación de la fórmula antropométrica se puede calcular previamente el volumen de insuflación necesario para cada sujeto, de acuerdo a medidas somatométricas propias. Además, a diferencia de estudios anteriores, se evaluaron los cambios cardiovasculares y pulmonares relacionados con la PIA y el volumen de insuflación inicial y final, durante la colecistectomía laparoscópica.

Sin embargo, se sugiere aplicar la fórmula antropométrica en pacientes pediátricos, cuya capacidad volumétrica es menor, y en pacientes con enfermedad preexistente, donde se necesita mayor cuidado durante la insuflación por los cambios hemodinámicos, que conlleva los procedimientos laparoscópicos.

Conclusiones

La aplicación de una fórmula antropométrica, es una herramienta alternativa que permite el cálculo del volumen de insuflación inicial ideal de CO₂, con PIA adecuada de acuerdo a las medidas somatométricas individuales, que proporcione adecuado campo quirúrgico al cirujano y mayor seguridad al paciente que se interviene quirúrgicamente de colecistectomía laparoscópica.

Debido a los potenciales efectos colaterales, es deseable limitar y mantener la presión de CO₂ que se usa para establecer el capnoperitoneo, dependiendo de la variabilidad individual durante todo el

procedimiento quirúrgico. Aplicar la fórmula antropométrica en pacientes pediátricos, determinará una PIA acorde con la capacidad volumétrica más reducida en estos pacientes.

Los pacientes de edad avanzada y enfermedad preexistente son más susceptibles a la PIA elevada. Con el cálculo del volumen de insuflación la PIA se minimiza y se reducirán las complicaciones.

El conocimiento de las consecuencias fisiopatológicas, por el aumento de PIA, debida al capnoperitoneo, es importante para el anestesiólogo, quien no solo debe prevenir y corregir estos cambios, sino también evaluar, preparar y proteger perioperatoriamente al paciente en los procedimientos laparoscópicos.

Referencias

1. Deziel DJ, Milikan KW, Economou SG, et al. Complications in laparoscopic cholecystectomy: a national survey of 4292 hospitals and an analysis of 77604 cases. *Am J Surg* 1993;165:9-14.
2. Jatzko G, Lisborg PR, Petri AM, et al. Multivariate comparison of complications after laparoscopic cholecystectomy and open cholecystectomy. *Ann Surg* 1995; 221:381-386.
3. Shea JA, Healey MJ, Berlin JA, et al. Mortality and complications associated with laparoscopic cholecystectomy. A meta-analysis. *Ann Surg* 1996;224:609-620.
4. Shamihah A, Wayand W. Laparoscopic cholecystectomy: early and late complications and their treatment. *Langenbecks Arch Surg* 2004;389:164-171.
5. Campos LI, Mansfield D, Smith A, et al. Carbon dioxide volume and intraabdominal pressure determination before the creation of a pneumoperitoneum. *Surg Endosc Endosc* 1995;5:100-104.
6. Ishizaki Y, Bandai Y, Shimomura K, et al. Safe intraabdominal pressure of carbon dioxide pneumoperitoneum during laparoscopic surgery. *Surgery* 1993;114:549-554.
7. Safran DB, Orlando R. Physiologic effects of pneumoperitoneum. *Am J Surg* 1994; 167:281-286.
8. Liu SY, Leighton T, Davis I, et al. Prospective analysis of cardiopulmonary responses to laparoscopic cholecystectomy. *J Laparoendosc Surg* 1991;1:241-246.
9. Westerband A, Van de Water JM, Amzallag M, et al. Cardiovascular changes during laparoscopic cholecystectomy. *Surg Gynecol Obstet* 1992;175:535-538.
10. Joris JL, Noirot DP, Legrand MJ, et al. Hemodynamic changes during laparoscopic cholecystectomy. *Anesth Analg* 1993;76:1067-1071.
11. Wahba R, Béique F, Kleiman SJ. Cardiopulmonary function and laparoscopic cholecystectomy. *Can J Anaesth* 1995;42:51-63.
12. Wittgen CM, Andrus ChH, Fitzgerald SD, et al. Analysis of the hemodynamic and ventilatory effects of laparoscopic cholecystectomy. *Arch Surg* 1991;126:997-1001.
13. Wahba RWM, Mamazza J. Ventilatory requirements during laparoscopic cholecystectomy. *Can J Anaesth* 1993;40:206-210.
14. Oikkonen M, Tallgren M. Changes in respiratory compliance at laparoscopy: measurements using side stream spirometry. *Can J Anesth* 1995;42:495-497.
15. Hirvonen EA, Poikolainen EO, Pääkkönen ME, et al. The adverse hemodynamic effects of anaesthesia, head-up tilt, and carbon dioxide pneumoperitoneum during laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc* 2000;14:272-277.
16. Larsen JF, Svendsen FM, Pedersen V. Randomized clinical trial of the effect of pneumoperitoneum on cardiac function and haemodynamics during laparoscopic cholecystectomy. *Br J Surg* 2004;91:848-854.
17. Joshi GP, Hein HA, Masareshen WL, et al. Continuostransesophageal echo Doppler assessment of hemodynamic function during laparoscopic cholecystectomy. *J Clin Anesth* 2005;17:117-121.
18. Harman PK, Kron IL, McLachlan HO, et al. Elevated intra-abdominal pressure and renal function. *Ann Surg* 1982;196:594-597.
19. Fujii Y, Tanaka H, Tsuruoka S, et al. Middle cerebral arterial blood flow velocity increases during laparoscopic cholecystectomy. *Anesth Analg* 1994;78:80-83.
20. Goodale RL, Beebe DS, McNevin MP, et al. Hemodynamic, respiratory, and metabolic effects of laparoscopic cholecystectomy. *Am J Surg* 1993;166:533-537.
21. Bickel A, Loeraner N, Bersudsky M, et al. Overcoming reduced hepatic and renal perfusion caused by positive-pressure pneumoperitoneum. *Arch Surg* 2007;142:119-124.
22. Safran D, Sgambati S, Orlando R. Laparoscopy in high-risk cardiac patients. *Surg Gynecol Obstet* 1993;176:548-554.

23. Habicht JP. Estandarización de métodos epidemiológicos cuantitativos sobre el terreno. Bol Oficina Sanit Panam 1974;76:375-384.
24. Consultado el 7 de febrero de 2012. <http://www.brianmac.demon.co.uk/fatcent.htm>.
25. Vilos AG, Vilos GA, Abu-Rafea B, et al. Effect of body habitus and parity on the initial Veres intraperitoneal CO₂ insufflation pressure during laparoscopic access in women. *J Minim Invasive Gynecol* 2006;13:108-113.
26. McDougall EM, Figuraenshau RS, Clayman RV, et al. Laparoscopic pneumoperitoneum: impact of body habitus. *J Laparoendosc Surg* 1994;4:385-391.
27. Demyttenaere S, Feldman LS, Fried GM. Effect of pneumoperitoneum on renal perfusion and function: a systematic review. *Surg Endosc* 2007;21:152-160.
28. Polat C, Yilmaz S, Serteser M, et al. The effect of different intraabdominal pressures on lipid peroxidation and protein oxidation status during laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc* 2003;17:1719-1722.
29. Glantzounis GP, Tselepis AD, Tambuki AP, et al. Laparoscopic surgery-induced changes in oxidative stress markers in human plasma. *Surg Endosc* 2001;15:1315-1319.
30. Yilmaz S, Polat C, Kahmaran A, et al. The comparison of the oxidative stress effects of different gases and intraabdominal pressures in an experimental rat model. *J Laparoendosc Adv Surg Tech* 2004;3:165-168.
31. Sammour T, Mittal A, Loveday BP, et al. Systematic review of oxidative stress associated with pneumoperitoneum. *Br J Surg* 2009;96:836-850.