


Cambios en la presión de distensión pulmonar asociados al neumoperitoneo y la posición quirúrgica en colecistectomía laparoscópica

Changes in pulmonary distension pressure associated with pneumoperitoneum and surgical position in laparoscopic cholecystectomy

Samantha Bautista Ordoñez¹, Miguel Calva Maldonado^{2,*} , Julio Cesar Pablo Yáñez³, Fabian Fragoso Avilés³, Alfredo Fernández de Lara García³

¹ Residente de tercer año de Anestesiología, Hospital Universitario de Puebla.

² Anestesiología del Hospital General de Cholula. Puebla, México.

³ Anestesiología del Hospital Universitario de Puebla. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla Hospital Universitario de Puebla. México.

Financiación: Recursos de los autores.

Conflicto de intereses: Ninguno declarado.

Consentimiento informado: Se cuenta con la autorización del comité de enseñanza e investigación en salud hospitalaria.

Fecha de recepción: 07 de febrero de 2025 / Fecha de aceptación: 04 de septiembre de 2025

ABSTRACT

Laparoscopic surgery, the application of pneumoperitoneum and surgical positions other than the supine position have been related to hemodynamic changes and respiratory alterations that could modify the pressures of the respiratory system; It is one of the most frequent elective surgical procedures in our environment, so adequate perioperative management of patients is an important strategy to reduce hospital morbidity. A prospective study was carried out in 71 patients undergoing elective laparoscopic cholecystectomy, in which the plateau pressure was determined and the pulmonary distention pressure was calculated at four different moments of the surgical event. Statistical analysis included descriptive analysis and inferential tests (Friedman's test with Dunn's post hoc). A p value ≤ 0.5 was considered significant. The study sought to understand the effects of pneumoperitoneum on pulmonary pressures, to improve perioperative care protocols. Statistically significant changes were observed with respect to baseline values at two specific times: after the establishment of pneumoperitoneum and after surgical positioning in inverted Trendelenburg. No statistically significant relationships were identified when comparing body mass index (BMI), age and gender. Pulmonary distension pressure increases significantly with the placement of pneumoperitoneum and with the inverted Trendelenburg surgical position, which results in a change in the relationship between lung compliance, positive end-expiratory pressure and tidal volume.

Keywords: Laparoscopic, pulmonary distension, pneumoperitoneum.

RESUMEN

La cirugía laparoscópica, la aplicación de neumoperitoneo y las posiciones quirúrgicas diferentes al decúbito supino, se han relacionado con cambios hemodinámicos y alteraciones respiratorias que podrían modificar las presiones del sistema respiratorio; es uno de los procedimientos quirúrgicos electivos más frecuentes en nuestro medio por lo que un adecuado manejo perioperatorio de los pacientes, es una estrategia importante para disminuir la morbilidad hospitalaria. Se llevó a cabo un estudio prospectivo en 71 pacientes sometidos a colecistectomía laparoscópica de manera electiva, en los que se determinó la presión meseta y se calculó la presión de distensión pulmonar en cuatro diferentes momentos

Miguel Calva Maldonado

drcalva55@gmail.com

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3371-0987>

ISSN: 0716-4076



del evento quirúrgico. El análisis estadístico incluyó análisis descriptivo y pruebas inferenciales (test de Friedman con post hoc de Dunn). Se consideró significativo un valor de $p \leq 0,5$. El estudio busco entender los efectos del neumoperitoneo en las presiones pulmonares, para mejorar los protocolos de cuidado perioperatorio. Se observaron cambios estadísticamente significativos con respecto a los valores basales en dos momentos específicos: después de la instauración del neumoperitoneo y tras el posicionamiento quirúrgico en Trendelenburg invertido. No se identificaron relaciones estadísticamente significativas al comparar índice de masa corporal (IMC), edad y género. La presión de distensión pulmonar aumenta de manera significativa con la colocación de neumoperitoneo y con la posición quirúrgica en Trendelenburg invertido, lo que se traduce en un cambio de la relación entre la distensibilidad pulmonar, la presión positiva al final de la espiración y el volumen tidal.

Palabras clave: Laparoscópica, distensión pulmonar, neumoperitoneo.

Introducción

La ventilación mecánica, al contrario de la ventilación normal, parte del principio de aplicar presión positiva al sistema respiratorio. En el sistema respiratorio existen dos fuerzas principales: la fuerza de retracción del pulmón que compite con la fuerza de expansión de la caja torácica; la resultante de ambas fuerzas se llama presión pleural, que corresponde a la presión que existe en el espacio pleural, ya que técnicamente es muy difícil medir la presión en este espacio, se utiliza la presión esofágica como un equivalente de la presión pleural (Shelledy, 2020).

La presión que ingresa por la boca no es la misma que alcanza los alvéolos, ya que una parte de esa presión se dispersa a lo largo de la vía aérea y es llamada presión alveolar y es la que genera la apertura de los sacos alveolares permitiendo el intercambio gaseoso, dado que es técnicamente imposible colocar un transductor de presión dentro del alveolo, es necesario estimarla mediante una maniobra de pausa inspiratoria. Al realizarla, el aire inspirado se equilibra entre todos los espacios alveolares debido a la ausencia de flujo, en ese momento la presión estará dada únicamente por dos factores: las características de la pared alveolar y de la caja torácica; esta presión medida al final de una pausa inspiratoria recibe el nombre de presión meseta y es el mejor parámetro para estimar la presión alveolar (Boron, 2017).

La presión necesaria para generar un flujo a través de la vía aérea se llama presión transaérea y corresponde a la diferencia de presiones entre la presión de apertura y la presión alveolar; la diferencia de presiones entre la presión alveolar y la presión pleural se llama presión transpulmonar y corresponde a la presión de equilibrio entre las fuerzas expansivas y retráctiles de los alveolos, es decir, la presión que determina el grado de apertura alveolar (Williams et al., 2019).

Todo volumen de aire que es ingresado al tórax genera una presión dentro de él. Esa presión tiene dos componentes: la generada por el paso de aire a través de la vía aérea y la creada por capacidad de los pulmones para insuflarse. La primera, es determinada por la fuerza que ejerce el paso de aire a través de conductos cada vez más pequeños, una propiedad denominada resistencia y determinada en mayor medida por el radio de las vías aéreas de conducción y el flujo de aire que pasa a través de ellas. El segundo componente es la relación existente entre el cambio de volumen pulmonar y la presión que se genera dentro del mismo, mejor conocido como distensibilidad. Un pulmón muy distensible requiere poca presión para generar un volumen determinado, dichas presiones tendrán que ir aumentando si

espera mantener ese mismo volumen en un pulmón menos distensible. Por lo tanto, un volumen tidal determinado puede generar diferentes presiones dentro de los alveolos según las propiedades de distensibilidad que tengan dichos pulmones: la distensibilidad en sí es dependiente de las características mecánicas de los alveolos en condiciones estáticas.

Tomando en cuenta que la ventilación mecánica por sí misma puede generar daño, es importante conocer los parámetros que debemos vigilar para evitar este mismo. La presión pico (representa la presión máxima al final de una inspiración, es la suma de la presión generada por el paso del aire a través de la vía aérea (resistencia) con la presión requerida para abrir el alveolo (distensibilidad). Por lo tanto, no debe confundirse como la presión que está llegando directamente al alveolo. La utilidad de este parámetro es que permite calcular las resistencias de la vía aérea cobrando importancia en la monitorización del riesgo de barotrauma y en el manejo ventilatorio de enfermedades obstructivas. Se sugiere mantener la presión pico en valores menores de 45 cmH₂O. Una elevación de la presión pico puede reflejar un aumento en la resistencia o una disminución en la distensibilidad. Sin embargo, este parámetro por sí solo no permite hacer esta distinción. Para ello, requerimos conocer la presión transaérea y por lo tanto la presión meseta, que se obtiene tras una maniobra de pausa inspiratoria. La importancia de este parámetro es disminuir el riesgo de volutrauma, por lo que se vuelve indispensable en el manejo de cualquier paciente bajo ventilación mecánica. Para obtener valores fidedignos se ha sugerido que el paciente no debe tener esfuerzo respiratorio, ya que, si al hacer una pausa inspiratoria el paciente inspira o espira, la presión medida estará infra o sobreestimada, respectivamente; se sugiere mantenerla menor a 30 cmH₂O (Ball et al., 2019).

Ante una presión meseta elevada, se deben valorar dos posibles causas: un volumen tidal excesivo en un paciente con pérdida de la distensibilidad pulmonar o una colocación inadecuada de PEEP. Para poder distinguir entre ambos fenómenos es necesario conocer la presión de distensión o driving pressure, definida como la diferencia entre la presión meseta y la PEEP. Un paciente con distensibilidad disminuida tiende a generar una presión meseta elevada a expensas de presión de distensión alta, y por lo tanto, requerirá disminuir el volumen tidal para evitar generar volutrauma. La meta de presión de distensión se estima en < 15 cmH₂O, sin embargo, debe tomarse en consideración el contexto clínico de los pacientes (David et al., 2021).

En cirugía laparoscópica, la instalación de neumoperitoneo usando CO₂ es indispensable para permitir la adecuada

visualización de estructuras y la movilidad del equipo durante la técnica quirúrgica; sin embargo, modifica la homeostasis de la cavidad abdominal y no está exento de efectos adversos. La evidencia ha demostrado que el neumoperitoneo con CO₂ tiene efectos químicos, físicos y biológicos en el peritoneo que provocan inflamación y modificaciones tisulares, reflejadas en un aumento de las citocinas peritoneales y plasmáticas; en general, la intensidad de todos estos efectos está relacionada con el nivel de presión intraabdominal que se mantenga durante el procedimiento (Umano et al., 2021). Respecto al CO₂, se ha estudiado que la insuflación generalmente no produce disminución en la oxigenación sanguínea, pero sí aumenta la PaCO₂, lo que se correlaciona estrechamente con los cambios en el EtCO₂ que a menudo observamos en la capnometría (Pelosi et al., 1996).

El compartimento abdominal está delimitado por bordes rígidos y semirrígidos; los primeros corresponden a estructuras óseas, como la columna vertebral, la caja torácica y la pelvis, mientras que los segundos son los músculos de la pared abdominal, la pelvis y el diafragma (Mazzinari, Díaz-Cambronero, et al., 2021). Durante la aplicación del neumoperitoneo, hay una fase inicial donde la distensibilidad abdominal sigue una relación lineal; luego, de acuerdo con las leyes de la biomecánica, los materiales que se someten a una deformación finalmente alcanzan su máxima capacidad de estiramiento, es decir, el límite elástico, después de lo cual la aplicación de presión adicional no produce una gran ganancia de volumen (Becker, et al., 2017). Hay cuatro principios que pueden explicar casi por completo la física relacionada con la aplicación del neumoperitoneo: el concepto de presión, el principio de Pascal, el concepto de compliancia y la ley de LaPlace.

No existe un consenso sobre la presión intraabdominal óptima que debe mantenerse; una presión intraabdominal muy baja puede restringir el campo quirúrgico, mientras que una presión intraabdominal muy alta puede provocar complicaciones cardiopulmonares y mayor dolor posoperatorio; por definición, una presión intraabdominal baja se considera como aquella menor a 12 mmHg, mientras que la presión intraabdominal estándar se encuentra entre 12 y 16 mmHg (Raval et al., 2020). Identificar el punto crítico en el que ya no debe insuflarse más gas en el peritoneo, resulta crucial para optimizar el espacio de trabajo quirúrgico y al mismo tiempo minimizar los efectos nocivos de la presión intraabdominal elevada, entre los que pueden citarse: disminución de la función pulmonar, disminución de la perfusión abdominal y del gasto cardíaco y aumento de la presión intratorácica, intracraneal e intraocular (Özdemir-van Brunschot et al., 2016).

La cascada de efectos provocados por el aumento en la presión intraabdominal involucra el desplazamiento del diafragma y sus efectos en la presión de la vía respiratoria, la distensibilidad torácica y los volúmenes pulmonares, el desplazamiento del diafragma puede compensarse parcialmente aplicando PEEP suficiente durante la ventilación mecánica, aunque utilizarlo de forma adecuada requiere tomar en consideración dos puntos clave: individualizar qué valor de PEEP requiere cada paciente y cuándo debe aplicarse: antes o después de la insuflación del neumoperitoneo, antes o después de las maniobras de reclutamiento alveolar (Regli et al., 2019).

Por lo anterior, resulta importante determinar si algunas características propias del procedimiento quirúrgico pueden modificar de forma significativa la presión de distensión pulmonar

transoperatoria; estos datos servirían como guía en el manejo ventilatorio de los pacientes, con la finalidad de disminuir el riesgo de complicaciones respiratorias posoperatorias y mejorar la calidad en la atención.

Material y Métodos

Se realizó un estudio observacional, prospectivo, longitudinal, unicéntrico, homodémico por conveniencia, en el hospital universitario de Puebla con 71 participantes que cumplieron con los criterios de inclusión (18 a 75 años, género indistinto, ASA I-II, cirugía electiva con anestesia general balanceada, IMC entre 18,5 y 29,9 kg/m²). Antes de ingresar a la sala de quirófano, se proporcionó información a los pacientes acerca del estudio a realizar y se obtuvo firma del consentimiento informado para la participación en el protocolo y el manejo de datos personales; empleando inducción intravenosa con los siguientes medicamentos: Fentanilo 3 mcg/kg (Fenodid®), Lidocaína 2% 0,5 mg/kg (Pisacaina®), Propofol 2 mg/kg (Recofol® o Prigadef®), Cisatracurio 0,2 mg/kg (Lukamik® o Bensitrak®), otorgando una latencia farmacológica apropiada hasta abolir la respuesta al tren de cuatro (TOF) y obtener un cociente TOF de 0%. Se realizó videolaringoscopia (Glidescope®). Se empleó ventilación mecánica controlada por volumen, con volumen tidal calculado a 6 cc/kg de peso ideal. El mantenimiento anestésico se realizó con el gas anestésico sevoflurano, titulado según el requerimiento del paciente, de acuerdo con la neuromonitorización con Narcotrend®.

Para la recolección de datos se utilizó una ficha de registro previamente diseñada en Microsoft Word®, en la que se incluyeron los datos útiles medibles en cada paciente: edad, género, clasificación del estado físico (ASA-PS), peso, talla, IMC, PEEP, presión del neumoperitoneo y presión meseta obtenida tras una pausa inspiratoria. La presión meseta fue medida en cuatro momentos: inmediatamente posterior al inicio de la ventilación mecánica, antes del inicio del neumoperitoneo, un minuto posterior a la insuflación del neumoperitoneo y un minuto posterior a la modificación de la posición quirúrgica. Durante todo el tiempo de las mediciones se empleó PEEP de 5 cmH₂O. La presión de distensión pulmonar se calculó al restar la presión meseta menos el valor de la PEEP.

Para el análisis estadístico se empleó el programa Graph Pad® Prism® v. 10.0.2. consistió de dos etapas: en la primera, se aplicó un análisis descriptivo que incluyó medidas como la media, mediana, moda y desviación estándar. En la segunda etapa, se llevó a cabo un análisis inferencial mediante el test de Friedman con post hoc de Dunn, específicamente diseñado para medidas repetidas, para determinar si hay diferencias significativas entre las cuatro mediciones del estudio, en función de las condiciones evaluadas (neumoperitoneo y posición quirúrgica). En todas las pruebas estadísticas realizadas, se estableció como criterio de significancia estadística un valor de $p \leq 0,05$.

Resultados

Se incluyeron 71 pacientes en el estudio de los cuales correspondió a 45 femenino (63,4%) y 26 de masculino (36,6%),

Tabla 1. Valores obtenidos en las mediciones de la presión meseta

n = 71	Inicio de la ventilación mecánica	Antes del neumoperitoneo	Posterior al neumoperitoneo	Posterior al posicionamiento
Mínimo	10	10	11	12
Máximo	22	20	22	24
Rango	12	10	11	12
Media	12,63	12,25	14,54	15,51
Desviación estándar	2.166	2.089	1.963	1.926
Error estándar de la media	0,2571	0,2479	0,2329	0.2286

Tabla 2. Valores obtenidos en el cálculo de la presión de distensión pulmonar

n = 71	Inicio de la ventilación mecánica	Antes del neumoperitoneo	Posterior al neumoperitoneo	Posterior al posicionamiento
Mínimo	5	5	6	7
Máximo	17	15	17	19
Rango	12	10	11	12
Media	7.634	7.254	9.535	10,51
Desviación estándar	2.166	2.089	1.963	1.926
Error estándar de la media	0,2571	0,2479	0,2329	0,2286

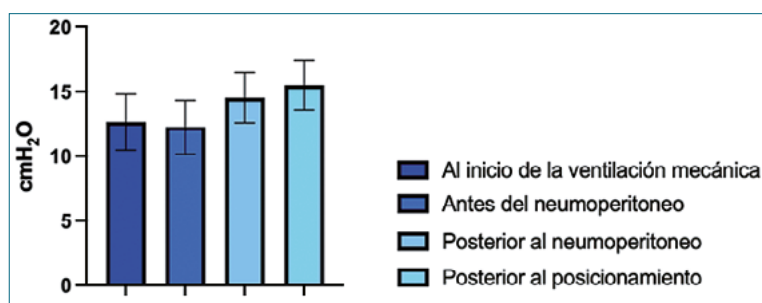


Figura 1. Valores de la presión meseta en los cuatro momentos del estudio.

con edades comprendidas entre 21 y 75 años; el promedio de edad fue 51 años con una desviación estándar de $\pm 15,77$ años. Todos los pacientes incluidos en el estudio correspondían a una clasificación del estado físico según la American Society of Anesthesiologist clase II (ASA-PS II) y se unificó la población de estudio incluyendo únicamente pacientes con peso normal o sobrepeso, según su índice de masa corporal (IMC). El mínimo índice de masa corporal registrado corresponde a $20,83 \text{ kg/m}^2$ y el máximo a $29,75 \text{ kg/m}^2$, con una media de $25,42 \text{ kg/m}^2 \pm 2.255 \text{ kg/m}^2$. El 42% de los pacientes ($n = 30$), tuvieron un IMC que los clasificaba con peso normal, 13 de ellos hombres y 17 mujeres, mientras que el 58% restante de los pacientes ($n = 41$) se encontraba en sobrepeso, 13 hombres y 28 mujeres. Se muestra el análisis descriptivo de las mediciones de la presión meseta, realizadas en los cuatro momentos clave del estudio: inmediatamente posterior al inicio de la ventilación mecánica, antes del inicio del neumoperitoneo, un minuto posterior a la insuflación del neumoperitoneo y un minuto posterior a la modificación de la posición quirúrgica (Tabla 1 y 2). En el test de Friedman, los resultados son estadísticamente significativos, con un valor de $p < 0,0001$.

El valor de la presión de distensión pulmonar en todos los casos se obtuvo al restar de la presión meseta el valor de la PEEP, unificada en $5 \text{ cmH}_2\text{O}$ para todos los pacientes. Es por este motivo que los cambios de la presión meseta y la presión de distensión pulmonar conservan una relación paralela en los cuatro momentos del estudio. Al analizar la relación entre el índice de masa corporal y los valores en la presión de distensión pulmonar, no se encontró significancia estadística en ninguno de los cuatro momentos del estudio (Figura 1, 2 y 3).

Discusión

La colecistectomía es uno de los procedimientos electivos más comunes en la actualidad, en población adulta; el abordaje laparoscópico se está posicionando cada vez más como la técnica idónea. En el presente estudio, se encontró que el género femenino requiere este procedimiento de manera más frecuente que el género masculino, pues va de la mano con la incidencia de patología biliar, que se presenta más a menudo en mujeres que en hombres, tal como se describe en literatura

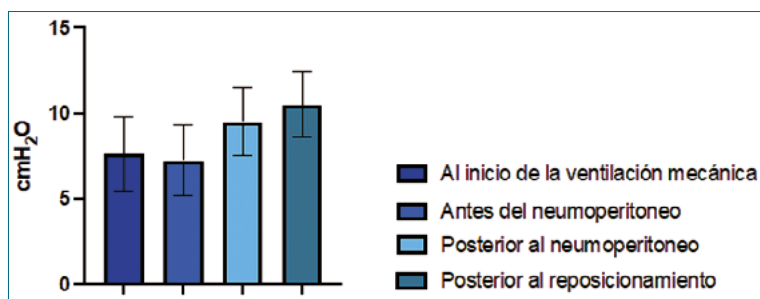


Figura 2. Valores de la presión de distensión pulmonar en los cuatro momentos del estudio.

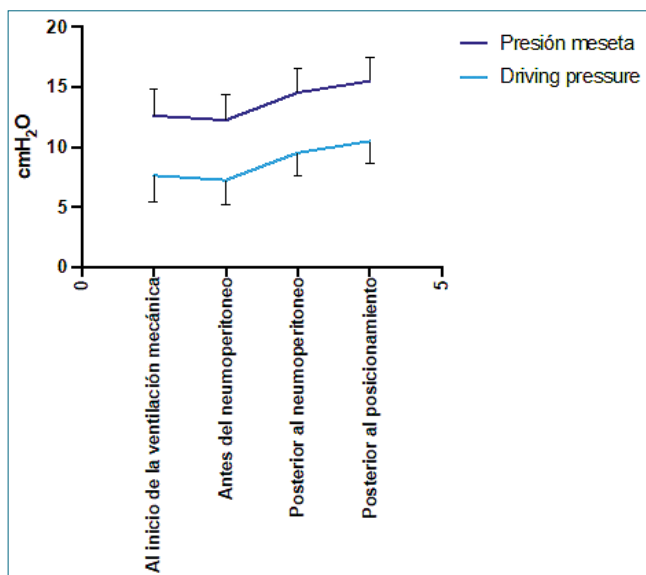


Figura 3. Cambios en la presión meseta y la presión de distensión pulmonar (driving pressure) en los cuatro momentos del estudio.

nacional e internacional.

En los últimos años, se ha descrito que el abordaje laparoscópico en cirugía abdominal puede ayudar a prevenir las complicaciones respiratorias posoperatorias, si se le compara con el abordaje por laparotomía; aunque se consideran relativamente poco frecuentes, con una incidencia de 3% a 7,9% (en cirugía general, no cardiorálica), las complicaciones respiratorias posoperatorias incrementan la estancia hospitalaria y los costos relacionados con la atención de la salud; entre las estrategias intraoperatorias para prevenirlas, se encuentra la ventilación mecánica protectora.

La presión de distensión pulmonar ha sido considerada un importante objetivo a tomar en consideración, como parámetro de protección alveolar, en pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo, pero no debe descartarse su utilidad en pacientes sin patología pulmonar, como nuestra población de estudio.

Al obtenerse una significancia estadística entre la aplicación de neumoperitoneo y los cambios en la presión de distensión pulmonar, se cumple lo planteado en la hipótesis de trabajo; lo esperado era que la presión de distensión pulmonar aumentara como consecuencia de la aplicación de neumoperitoneo. Sin embargo, mientras su valor se mantenga en un rango permisible, no debería representar un riesgo adicional para el paciente;

por el contrario, si se detectara un valor mayor al que se considera adecuado, el anestesiólogo podría poner en marcha modificaciones apropiadas en la ventilación mecánica para mantenerla en metas de protección pulmonar.

Por otra parte, al obtenerse una significancia estadística entre la colocación del paciente en Trendelenburg invertido y los cambios que se identificaron en la presión de distensión pulmonar, también se cumple lo planteado en la hipótesis de trabajo, más no de la manera esperada. De acuerdo con lo descrito por Hassan y Baraka, la posición de Trendelenburg invertida mejora los parámetros respiratorios más que la posición semiinclinada (Hassan y Baraka, 2021), por lo que se esperaba que el valor de la presión de distensión pulmonar disminuyera al posicionar al paciente; sin embargo, la población estudiada por Hassan y Baraka correspondía a pacientes obesos (IMC ≥ 30 kg/m²) y nuestra población de estudio se unificó para incluir sólo a pacientes con peso normal o sobrepeso, lo cual podría explicar por qué no se encontró significancia estadística.

No obstante, se requieren estudios en poblaciones más heterogéneas para poder determinar si lo reportado por los autores, es extrapolable al ámbito transoperatorio. Finalmente, respecto a los valores de presión de distensión pulmonar y su variación entre pacientes jóvenes y pacientes de edad avanzada, no existe un estudio que mencione alguna relación estadísticamente significativa, al menos en pacientes sanos, coincidente con lo encontrado en nuestro estudio.

Conclusión

La seguridad del paciente en el contexto de una cirugía electiva refleja la calidad en la atención; gran parte de la responsabilidad recae de manera directa en los anestesiólogos, como especialistas en medicina perioperatoria. El impacto que tiene el manejo anestésico en la pronta recuperación de los pacientes, no debe pasar desapercibido; por el contrario, deben ampliarse las estrategias que permitan ejercer una práctica más segura.

La medición y vigilancia de las presiones en la vía aérea durante cirugía laparoscópica, debe convertirse en un acto rutinario, puesto que la pronta identificación de banderas rojas transoperatorias permitiría a los anestesiólogos actuar de manera temprana para contrarrestar los efectos negativos que el neumoperitoneo y la posición quirúrgica pueden provocar.

De esta manera, podría contribuirse a la disminución de las complicaciones respiratorias posoperatorias atribuibles a las intervenciones quirúrgico-anestésicas, pero es necesario contar con estudios que validen de manera más adecuada cómo se

relacionan los cambios en las presiones de la vía aérea generados por el neumoperitoneo y la posición quirúrgica, con la incidencia de complicaciones respiratorias posoperatorias.

Referencias

- Shelledy D, Peters J. Mechanical Ventilation. Jones & Bartlett Learning; 2020.
- Boron W. Mecánica de la ventilación. Fisiología Médica. Elsevier; 2017. pp. 606–27.
- Williams EC, Motta-Ribeiro GC, Vidal Melo MF. Driving Pressure and Transpulmonary Pressure: how do we guide safe mechanical ventilation? *Anesthesiology*. 2019 Jul;131(1):155–63. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000002731> PMID:31094753
- Ball L., et-al. (2017). intraoperative mechanical ventilation: state of the art. *Minerva anesthesiologic*. 83(10), 1075-88.
- David C, Gary W, Jay W, Ruben R. Respiratory Critical Care. Jones & Bartlett Learning; 2021.
- Amato MB, Barbas CS, Medeiros DM, Magaldi RB, Schettino GP, Lorenzi-Filho G, et al. Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 1998 Feb;338(6):347–54. <https://doi.org/10.1056/NEJM199802053380602> PMID:9449727
- Pérez Nieto O, Deloya Tomás E, Lomelí Terán J, Pozos Cortés K, Monares Zepeda E, Poblano Morales M. Presión de distensión (driving pressure): principal objetivo para la protección alveolar. *Neumol Cir Torax*. 2018;77(3):222–7. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0028-37462018000300222&lng=es&tlng=es
- Fogagnolo A, Montanaro F, Al-Husinat L, Turrini C, Rauseo M, Mirabella L, et al. Management of Intraoperative Mechanical Ventilation to Prevent Postoperative Complications after General Anesthesia: A Narrative Review. *J Clin Med*. 2021 Jun;10(12):2656. <https://doi.org/10.3390/jcm10122656> PMID:34208699
- Montoya J. y Cornejo R. (2019). Driving pressure, bases fisiológicas y aplicaciones clínicas. *Revista Chilena de Medicina Intensiva*. 34(3).
- Neto AS, Hemmes SN, Barbas CS, Beiderlinden M, Fernandez-Bustamante A, Futier E, et al.; PROVE Network Investigators. Association between driving pressure and development of postoperative pulmonary complications in patients undergoing mechanical ventilation for general anaesthesia: a meta-analysis of individual patient data. *Lancet Respir Med*. 2016 Apr;4(4):272–80. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(16\)00057-6](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(16)00057-6) PMID:26947624
- Las Vegas investigators. Epidemiology, practice of ventilation and outcome for patients at increased risk of postoperative pulmonary complications: LAS VEGAS - an observational study in 29 countries. *Eur J Anaesthesiol*. 2017 Aug;34(8):492–507. <https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000000646> PMID:28633157
- Mazzinari G, Serpa Neto A, Hemmes SN, Hedenstierna G, Jaber S, Hiesmayr M, et al.; LAS VEGAS study-investigators; PROtective VEntilation NETwork; Clinical Trial Network of the European Society of Anaesthesiology. The Association of Intraoperative driving pressure with postoperative pulmonary complications in open versus closed abdominal surgery patients - a posthoc propensity score-weighted cohort analysis of the LAS VEGAS study. *BMC Anesthesiol*. 2021 Mar;21(1):84. <https://doi.org/10.1186/s12871-021-01268-y> PMID:33740885
- Designation-investigators. Driving Pressure During General Anesthesia for Open Abdominal Surgery (DESIGNATION): study protocol of a randomized clinical trial. *Trials*. 2020 Feb;21(1):198. <https://doi.org/10.1186/s13063-020-4075-z> PMID:32070400
- Longo MA, Cavalheiro BT, de Oliveira Filho GR. Laparoscopic cholecystectomy under neuraxial anesthesia compared with general anesthesia: systematic review and meta-analyses. *J Clin Anesth*. 2017 Sep;41:48–54. <https://doi.org/10.1016/j.jclina-ne.2017.06.005> PMID:28802605
- Raval AD, Deshpande S, Koufopoulou M, Rabar S, Neupane B, Iheanacho I, et al. The impact of intra-abdominal pressure on perioperative outcomes in laparoscopic cholecystectomy: a systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. *Surg Endosc*. 2020 Jul;34(7):2878–90. <https://doi.org/10.1007/s00464-020-07527-2> PMID:32253560
- Umano GR, Delehay G, Noviello C, Papparella A. The “Dark Side” of Pneumoperitoneum and Laparoscopy. *Minim Invasive Surg*. 2021 May;2021:5564745. <https://doi.org/10.1155/2021/5564745> PMID:34094598
- Pelosi P, Foti G, Cereda M, Vicardi P, Gattinoni L. Effects of carbon dioxide insufflation for laparoscopic cholecystectomy on the respiratory system. *Anaesthesia*. 1996 Aug;51(8):744–9. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.1996.tb07888.x> PMID:8795317
- Mazzinari, G., Diaz-Cambronero, O., Serpa Neto, A., Martínez, A. C., Rovira, L., Argente Navarro, M. P., Malbrain, M. L. N. G., Pelosi, P., Gama de Abreu, M., Hollmann, M. W., & Schultz, M. J. (2021). Modeling intra-abdominal volume and respiratory driving pressure during pneumoperitoneum insufflation-a patient-level data meta-analysis. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md.: 1985), 130(3), 721–728. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00814.2020>.
- Becker C, Plymale MA, Wennergren J, Totten C, Stigall K, Roth JS. Compliance of the abdominal wall during laparoscopic insufflation. *Surg Endosc*. 2017 Apr;31(4):1947–51. <https://doi.org/10.1007/s00464-016-5201-6> PMID:27553804
- Ott D. E. (2019). Abdominal Compliance and Laparoscopy: A Review. *JSLs: Journal of the Society of Laparoendoscopic Surgeons*, 23(1), e2018.00080. <https://doi.org/10.4293/JSLs.2018.00080>.
- Özdemir-van Brunschot DM, van Laarhoven KC, Scheffer GJ, Pouwels S, Wever KE, Warlé MC. What is the evidence for the use of low-pressure pneumoperitoneum? A systematic review. *Surg Endosc*. 2016 May;30(5):2049–65. <https://doi.org/10.1007/s00464-015-4454-9> PMID:26275545
- Regli A, Pelosi P, Malbrain ML. Ventilation in patients with intra-abdominal hypertension: what every critical care physician needs to know. *Ann Intensive Care*. 2019 Apr;9(1):52. <https://doi.org/10.1186/s13613-019-0522-y> PMID:31025221
- Souki FG, Rodriguez-Blanco YF, Polu SR, Eber S, Candiotti KA. Survey of anesthesiologists' practices related to steep Trendelenburg positioning in the USA. *BMC Anesthesiol*. 2018 Aug;18(1):117. <https://doi.org/10.1186/s12871-018-0578-5> PMID:30131061
- Bundgaard-Nielsen M, Sørensen H, Dalsgaard M, Rasmussen P, Secher NH. Relationship between stroke volume, cardiac output and filling of the heart during tilt. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2009 Nov;53(10):1324–8. <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.2009.02062.x> PMID:19650800
- Fahy BG, Barnas GM, Nagle SE, Flowers JL, Njoku MJ, Agarwal M. Effects of Trendelenburg and reverse Trendelenburg pos-

- tures on lung and chest wall mechanics. *J Clin Anesth*. 1996 May;8(3):236–44. [https://doi.org/10.1016/0952-8180\(96\)00017-7](https://doi.org/10.1016/0952-8180(96)00017-7) PMID:8703461
26. Perilli V, Sollazzi L, Bozza P, Modesti C, Chierichini A, Tacchino RM, et al. The effects of the reverse trendelenburg position on respiratory mechanics and blood gases in morbidly obese patients during bariatric surgery. *Anesth Analg*. 2000 Dec;91(6):1520–5. <https://doi.org/10.1097/00000539-200012000-00041> PMID:11094011
 27. Couture EJ, Carrier-Boucher A, Provencher S, Tanoubi I, Marceau S, Bussi eres JS. Effect of reverse Trendelenburg position and positive pressure ventilation on safe non-hypoxic apnea period in obese, a randomized-control trial. *BMC Anesthesiol*. 2023 Jun;23(1):198. <https://doi.org/10.1186/s12871-023-02128-7> PMID:37291541
 28. Shono A, Katayama N, Fujihara T, B hm SH, Waldmann AD, Ugata K, et al. Positive End-expiratory Pressure and Distribution of Ventilation in Pneumoperitoneum Combined with Steep Trendelenburg Position. *Anesthesiology*. 2020 Mar;132(3):476–90. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000003062> PMID:31770148
 29. D’Antini D, Rauseo M, Grasso S, Mirabella L, Camporota L, Cotoia A, et al. Physiological effects of the open lung approach during laparoscopic cholecystectomy: focus on driving pressure. *Minerva Anesthesiol*. 2018 Feb;84(2):159–67. <https://doi.org/10.23736/S0375-9393.17.12042-0> PMID:28679201
 30. American Society of Anesthesiologist standards and practice parameters. (2020). Statement on ASA Physical Status Classification System. Disponible en el sitio web: <https://www.asahq.org/standards-and-practice-parameters/statement-on-asa-physical-status-classification-system>.  ltima actualizaci n: 13 de diciembre 2020. Consultado: marzo 2023.