

**INFLUENCIA DE LA HIPERTENSIÓN INTRAABDOMINAL EN LA MECÁNICA RESPIRATORIA DE PACIENTES ADULTOS CRÍTICAMENTE ENFERMOS CON VENTILACIÓN MECÁNICA INVASIVA**  
**INFLUENCE OF INTRA-ABDOMINAL HYPERTENSION ON THE RESPIRATORY MECHANICS OF CRITICALLY ILL ADULT PATIENTS WITH INVASIVE MECHANICAL VENTILATION**  
**INFLUÊNCIA DA HIPERTENSÃO INTRA-ABDOMINAL NA MECÂNICA RESPIRATÓRIA DE PACIENTES ADULTOS GRAVEMENTE ENFERMOS COM VENTILAÇÃO MECÂNICA INVASIVA**

Antonela Vicente<sup>1</sup>; Sacha Alexis Virgilio<sup>1</sup>; Pablo Tocalini<sup>1</sup>; María Noel Novo<sup>1</sup>

La presión intra-abdominal (PIA) puede verse aumentada de manera patológica cuando excede los 12 mm Hg y los 20 mm Hg denominándose hipertensión intra-abdominal y síndrome compartimental abdominal respectivamente. El aumento de la PIA puede deberse al aumento de volumen de los órganos sólidos o las vísceras huecas, ya sea por la presencia de líquido libre, sangre, linfa u lesiones que ocupan espacio tales como los tumores. Estas entidades patológicas se encuentran asociadas con disfunción orgánica y mayor mortalidad en pacientes críticamente enfermos debido que puede comprometer gravemente al sistema respiratorio con requerimiento de ventilación mecánica invasiva.

**Conceptos clave:**

**¿Qué se sabe sobre el tema?**

La información publicada hasta el momento resulta escasa y de baja calidad metodológica, arrojando resultados contradictorios sobre cómo ventilar, monitorizar y posicionar al subgrupo de pacientes con hipertensión intraabdominal y/o síndrome compartimental. Debemos contemplar que el análisis de esta población de riesgo resulta de vital importancia, ya que se asocian con peores variables de resultado como el aumento de la mortalidad tanto en UCI como hospitalaria.

**¿Qué aporta este trabajo?**

El presente estudio aporta una actualizada revisión de la literatura en pacientes adultos con requerimiento de ventilación mecánica invasiva con diagnóstico de hipertensión intra-abdominal y síndrome compartimental. Cómo realizar el seteo y monitoreo durante la ventilación mecánica, cuál es la PEEP ideal, si recomienda la aplicación de maniobras coadyuvantes (como el decúbito prono o maniobras de reclutamiento) y cómo debe posicionarse éste subgrupo de pacientes para obtener el menor impacto sobre la mecánica respiratoria.

1- Hospital General de Agudos Parmenio T. Piñero (CABA), Lic. En Kinesiología y Fisiatría. Buenos Aires, Argentina. E-mail de contacto: [vicente.antonela@gmail.com](mailto:vicente.antonela@gmail.com)

Recibido: 2020-04-11 Aceptado: 2020-08-07

DOI:<http://dx.doi.org/10.31053/1853.0605.v77.n4.28148>



© Universidad Nacional de Córdoba

**Resumen:**

Objetivo: describir las modificaciones en la mecánica respiratoria, las estrategias ventilatorias propuestas y el correcto posicionamiento de los pacientes adultos críticamente enfermos con HIA y SCA con requerimiento de VMI en UCI.

Fuentes de datos: la búsqueda bibliográfica fue realizada en Pubmed, Cochrane Library y Google Académico® sin restricción del lenguaje con fecha de publicación hasta el 31 de julio de 2019.

Selección de los estudios: pacientes adultos con requerimiento de VMI y diagnóstico de HIA y/o SCA que hayan realizado el análisis de monitoreo ventilatorio y posicionamiento del paciente. Se excluirán los estudios de laboratorio realizados en animales.

Extracción de datos: la búsqueda inicial identificó 681 estudios, de los cuales se incluyeron 30 artículos para el análisis de datos.

Síntesis de datos: los pacientes con requerimiento de VMI se debe permitir el aumento de las presiones en la vía aérea y utilización de PEEP elevada; sólo en casos específicos se podrían aplicar maniobras de reclutamiento y decúbito prono para mantener una ventilación alveolar adecuada. El posicionamiento en Trendelenburg invertido es de utilidad, ya que mejora la mecánica respiratoria y evita la compresión abdominal.

Conclusiones: las alteraciones de la mecánica respiratoria producen una disminución de la compliance torácica, volúmenes pulmonares y trastornos en la oxigenación. La estrategia ventilatoria debe contemplar Vt entre 6-8 ml/kg según peso corporal predicho, presión de trabajo menor a 14 cm H<sub>2</sub>O, presión meseta de 30 cm H<sub>2</sub>O+PIA/2 y niveles suficientes de PEEP para prevenir el colapso pulmonar a fin de espiración.

*Palabras clave: hipertensión intra-abdominal; respiración artificial; mecánica respiratoria; unidades de cuidados intensivos.*

**Abstract:**

Objective: to describe the modifications in respiratory mechanics, the proposed ventilatory strategies and the correct positioning of critically ill adult patients with HIA and ACS with the requirement of IMV in the ICU.

Data sources: the bibliographic search was carried out in Pubmed, Cochrane Library and Google Scholar® without restriction of the language with publication date until July 31, 2019.

Study selection: adult patients with a requirement for IMV and diagnosis of HIA and / or ACS who have performed the ventilatory monitoring and patient positioning analysis. Laboratory studies on animals will be excluded.

Data extraction: the initial search identified 681 studies, of which 30 articles were included for data analysis.

Synthesis of data: patients with VMI requirement should be allowed to increase airway pressures and use of high PEEP; Only in specific cases could recruitment and prone maneuvering be applied to maintain adequate alveolar ventilation. Inverted Trendelenburg positioning is useful, as it improves respiratory mechanics and prevents abdominal compression.

Conclusions: alterations in respiratory mechanics produce a decrease in thoracic compliance, lung volumes and oxygenation disorders. The ventilatory strategy should consider Vt between 6-8 ml / kg according to predicted body weight, working pressure less than 14 cm H<sub>2</sub>O, plateau pressure of 30 cm H<sub>2</sub>O + PIA / 2 and sufficient levels of PEEP to prevent lung collapse in order to expiration.

*Keywords: intra-abdominal hypertension; respiration, artificial; respiratory mechanics; intensive care units.*

**Resumo**

Objetivo: descrever as modificações na mecânica respiratória, as estratégias ventilatórias propostas e o posicionamento correto de pacientes adultos críticos com AIH e SCA com necessidade de VMI na UTI.

Fontes de dados: a pesquisa bibliográfica foi realizada na Pubmed, Cochrane Library e Google Scholar® sem restrição de idioma com data de publicação até 31 de julho de 2019.

Seleção do estudo: pacientes adultos com necessidade de VMI e diagnóstico de HIA e / ou SCA que realizaram a monitoração ventilatória e análise de posicionamento do paciente. Estudos de laboratório em animais serão excluídos.

Extração de dados: a busca inicial identificou 681 estudos, dos quais 30 artigos foram incluídos para análise dos dados.

Síntese dos dados: os pacientes com necessidade de VMI devem ter permissão para aumentar a pressão nas vias aéreas e o uso de PEEP alto; Somente em casos específicos, o recrutamento e as manobras propensas podem ser aplicados para manter ventilação alveolar adequada. O posicionamento invertido de Trendelenburg é útil, pois melhora a mecânica respiratória e evita a compressão abdominal.

Conclusões: alterações na mecânica respiratória produzem diminuição da complacência torácica, volumes pulmonares e distúrbios da oxigenação. A estratégia ventilatória deve considerar Vt entre 6-8 ml / kg de acordo com o peso corporal previsto, pressão de trabalho menor que 14 cm H<sub>2</sub>O, pressão de platô de 30 cm H<sub>2</sub>O + PIA / 2 e níveis suficientes de PEEP para evitar colapso pulmonar, a fim de expiração.

*Palavras-chave: hipertensão intra-abdominal; respiração artificial; mecânica respiratória; unidades de terapia intensiva.*

## Introducción

El aumento de la presión intraabdominal (PIA) puede ocasionar hipertensión intraabdominal (HIA) o síndrome compartimental abdominal (SCA), produciendo una elevada morbimortalidad en pacientes críticamente enfermos en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI)<sup>1,2,3</sup>.

La HIA se define como el incremento patológico de la PIA mayor a 12 mm Hg<sup>4</sup>, mientras que el aumento por encima de 20 mm Hg con evidencia de una o más disfunciones orgánicas se denomina SCA<sup>5</sup>.

La incidencia de HIA oscila entre 25-30% al ingreso a la UCI<sup>6</sup> y el SCA entre 2-10%<sup>7</sup>. Ambas entidades se asocian independientemente con peores resultados en diversas variables, dentro de las cuales se destacan mayor estadía en UCI, tasa de falla en el weaning y aumento de la mortalidad tanto en UCI como hospitalaria<sup>7,8</sup>.

Los compartimientos abdominal y torácico cuentan con una vinculación a través del diafragma, ya que éste representa el límite anatómico entre ambas cavidades. Se considera que un 50% de la PIA se transmite al tórax, pudiendo oscilar entre un 25% y 80%<sup>3,9</sup>. Debido a esto, el incremento de la PIA puede afectar la funcionalidad de los diferentes órganos tanto la de los alojados en el abdomen como la de aquellos que se encuentran por fuera de él, tales como el cerebro, el sistema cardiovascular y respiratorio<sup>6</sup>.

Se considera que la PIA puede ejercer efectos deletéreos sobre las características mecánicas del tórax generando una disminución de la compliance torácica ( $C_T$ ) producto de la transmisión de presiones desde el abdomen. Por lo tanto, podría producirse una disminución de los volúmenes pulmonares (VP)<sup>6</sup> y trastornos en la oxigenación con el posterior requerimiento de ventilación mecánica invasiva (VMI)<sup>8</sup>. Es por ello que resulta imprescindible una correcta interpretación de la influencia de la PIA sobre el sistema respiratorio para poder establecer una estrategia ventilatoria y posicionamiento adecuado. Sin embargo, hasta el momento la evidencia científica disponible resulta contradictoria y de baja calidad.

El objetivo de la presente revisión narrativa fue describir las modificaciones en la mecánica respiratoria, las estrategias ventilatorias propuestas y el correcto posicionamiento de los pacientes adultos críticamente enfermos con HIA y SCA con requerimiento de VMI en UCI.

## Materiales y método

### Estrategia de búsqueda

La búsqueda bibliográfica fue realizada en diferentes bases de datos electrónicas como Pubmed y Cochrane Library. También se revisó la literatura gris a través de Google<sup>®</sup> sin restricción del lenguaje con fecha de publicación hasta el 31 de julio de 2019. Se estableció una estrategia específica para cada base de datos (**Anexo I**).

ANEXO I: BÚSQUEDAS BIBLIOGRÁFICAS
<b>Pubmed:</b> ("Intra-Abdominal Hypertension"[Mesh] OR Intra Abdominal Hypertensio*[tiab] OR Intraabdominal Hypertensio*[tiab] OR Abdominal Compartment Syndrome*[tiab]) AND ("Respiration, Artificial"[Mesh] OR Artificial Respiration* [tiab] OR Mechanical Ventilat* [tiab] OR "Respiratory Mechanics"[Mesh] OR Respiratory Mechanic* [tiab] OR Breathing Mechanic* [tiab]).
<b>Cochrane Library:</b> (Intra-Abdominal Hypertension AND Artificial Respiration AND Respiratory Mechanics).
<b>Google Académico:</b> (("Intra-Abdominal Hypertension" OR "Abdominal Compartment Syndrome") AND ("Artificial Respiration" OR "Mechanical Ventilation" OR "Respiratory Mechanics" OR "Breathing Mechanics")).

Se realizó la búsqueda manual de las referencias de los artículos relevantes y se estableció la comunicación a través del correo electrónico con el primer autor de los estudios revisados que se presumieron importantes cuando la información se consideró incompleta. Cuando no se obtuvo respuesta o la misma no coincidía

con las variables de estudio, el artículo fue eliminado debido a la imposibilidad de analizar los datos.

Se llevó a cabo la selección de estudios en primera instancia a través de la lectura por título y resumen; y luego se recuperaron las versiones completas de los estudios que se presumieron relevantes. Finalmente se realizó el análisis de los estudios incluidos.

### Criterios de inclusión:

- Pacientes adultos (>18 años) con requerimiento de VMI.
- Pacientes con diagnóstico de HIA y/o SCA.
- Análisis de monitoreo ventilatorio: variables de oxigenación (PEEP y  $FiO_2$ ) y de ventilación (tiempo inspiratorio, frecuencia respiratoria y flujo), mecánica respiratoria (compliance del sistema respiratorio, pulmonar y torácica [ $C_{SR}$ ,  $C_P$  y  $C_T$ ]; elasticidad del sistema respiratorio, pulmonar y torácica [ $E_{SR}$ ,  $E_P$  y  $E_T$ ]); presión transpulmonar [PTP].
- Análisis del posicionamiento del paciente y los efectos sobre la PIA.

### Criterios de exclusión:

- Estudios de laboratorio realizados en animales.

### Criterios de eliminación:

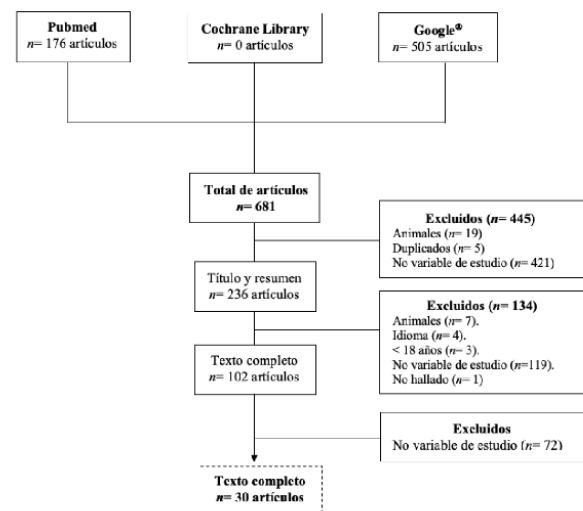
Ausencia de respuesta de los autores ante la consulta sobre las variables que se presentaron incompletas o la no coincidencia con las variables de resultado analizadas.

El estudio contó con la aprobación del Comité de Ética Institucional.

## Resultados

La búsqueda inicial identificó 681 estudios, de los cuales 236 fueron revisados por título y resumen, considerando que 13 de estos surgieron de la búsqueda manual. Se evaluaron a texto completo 102 artículos, de los cuales 30 cumplieron con los criterios de inclusión para el análisis de datos (**Anexo II**).

ANEXO II: DIAGRAMA DE FLUJO



## Discusión

El compartimiento abdominal cuenta con límites anatómicos definidos, representados por una combinación de estructuras rígidas (columna, caja torácica y los huesos de la pelvis) y semirrígidas (músculos abdominales, pélvicos y diafragma) vulnerables al desarrollo de presiones elevadas dentro del mismo.

Si se lo compara con un sistema hidráulico, a medida que cambia la posición del paciente el peso del contenido abdominal aumenta significativamente la PIA<sup>10</sup>. Dicho de otro modo, existen tres factores que afectan la PIA: la gravedad, la compresión y el cizallamiento visceral<sup>11</sup>.

Según la Sociedad Mundial del Síndrome Compartimental Abdominal (*World Society of the Abdominal Compartment Syndrome [WSACS]*)<sup>3</sup> la HIA se define como el incremento patológico de la PIA por encima de 12 mm Hg y de acuerdo a su severidad se estratifica en cuatro categorías. Por otro lado, cuando la PIA es  $\geq 20$  mm Hg (con o sin presión de perfusión abdominal  $< 60$  mm Hg) y se asocia con una nueva disfunción orgánica, se denomina síndrome compartimental abdominal.

Los efectos deletéreos de la HIA/SCA sobre la función respiratoria producen un desplazamiento craneal del diafragma, generando un incremento de las presiones intratorácicas afectando los VP y la mecánica respiratoria. Se valoró en estudios experimentales como descendían los volúmenes pulmonares a medida que aumentaba el grado de HIA, con el consecuente aumento de zonas atelectásicas y zonas pobremente aireadas<sup>6,12</sup>. (Figura 1)

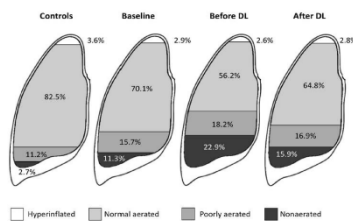


Figura 1 - El efecto de la HIA y la laparotomía descompresiva (DL) sobre los volúmenes pulmonares, expresados en porcentajes de los diferentes volúmenes pulmonares aireados<sup>8</sup>. Las figuras pulmonares corresponden de izquierda a derecha a controles, basal, antes de la DL, y después de la DL. Recuadro blanco corresponde: hiperinflación, gris claro: aireación normal, gris intermedio: pobremente aireado y gris oscuro: no aireado.

En dichas condiciones, se ve afectado el drenaje linfático entre la cavidad abdominal y torácica, jugando un rol importante en el desarrollo de edema. Además, se produce un deterioro en la oxigenación e incremento de la hipercapnia debido al aumento del espacio muerto, el desarrollo de trastornos en la relación ventilación/perfusión y shunt<sup>6,12</sup>. Por otra parte, el grado de HIA afecta las propiedades mecánicas de la caja torácica, lo cual incrementa el trabajo ventilatorio y limita la ventilación. En suma, dichos factores interfieren en el intercambio gaseoso pudiendo desarrollar insuficiencia respiratoria<sup>5</sup>.

La mecánica respiratoria en sujetos que cursan con un incremento de la PIA, se ve disminuida significativamente la  $C_{SR}$  y  $C_T$ , siendo más acentuada la afectación de la  $C_T$  debido a que presenta una relación inversa con la PIA<sup>6</sup>.

A modo de resumen, en el siguiente gráfico se detallan los efectos deletéreos de la HIA y SCA sobre la función respiratoria<sup>13</sup>. (Figura 2)

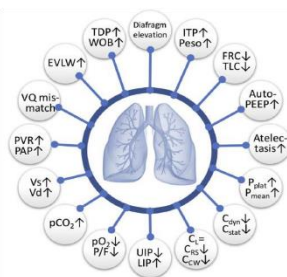


Figura 2 - Efectos deletéreos del incremento de la PIA sobre la función del sistema respiratorio<sup>20</sup>. El desplazamiento craneal del diafragma durante la HIA causa un patrón pulmonar restrictivo con disminución de la distensibilidad respiratoria estática y dinámica, capacidad residual forzada y todos los volúmenes pulmonares, lo que resulta en alteración en la oxigenación y ventilación con el consecuente aumento del trabajo ventilatorio.

Referencias de la Figura 2: presión intratorácica (ITP ↑), presión esofágica (P<sub>esof</sub>), capacidad residual forzada (FRC ↓), capacidad pulmonar total (TLC ↓), presión plateau (P<sub>plat</sub>), presión media (P<sub>mean</sub> ↑), compliance dinámica (C<sub>dyn</sub> ↓), compliance estática (C<sub>stat</sub> ↓), compliance pulmonar (C<sub>L</sub> ↓), compliance del sistema respiratorio (C<sub>rs</sub> ↓), compliance de la caja torácica (C<sub>aw</sub> ↓), punto de inflexión superior (UIP ↑), punto de inflexión inferior (LIP ↓), PaO<sub>2</sub>/F<sub>i</sub>O<sub>2</sub>, presión parcial de dióxido de carbono (pCO<sub>2</sub> ↑), shunt (V<sub>s</sub> ↑), espacio muerto (V<sub>d</sub> ↑), resistencia vascular pulmonar (PVR ↑), presión de la arteria pulmonar (PAP ↑), V/Q (VQ ↓), agua extravascular pulmonar (EVLW ↑), PTP (TDP ↑) y trabajo respiratorio (WOB ↑)<sup>20</sup>. \* por sus siglas en inglés

Epidemiología y factores de riesgo

Blaser et al.<sup>14</sup> informaron una prevalencia que oscila entre 30% y 60% en sujetos críticamente enfermos con requerimiento de VMI. Esto podría deberse a que se utilizaron diferentes puntos de corte para establecer el diagnóstico de HIA y SCA, la heterogeneidad de la población (condiciones mixtas, médicas, quirúrgicas, traumatizados, etc.) y las características metodológicas de los estudios incluidos.

Existen múltiples factores de riesgo que han sido publicados en la literatura, aunque su interpretación puede resultar dificultosa debido a la heterogeneidad de los estudios<sup>14-16</sup>, ya que la mayoría incluyen una amplia variedad de pacientes, utilizan diferentes descripciones de las variables y no cuentan con un análisis de factores confundidores para la determinación de factores de riesgo independiente.

Blaser et al.<sup>14</sup> realizaron un estudio observacional en pacientes con requerimiento de ventilación mecánica donde hallaron como factores de riesgo independiente para desarrollar HIA: falla respiratoria con PaO<sub>2</sub>/F<sub>i</sub>O<sub>2</sub> < 300 mm Hg, requerimiento de niveles de PEEP > 10 cm H<sub>2</sub>O y/o presión pico en la vía aérea > 28 cm H<sub>2</sub>O. Un año más tarde, Soler Morejón et al.<sup>15</sup> encontraron la misma asociación en los pacientes con hipertensión intraabdominal con requerimiento de VMI y PEEP.

Variables de resultado

El desarrollo de HIA y SCA en los pacientes bajo VMI se asocia independientemente con peores variables de resultado, tales como mayor puntuación en el SOFA, incremento de la estadía en UCI<sup>4,16</sup> y hospitalaria<sup>7,16</sup>, mayor duración de la VMI<sup>7,16</sup>, falla en el destete, mayor tasa de disfunción multiorgánica<sup>4</sup> e incluso mayor mortalidad tanto en la UCI como hospitalaria<sup>4,7,16</sup>.

Malbrain et al.<sup>4</sup> hallaron en su revisión sistemática como predictores independientes de mortalidad: HIA (OR: 2,28; IC 1,59-3,27), puntaje SAPS II > 50 vs ≤ 34 (OR: 10,63; IC 6,33-17,86), SOFA > 8 vs ≤ 4 (OR: 2,08; IC 1,39-3,13) y tipo de admisión al ingreso médico vs quirúrgico (OR 1,91; IC 1,35-2,70).

Ventilación mecánica invasiva

No hay evidencia disponible hasta el momento que establezca la mejor modalidad ventilatoria en este subgrupo de pacientes, observándose que los estudios aplican tanto modos convencionales volumétricos como presométricos<sup>9</sup>.

En lo que respecta a las variables ventilatorias, existen dos estudios que cumplen con los criterios de inclusión<sup>6,13</sup>. Uno de ellos fue realizado por Malbrain et al.<sup>13</sup>, quienes recomiendan la utilización de Vt de 8 ml/kg y frecuencia respiratoria entre 20 y 24 respiraciones por minuto; y por otro lado Regli et al.<sup>6</sup> quienes recomiendan la aplicación de Vt entre 6-8 ml/kg.

Otras recomendaciones son las realizadas por el grupo de trabajo de la ARDSnet<sup>17</sup> en un ensayo clínico publicado en el año 2000, donde analizaron una muestra de 861 pacientes con SDRA donde se redujo la mortalidad en un 22% y los días de VMI en el grupo que recibió bajo Vt (6 ml/kg) en comparación con el grupo que utilizó alto Vt (12 ml/kg).

PEEP

En pacientes con HIA y SCA el nivel óptimo de PEEP aún permanece desconocido<sup>6,18</sup> y la evidencia hallada debe interpretarse con cautela debido a las diferencias estadísticas, metodológicas y clínicas (pequeño tamaño muestral, estudios de baja calidad metodológica y características demográficas heterogéneas). De acuerdo a los estudios incluidos, realizaremos un análisis temporal de la evidencia disponible hasta el momento.

En 1998 Gattinoni et al.<sup>19</sup> valoraron las repercusiones de los diferentes niveles de PEEP y el impacto sobre la PIA en sujetos con SDRA de etiología pulmonar y extrapulmonar. El aumento de PEEP de 0 a 15 cm H<sub>2</sub>O generó un aumento estadísticamente significativo de la PIA en ambos grupos (10 ± 3,4 y 24,3 ± 6,1 cm H<sub>2</sub>O respectivamente). Estos hallazgos resultan de fundamental importancia al momento de valorar la necesidad de aplicación de PEEP, debido a que los sujetos con SDRA extrapulmonar presentan mayor compliance pulmonar y se verán beneficiados con el incremento de PEEP.

Krebs et al.<sup>17</sup> en el año 2009 realizaron un estudio piloto para valorar las consecuencias de la PIA < 12 mm Hg y ≥ 12 mm Hg en relación a los efectos de la PEEP en el intercambio gaseoso, mecánica

respiratoria y hemodinamia en 20 pacientes con IPA/SDRA. Los resultados del estudio sugieren que el incremento de PEEP produce la elevación de la PIA en dichos pacientes. Sin embargo, no se hallaron diferencias en el intercambio gaseoso, reclutamiento alveolar, oxigenación o hemodinamia cuando la PEEP se incrementó desde 10 a 15 cm H<sub>2</sub>O, pero sí se halló una disminución en la E<sub>SR</sub>, E<sub>P</sub> y una mayor mortalidad en UCI en los pacientes con SDRA extrapulmonar e HIA. Cabe mencionar que las limitaciones de ambos estudios<sup>17,19</sup> fueron el pequeño tamaño muestral y las debilidades metodológicas.

El estudio piloto realizado por Verzilli et al.<sup>21</sup> incluyó 30 pacientes con SDRA, divididos en dos grupos: PIA baja (<12 mm Hg) y alta (≥12 mm Hg). Los autores hallaron que los elevados niveles de PEEP generaban un incremento de la PIA, siendo menos pronunciado cuando la misma era <12 mm Hg y con PEEP cero. Por otro lado, el incremento de PEEP de 0 a 12 cm H<sub>2</sub>O generaba una disminución significativa de la presión de perfusión abdominal en el grupo de PIA alta, especialmente en aquellos pacientes hipovolémicos o con valores de PIA más altos.

Yan Yi et al.<sup>23</sup> realizaron un estudio randomizado y crossover en el que incluyeron 15 pacientes que se dividieron en dos grupos: pacientes con SDRA con y sin HIA. Se aleatorizaron según el método de titulación de PEEP por PTP o por el protocolo de la ARDSnet y se evaluaron luego de períodos de VMI de 30 minutos en los dos métodos. Los hallazgos reportados indican que los pacientes con SDRA e HIA presentaron una disminución de la C<sub>SR</sub> y C<sub>T</sub>. La titulación de PEEP por el método de PTP presentó diferencias estadísticamente significativas en la mejoría de la oxigenación y mecánica respiratoria en pacientes con SDRA e HIA.

Cabe mencionar que en el estudio de Yan Yi et al.<sup>23</sup> los sujetos con SDRA e HIA presentaban una presión meseta y PIA más elevadas con una menor C<sub>SR</sub>. Por otro lado, el estudio no especificaba el período de lavado y en aquellos pacientes que obtenían buenos resultados con el método de titulación de PEEP inicial, eran titulados nuevamente por el otro método.

En 2017 Regli et al.<sup>22</sup> realizaron un estudio piloto donde incluyeron 15 pacientes estratificados en tres grupos: PEEP baja (5 cm H<sub>2</sub>O), moderada (50% de la PIA) y alta (100% de la PIA). Se realizaron MR y después de 30 minutos de equilibración del seteo de PEEP, se tomaron gases arteriales y se valoraron los parámetros de oxigenación y cardiorrespiratorios.

Los autores encontraron que niveles moderados de PEEP fueron bien tolerados, mejorando la C<sub>SR</sub> pero no así la oxigenación. En contraposición, la aplicación de PEEP alta mejoraba la oxigenación, pero no era bien tolerada en el 42% de los casos (debido a hipotensión, fuga por el tubo orotraqueal e hipoxemia) por lo cual desaconsejaron su utilización<sup>22</sup>.

Debe tenerse en cuenta que este trabajo<sup>22</sup> es un estudio piloto con un pequeño tamaño muestral, sin descripción de las características demográficas ni el tipo de randomización. Por otro lado, no se utilizó un Vt fijo (oscilaba entre 6 y 8 ml/kg) y se estableció una modalidad ventilatoria presométrica sin analizarla variabilidad del Vt entregado.

En 2018 Liebling et al.<sup>8</sup> sugirieron que la PEEP óptima debería seleccionarse de acuerdo a la mejor E<sub>SR</sub> independientemente de la HIA. Una estrategia para establecerlo podría ser nivel de PEEP= PIA x 0,5. En contraposición, otros autores mencionan que la mejor PEEP es igual a la PIA, pero esto debe considerarse como una opinión de expertos<sup>9</sup> ya que Regli et al.<sup>6,22</sup> demostraron que dicha terapéutica presentaba eventos adversos y recomendaron la titulación de PEEP según la mejor C<sub>SR</sub>.

De acuerdo a la fisiopatología de este subgrupo de pacientes, el pulmón colapsará a presiones de cierre más altas durante la espiración y una PEEP insuficiente puede contribuir a generar atelectrauma y colapso alveolar<sup>6,22</sup>. En contrapartida, los niveles más altos de PEEP producen mejoría de la oxigenación, de la C<sub>SR</sub><sup>20</sup>, reclutamiento alveolar<sup>8,10,19</sup> y aumento de la capacidad residual funcional (CRF)<sup>8,10</sup> junto con las capacidades pulmonares<sup>10</sup>. Por este motivo, el nivel óptimo de PEEP debería:

- Prevenir la reducción de volumen y mejorar la oxigenación en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda.
- Contrabalancear la apertura y cierre repetitivo de los alvéolos asociados a atelectrauma.
- Limitar/reducir el impacto hemodinámico negativo que genera la aplicación de PEEP<sup>19</sup>.

Presiones en la vía aérea

La HIA puede incrementar las presiones intratorácicas y por lo tanto afectar las presiones en la vía aérea, así como también la presión pleural y vascular. En este contexto, se describe la presión de transmisión tóraco-abdominal que expresa el porcentaje de incremento de las presiones torácicas por cada incremento de PIA. El valor de referencia oscila entre 40% y 50%. Esto significa que, en el contexto de HIA, cuando se aplican niveles adecuados de PEEP y Vt de protección pulmonar de 6 ml/kg de peso corporal predicho, la presión meseta puede exceder los 30 cm H<sub>2</sub>O recomendados con un impacto mínimo sobre la PTP, debido a que incrementa la presión pico en la vía aérea, presión meseta y presión pleural de manera similar<sup>6,9</sup>.

Las directrices de la ARDSnet<sup>18</sup> recomiendan como límite de seguridad una presión meseta ≤30 cmH<sub>2</sub>O, pero en sujetos con HIA y SCA sólo se encuentra disponible la opinión de expertos quienes sugieren que es seguro permitir que la presión de meseta alcance valores mayores, considerando el límite mediante la fórmula 30 cm H<sub>2</sub>O+PIA/2<sup>6,9</sup>.

Por otro lado, la presión de trabajo es una herramienta útil para optimizar el Vt y evitar la excesiva tensión dinámica, la cual contempla la diferencia entre la presión meseta y PEEP<sup>6</sup>. Un estudio observacional realizado por Amato et al.<sup>23</sup>, donde incluyeron 29.144 pacientes con VMI, halló que una presión de trabajo de 14 cmH<sub>2</sub>O se asoció con una mayor supervivencia hospitalaria en pacientes con SDRA<sup>6</sup>. Pese a que ningún estudio evalúa específicamente el efecto de la presión de trabajo en pacientes con HIA, sería lógico perseguir como objetivo un valor <14 cmH<sub>2</sub>O en pacientes con HIA<sup>6</sup>.

Maniobras de reclutamiento (MR)

No hallamos evidencia disponible sobre la recomendación de las MR aplicadas en pacientes con HIA y/o SCA. Las mismas generan un incremento dinámico y transitorio de la PTP para abrir zonas pulmonares pobremente o no aireadas. Si bien estas maniobras tienen como objetivo mejorar la oxigenación, existe el riesgo potencial de daño endotelial y epitelial con el consecuente aumento de la permeabilidad alvéolo-capilar. Es por ello, que sólo deben aplicarse en pacientes hemodinámicamente estables y con un monitoreo estricto de la presión arterial<sup>6</sup>.

En el caso específico de los pacientes con HIA y SCA, que presentan un aumento de la E<sub>T</sub>, es lógico pensar que la presión inspiratoria aplicada durante la MR debería ser mayor para lograr una PTP inspiratoria que sea lo suficientemente elevada como para reabrir los alvéolos colapsados<sup>8</sup>.

Malbrain et al.<sup>17</sup> proponen la utilización de la clásica maniobra de reclutamiento de 40 cm H<sub>2</sub>O durante 40 segundos, sin embargo, sugieren que no debe ser aplicada rutinariamente. En aquellos casos en que deba utilizarse, requiere un monitoreo continuo del paciente, ya que no posee evidencia que la respalde<sup>6,8</sup>.

Posicionamiento durante la ventilación mecánica invasiva

La elevación de la cabecera de la cama (ECC) es comúnmente utilizada para reducir el riesgo de aspiración y la incidencia de neumonía asociada a la VMI. Diferentes estudios confirman que existe una relación lineal positiva entre la PIA y la ECC, ya que por encima de la posición en decúbito dorsal (DD) se produce un incremento significativo de la PIA<sup>8,10,11,24,25</sup>. **(Figura 3)**



**Figura 4 - Influencia de la presión intraabdominal ante los cambios gravitacionales<sup>10</sup>.** A medida que el contenido abdominal cambia con la posición del paciente en posición vertical, el peso del contenido aumenta significativamente la presión intraabdominal. Referencias: uniform (uniforme), xiphoid process (apófisis xifoides), diaphragmatic excursion (excursión diafrágica), PEEP (presión positiva al final de la espiración, por sus siglas en inglés) y abdominal muscle contraction (contracción muscular abdominal).

McBeth et al.<sup>26</sup> realizaron un estudio prospectivo donde se incluyeron 37 pacientes críticamente enfermos con HIA y/o SCA, donde valoraron la repercusión de la ECC sobre la PIA en dos posiciones diferentes. Los autores hallaron que existe una relación estadísticamente significativa e independiente entre la PIA y la ECC. Las modificaciones de la PIA a 10° y 20° eran mínimas, mientras que las diferencias eran clínicamente relevantes con elevaciones de 30° y

45° con aumentos de la PIA de 5 mm Hg (IC al 95%; 3,8-6,1) y 7,4 mm Hg (IC al 95%; 6,3-8,5) respectivamente.

En 2008 Sturini et al.<sup>27</sup> hallaron una fuerte correlación entre la PIA y la posición de los sujetos. Los autores informaron que los pacientes en DD presentaban menores valores de PIA en comparación con los que tenían la ECC a 30°.

A favor de los resultados mencionados previamente, en el año 2009, Cheatham et al.<sup>25</sup> realizaron un estudio multicéntrico que involucraba a 12 UCIs, donde enrolaron a 132 pacientes adultos con requerimiento de VMI y riesgo de sufrir HIA y/o SCA. Los autores valoraron el aumento de PIA en tres posiciones diferentes: DD, ECC a 15° y 30°. Hallaron que la diferencia media de PIA fue 1,5 mm Hg a 15° y 3,6 mm Hg a 30°, aunque esta diferencia de presión fue menos notoria cuando la PIA era  $\geq 20$  mm Hg (0,2 mm Hg a 15° y 2,7 mm Hg a 30°).

Al mismo tiempo, De Keulenaer et al.<sup>11</sup> hallaron que con la elevación de la cabecera de la cama a 30° y 45° aumentaba la PIA 4 mm Hg y 9 mm Hg respectivamente. En síntesis<sup>11,25,26,27</sup>, la utilización de la ECC deberá realizarse hasta los 30° bajo un estricto monitoreo clínico.

Por otro lado, los principales beneficios del decúbito prono (DP) durante la VMI son optimizar el intercambio gaseoso<sup>6,28</sup> y la mecánica respiratoria<sup>6</sup>; reclutar las regiones dorso basales pulmonares<sup>8</sup>, incrementar los volúmenes pulmonares al final de la espiración y reducir las fuerzas compresivas sobre el corazón<sup>28</sup>.

Cuando un paciente críticamente enfermo presenta HIA y/o SCA, al colocar todo el peso del cuerpo en DP se producirá la compresión del contenido abdominal contra la columna dorsal rígida generando atelectasias en las bases pulmonares. En aquellos sujetos con PIA normal el abdomen no se comprime, aunque no esté suspendido; a diferencia del paciente que tiene un abdomen grande que sobresale más allá de la caja torácica cuando está de pie o en DD, en quien se debe considerar el riesgo de que la PIA aumente si el abdomen no está suspendido<sup>28</sup>. Es por ello, que varios autores<sup>6,8,28,29</sup> consideran necesaria la suspensión abdominal durante el DP para aquellos pacientes con HIA aguda.

Al mismo tiempo, Chiumello et al.<sup>29</sup> realizaron un ensayo controlado aleatorizado comparando la suspensión abdominal vs. no suspensión en DP. Estudiaron 11 pacientes con SDRA, donde hallaron una mejoría en la función respiratoria e incremento de la PIA con o sin suspensión abdominal. A pesar de los cambios estadísticamente significativos en la PIA, no se hallaron cambios clínicos. En contraposición, Fletcher et al.<sup>30</sup> refieren que no serían necesarios los soportes especiales para liberar el tórax y el abdomen.

Por su parte, Pelosi et al.<sup>31</sup> estudiaron 10 pacientes con HIA e IPA antes y después del DP con suspensión abdominal, hallando que la media de PIA aumentaba sin alcanzar resultados estadísticamente significativos (11,4 a 14,8 mm Hg). Del mismo modo, Hering et al.<sup>29</sup> analizaron los efectos deletéreos del DP respecto de la PIA en 16 pacientes con IPA y requerimiento de VMI. Se aleatorizaron en dos grupos: DP y DD. Los resultados hallados indicaron que el decúbito prono se asoció con un incremento pequeño de la PIA (12 $\pm$ 4 a 14 $\pm$ 5 mm Hg), aunque contribuyó a mejorar la oxigenación y el flujo sanguíneo sistémico sin afectación de la perfusión esplácnica.

En contraposición, Fletcher et al.<sup>30</sup> en el año 2006 realizaron un estudio observacional donde analizaron 10 pacientes con diagnóstico de SDRA con el objetivo de determinar si el DP incrementaba la PIA. En sus resultados hallaron una pequeña disminución de la PIA estadísticamente significativa en un período de 5 horas desde la aplicación del DP. Asimismo, Regli et al.<sup>6</sup> establecieron que el DP parecería no aumentar la PIA y probablemente mejore la oxigenación en pacientes con insuficiencia respiratoria e HIA. Sin embargo, Sánchez Miralles et al.<sup>32</sup> sugieren evitar dicha posición a pesar de no expresar una fundamentación al respecto.

Por su parte, Pelosi et al.<sup>9</sup> introdujeron la utilización del posicionamiento en Trendelenburg invertido para mejorar la mecánica respiratoria, ya que mantiene la cabecera elevada y evita la compresión abdominal. Sin embargo, ésta intervención podría disminuir la perfusión esplácnica.

A modo de resumen, el posicionamiento en Trendelenburg invertido puede ser útil en pacientes con HIA, ya que mejora la mecánica respiratoria y evita la compresión abdominal. Sin embargo, se necesitan estudios adicionales que valoren la efectividad del decúbito prono con o sin suspensión abdominal, ya que hasta el momento la evidencia disponible resulta contradictoria.

## Conclusión

La presente revisión narrativa permitió conocer la evidencia disponible hasta el momento sobre la mecánica respiratoria, estrategias ventilatorias y el correcto posicionamiento de los pacientes con HIA y/o SCA con requerimiento de VMI. La información hallada resulta contradictoria y de baja calidad metodológica en la mayoría de las variables analizadas.

Respecto a las características de la mecánica respiratoria se producen trastornos en la oxigenación, disminución de la compliance torácica y volúmenes pulmonares. Los objetivos del tratamiento deben estar dirigidos a contrabalancear el aumento de la PIA, aplicando un Vt entre 6-8 ml/kg según peso corporal predicho, presión de trabajo menor a 14 cm H<sub>2</sub>O, presión meseta de 30 cm H<sub>2</sub>O+PIA/2 y niveles suficientes de PEEP para prevenir el colapso pulmonar a fin de espiración.

A favor de la estrategia mencionada, el posicionamiento corporal sugerido es mediante la posición de Trendelenburg invertido y, en caso de ser necesario, podría aplicarse el decúbito prono.

Consideramos de vital importancia la realización de futuros estudios de mejor calidad metodológica para establecer las directrices respecto al tratamiento de este subgrupo de pacientes.

### Limitaciones de responsabilidad

La responsabilidad del trabajo es sólo de los autores

### Conflictos de interés

Ninguno

### Fuentes de apoyo

No hubo fuentes de financiación ni apoyo.

### Originalidad del trabajo

Este artículo es original y no ha sido enviado para su publicación a otro medio de difusión científica en forma completa ni parcialmente.

### Cesión de derechos

Los participantes de este trabajo ceden el derecho de autor a la Universidad Nacional de Córdoba para publicar en la Revista de la Facultad de Ciencias Médicas y realizar las traducciones necesarias al idioma inglés.

### Participación de los autores

Todos los autores hemos participado en la concepción del diseño, recolección de la información y elaboración del manuscrito, haciéndose públicamente responsables de su contenido y aprobando su versión final.

## Bibliografía

- 1) Atema JJ, van Buijtenen JM, Lamme B, Boermeester MA. Clinical studies on intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome. *J Trauma Acute Care Surg.* 2014;76(1):234-240
- 2) Malbrain ML, Cheatham ML. Definitions and pathophysiological implications of intra-abdominal hypertension and abdominal compartment syndrome. *Am Surg.* 2011 Jul;77 Suppl1:S6-11.
- 3) Malbrain ML, De Laet IE, De Waele JJ, Kirkpatrick AW. Intra-abdominal hypertension: definitions, monitoring, interpretation and management. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 2013;27(2):249-270.
- 4) Malbrain ML, Chiumello D, Cesana BM, et al. A systematic review and individual patient data meta-analysis on intra-abdominal hypertension in critically ill patients: the wake-up project. *World initiative on Abdominal Hypertension Epidemiology, a Unifying Project (WAKE-Up!). Minerva Anesthesiol.* 2014;80(3):293-306.
- 5) Pelosi P, Luecke T, Rocco PR. Chest wall mechanics and abdominal pressure during general anaesthesia in normal and obese individuals and in acute lung injury. *Curr Opin Crit Care.* 2011;17(1):72-79.
- 6) Regli A, Pelosi P, Malbrain MLNG. Ventilation in patients with intra-abdominal hypertension: what every critical care physician needs to know. *Ann Intensive Care.* 2019;9(1):52.
- 7) Ortiz-Diaz E, Lan CK. Intra-abdominal hypertension in medical critically ill patients: a narrative review. *Shock.* 2014;41(3):175-180

- 8) Liebling P.D., Jafari B. (2018) Intra-abdominal Hypertension and Abdominal Compartment Syndrome: Consequences for Mechanical Ventilation. In: Esquinas A., Lemyze M. (eds) *Mechanical Ventilation in the Critically Ill Obese Patient*. Springer, Cham
- 9) Pelosi P, Quintel M, Malbrain ML. Effect of intra-abdominal pressure on respiratory mechanics. *Acta Clin Belg*. 2007;62 Suppl 1:78-88.
- 10) Christensen M, Craft J. The cardio-respiratory effects of intra-abdominal hypertension: Considerations for critical care nursing practice. *Intensive Crit Care Nurs*. 2018;44:53–58.
- 11) De Keulenaer BL, De Waele JJ, Powell B, Malbrain ML. What is normal intra-abdominal pressure and how is it affected by positioning, body mass and positive end-expiratory pressure?. *Intensive Care Med*. 2009;35(6):969–976.
- 12) Fernández Meré LA, Alvarez Blanco M. Síndrome compartimental abdominal [Abdominal compartment syndrome]. *Rev Esp Anestesiología Reanim*. 2007;54(6):359–370.
- 13) Malbrain MLNG. The saga continues: How to set best PEEP in intra-abdominal hypertension?. *J Crit Care*. 2018;43:387–389.
- 14) Reintam Blaser A, Parm P, Kitus R, Starkopf J. Risk factors for intra-abdominal hypertension in mechanically ventilated patients [published correction appears in *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. 2011 Oct;55(9):1153. Blaser, A Reintam [corrected to Reintam Blaser, A]; Parm, P [corrected to Parm, P]]. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*. 2011;55(5):607–614.
- 15) Malbrain ML, Chiumello D, Pelosi P, et al. Prevalence of intra-abdominal hypertension in critically ill patients: a multicentre epidemiological study. *Intensive Care Med*. 2004;30(5):822–829.
- 16) Soler Morejón Cde D, Tamargo Barbeito TO. Effect of mechanical ventilation on intra-abdominal pressure in critically ill patients without other risk factors for abdominal hypertension: an observational multicenter epidemiological study. *Ann Intensive Care*. 2012;2 Suppl 1(Suppl 1):S22.
- 17) Krebs J, Pelosi P, Tsagogiorgas C, Alb M, Luecke T. Effects of positive end-expiratory pressure on respiratory function and hemodynamics in patients with acute respiratory failure with and without intra-abdominal hypertension: a pilot study. *Crit Care*. 2009;13(5):R160.
- 18) Acute Respiratory Distress Syndrome Network, Brower RG, Matthay MA, et al. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2000;342(18):1301–1308.
- 19) Gattinoni L, Pelosi P, Suter PM, Pedoto A, Vercesi P, Lissoni A. Acute respiratory distress syndrome caused by pulmonary and extrapulmonary disease. Different syndromes?. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998;158(1):3–11.
- 20) Kirkpatrick AW, Pelosi P, De Waele JJ, et al. Clinical review: Intra-abdominal hypertension: does it influence the physiology of prone ventilation?. *Crit Care*. 2010;14(4):232.
- 21) Verzilli D, Constantin JM, Sebbane M, et al. Positive end-expiratory pressure affects the value of intra-abdominal pressure in acute lung injury/acute respiratory distress syndrome patients: a pilot study. *Crit Care*. 2010;14(4):R137.
- 22) Regli A, De Keulenaer BL, Palermo A, van Heerden PV. Positive end-expiratory pressure adjusted for intra-abdominal pressure - A pilot study. *J Crit Care*. 2018;43:390–394.
- 23) Yang Y, Li Y, Liu SQ, et al. Positive end expiratory pressure titrated by transpulmonary pressure improved oxygenation and respiratory mechanics in acute respiratory distress syndrome patients with intra-abdominal hypertension. *Chin Med J (Engl)*. 2013;126(17):3234–3239.
- 24) Amato MB, Meade MO, Slutsky AS, et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2015;372(8):747–755.
- 25) Cheatham ML, De Waele JJ, De Laet I, et al. The impact of body position on intra-abdominal pressure measurement: a multicenter analysis. *Crit Care Med*. 2009;37(7):2187–2190.
- 26) McBeth PB, Zygun DA, Widder S, et al. Effect of patient positioning on intra-abdominal pressure monitoring. *Am J Surg*. 2007;193(5):644–647.
- 27) Sturini E, Saporito A, Sugrue M, Parr MJ, Bishop G, Braschi A. Respiratory variation of intra-abdominal pressure: indirect indicator of abdominal compliance?. *Intensive Care Med*. 2008;34(9):1632–1637.
- 28) Hering R, Wrigge H, Vorwerk R, et al. The effects of prone positioning on intraabdominal pressure and cardiovascular and renal function in patients with acute lung injury. *Anesth Analg*. 2001;92(5):1226–1231.
- 29) Chiumello D, Cressoni M, Racagni M, et al. Effects of thoraco-pelvic supports during prone position in patients with acute lung injury/acute respiratory distress syndrome: a physiological study. *Crit Care*. 2006;10(3):R87.
- 30) Stephen J. Fletcher (2006) The effect of prone ventilation on intra-abdominal pressure. *Clinical Intensive Care*, 17:3-4, 109-112
- 31) Pelosi P, Tubiolo D, Mascheroni D, et al. Effects of the prone position on respiratory mechanics and gas exchange during acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998;157(2):387–393.
- 32) Sánchez-Miralles A, Castellanos G, Badenes R, Conejero R. Síndrome compartimental abdominal y síndrome de distrés intestinal agudo [Abdominal compartment syndrome and acute intestinal distress syndrome]. *Med Intensiva*. 2013;37(2):99–109.