

## Relación inspiración-expiración inversa en la colecistectomía laparoscópica

### Inverse inspiration/expiration ratio in laparoscopic cholecystectomy

Dra. Mayda Correa Borrell, Dr. José Antonio Pozo Romero, Dr. Humberto Fernández Ramos

Hospital Provincial Universitario Clínico Quirúrgico "Manuel Ascunce Domenech". Camagüey. Cuba.

---

#### RESUMEN

**Introducción:** el desarrollo de la cirugía y la anestesiología, requiere de avances en la tecnología de la ventilación mecánica para su ejecución. La cirugía laparoscópica utiliza la insuflación de bióxido de carbono en la cavidad peritoneal, lo cual origina repercusión en el sistema respiratorio y, necesita de ventilación mecánica efectiva para control de dicho gas y del incremento de las presiones pulmonares impuestas por el neumoperitoneo; Para lograrlo se pudiera emplear modalidades ventilatorias de empleo no habituales, resultando una mejoría en las alteraciones fisiopatológicas del aparato respiratorio y así garantizar una óptima ventilación.

**Objetivos:** revisar la actualización de la temática relacionada con la ventilación mecánica, con modificación de la relación inspiración-expiración, y explicar sus beneficios en la anestesia para la colecistectomía laparoscópica.

**Desarrollo:** se examinaron los aspectos conceptuales y técnicos de la relación inspiración-expiración, y la historia de su aplicación en el síndrome de dificultad respiratoria del adulto, particularmente sus efectos en los parámetros ventilatorios y de oxigenación. Se vincularon sus beneficios con las afectaciones originadas durante la ventilación mecánica, para la colecistectomía video-laparoscópica.

**Conclusiones:** la ventilación con modificación de la relación inspiración-expiración es factible durante el tiempo anestésico para la colecistectomía video-laparoscopia.

**Palabras clave:** relación inspiración-expiración inversa, prolongación tiempo inspiratorio, fisiopatología del neumoperitoneo, colecistectomía video-laparoscópica.

## ABSTRACT

**Introduction:** advances in mechanical ventilation are crucial to the implementation of developments in surgery and anesthesiology. Insufflation of carbon dioxide into the peritoneal cavity during laparoscopic surgery has an impact on the respiratory system. Effective mechanical ventilation is required to control the gas and the increase in pulmonary pressure created by the pneumoperitoneum. Non-habitual ventilation modes could be used to achieve this end, ameliorating the physiological alterations of the breathing apparatus and achieving optimal ventilation.

**Objectives:** review updates on mechanical ventilation and modified inspiration/expiration ratio, and explain its benefits regarding anesthesia for laparoscopic cholecystectomy.

**Content:** an examination was conducted of the conceptual and technical aspects of the inspiration/expiration ratio and the history of its application in the adult respiratory distress syndrome, particularly its effects on ventilatory and oxygenation parameters. Benefits were associated with disorders appearing during mechanical ventilation for videolaparoscopic cholecystectomy.

**Conclusions:** ventilation with a modified inspiration/expiration ratio is feasible during the anesthesia time required for videolaparoscopic cholecystectomy.

**Key words:** inverse inspiration/expiration ratio, prolongation of inspiration time, pathophysiology of the pneumoperitoneum, videolaparoscopic cholecystectomy.

---

## INTRODUCCIÓN

La reanimación respiratoria boca a boca, constituye el antecedente más remoto de la ventilación artificial encontrado en las escrituras bíblicas. Se reconoce en Andrés Vesalio, a mediados del siglo XVI las primeras evidencias científicas de la ventilación mecánica artificial, a través de la experimentación animal; y a Robert Hooke su continuidad, 100 años después. En el año 1769 se permitió la aplicación clínica de los principios enunciados por ambos, y es en la década de 1840, con el descubrimiento de la anestesia con éter y óxido nitroso, que se abre el campo para la ventilación con fines anestésico-quirúrgicos.<sup>1</sup> Este avance visto a través de diferentes períodos de la Historia de la Medicina, posibilitó crear condiciones óptimas y garantizar la oxigenación para el paciente.

El desarrollo de la ventilación mecánica está indisolublemente asociado al desarrollo de la Anestesia y la Cirugía.<sup>2</sup> Hoy encuentra un poderoso pilar en la ejecución de tecnologías de avanzada, como las técnicas endoscópicas con insuflación de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que exigen un control estricto de dichos niveles del gas, solamente solucionables de manera efectiva con correcta ventilación mecánica.

Los modos, modalidades o patrones de ventilación mecánica durante la anestesia, obedecen a conceptos y criterios basados en la anatomofisiología del aparato respiratorio, sin apartarse de los requerimientos y/o necesidades impuestas por el proceder quirúrgico.

Las técnicas endoscópicas se han extendido a muchas especialidades quirúrgicas, incluida ya la cirugía cardíaca.<sup>3</sup> La cirugía laparoscópica, se remonta a los comienzos

---

del siglo xx,<sup>4,5</sup> su alcance traspasó fronteras. Se estima según expertos que, en los próximos años se invierta la relación de procedimientos abiertos con relación a las técnicas laparoscópicas a favor de estas últimas. Siendo esta tendencia un ejemplo de cómo esta tecnología toma carta de naturalización a nivel mundial<sup>6</sup>. Durante la anestesia para la colecistectomía video-laparoscópica, se originan condiciones especiales en la fisiología respiratoria con incremento de las presiones en la vía aérea y disminución de la adaptabilidad pulmonar,<sup>4,7,8</sup> imponiendo así, la creación de cambios en los habituales modos de ventilación referidos a la relación inspiración-espирación, en función de disminuir las presiones, aumentar la adaptabilidad y evitar la aparición de complicaciones para un éxito total de la intervención.

Lograr mejoría de las presiones en la vía aérea, garantiza una correcta distribución de la ventilación y preserva la integridad pulmonar en los pacientes intervenidos con la considerada "regla de oro" de la cirugía endoscópica: la colecistectomía video-laparoscópica.<sup>9</sup> Esta situación, nos estimuló a reflexionar en el empleo de modalidades ventilatorias que permitan alcanzar tales condiciones. Los habituales parámetros de ventilación en la práctica anestésica, tales como volumen tidal, frecuencia respiratoria, relación inspiración-espирación, fracción inspirada de oxígeno (FiO<sub>2</sub>),<sup>1,10,11</sup> son valiosos instrumentos que, permiten ajustar la ventilación acorde a los requerimientos particulares y específicos.

Como hipótesis se plantea que si la relación o índice inspiración-espирación (I:E) y su modificación, contribuyen a mejorar la ventilación en afecciones respiratorias severas con daño pulmonar, sin evidencia de su sistemática aplicación, se podría inferir que este método puede brindar resultados favorables en la ventilación intraoperatoria, lo que representaría una teoría contribuyente a disminuir presiones en vía aérea, mejorar la distribución de la ventilación y evitar la aparición de trauma pulmonar, garantizando una buena oxigenación y eliminación del bióxido de carbono, imprescindibles para el proceder. Esto evita la reducción de presiones basado en la teoría de disminución de volúmenes ventilatorios, necesarios en valores relativamente altos para el control del bióxido de carbono insuflado.

Es objetivo de esta revisión, pretender la actualización en la temática de la ventilación mecánica con modificación de la relación inspiración-espирación y, resaltar sus beneficios sobre la fisiología respiratoria durante la ventilación mecánica en la anestesia para la colecistectomía video-laparoscópica.

Entonces la interrogante es: ¿puede la modificación de la relación inspiración-espирación con prolongación de la inspiración, aplicarse en la ventilación mecánica transoperatoria durante la colecistectomía video-laparoscópica para lograr optimizar la ventilación?

## MÉTODOS

En la búsqueda de las fuentes primarias de información se revisaron las bases de datos bibliográficas, con motores de búsqueda en: *Medline, Lilacs, Embase, Cochrane* con las palabras claves siguientes: I:E, prolongación de la inspiración, adaptabilidad pulmonar, daño pulmonar, relación inspiración-espирación inversa, prolongación de tiempo inspiratorio, fisiopatología del neumoperitoneo. Se revisaron textos en inglés, español y portugués con no más de 5 años de publicados, y de América y Europa. Se seleccionaron artículos con rigor científico-metodológico, incluidas mediciones estadísticas, y que por su contenido se ajustaran a nuestros objetivos, con criterios valederos relacionados al tema. Se estableció comunicación con investigadores del tema para obtener criterios de otros expertos.

## DESARROLLO

El aumento de la presión intrabdominal provocado por el neumoperitoneo, ocasiona elevación diafragmática y estos cambios mecánicos se acompañan de efectos fisiológicos sobre la mecánica ventilatoria con incremento de la presión intratorácica, disminución de la adaptabilidad pulmonar y disminución del volumen corriente, del volumen de reserva espiratoria y de la capacidad residual funcional,<sup>12-15</sup> con disminución de los volúmenes ventilatorios en segmentos cercanos al diafragma mejor irrigados, y áreas superiores mejor ventiladas con flujo circulatorio disminuido con el consecuente desequilibrio ventilación-perfusión, aumento del *shunt* intrapulmonar y del espacio muerto<sup>15,16</sup> el cual origina además, aumento de la resistencia en la vía aérea e incremento en la presión máxima inspiratoria o presión pico de la vía aérea coincidente con el comienzo del neumoperitoneo, lo cual unido a la necesidad de mantener valores normales de CO<sub>2</sub>, conlleva a ventilar con volúmenes altos y se establecen patrones de ventilación que mantiene elevación de dichas presiones durante la ventilación mecánica. La modificación de dichos patrones puede resultar beneficiosa.

I:E es la fracción entre el tiempo inspiratorio y el espiratorio<sup>17</sup> y es determinado por la ventilación minuto y la velocidad de flujo de aire;<sup>18</sup> el tiempo inspiratorio es determinado por flujo y volumen tidal, el tiempo espiratorio es determinado por el flujo de aire y frecuencia.<sup>19</sup> La relación I:E de 1:2 es el patrón común de la ventilación mecánica durante la anestesia.<sup>11</sup> Velocidades lentas de flujo pueden reducir las presiones en la vía aérea y mejorar la distribución de los gases por incremento del índice I:E.<sup>18</sup>

El mecanismo de mejoría está relacionado con muchos factores como incremento de la presión media en la vía aérea sin incremento en la presión pico, reclutamiento de alvéolos adicionales por enlentecimiento del flujo inspiratorio y desarrollo de presión positiva al final de la espiración (auto PEEP o PEEP intrínseca).<sup>17</sup> El enlentecimiento del flujo inspiratorio también puede disminuir el riesgo de volutrauma o barotrauma, los que desempeñan un rol en el fenómeno de lesión pulmonar asociada a la ventilación mecánica.<sup>20</sup> Caballero y Camacho<sup>10</sup> señalaron, que la estrategia para incrementar el tiempo inspiratorio basada en el no incremento de la presión inspiratoria pico (PIP), será de mejores consecuencias fisiológicas. A pesar de esta mejoría en la ventilación, puede no obstante incrementar los efectos nocivos colaterales cardiovasculares.<sup>18</sup>

Los principales factores que predisponen a la lesión pulmonar inducida por el ventilador son: 1) presión inspiratoria pico elevada (PIP), 2) presión de meseta elevada, 3) presión positiva al final de la espiración alta (PEEP) y 4) altos volúmenes corrientes,<sup>21</sup> la mayoría de ellos presentes durante la cirugía video-laparoscópica.

Por tanto se analizarán los aspectos del patrón ventilatorio I:E, sus aplicaciones durante la ventilación mecánica y, posibilidades en la anestesia para la colecistectomía video-laparoscópica.

Desde que el síndrome de dificultad respiratoria del adulto (SDRA) fuera descrito hace más de 4 décadas por Ashbaugh,<sup>22,23</sup> se han propuesto diferentes estrategias ventilatorias,<sup>24-28</sup> para restaurar la oxigenación arterial y la ventilación alveolar, y uno de los modos ventilatorios empleados es la inversión de la relación inspiración-espiración (IRI/E).<sup>19,29</sup> El ajuste del tiempo inspiración-espiración, como estrategia ventilatoria, se deberá considerar un mecanismo respiratorio en la ventilación pulmonar protectora que puede mejorar la supervivencia<sup>30</sup> considerando que se logra

disminuir la presión en la vía aérea<sup>31</sup> con altas posibilidades de aplicación en la ventilación mecánica intraoperatoria para tales fines.

La relación del tiempo inspiratorio y el espiratorio (I:E) razonable es de 1:2-1:3 en la mayoría de las situaciones.<sup>18,25</sup> Otros autores señalan 1:2-1:4,<sup>19</sup> ya que en condiciones normales el tiempo inspiratorio será 1/3 del tiempo total del ciclo respiratorio.<sup>1</sup>

El método que utiliza un tiempo inspiratorio prolongado (> 1:1) es la inversión de la relación I:E.<sup>19,25</sup> El concepto de fase inspiratoria prolongada, fue investigado por primera vez en 1971 por Reynolds, en neonatos con enfermedad de membrana hialina. Fuelihan, en 1976, logró demostrar el valor de la inversión de I:E en adultos con distrés respiratorio,<sup>10,21</sup> alcanzando mejores resultados en el intercambio gaseoso, sin contribuir a daño pulmonar ulterior.<sup>32</sup>

Spoerel observó que la ventilación con inversión de relación I:E hasta 4:1 provee un adecuado intercambio de gases sin efectos adversos en la presión sanguínea, la frecuencia cardíaca y el electrocardiograma: este es el único informe que evaluó la inversión de la relación I:E en anestesia. Por otro lado, *Tweed*<sup>26</sup> consideró alterado o irregular el intercambio de gases durante la anestesia, asociado con reducción de la capacidad residual funcional. Dado el conocido y aparente beneficio de la inversión I:E en el síndrome de distrés respiratorio del adulto (SDRA), emitió la hipótesis de su beneficio durante la anestesia para prevenir o revertir esta situación en la ventilación y concluyó que la aplicación de inversión I:E comparada con el índice I:E convencional no tiene efectos beneficiosos sobre las leves o moderadas alteraciones del intercambio gaseoso durante la anestesia. Al año siguiente publicó un artículo de aplicación de la inversión del índice en cirugía abdominal baja y, concluyó que la inversión del índice inspiración-espiración con presión controlada mejoró la oxigenación arterial más que la ventilación convencional pero, no más que con volúmenes corrientes elevados.<sup>33</sup>

La prolongación del tiempo inspiratorio produce velocidades en el flujo inspiratorio más lentas y, evita flujos turbulentos que aumentan la resistencia de la vía aérea. Se dispone de diferentes patrones de flujo inspiratorio cuando se utiliza ventilación ciclada por volumen, las cuales pueden ser constante, sinusoidal, acelerante y desacelerante.<sup>1,19</sup>

La inversión puede lograrse por:<sup>19,21,25</sup>

- disminución del flujo pico manteniendo un volumen constante,
- pausa al final de la inspiración en la ventilación controlada por volumen,
- flujo desacelerado.

Sin embargo, para obtener los beneficios del tiempo inspiratorio prolongado, no siempre es necesario invertir completamente la relación inspiración-espiración,<sup>21</sup> lo que nos estimuló a utilizarla en otras situaciones de ventilación no relacionadas con daño pulmonar, pero con necesidades de mejoría en la ventilación pulmonar como, situaciones específicas durante la ventilación mecánica transoperatoria, como sucede en la colecistectomía video-laparoscópica.

El índice invertido en la relación inspiración-espирación puede ser aplicado con ventilación volumétrica controlada, ventilación manométrica controlada<sup>10,17,21</sup> y ventilación mandatoria intermitente sincronizada (SIMV).<sup>17</sup>

No está definido si una de estas dos formas de ofrecer la IRI/E con presión controlada (PC) frente a volumen controlado (VC) es mejor que la otra, en cuanto a efectos hemodinámicos, ventilatorios o gasométricos.

La IRI/E puede generar beneficios en la oxigenación a través de cambios en las presiones en la vía aérea, ocasionando una reducción del espacio muerto y en el corto circuito, al tiempo que mejora la relación ventilación/perfusión.

Algunos artículos han descrito este efecto.<sup>36,37</sup> Teóricamente los autores de esta revisión, aceptan esa posibilidad de mejoría, si se analiza y se consideran los aspectos fisiológicos del sistema respiratorio.

La ventilación con relación I:E inversa (IRV) mejora la oxigenación a través de los mecanismos siguientes: incremento en la presión media de la vía aérea (VA) y redistribución del agua pulmonar, mejoría en la ventilación de unidades alveolares previamente colapsadas y, la generación de PEEPi previene el colapso alveolar. Algunos autores sugieren que la IRI/E ejerce su acción al generar auto-PEEP, y se señala que pacientes recibiendo altos índices de I: E están a riesgo de la PEEPi.<sup>18,38</sup> Otros estudios no han encontrado aumento del PEEP intrínseco o auto-PEEP.<sup>22</sup> Su aparición depende de que el tiempo espiratorio no se acorte en una magnitud que pueda ocasionar hiperinsuflación dinámica y auto-PEEP,<sup>10</sup> que por demás provocaría aumento de la presión pico. Las ventajas y desventajas de ambos modos fueron expuestas por *Dueñas*<sup>22</sup> al comparar sus efectos.

#### **Relación inspiración-espирación inversa con volumen controlado (IRI/ECV):**

##### *Ventajas*

- Garantiza un volumen corriente definido.
- Controla la onda de flujo inspiratorio.
- Está disponible en todos los ventiladores.
- Existe una gran experiencia a nivel mundial.
- Hace más gradual y fisiológica la transición de ventilación mecánica.

##### *Desventajas*

- La presión inspiratoria máxima es variable.
- Requiere monitoreo estricto.
- Requiere sedación profunda para evitar asincronía.

La reflexión sobre estos aspectos permite suponer que si bien se plantea por la mayoría de las revisiones, mejores resultados en cuanto a parámetros ventilatorios de la IRI/ECP en el SDRA, la IRI/ECV pudiera ser adecuada y ventajosa con mayor factibilidad de aplicación durante la ventilación mecánica intraoperatoria, ya que según lo planteado garantiza el volumen corriente definido, está disponible en las máquinas de anestesia con ventilador<sup>12</sup> y se comparte con la sedación profunda y relajación presentes durante el acto anestésico.

Los efectos cardiovasculares de la ventilación mecánica están estrechamente relacionados con la presión media de la vía aérea, a través de sus efectos en la presión intrapleurales. Los incrementos en la fracción de tiempo inspiratorio con relación invertida pueden resultar en un incremento significativo de la presión media de la vía aérea, e incremento de la presión intratorácica que origina un aumento en la presión transmural de la aurícula derecha con una disminución del retorno venoso.<sup>18</sup> El gasto cardíaco y el transporte de oxígeno ( $DO_2$ ) pueden disminuir a medida que la PEEP<sub>i</sub> y la presión media en la VA se incrementan. Diversos estudios concluyen que la incidencia de efectos hemodinámicos adversos relacionados con IRV, pueden ser impredecible.<sup>22</sup>

La inversión del I:E por sus potenciales efectos adversos cardiovasculares, fue evaluada en el estudio realizado por *Dillon* y otros<sup>39</sup> al mostrar variaciones no significativas en la presión de la vena cava superior y la vena iliaca-femoral en pacientes ventilados con patrón normal e invertido de I:E.

## CONCLUSIONES

Se concluye que a la luz de esta revisión, se pueden comprender y explicar los beneficios en la modificación del índice inspiración-espирación con prolongación de la inspiración en la ventilación mecánica controlada por volumen, patrón este de la ventilación habitual en la colecistectomía video-laparoscópica con insuflación intraperitoneal de  $CO_2$ , por su contribución a la mejoría de las alteraciones fisiopatológicas respiratorias, secundarias a los cambios mecánicos que ocasiona el neumoperitoneo. Cuando el tiempo inspiratorio es prolongado el I:E es invertido y origina mejoría en la ventilación.

Se consideró concluyentemente, que se puede lograr beneficios con modificaciones de la relación convencional, ya que se conocen las mejorías ventilatorias de las relaciones I:E inversas comparadas con I:E normal, publicada por otros autores en relatos más recientes.<sup>29,34,35</sup>

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Caballero LA. Principios básicos de ventilación mecánica artificial. En: Caballero LA. ed. Terapia Intensiva TII, Ciudad de La Habana, ECIMED; 2008. pp. 465-75.
2. Rodríguez SFL, Vigoa SLP. Ventilación mecánica. En: Dávila CVE eds. Anestesiología Clínica. Tema 10. Ciudad de La Habana; ECIMED; 2006. pp. 233-56.
3. Schellpfeffer RS, Crino DG. Anesthesia for minimally invasive surgery. Anesthesia Secrets. 3rd. ed. Boston: MOSBY; 2007. pp. 494-9.

4. Rodríguez MM, Agramonte CL, Pérez CL. Anestesia para Colectectomía Laparoscópica. Nuestra Experiencia. MediCiego 2006. En línea. Consultado 10 oct, 2011. URL disponible en: [http://bvs.sld.cu/revistas/mciego/vol12\\_supl1\\_06/revisiones/r1\\_v12\\_supl106.html](http://bvs.sld.cu/revistas/mciego/vol12_supl1_06/revisiones/r1_v12_supl106.html)
5. Galloso Cueto GL, Lantigua Godoy A, Alfonso Moya O, Sánchez Maya AY. Papel de la cirugía video laparoscópica en la colecistitis aguda. Rev Méd Electrón 2011;33(3). En línea. Consultado 10 agosto, 2011. URL disponible en: <http://www.revmatanzas.sld.cu/revista%20medica/ano%202011/vol3%202011/tema01.htm> [consulta 7 Dic 2011].
6. de la Concepción de la Peña AH, Soberón Varela I, Hernández Varea JA. Cremata Bruna M. Resultados del tratamiento laparoscópico de la colecistitis aguda. Rev Cubana Cir (2009). En línea. Consultado 30 agosto, 2011. URL disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-74932009000200004&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74932009000200004&lng=es)
7. Joris JL. Anestesia en cirugía laparoscópica. En: Miller RD. Anestesia. Madrid: Elsevier; 2005. pp. 2285-6.
8. Hernández GO, Rodríguez MM, Pérez CL. Anestesia para colecistectomía laparoscópica. Revisión del tema. MediCiego. 2006. En línea. Consultado 18 Oct. 2011. Disponible en: [http://bvs.sld.cu/revistas/mciego/vol12\\_supl1\\_06/articulos/a9\\_v12supl106.html](http://bvs.sld.cu/revistas/mciego/vol12_supl1_06/articulos/a9_v12supl106.html)
9. López EG, Zavalza GJF, Paipilla MO, Lee RS. Colecistectomías laparoscópicas realizadas en Unidad de Cirugía Ambulatoria. Cir Gen. 2011;33:104-10.
10. Caballero LA, Camacho AV. Modos de ventilación. En: Caballero LA. ed. Terapia Intensiva. Terapia Intensiva TII, Ciudad de La Habana, ECIMED; 2008. pp. 486-532.
11. Phelps RW. Anesthesia ventilators. Anesthesia Secrets. 3rd. ed. Boston: MOSBY; 2007. pp. 12-134.
12. Guevara MJM. Anestesia en cirugía laparoscópica. Rev Hosp Central. 2004;28:1(1):24-6.
13. Infante FE, Olivé GJB, Pérez GY, Rodríguez SFL, Pascual VH. Comportamiento hemodinámico y respiratorio intraoperatorio en la cirugía laparoscópica del hiato esofágico. Rev Cubana Anestesiol Reanim. En línea. Consultada: 12 Agosto 2011. Disponible en: [http://www.bvs.sld.cu/revistas/scar/vol7\\_2\\_08/scar03208.htm](http://www.bvs.sld.cu/revistas/scar/vol7_2_08/scar03208.htm)
14. Brasesco OE, Szomstein S, Mailapur RV, Zundel N, Rosenthal JR. La patofisiología del neumoperitoneo. Diez años de estudios en busca de una teoría unificadora. Asociación Mexicana de Cirugía Endoscópica A.C. 2002;3(3):101-8.
15. Morgan GE, Mikhail MS, Murray MJ. Clinical Anesthesiology. 4th ed. New York: McGraw-Hill; 2006. pp. 574-84.
16. Labrada DA, Pascual VHT, Olivé GJB, Machado AMC, Navarro SG, Olazábal GE. Anestesia en cirugía en mínimo acceso. La Habana: Ed. Ciencias Médicas; 2010. pp. 8-18.
17. Santos PLA. Insuficiencia respiratoria aguda. En: Caballero LA. ed. Terapia Intensiva. Terapia Intensiva TII, Ciudad de La Habana: ECIMED; 2008. pp. 553-76.



18. Haenel JB, Johnson JL. Mechanical ventilation in critical illness. *Anesthesia Secrets*. 3rd ed. Boston: MOSBY; 2007. pp. 145-52.
19. Camacho AV, Barredo GC, Pardo MRA. Ventilación mecánica en la insuficiencia respiratoria aguda por obstrucción bronquial. *MEDISAN*. 2001;5(4):88-7.
20. Cooke, JJI, Bogossian F, East CE. Lung protective ventilation strategies in paediatrics. A review. *Aust Crit Care*. 2010;(20):2;16-2.
21. Tomicic FV, Andresen HM. Ventilación mecánica en el paciente con lesión cerebral aguda. *Rev Med Chile*. 2011;139:382-90.
22. Dueñas CR, García CE, Carvajal M, Martínez A, Alvarado D, Julio L, et al. Respuesta hemodinámica y ventilatoria a la prolongación del tiempo inspiratorio controlado por presión vs. controlado por volumen en pacientes con SDRA. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo*. 2002;5(2):12-8.
23. Caballero López A, Santos PLA. Síndrome de distrés respiratorio agudo o síndrome de insuficiencia respiratoria pulmonar aguda. En: Caballero LA. *Terapia Intensiva*. Tomo II. Ciudad de La Habana: ECIMED; 2008. pp. 577-603.
24. Schultz MJ. Lung-protective mechanical ventilation with lower tidal volumes in patients not suffering from acute lung injury: a review of clinical studies. *Medical Science Monitor. Intern Med J Experimental and Clinical Research*. 2008;14(24):1521.
25. Morgan GE, Mikhail MS, Murray MJ. *Clinical Anesthesiology*. 4th ed. New York: McGraw-Hill; 2006. pp. 1018-64.
26. Tweed WA, Lee TL. Time-cycled inverse ratio ventilation does not improve gas exchange during anaesthesia. *Can J Anaesth*. 1991;38(3):311-7.
27. Valta JP, Takala J. Volume-controlled inverse ratio ventilation: effect on dynamic hyperinflation and auto-PEEP. *Acta Anaesth Scand*. 2008;37(4):323-8.
28. Cyrus E, Rutten AJ, Collins DV, Bersten AD. Effect of Inspiratory Flow Pattern and Inspiratory to Expiratory Ratio on Nonlinear Elastic Behavior in Patients with Acute Lung Injury. *Am J Resp Critical Care Medicine* 2003;167:702-7.
29. Aghdaii N, Faritous SZ, Yazdanian F, Zade HR. Acute respiratory distress syndrome: rapid and significant response to volume-controlled inverse ratio ventilation -a case report. *Middle East J Anesthesiol*. 2009;20(3):457-60.
30. Schadler D, Weiler N. Lung protective ventilation. Ventilatory modes and ventilator parameters. *Anaesth Intens Notfallmed Schmerzther*. 2008;43:448-3.
31. Lin WQ, Lu XY, Cao LH, Wen LL, Bai\_XH, Zhong ZJ. Effects of the lung protective ventilatory strategy on proinflammatory cytokine release during one-lung ventilation. *Ai Zheng*. 2008;27:23-6.
32. Putensen C, Muders T, Kreyer S, Wrigge H. Alveolar ventilation and recruitment under lung protective ventilation. *Anaesth Intens Notfallmed Schmerzther*. 2008;43:24-6.
33. Tweed WA, Tan PL. Pressure controlled-inverse ratio ventilation and pulmonary gas exchange during lower abdominal surgery. *Can J Anaesth*. 1992;39:1036-40.

34. Taplu A, Gokmen N, Erbayraktar S, Sade B, Erkan N, Karadibak K, Arkan A. Effects of pressure -and volume-controlled inverse ratio ventilation on haemodynamic variables, intracranial pressure and cerebral perfusion pressure in rabbits: a model of subarachnoid haemorrhage under isoflurane anaesthesia. *Eur J Anaesthesiol.* 2005;9:690-6.
35. Smith RP, Fletcher R. Pressure-controlled inverse ratio ventilation after cardiac surgery. *Eur J Anaesthesiol.* 2001;18(6):401-6.
36. Ávila BM. Fisiología cardiorrespiratoria de interés en Anestesiología. En: Dávila CVE eds. *Anestesiología Clínica. Tema 2.* Ciudad de La Habana: ECIMED; 2006. pp. 33-60.
37. Bécquer GE, Águila SPC. Aspectos anatomofisiológicos del aparato respiratorio. En: Caballero LA. ed. *Terapia Intensiva TII,* Ciudad de La Habana: ECIMED; 2008. pp. 405-25.
38. Reddy VG. Auto-PEEP: how to detect and how to prevent a review. *Middle East J Anesth.* 2005;18(2):292-312.
39. Roosens CD, Ama R, Leather HA, Segers P, Sorbara C, Wouters PF, Poelaert JI. Hemodynamic effects of different lung-protective ventilation strategies in closed-chest pigs with normal lungs. *Crit Care Med* 2006;34. En Línea. Consultada 15 septiembre 2011. En línea. Disponible en: <http://journals.lww.com/ccmjournal/toc/2006/01000>
40. Dillon PJ, Columb MO, Hume DC. Comparison of superior caval and femoroiliac venous pressure measurements during normal and inverse ratio ventilation. *Crit Car Med* 1001:29(1). Consultada 15 septiembre 2011. En línea. Disponible en: <http://journals.lww.com/ccmjopurnal/toc/2001/01000>

Recibido: 4 de diciembre de 2011  
Aprobado:20 de marzo de 2012.

**Correspondencia:**

**Dra. Mayda Correa Borrell.** Hospital Provincial Universitario Clínico Quirúrgico "Manuel Ascunce Domenech". Camagüey. Cuba.