

Medición de la presión transpulmonar

Ventajas de medir la presión transpulmonar en pacientes con ventilación mecánica

Dr. Jean-Michel Arnal, Senior Intensivist, Hopital Sainte Musse, Toulon, France

Dr. Dominik Novotni, Manager of Research and New Technology, Hamilton Medical, Bonaduz, Switzerland

Introducción

La monitorización básica de la ventilación mecánica abarca el flujo y la presión en la vía aérea. A pesar de que la valoración de los ajustes del respirador de acuerdo con la presión en la vía aérea podría resultar apropiada para la mayor parte de los pacientes con ventilación mecánica, sabemos que se trata de un criterio indirecto de valoración de la presión de los dos componentes del sistema respiratorio, a saber los pulmones y la pared torácica, excesivamente simplificado. La consideración de que la mecánica de la pared torácica puede presentar anomalías graves en los pacientes graves goza de una enorme aceptación^{1,2,3}. Como parte del esfuerzo continuo a mejorar la protección pulmonar, no se debe desatender la contribución de la mecánica de la pared torácica. En consecuencia, la monitorización avanzada de la ventilación mecánica incorpora la medición de la presión esofágica como sustituta de la presión pleural. Por lo tanto, la separación de la compliance pulmonar y de la pared torácica no solo es posible, sino que también resulta muy útil para valorar la capacidad de reclutamiento pulmonar, llevar a cabo maniobras de reclutamiento y ajustar la PEEP y el volumen tidal. La presión transpulmonar es el resultado de restar a la presión en la vía aérea la presión esofágica, que se calcula durante la oclusión al final de la inspiración y la espiración, y representa la presión necesaria para dilatar el parénquima pulmonar. La presión transpulmonar permite personalizar los ajustes del respirador para perfeccionar el reclutamiento pulmonar y la protección de la ventilación en los pacientes con ventilación mecánica.⁴

Contraindicaciones

Está contraindicado el uso de la sonda esofágica para los pacientes que se encuentren en alguna de las siguientes situaciones: úlceras esofágicas, tumores, diverticulitis, varices sangrantes, intervenciones quirúrgicas esofágicas o gástricas recientes, sinusitis, epistaxis o intervenciones quirúrgicas nasofaríngeas recientes.

Técnica de colocación

Preparación

El kit de la sonda esofágica con globo para adultos contiene una sonda de 86 cm con un globo de 9,5 cm y un estilete acoplado a un tubo de extensión de la presión y una llave de paso de 3 vías. Son necesarias también una línea de extensión adicional y una jeringuilla de 3-5 ml. Además, necesitará un anestésico de administración por vía tópica (p. ej., lidocaína para pulverización) para los pacientes que estén despiertos (figura 1).

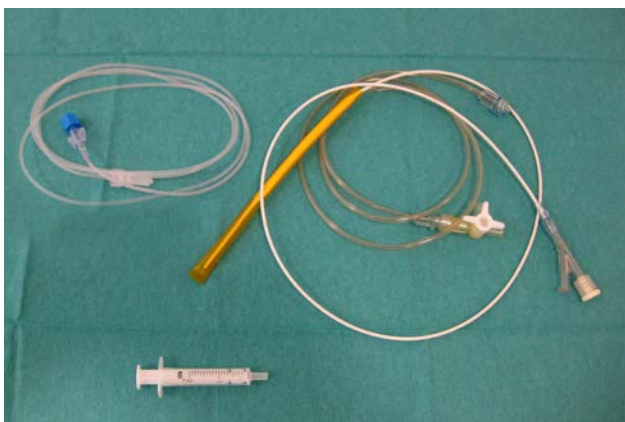


Figura 1: kit de la sonda esofágica con globo para adultos

Conecte la línea de extensión al puerto auxiliar del respirador. Seleccione la pantalla en la que aparezcan la presión en la vía aérea al completo, la presión esofágica, la presión transpulmonar y el flujo. Compruebe que la cifra relativa a la onda de la presión esofágica sea cero (figura 2). La colocación y la medición de la presión esofágica resultan más sencillas y más precisas cuando los pacientes están parcialmente decúbiteo.

Colocación

La sonda contiene una serie de marcas de profundidad que le ayudarán a colocar el globo en el tercio inferior del esófago. Para calcular la profundidad a la que se debe colocar la sonda, se debe medir la distancia que existe entre el orificio nasal, el trago y el xifoides o multiplicar la altura del paciente (en cm) x 0,288 (figura 3).

Paso 1

Seleccione un orificio nasal que no esté obstruido y aplique un anestésico por vía tópica si el paciente está despierto. Aplique un lubricante de base de agua a la punta distal de la sonda.

Paso 2

Asegúrese de que la cabeza del paciente esté en una posición neutra o ligeramente flexionada hacia delante, introduzca la sonda por el orificio nasal y la hipofaringe y hágala avanzar con cautela. Si la sonda se topa con cualquier obstrucción, no la fuerce. Extráigala e introdúzcala por el otro orificio nasal. Introduzca la sonda con cautela en el estómago, que está unos 15 cm por debajo de la profundidad estimada (figura 4).

Paso 3

Conecte la línea de extensión al conector en Y del estilete. Introduzca 3 ml de aire en el globo a través de la llave de paso de tres vías. A continuación, extraiga 2 ml y asegúrese de que, en el globo, quede 1 ml. Cierre la llave de paso de la jeringuilla y ábrala hacia la línea de extensión. Compruebe la medición de la presión esofágica en el respirador. La presión esofágica debe aumentar durante la inspiración y durante la compresión manual del cuadrante superior izquierdo del abdomen. Si, al utilizar la misma presión, la onda de la presión esofágica es similar a la de la presión en la vía aérea medidas durante la oclusión al final de la inspiración, podría haber colocado el dispositivo en la tráquea. Desinfele el globo y extraiga la sonda. Introduzca la sonda por el otro orificio nasal.

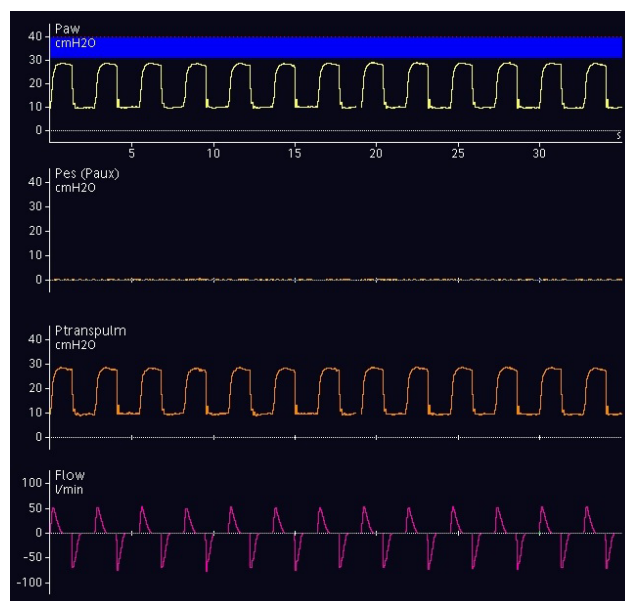


Figura 2: visualización de las presiones y el flujo en el respirador



Figura 3: cálculo de la profundidad a la que se debe colocar la sonda.



Figura 4: inserción de la sonda.

Paso 4

Sea cauteloso a la hora de llevar la sonda a la profundidad calculada. En la forma de onda de la presión esofágica, debe observarse un cambio cualitativo y oscilaciones cardíacas. En los pacientes con respiración espontánea, la presión esofágica debe ser negativa durante la inspiración. En los pacientes pasivos, la presión esofágica es positiva durante la insuflación (figura 5).

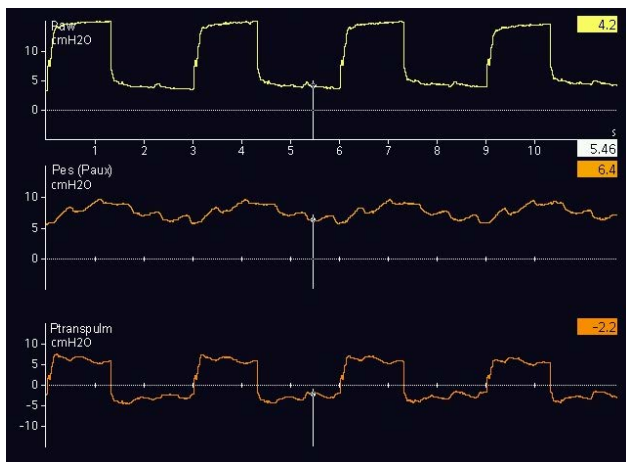


Figura 5: colocación de la sonda esofágica en un paciente pasivo. La presión esofágica aumenta durante la insuflación. Las formas de onda pequeñas son oscilaciones cardíacas.

Paso 5

Cuando el globo se encuentre en la posición correcta, desconecte la línea de extensión y extraiga el estilete. Conecte la línea de extensión directamente a la sonda y vuelva a inflar el globo (consulte el paso 3). Fije la sonda con esparadrapo para evitar la extracción o el desplazamiento como resultado del movimiento (figuras 6 y 7). Una vez extraído, no trate de volver a introducir el estilete.



Figura 6: extracción del estilete y conexión con la línea de extensión



Figura 7: fije la sonda con esparadrapo

Si la presión esofágica se mide de forma continua, repita el paso 3 cada 30 min.

Cuando finalice las mediciones de la presión, desinfele el globo antes de extraer la sonda.

Resolución de problemas

La presión esofágica es similar a la presión en las vías aéreas

Mida la presión en las vías aéreas y la presión esofágica al final de la inspiración y de la espiración a través de la oclusión al final de la inspiración y de la espiración, respectivamente. Si son similares, es probable que haya introducido la sonda esofágica en la tráquea. Desinfele el globo y extraiga la sonda.

La parte superior de la forma de onda de la presión es plana

Es probable que no haya suficiente aire en el globo.

La forma de onda de la presión está amortiguada
Es probable que haya demasiado aire en el globo.

La forma de onda de la presión está ausente
Compruebe que las conexiones sean correctas. Es posible que deba hacer avanzar la sonda hacia el esófago; también es posible que la sonda se haya doblado y deba extraerla.

Verificación de la posición

Pacientes con respiración espontánea: la validez de la medición de la presión esofágica puede evaluarse a través del procedimiento de prueba de oclusión dinámica. Los pacientes tratan de inspirar de tres a cinco veces mientras que las vías aéreas están ocluidas al final de la espiración. Para confirmar la correcta posición del globo esofágico, observe la correlación existente entre los cambios de la presión esofágica y en las vías aéreas durante dicho gran esfuerzo. Durante la prueba de oclusión dinámica, el intervalo aceptable de $\Delta P_{es}/\Delta P_{va}$ es de entre 0,8 y 1,2.^{4, 5} Si el paciente no respira espontáneamente (paciente pasivo), la prueba de oclusión se lleva a cabo mediante la compresión manual del pecho durante la oclusión de las vías aéreas.

Corrección de la medición de la presión

Algunos autores recomiendan rectificar la medición de la presión esofágica y tener en cuenta el gradiente de la presión pleural existente entre la región ventral y dorsal, y el peso del mediastino, en particular en decúbito supino. Para llevar a cabo dicha rectificación, se deben restar 5 cmH₂O al valor medido⁶ o restar la presión esofágica al final de la espiración pasiva medida tras la desconexión manual del paciente del respirador.⁷

Cómo interpretar la presión esofágica

La presión en la vía aérea es la presión del conjunto del sistema respiratorio (pulmones y pared torácica). La presión esofágica es el resultado de la evaluación de la presión pleural, es decir, la presión necesaria para dilatar la pared torácica. El aumento de la presión esofágica es indicativo de que la compliance de la pared torácica ha disminuido como resultado de la hipertensión intrabdominal, un derrame pleural, una ascitis masiva, un traumatismo torácico o un edema en los tejidos torácicos y abdominales derivado de la rehidratación.

1. Evaluación de la capacidad de reclutamiento pulmonar a través de una curva de presión/volumen de bajo flujo

La curva de presión/volumen (P/V) de bajo flujo puede dividirse en la curva de P/V de la pared torácica y la curva de P/V de los pulmones a través de la medición de la presión esofágica. La curva de P/V de los pulmones es más precisa que la curva de P/V del sistema respiratorio para evaluar la capacidad de reclutamiento. Si la curva de P/V pulmonar presenta un punto de inflexión inferior bien definido y una gran histéresis, es una indicación de una capacidad alta de reclutamiento pulmonar^{8, 9} (figuras 8, 9-11 y 12-14).



Figura 8: ajuste de la curva de presión/volumen con P/V Tool Pro

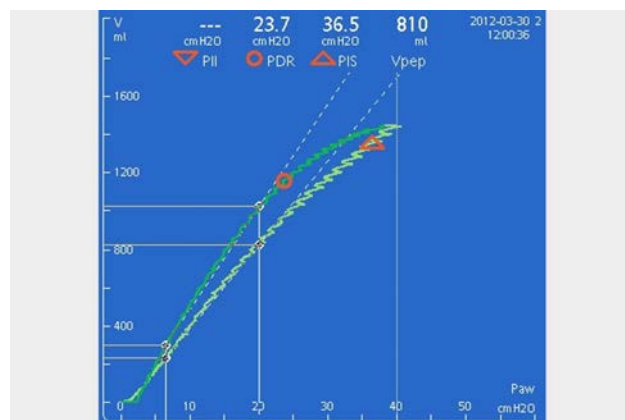


Figura 9: curva de P/V del sistema respiratorio con medición de la presión en la vía aérea en un paciente con baja capacidad de reclutamiento

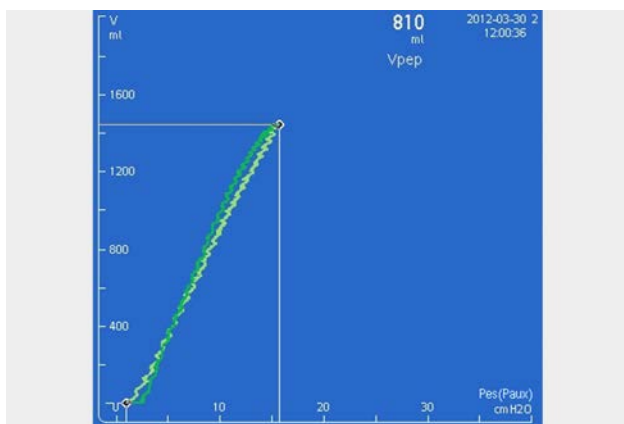


Figura 10: curva de P/V de la pared torácica con medición de la presión esofágica en un paciente con baja capacidad de reclutamiento

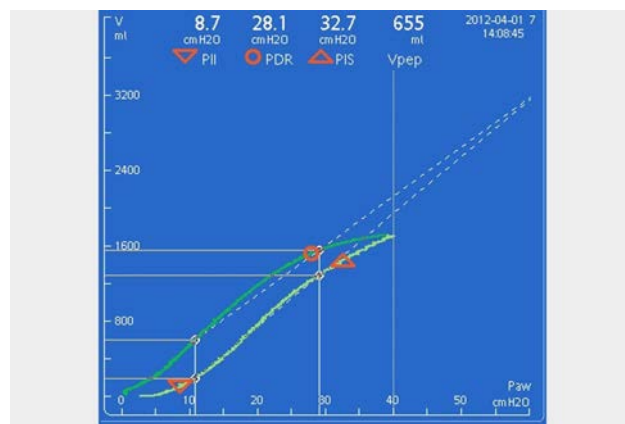


Figura 12: curva de P/V del sistema respiratorio con medición de la presión en la vía aérea en un paciente con capacidad alta de reclutamiento

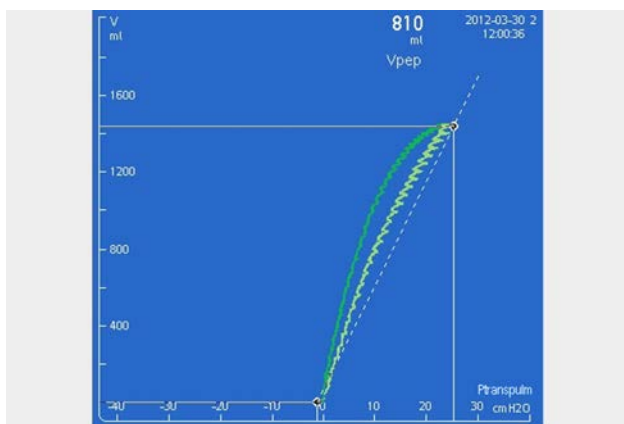


Figura 11: curva de P/V pulmonar con medición de la presión transpulmonar en un paciente con SDRA temprana. Preste atención a la ausencia del punto de inflexión inferior y a la estrechez de la histéresis, lo que indica que la capacidad de reclutamiento es probablemente baja. Preste también atención a que, al aumentar la presión en la vía aérea a 40 cmH₂O, la presión transpulmonar fue de 25 cmH₂O aproximadamente. Esto indica que la maniobra de reclutamiento podría dañar el pulmón y no beneficiarlo por lo que respecta al reclutamiento.

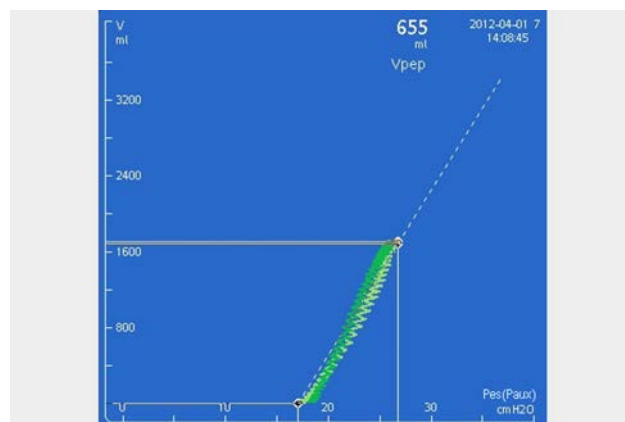


Figura 13: curva de P/V de la pared torácica con medición de la presión esofágica en un paciente con capacidad alta de reclutamiento

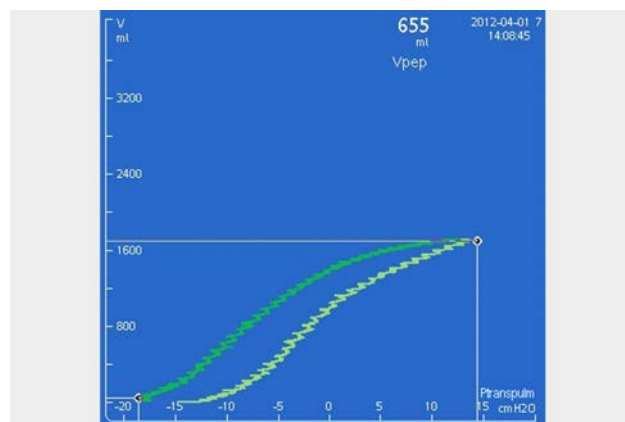


Figura 14: curva de P/V pulmonar con medición de la presión transpulmonar en un paciente con SDRA temprana. Preste atención a la presencia del punto de inflexión inferior y al gran tamaño de la histéresis, lo que indica que la capacidad de reclutamiento es probablemente alta. Preste atención también a que, al aumentar la presión en la vía aérea a 40 cmH₂O, la presión transpulmonar fue de

15 cmH₂O aproximadamente. Esto significa que, si se lleva a cabo una maniobra de reclutamiento, la presión en la vía aérea debe ajustarse superior a 40 cmH₂O.

2. Valoración de la maniobra de reclutamiento

Utilice la medición de la presión esofágica para valorar la presión necesaria para el reclutamiento pulmonar. Se trata de alcanzar una presión transpulmonar de unos 25 cmH₂O en la maniobra de reclutamiento, a fin de reclutar completamente el pulmón y evitar una distensión excesiva ¹⁰ (figuras 15 y 16-18).



Figura 15: ajustes de la maniobra de reclutamiento con PV Tool, que abarcan un aumento rápido de la presión (velocidad de rampa de 5 cmH₂O/s), una pausa de 10 s en el nivel alto de presión y una PEEP superior tras la maniobra de reclutamiento.

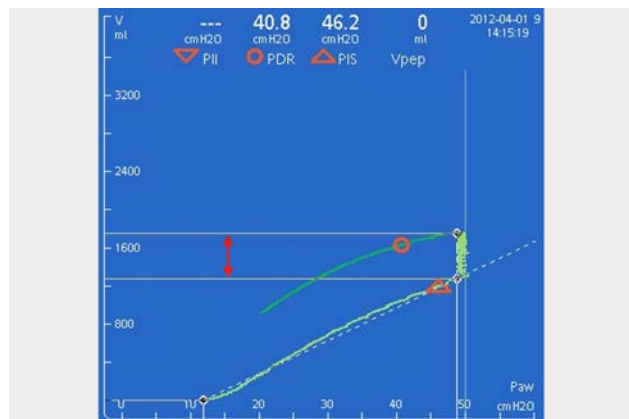


Figura 16: presión en la vía aérea frente a volumen durante una maniobra de reclutamiento de inspiración mantenida

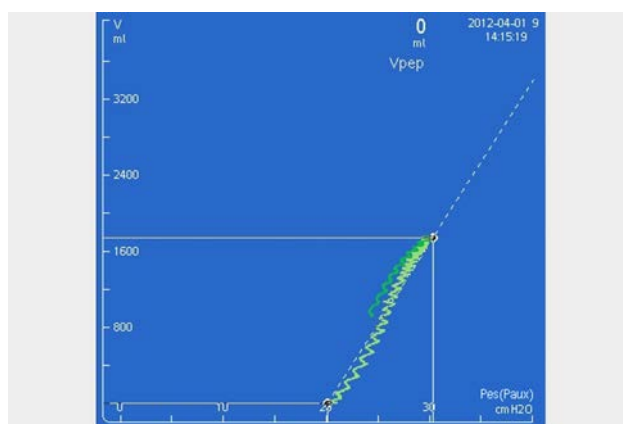


Figura 17: presión esofágica frente a volumen durante una maniobra de reclutamiento de inspiración mantenida

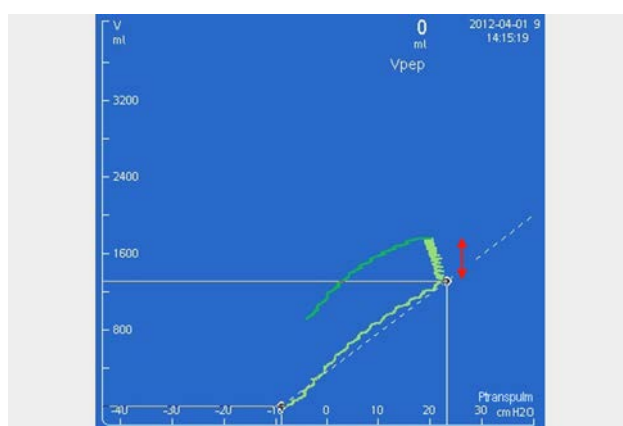


Figura 18: maniobra de reclutamiento de inspiración mantenida llevada a cabo con PV Tool en un paciente con SDRA temprana (paciente de las figuras 12-14). Presión en la vía aérea (16), presión esofágica (17) y presión transpulmonar (18) frente a volumen durante la maniobra de reclutamiento. Tenga en cuenta que la presión en la vía aérea se ajustó en 50 cmH₂O para obtener una presión transpulmonar de en torno a 25 cmH₂O. La duración de la maniobra de reclutamiento fue de 10 s. Preste atención al aumento del volumen en la curva de la presión transpulmonar y la curva de la presión en la vía aérea (flechas rojas), que representa la evaluación del volumen reclutado durante la maniobra de reclutamiento.

3. Ajuste de la PEEP

En los pacientes con SDRA, la PEEP puede ajustarse para obtener una presión transpulmonar de entre 0 y 5 cmH₂O al final de la espiración mediante oclusión al final de la espiración. De este modo, se evita el atelectrauma causado por la apertura y el cierre repetidos de los alvéolos y las vías aéreas distales. Un estudio fisiológico controlado y aleatorizado demostró que ajustar la PEEP en función de la presión trans-

pulmonar se relaciona con una mejor oxigenación y compliance del sistema respiratorio que si se emplea la tabla PEEP-FIO₂ del protocolo ARDSnet ¹¹ (figura 19).



Figura 19: ajuste de la PEEP en función de la presión transpulmonar al final de la espiración en un paciente con SDRA temprana. En estas figuras, se muestran, de arriba abajo, las presiones en la vía aérea, esofágica y transpulmonar. El cursor se sitúa en la oclusión al final de la espiración. En la figura de más arriba, la PEEP es de 7 cmH₂O. La presión transpulmonar es negativa al final de la espiración y existe un riesgo elevado de atelectrauma. En la figura de en medio, la PEEP es de 9 cmH₂O. La presión transpulmonar es 0 al final de la espiración. En la figura de más abajo, la PEEP es de 11 cmH₂O. La presión transpulmonar es de 2 cmH₂O aproximadamente al final de la espiración, lo que debe evitar el atelectrauma.

4. Ajuste del volumen tidal y de las presiones inspiratorias

La presión transpulmonar al final de la inspiración se mide durante la oclusión al final de la inspiración y evalúa el esfuerzo al que está sujeto el pulmón. Es recomendable fijar el volumen tidal y la presión inspiratoria de modo tal que la presión transpulmonar al final de la inspiración sea inferior a 15 cmH₂O ¹² (figura 20).



Figura 20: ajuste del volumen tidal en función de la presión transpulmonar al final de la inspiración en un paciente con SDRA temprana (paciente de la figura 19). Las presiones en la vía aérea, esofágica y transpulmonar se muestran de arriba abajo. El cursor se sitúa en la oclusión al final de la inspiración. La presión transpulmonar es de 7 cmH₂O, que es inocua en materia de esfuerzo global del pulmón.

Otras aplicaciones

En los pacientes con respiración espontánea, el esfuerzo respiratorio muscular puede evaluarse mediante la propia respiración o el producto presión esofágica-tiempo. Por otro lado, la medición de la presión esofágica resulta de gran utilidad para evaluar la sincronización entre paciente y respirador, en concreto el autodisparo, el retraso de disparo inspiratorio y el esfuerzo inspiratorio ineficaz.

Limitaciones

Emplear un volumen inadecuado para inflar el globo y colocar la sonda en una porción inadecuada del esófago dará lugar a una medición poco precisa. Cabe señalar también el efecto postural, debido principalmente al peso del mediastino. Es recomendable medir la presión esofágica en decú-

bito parcial. La presión esofágica calcula la presión pleural media, pues existe una variación fisiológica regional de la presión pleural.

Bibliografia

1. Talmor D, Sarge T, O'Donnell C, Ritz R, Malhotra A, Lisbon A, Loring S. Esophageal and transpulmonary pressures in acute respiratory failure. *Crit Care Med* 2006; 34:1389–1394
2. Gattinoni L, Chiumello D, Carlesso E, Valenza F. Bench-to-bedside review: Chest wall elastance in acute lung injury/acute respiratory distress syndrome patients. *Critical Care* 2004; 8:350–355
3. Hess D, Bigatello L. The chest wall in acute lung injury/acute respiratory distress syndrome. *Curr Opin Crit Care* 2008;14:94–102
4. Akoumianaki E, Maggiore S, Valenza F, Bellani G, Jubran A, et al. The application of esophageal pressure measurement in patients with respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 2014;189:520–31
5. Baydur A, Cha EJ, Sassoon CS. Validation of esophageal balloon technique at different lung volumes and postures. *J Appl Physiol* 1987; 62:315–321
6. Loring SH, O'Donnell CR, Behazin N, Malhotra A, Sarge T, Ritz R, et al. Esophageal pressures in acute lung injury: do they represent artifact or useful information about transpulmonary pressure, chest wall mechanics, and lung stress? *J Appl Physiol* 2010;108:515–522
7. Guerin C, Richard JC. Comparison of 2 Correction Methods for Absolute Values of Esophageal Pressure in Subjects With Acute Hypoxemic Respiratory Failure, Mechanically Ventilated in the ICU. *Respir Care* 2012;57:2045–2051
8. Maggiore SM, Jonson B, Richard JC, Jaber S, Lemaire F, Brochard L. Alveolar derecruitment at decremental positive end-expiratory pressure levels in acute lung injury: Comparison with the lower inflection point, oxygenation, and compliance. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164:795–801
9. Demory D, Arnal JM, Wysocki M, Donati SY, Granier I, Corno G, Durand-Gasselin J. Recruitability of the lung estimated by the pressure volume curve hysteresis in ARDS patients. *Intensive Care Med* 2008; 34:2019–2025
10. Grasso S, Terragni P, Birocco A, Urbino R, Del Sorbo L, Filippini C, Mascia L, Pesenti A, Zangrillo A, Gattinoni L, Ranieri M. ECMO criteria for influenza A (H1N1)-associated ARDS: role of transpulmonary pressure. *Intensive Care Med* 2012;38:395–403
11. Talmor D, Sarge T, Malhotra A, O'Donnell CR, Ritz R, Lisbon A, Novack V, Loring S. Mechanical ventilation guided by esophageal pressure in acute lung injury. *N Engl J Med* 2008;359:2095–2104
12. Chiumello D, Carlesso E, Cadringer P, Caironi P, Valenza F, Polli F, Tallarini F, Cozzi P, Cressoni M, Colombo A, Marini JJ, Gattinoni L. Lung stress and strain during mechanical ventilation of the Acute Respiratory Distress Syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 2008;178:346–55

Hamilton Medical AG

Via Crusch 8, 7402 Bonaduz, Suiza

☎ +41 58 610 10 20

info@hamilton-medical.com

www.hamilton-medical.com