

Burbuja Informativa #7 : ¿Qué es la ventilación alveolar?

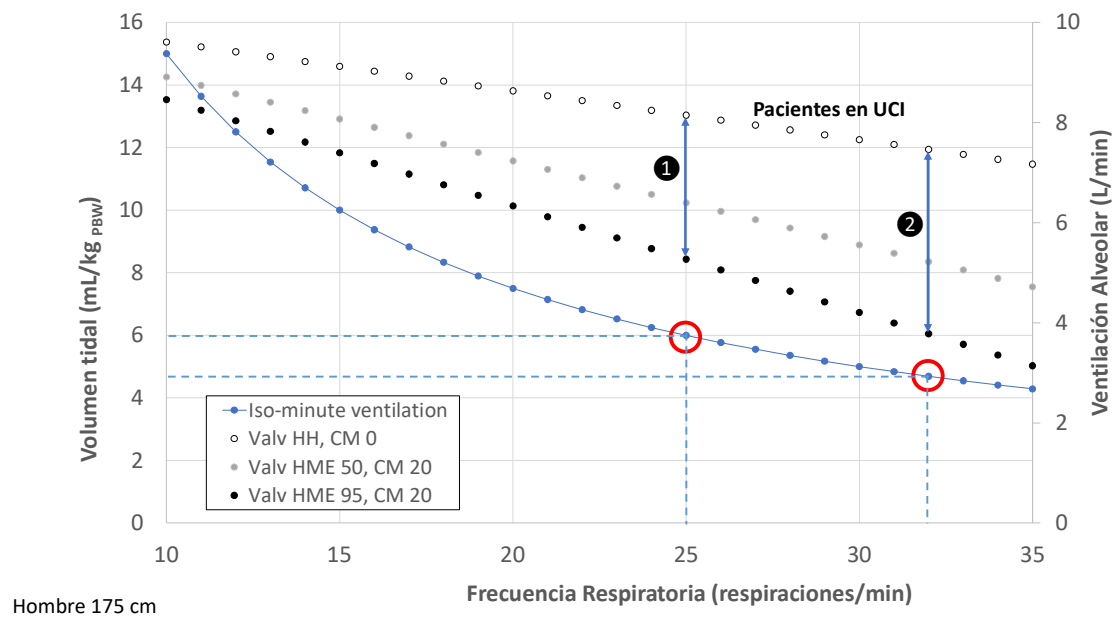
Ventilación Alveolar (V_{alv}) es la parte de la ventilación que es efectiva para el intercambio de gases, por ej. Ventilación minuto menos ventilación del espacio muerto:

El cálculo de la ventilación alveolar corresponde a la siguiente fórmula:

$$V_{alv} = (V_T - V_{Dtotal}) \times FR$$

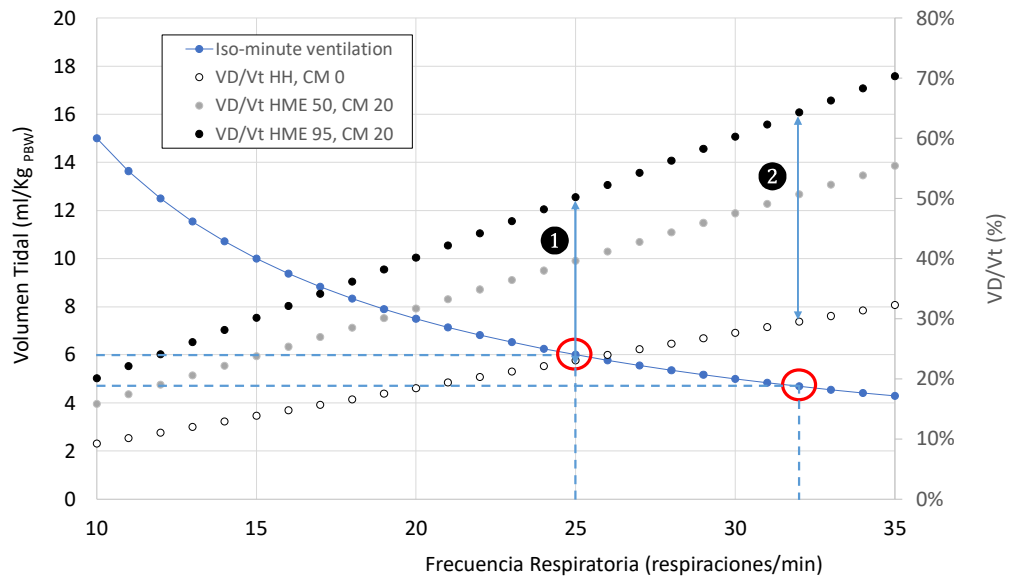
Durante la ventilación protectora, con V_T reducidos y frecuencias respiratorias (FR) elevadas, el V_D/V_T se incrementa y la ventilación alveolar puede ser sustancialmente reducida si el espacio muerto instrumental es importante (uso de alargadores de TET u otros conectores y HME).

Esto se ilustra en la figura que se muestra a continuación:



La figura representa el impacto del espacio muerto en la ventilación alveolar para diferentes configuraciones que proporcionan la misma ventilación minuto (isolínea de ventilación minuto en color azul, correspondiente a 150 mL/kg P_{BW} en un hombre de 175 cm). En pacientes de cuidados intensivos (UCI) con ventilación protectora, el impacto de la V_D puede ser sustancial. Para un V_T de 6 mL/kg P_{BW} con un FR de 25/minuto (caso ①), la ventilación alveolar aumenta de 5.3 a 8.1 L/min reduciendo la V_D al mínimo. Para un V_T de 4.7 mL/kg P_{BW} con un FR de 32/minuto (caso ②), la ventilación alveolar aumenta al doble de 3.8 a 7.5 L/min, reduciendo la V_D al mínimo. En estas situaciones, es fundamental minimizar al máximo el espacio muerto instrumental para evitar la acumulación de CO_2 ¹.

Abreviaciones : V_{Alv} : ventilación alveolar; HH: Humidificador térmico; HME: Intercambiador o filtro de humedad y calor; CM: alargador de tubo endotraqueal.



Hombre 175 cm

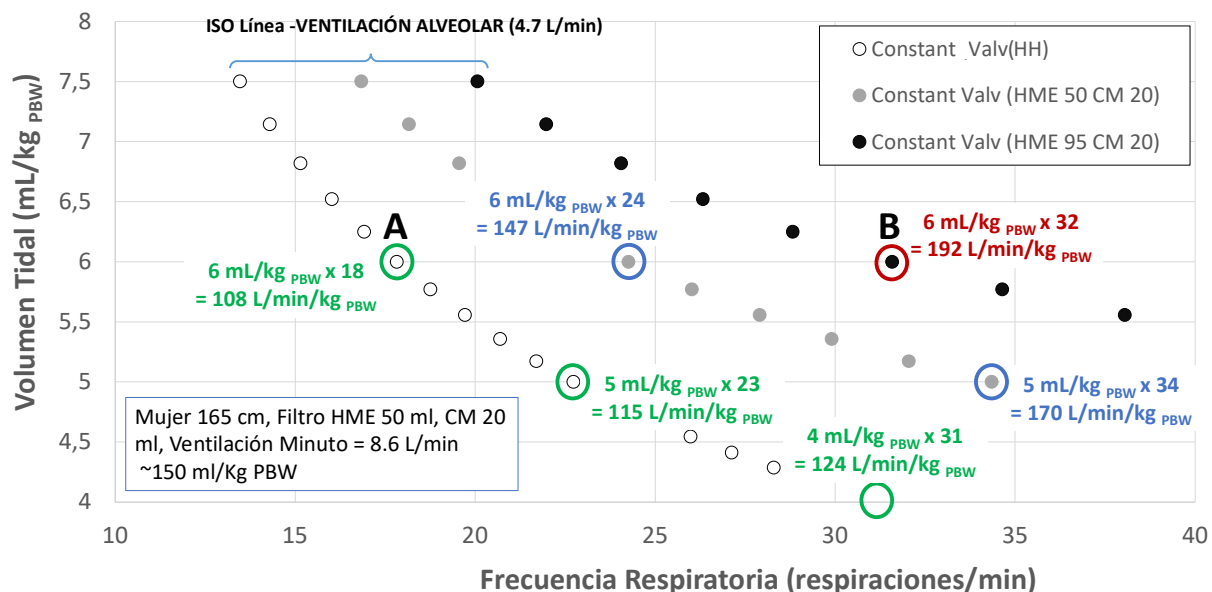
La figura representa el impacto del espacio muerto instrumental sobre el espacio muerto en las proporciones de volumen corriente o tidal (VD/Vt) para diferentes configuraciones que proporcionan la misma ventilación minuto (isolínea azul de ventilación minuto, correspondiente a 150 ml/kg P_{BW} en un hombre de 175 cm). Los valores de VD/Vt se representan para diferentes espacios muertos instrumentales: alto (puntos negros), promedio (puntos grises) y bajo espacio muerto instrumental (puntos blancos).

En pacientes de cuidados intensivos (UCI) con ventilación protectora pulmonar, el impacto del espacio muerto instrumental puede ser sustancial. Para un V_T de 6 ml/kg P_{BW} con una FR de 25/minuto (caso ①), el VD/Vt disminuye del 50 al 23% al reducir el espacio muerto instrumental al mínimo (humidificación térmica sin alargador de TET). Para un V_T de 4.7 ml/kg P_{BW} con una FR de 32/minuto (caso ②), VD/Vt disminuye del 64 al 30% al minimizar el espacio muerto instrumental.

La interpretación de la relación VD/Vt debe de tomar en consideración la combinación del volumen tidal, la frecuencia respiratoria y el espacio muerto instrumental, lo cual usualmente no se hace.

Abreviaciones: V_{Alv} : ventilación alveolar; HH: humidificador térmico; HME: intercambiadores/filtros de humedad y calor; CM: alargador de TET.

Cuando el objetivo es mantener constante la ventilación alveolar, diversas combinaciones de volúmenes tidales y frecuencias respiratorias pueden estar ya configuradas para un determinado espacio muerto instrumental. Esto se demuestra en la siguiente figura:



En esta figura, todos los puntos (combinación de ajustes del ventilador para la frecuencia respiratoria (FR) y el volumen tidal o corriente (VT)) proporcionan una ventilación alveolar constante de 4.7 L/min. En este ejemplo, una mujer críticamente enferma de 165 cm, con un espacio muerto instrumental promedio (HME de 50 ml y alargador de TET (CM) y conectores de 20 ml) es la referencia para la ventilación minuto (8.6 L/min, alrededor de 150 ml/kg_{PBW}/min) y ventilación alveolar.

Se muestran varias combinaciones de ajustes del ventilador (FR y VT) que conducen a una ventilación alveolar constante (4.7 L/min) para el espacio muerto promedio (puntos grises), el espacio muerto bajo (puntos blancos) o el espacio muerto instrumental alto (puntos negros).

Para un espacio muerto alveolar igual y volumen tidal de (6 ml/kg_{PBW}):

- Con el espacio muerto instrumental más bajo, la FR requerida es de 18/min (**A**)
- Con el espacio muerto instrumental más alto, la FR requerida es de 32/min (**B**)

En la aplicación VentilO, estimamos la ventilación alveolar a partir de ecuaciones conocidas en función del espacio muerto y de la ventilación minuto. Estimamos la ganancia en la ventilación alveolar después de la reducción del espacio muerto instrumental para configuraciones estables de VT y FR²⁻⁶. También proponemos una estimación del impacto de la reducción de V_T para la ventilación alveolar constante en las presiones de meseta y de distensión alveolar como se describe en el estudio de Moran⁴. Como se dijo anteriormente, el espacio muerto alveolar no se tiene en cuenta en los cálculos que se realizan.

Todas estas estimaciones subrayan la importancia de los diferentes parámetros (configuración del ventilador y V_D) en la eficiencia de la ventilación mecánica, el impacto en la ventilación alveolar y en los intercambios de gases. Esto es aún más relevante dado que los volúmenes corrientes se han reducido gradualmente durante los últimos 20 años⁷, como consecuencia de ensayos que han demostrado los efectos negativos del V_T elevado administrado a pacientes sometidos a ventilación mecánica.

REFERENCIAS

1. Retamal J, Libuy J, Jimenez M, et al. Preliminary study of ventilation with 4 ml/kg tidal volume in acute respiratory distress syndrome: feasibility and effects on cyclic recruitment - derecruitment and hyperinflation. *Critical care* 2013;17:R16.
2. Campbell RS, Davis K, Jr., Johannigman JA, Branson RD. The effects of passive humidifier dead space on respiratory variables in paralyzed and spontaneously breathing patients. *Respiratory care* 2000;45:306-12.
3. Hinkson CR, Benson MS, Stephens LM, Deem S. The effects of apparatus dead space on P(aCO₂) in patients receiving lung-protective ventilation. *Respiratory care* 2006;51:1140-4.
4. Moran I, Bellapart J, Vari A, Mancebo J. Heat and moisture exchangers and heated humidifiers in acute lung injury/acute respiratory distress syndrome patients. Effects on respiratory mechanics and gas exchange. *Intensive Care Med* 2006;32:524-31.
5. Prat G, Renault A, Tonnelier JM, et al. Influence of the humidification device during acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med* 2003;29:2211-5.
6. Prin S, Chergui K, Augarde R, Page B, Jardin F, Veillard-Baron A. Ability and safety of a heated humidifier to control hypercapnic acidosis in severe ARDS. *Intensive Care Med* 2002;28:1756-60.
7. Schaefer MS, Serpa Neto A, Pelosi P, et al. Temporal Changes in Ventilator Settings in Patients With Uninjured Lungs: A Systematic Review. *Anesth Analg* 2019;129:129-40.