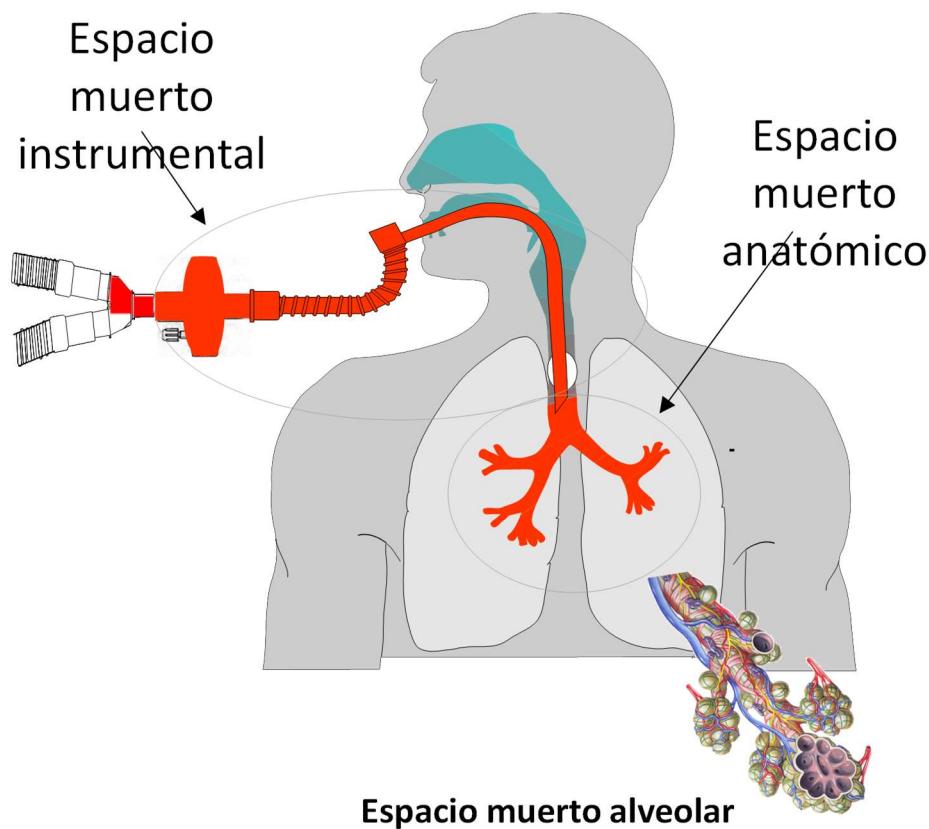


Burbuja Informativa #5: ¿Cuál es el espacio muerto durante la ventilación mecánica invasiva?

El espacio muerto fisiológico es diferente durante la ventilación espontánea, la ventilación no invasiva, ventilación invasiva y en el alto flujo nasal.

Durante la ventilación espontánea, el espacio muerto (V_D) incluye las vías aéreas respiratorias altas (nasofaríngeo, cavidad oral y laringe) las vías aéreas inferiores (traquea y árbol bronquial) y el espacio muerto alveolar.

Por definición, el V_D durante la ventilación mecánica se refiere al volumen después de la pieza en Y (del lado del paciente) hasta los bronquiolos terminales. Este volumen está ventilado, pero no está, o está pobremente perfundido y los gases que pasan por este espacio no participan en el intercambio de gases ¹. Al final de la exhalación, este volumen (o espacio muerto) es rico en CO_2 y pobre en oxígeno. En la siguiente respiración, este volumen de gas es re-inhalado.



El V_D es predictivo de la mortalidad en el síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA) ². Puede ser medido utilizando capnografía volumétrica, una herramienta utilizada principalmente en el campo de la investigación y cuya interpretación es en ocasiones compleja y sujeta a posibles errores ³. Esta técnica no se utiliza de manera universal y no se recomienda en la práctica clínica para todos los pacientes ¹.

Es también posible, así como hemos hecho en esta aplicación, estimar el espacio muerto (V_D) utilizando la siguiente ecuación:

$$V_D \text{ Total } (V_{D\text{total}}) = V_D \text{ Fisiológico } (V_{D\text{phys}}) + V_D \text{ Instrumental } (V_{D\text{instr}})$$

Debe establecerse una distinción entre **espacio muerto instrumental** y **espacio muerto fisiológico** (también conocido como espacio muerto anatómico). El espacio muerto alveolar, que forma parte del espacio muerto fisiológico, también se puede considerar. Este volumen corresponde a los alvéolos que están bien ventilados y no bien perfundidos por diferentes razones incluyendo enfisema, capilares trombosados o comprimidos (especialmente cuando hay distensión excesiva como en el SDRA grave, émbolos). Este espacio muerto alveolar no se tiene en cuenta en los cálculos utilizados en esta aplicación, que en algunos casos puede subestimar el espacio muerto fisiológico total.

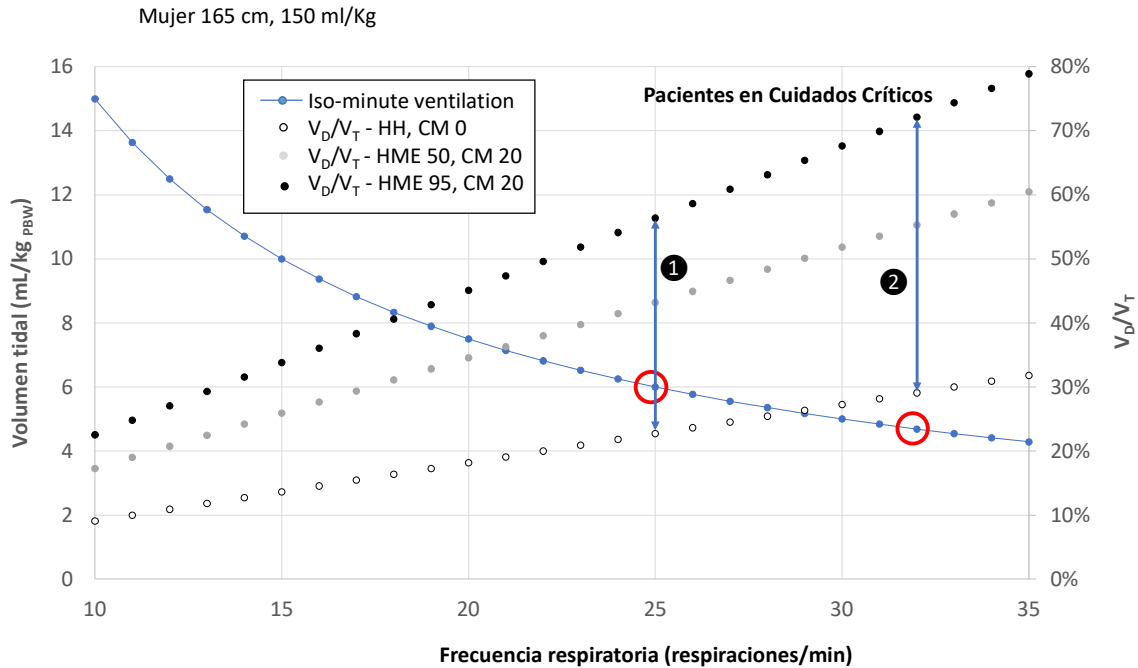
En 1955, Radford reportó “una regla extraordinaria, pero aproximada, de que el espacio muerto respiratorio en mililitros es igual al peso corporal en libras” ⁴. Por tanto, el espacio muerto fisiológico o anatómico se puede estimar a 1 ml/libra de PBW o 2.2 ml/kg _{PBW}. Varios autores realizaron ajustes a esta estimación ^{5,6} para la ventilación mecánica y aunque el propio Radford ha reconocido que esta estimación del espacio muerto anatómico tenía sus limitaciones, esta estimación, que permite cuantificar la ventilación minuto inicial, ha sido validada a lo largo del tiempo y sigue siendo utilizado en el ámbito clínico ^{7,8}.

El espacio muerto fisiológico se distribuye aproximadamente por igual entre el espacio muerto extratorácico y el espacio muerto intratorácico ^{4,9}. El espacio muerto fisiológico durante la ventilación invasiva consiste en el espacio muerto intratorácico, que es aproximadamente 1.1 mL/kg _{PBW} ^{10,11}. Estos valores son sólo estimaciones y pueden variar según la anatomía de cada sujeto, sexo, posición, edad y patología (especialmente durante el SDRA, en caso de sobre distensión sustancial que debe reducirse con ventilación protectora). Los cálculos propuestos en esta App VentilO permiten estimar el impacto del espacio muerto durante la ventilación mecánica en los intercambios de gases y el impacto de la reducción del espacio muerto en la ventilación alveolar y, por tanto, en la eficiencia de estos intercambios.

Ventilación Alveolar (V_{alv}) corresponde a la ventilación que es eficiente para el intercambio gaseoso, ej. ventilación minuto menos ventilación del espacio muerto:

$$V_{\text{alv}} = (V_T - V_{D\text{total}}) \times \text{FR}$$

En el context de la ventilación protectora, con volúmenes tidales menores (4–8 mL/kg _{PBW}) y frecuencias respiratorias elevadas (usualmente mayores a 20-25/min pacientes en la UCI), la ventilación alveolar es sustancialmente reducida si el espacio muerto instrumental es grande (uso de extensores de tubo endotraqueal, conectores y filtros de humedad/calor). Testo se ilustra en la siguiente figura:



La figura representa el impacto del espacio muerto en el volumen tidal o corriente (V_D / V_T) para diferentes configuraciones que proporcionan la misma ventilación minuto (isolínea para ventilación minuto en azul, correspondiente a 150 ml/kg P_{BW} /min) en el eje principal. Las curvas de espacio muerto (V_D/V_T) se muestran en el eje secundario para situaciones con un humidificador térmico (HH, círculos blancos), intercambiadores de calor y humedad de 50 y 95 mL (HME 50, HME 95, círculos grises y negros) y sin o con alargador de tubo endotraqueal (CM 0 y CM 20 mL). En pacientes críticamente enfermos que reciben ventilación protectora, el impacto del espacio muerto puede ser sustancial. Para un volumen corriente de 6 ml/kg P_{BW} con una frecuencia respiratoria de 25 / minuto (caso ①), la V_D/V_T disminuye del 56% al 23% al reducir el espacio muerto al mínimo. Para un volumen tidal de 5 ml/kg P_{BW} con una frecuencia respiratoria de 32/minuto (caso ②), la V_D/V_T disminuye del 72% al 29% al reducir el espacio muerto al mínimo (cálculos para una mujer de 165 cm).

Abreviaciones:

V_D : espacio muerto; V_T : volume tidal; HH: humidificador térmico; HME: Filtro o Intercambiador de humedad/calor; CM: alargador o extensor de tubo endotraqueal.

REFERENCIAS

1. Ferluga M, Lucangelo U, Blanch L. Dead space in acute respiratory distress syndrome. *Ann Transl Med* 2018;6:388.
2. Nuckton TJ, Alonso JA, Kallet RH, et al. Pulmonary dead-space fraction as a risk factor for death in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 2002;346:1281-6.
3. Hedenstierna G, Sandhagen B. Assessing dead space. A meaningful variable? *Minerva Anesthesiol* 2006;72:521-8.
4. Radford EP, Jr. Ventilation standards for use in artificial respiration. *J Appl Physiol* 1955;7:451-60.
5. Nunn JF, Hill DW. Respiratory dead space and arterial to end-tidal carbon dioxide tension difference in anesthetized man. *J Appl Physiol* 1960;15:383-9.
6. Suwa K, Bendixen HH. Change in PaCO₂ with mechanical dead space during artificial ventilation. *J Appl Physiol* 1968;24:556-62.
7. Petter AH, Chiolerio RL, Cassina T, Chassot PG, Muller XM, Revelly JP. Automatic "respirator/weaning" with adaptive support ventilation: the effect on duration of endotracheal intubation and patient management. *Anesth Analg* 2003;97:1743-50.
8. Sulzer CF, Chiolerio R, Chassot PG, Mueller XM, Revelly JP. Adaptive support ventilation for fast tracheal extubation after cardiac surgery: a randomized controlled study. *Anesthesiology* 2001;95:1339-45.
9. Nunn JF, Campbell EJ, Peckett BW. Anatomical subdivisions of the volume of respiratory dead space and effect of position of the jaw. *J Appl Physiol* 1959;14:174-6.
10. Brewer LM, Orr JA, Pace NL. Anatomic dead space cannot be predicted by body weight. *Respiratory care* 2008;53:885-91.
11. Casati A, Fanelli G, Torri G. Physiological dead space/tidal volume ratio during face mask, laryngeal mask, and cuffed oropharyngeal airway spontaneous ventilation. *J Clin Anesth* 1998;10:652-5.