



Clínica-UNR.org

Publicación digital de la 1ª Cátedra de Clínica Médica y Terapéutica y la Carrera de Posgrado de especialización en Clínica Médica  
Facultad de Ciencias Médicas - Universidad Nacional de Rosario  
Rosario - Santa Fe - República Argentina

## Artículo especial

## Monitoreo de la complejidad del paciente con SDRA Primera parte: Capnografía Volumétrica

Elsio S. Turchetto(\*) y Rubén L. Makinistian(\*\*)

*¡Datos, datos y más datos!  
Sin barro no puedo hacer ladrillos- dijo Holmes.  
Arthur Conan Doyle*

En los artículos **SDRA: ¿cambio en la mortalidad o sólo un juego de números?**<sup>1</sup> y **Acerca de la complejidad del paciente con SDRA**<sup>2</sup>, nos referimos a dos aspectos del cuidado del paciente con este síndrome que, por su importancia, han recibido en los últimos años mucha atención en la literatura especializada. Específicamente, en ellos abordamos el tema de cómo ha cambiado la evolución de los pacientes con SDRA según evolucionó la estrategia ventilatoria utilizada<sup>1</sup> y de cómo el uso de estas estrategias genera o puede generar una multiplicidad de efectos en otros órganos que obligan a quien las utilice a considerar, como foco de su atención, a la unidad conformada por el paciente y él mismo (médico) tomando las medidas que tome según su mejor entender<sup>2</sup>.

Ahora, ambos artículos nos sirven de ejemplo de paciente crítico y hacen referencia a la necesidad de ver la complejidad con la que nos enfrentamos y de la cual formamos parte. Es así como, en el segundo artículo citado, planteamos que: *“ver la complejidad implica: 1) aceptar la naturaleza compuesta e integrada de lo estudiado, el acople de elementos diferentes (y, a veces, de apariencia contradictoria) en distintos tipos de unidades, la aceptación del cambio y la mutabilidad de los objetos, y lo imprevisto como forma de expresión alternativa de un sistema ante hechos similares ocurridos en el tiempo; y 2) comprender formas irregulares del orden.”* Y, en el mismo artículo, agregamos luego:

*“Bajo esta mirada, todas las manifestaciones que observamos al examinar un paciente de quien decimos padece un SDRA, sean estas respiratorias (de la mecánica del sistema respiratorio, del intercambio gaseoso, etc.) o no (cardiovasculares, renales, gastrointestinales, hepáticas, del sistema nervioso central, etc.), conforman una respuesta, en realidad la única respuesta posible, del paciente (: del sistema) ante la condición injuriante. Con ello, quien sostenga esta mirada no podrá sino tratar al sistema como tal, esto es, un todo, utilizando todas las herramientas terapéuticas disponibles (ventilación mecánica, drogas cardiovasculares, aporte de fluidos, nutrientes elementales, drogas con efecto sobre el SNC, etc.) pues estaría entendiendo que las manifestaciones que observa son formas irregulares del orden. En este orden, que comprenderíamos como anormal, las manifestaciones observadas del sistema traducen variables fisiológicas que, si bien se encuentran más o menos alejadas de los niveles de equilibrio esperados o estándares, deben ser leídas en ese contexto y, al operar sobre ellas, hacerlo de acuerdo al mismo.”*

Finalmente, en dicho artículo, al focalizar sobre la involucración del médico con su hacer en dicha complejidad, concluíamos diciendo:

*“Es entonces que ante un paciente con SDRA, cada uno de los fenómenos que aparezcan serán efecto de la interrelación entre nosotros tomando las medidas que tomemos según nuestro mejor entender, y el paciente. Esto es, serán efecto del sistema que constituimos el paciente y nosotros.*

*El pensamiento de lo complejo acepta que el sistema complejo no tiene límites definibles y se presenta*

*estructuralmente no estratificado, sin jerarquías, sin centro."*

Ante esta visión de la complejidad que permite al médico atender a los fenómenos emergentes de la unidad que constituye con el paciente (es 'juez y parte' de la misma) y lo obliga a un accionar que se base en un análisis de la mayor cantidad de variables que expresen la complejidad de dicho sistema, es momento de ocuparnos de aquellas herramientas que nos permitan acceder a esas variables.

Ahora bien, son pocas las variables, pasibles de ser monitorizadas, que puedan cumplir con este objetivo, y de aquellas herramientas en uso capaces de monitorearlas, como la capnografía, el monitoreo hemodinámico y la tonometría, decidimos estudiar en este artículo, sólo a la capnografía.

### **Capnografía volumétrica** (Espirograma de CO<sub>2</sub>, o Test de respiración única de CO<sub>2</sub>)

La capacidad para medir CO<sub>2</sub> en el aire espirado de un paciente es uno de los avances tecnológicos fundamentales de la medicina moderna, y su primera descripción data de mediados del siglo XIX<sup>3</sup>. Clásicamente, la medida de CO<sub>2</sub> en el aire espirado se aplicó al seguimiento de pacientes bajo anestesia general como ayuda para guiar la programación del ventilador, y se la graficó en función del tiempo.

En los últimos años, el estudio de la relación entre la concentración de CO<sub>2</sub> espirada (expresada como presión de CO<sub>2</sub>) y el volumen de aire exhalado que la contiene, permitió establecer su utilidad para evaluar la severidad del daño pulmonar en pacientes bajo ARM, y especialmente en pacientes con injuria pulmonar aguda, tanto adulto como pediátrico<sup>4 5</sup>.

La necesidad de contar con ambas variables (presión de CO<sub>2</sub> durante la espiración y volumen corriente exhalado) se debe a que con ellas, más el agregado de la presión de CO<sub>2</sub> arterial (PaCO<sub>2</sub>), podremos acceder a medir el volumen de aire espirado que no ha intercambiado gases con la sangre, o espacio muerto fisiológico (VD<sup>fisiol</sup>), y que se expresa en relación con el volumen total exhalado (VD<sup>fisiol</sup>/VT)<sup>a</sup>.

Y, además, el análisis de la gráfica de la capnografía volumétrica permite conocer, del VD<sup>fisiol</sup>, sus componentes: el espacio muerto anatómico (VD<sup>aw</sup>)<sup>b</sup> y el espacio muerto alveolar

(VD<sup>alv</sup>), y, del VT, el volumen del compartimiento alveolar (VT<sup>alv</sup>).

Sin embargo, la eliminación de CO<sub>2</sub> en cada exhalación, no sólo depende de la ventilación alveolar sino también de cómo está siendo perfundido el pulmón<sup>6</sup>.

Si bien el volumen de aire contenido en la vía aérea no realiza intercambio gaseoso por no disponer de interfase alvéolo-capilar, el volumen de gas alveolar sí debiera realizarlo. Existe, normalmente, una pequeña parte de este volumen que no intercambia gases, lo que determina la diferencia que se encuentra en individuos sanos entre la PaCO<sub>2</sub> y la presión de CO<sub>2</sub> al fin de la espiración (ETCO<sub>2</sub>), que alcanza los 3 a 4 mmHg. En presencia de una condición que llamamos anormal, tanto de la ventilación como de la perfusión, esta diferencia aumenta expresando qué cantidad de volumen alveolar no está participando de la hematosis, ya sea por el daño estructural del pulmón o por las condiciones en que hemos decidido programar el respirador.

¿Y cuáles son estas condiciones de programación del respirador que incrementan el espacio muerto alveolar? Serán todas aquellas que generen una ventilación no-homogénea o que determinen el empeoramiento de la perfusión de zonas previamente bien perfundidas o, dicho en otros términos: serán aquellas que profundicen el estado de daño que la condición injurante provocó sobre el pulmón.

¿Y, cómo es posible que la ventilación mecánica empeore las condiciones ya de por sí alteradas del pulmón? Tal como expresamos en el artículo citado<sup>2</sup>, el uso de una estrategia de ventilación mecánica que recurra a bajo volumen corriente y presiones positivas en la vía aérea (tanto inspiratorias como de fin de espiración) muy alejadas del rango fisiológico, determinarán profundas modificaciones en las condiciones del medio interno, específicamente hipercapnia y acidosis respiratoria. La respiración a presión positiva, además, determinará que las zonas ventiladas reciban más aire y tiendan a sobredistenderse comprimiendo la vasculatura alveolar, aumentando la resistencia vascular y disminuyendo la perfusión.

<sup>a</sup> VD<sup>fisiol</sup>/VT, en general se conoce como VD/VT (volumen del espacio muerto -Dead volumen- sobre volumen corriente exhalado -Tidal volumen-)

<sup>b</sup> VD<sup>aw</sup> o espacio muerto anatómico, refiere al espacio muerto de la vía aérea (airway)

Estos cambios que se generan con la ARM, modifican las condiciones de trabajo de la unidad funcional corazón-pulmón, a través de provocar aumento de la poscarga del ventrículo derecho y disminución de la precarga del ventrículo izquierdo (que tendrán como consecuencia la disminución del volumen minuto cardíaco), y de favorecer la redistribución de la sangre que irrigaba las zonas ventiladas a otras zonas previamente mal ventiladas, al dificultar su circulación por aumento de la resistencia vascular. El fenómeno resultante es el empeoramiento de la capacidad de intercambio gaseoso.

Ambos fenómenos, el aumento de aire dirigido a zonas ventiladas pero mal perfundidas (conocidas como zonas de relación ventilación/perfusión elevado o  $V/Q = \infty$ ) y el aumento de perfusión de zonas no ventiladas (conocidas como zonas con efecto shunt o  $V/Q = 0$ ), se pondrán de manifiesto en la capnografía volumétrica mediante el aumento del espacio muerto fisiológico y, en particular, del espacio muerto alveolar.

Como vemos, esta herramienta de monitoreo, no sólo nos brinda información sobre cómo está distribuido el aire que ingresa al pulmón impulsado por el respirador, sino también cómo se encuentra la perfusión. En este sentido, su análisis nos permite acceder a información sobre la relación ventilación/perfusión ( $V/Q$ )<sup>7 8 9</sup>.

## Conclusiones

En conclusión, mediante el uso de la capnografía volumétrica, se nos hace patente que hablar de funcionamiento separado del sistema respiratorio y del sistema cardiovascular, en realidad es un error, y que para ser precisos debemos hablar de fisiología cardiopulmonar y, por lo tanto, que al momento de acceder al cuidado de un paciente con SDRA, en toda medida terapéutica que planeemos tomar, deben primero analizarse los posibles efectos que tenga sobre esta unidad funcional. Una unidad conformada por las relaciones entre sistemas, que deberemos atender tanto como atendemos a cada sistema por separado.

No escapa al lector que la capnografía volumétrica, siendo una herramienta que nos permite una mejor comprensión de la fisiología de un sistema (unidad cardiopulmonar), en verdad es un instrumento que muestra las variaciones

inducidas en el paciente y en la relación entre él y nosotros (médicos), según nuestro accionar.

Pero, luego, debemos recordar que, como ya dijimos<sup>10</sup>, el paciente no es sólo uno (EIPD), sino un número de sujetos (constituyentes de la EPN enferma), y el pronóstico de ellos depende tanto de la calidad de nuestro accionar sobre todos ellos, como del grado en el que los mismos están afectados.

Sintetizando, el médico que conciba que el paciente destinatario de su atención es plural, es uno que, teniendo la visión que "*llamamos visión holística vera, o visión de la complejidad*", asume que su misión es "*consagrar la vida al servicio de la humanidad*".<sup>10</sup>

*No hay enfermedades, sino enfermos.*

Gregorio Marañón

1. SDRA: ¿cambio en la mortalidad o sólo un juego de números? Elsie S. Turchetto y Rubén L. Makinistian, 2 de agosto de 2009. Clínica-UNR.org. (Publicación digital de la 1ra Cátedra de Clínica Médica y Terapéutica y la Carrera de Posgrado de especialización en Clínica Médica Facultad de Ciencias Médicas - Universidad Nacional de Rosario) www.clinica-unr.org.
2. Acerca de la complejidad del paciente con SDRA. Elsie S. Turchetto y Rubén L. Makinistian, 10 de septiembre de 2009. Clínica-UNR.org. (Publicación digital de la 1ra Cátedra de Clínica Médica y Terapéutica y la Carrera de Posgrado de especialización en Clínica Médica Facultad de Ciencias Médicas - Universidad Nacional de Rosario). www.clinica-unr.org.
3. On the transmission of heat of different qualities through gases of different kinds. Tyndall J. Proc R Inst G B 1859;3:155-8
4. Pulmonary dead-space fraction as a risk factor for death in the acute respiratory distress syndrome. Nuckton TJ, Alonso JA, Kallet RH, Daniel BM, Pittet JF, Eisner MD, Matthay MA. N Engl J Med 2002; 346: 1281-1286
5. Dead Space Ventilation in Critically Ill Children With Lung Injury. Jorge A. Coss-Bu; David L. Walding; Yadin B. David; and Larry S. Jefferson. CHEST 2003; 123:2050-2056)
6. Effect of pulmonary perfusion on the slopes of single-breath test of CO<sub>2</sub>. Tusman G, Areta M, Climente C, Plit R, Suarez-Sipmann F, Rodríguez-Nieto MJ, Peces-Barba G, Turchetto E, Böhm SH J Appl Physiol 2005; 99: 650-655.
7. Alveolar recruitment improves ventilatory efficiency of the lungs during anesthesia Gerardo Tusman, Stephan H. Böhm, Fernando Suarez-Sipmann, Elsie Turchetto. CAN J ANESTH 2004; 51; 7:723-727
8. Efectos de la maniobra de reclutamiento alveolar y la PEEP sobre la oxigenación arterial en pacientes obesos anestesiados. Tusman G, Böhm SH, Melkun F, Nador CR, Staltari D, Rodriguez A, Turchetto E. Rev Esp Anestesiol Reanim 2002; 49: 177-183.
9. Efecto del reclutamiento pulmonar sobre la capnografía volumétrica después de la circulación extracorpórea. Tusman G, Böhm SH, Suarez Sipmann F, Acosta C, Turchetto E. Rev Arg Anest 2004; 62: 240-248.
10. Comunicación humana en medicina (segunda parte). Elsie S. Turchetto y Rubén L. Makinistian, 15 de octubre de 2009. Clínica-UNR.org. (Publicación digital de la 1ra Cátedra de Clínica Médica y Terapéutica y la Carrera de Posgrado de especialización en Clínica Médica Facultad de Ciencias Médicas - Universidad Nacional de Rosario). www.clinica-unr.org.