



Estrategia ventilatoria para el aclaramiento de dióxido de carbono en un lactante con hipercapnia incontrolable

Ventilatory strategy for carbon dioxide clearance in an infant with persistent hypercapnia

Estratégia ventilatória para depuração de dióxido de carbono em uma criança com hipercapnia incontrolável

Carolina Bonilla González, *‡ Laura Camargo-Agón, * Jaime Fernández-Sarmiento‡

RESUMEN

Se presenta la experiencia de combinar la ventilación convencional y una técnica modificada de insuflación de gas paratraqueal para evitar complicaciones de la insuflación traqueal directa en un lactante con hipercapnia refractaria, quien ingresó con falla respiratoria aguda secundaria a neumonía multilobar. Al iniciar la ventilación mecánica presentó neumotórax, fístulas broncopleurales y acidemia hipercápnica refractaria a tratamiento convencional. Se inició insuflación de gas paratraqueal en ventilación convencional en modo de presión control, con 10 L/min de aire humidificado con una presión control máxima sostenida de 20 cmH₂O. Tres horas después se observó una mejoría de la gasometría arterial y pasadas 72 horas se logró retirar el dispositivo paratraqueal sin complicaciones, con adecuada evolución clínica. Al no incluir un catéter intratraqueal se evitaron complicaciones conservando los mecanismos que mejoran la oxigenación e hipercapnia. La técnica presentada es prometedora; sin embargo, se deben realizar estudios con un mayor número de individuos.

Palabras clave: Hipercapnia, insuflación de gas traqueal, pediatría, cuidados críticos, ventiladores, mecánicos, insuficiencia respiratoria.

ABSTRACT

The experience of combining conventional ventilation and a modified paratracheal gas insufflation technique to avoid complications is presented. An infant with acute respiratory failure secondary to multilobar pneumonia who after start off mechanical ventilation developed pneumothorax, bronchopleural fistulas, and persistent hypercapnic acidemia refractory to conventional ventilatory strategies. It was decided to initiate paratracheal gas insufflation in conventional ventilation in pressure control mode, with 10 L/min of humidified air with a maximum sustained control pressure of 20 cmH₂O. Three hours after an improvement in arterial blood gas was recorded and after 72 hours the paratracheal device was removed without complications, with adequate clinical evolution. By not incorporate an intratracheal catheter some complications are avoided, preserving the mechanisms that improve oxygenation and CO₂ elimination. Paratracheal gas insufflation is a promising technique, although more studies are required with a greater number of individuals.

Keywords: Hypercapnia, tracheal gas insufflation, pediatrics, critical care, ventilators, mechanical, respiratory insufficiency.

RESUMO

Apresenta-se a experiência de combinar ventilação convencional e técnica modificada de insuflação de gás paratraqueal para evitar complicações da insuflação traqueal direta em uma criança com hipercapnia refratária que foi admitido com insuficiência respiratória aguda secundária a pneumonia multilobar. Ao iniciar ventilação mecânica, apresentou pneumotórax, fístulas broncopleurais e acidemia hipercápnica refratária ao tratamento convencional. A insuflação de gás paratraqueal foi iniciada em ventilação convencional no modo de controle de pressão, com 10 L/min de ar umidificado com pressão de controle máxima sustentada de 20 cmH₂O. Três horas após, observou-se melhora da gasometria arterial e após 72 horas o dispositivo paratraqueal foi

retirado sem intercorrências, com evolução clínica adequada. Ao não incluir um cateter intratraqueal, as complicações foram evitadas, preservando os mecanismos que melhoram a oxigenação e a hipercapnia. A técnica apresentada é promissora, porém, estudos com um número maior de indivíduos devem ser realizados.

Palavras-chave: Hipercapnia, insuflação de gás traqueal, pediatria, cuidados intensivos, ventiladores mecânicos, insuficiência respiratória.

INTRODUCCIÓN

La hipercapnia en pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) contribuye a la lesión pulmonar y se asocia a un aumento de mortalidad.^{1,2} La insuflación continua traqueal es el suministro de gas fresco (usualmente oxígeno) a la tráquea, por medio de un catéter en el tubo orotraqueal durante la ventilación convencional. Este gas elimina el dióxido de carbono (CO₂) del espacio muerto proximal para disminuir el reciclaje de CO₂ en los alvéolos, y así mejorar su eliminación durante la siguiente inspiración (Anexo 1).³ Estudios experimentales han demostrado que esta técnica reduce la presión parcial de dióxido de carbono arterial (PaCO₂) con menor volumen tidal que la ventilación mecánica convencional;^{4,5} sin embargo, es una técnica poco utilizada en las Unidades de Cuidados Intensivos debido a sus potenciales complicaciones.⁶

Este informe de caso ilustra el beneficio potencial de combinar la ventilación convencional con una técnica modificada de insuflación de gas paratraqueal humidificado que podría mejorar la eliminación de CO₂ y evitar las complicaciones reportadas en la insuflación traqueal directa.

PRESENTACIÓN DEL CASO

Niño de seis meses de edad con antecedentes de prematuridad extrema y displasia broncopulmonar severa, quien se encontraba recibiendo oxígeno domiciliario por cánula nasal a 0.3 L/min. El paciente ingresa a hospitalización por bronquiolitis; una semana después desarrolla neumonía multilobar sin aislamiento microbiológico. Por falla respiratoria aguda se traslada a la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos y se inicia ventilación mecánica convencional. Posteriormente, se diagnostica traqueítis por *Pseudomonas putida* y *Stenotrophomonas maltophilia*.

* Hospital Universitario de la Fundación Santa Fe de Bogotá.

‡ Universidad de la Sabana - Fundación Cardioinfantil IC.

Bogotá D.C., Colombia.

Recibido: 20/04/2021. Aceptado: 11/01/2022.

Citar como: Bonilla GC, Camargo-Agón L, Fernández-Sarmiento J. Estrategia ventilatoria para el aclaramiento de dióxido de carbono en un lactante con hipercapnia incontrolable. Med Crit. 2022;36(3):179-182. <https://dx.doi.org/10.35366/105385>

A pesar de las medidas de reclutamiento pulmonar, con parámetros de ventilación protectora en límites superiores y posición prono, el caso progresó a síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) pediátrico severo e hipoxemia refractaria. Por ese motivo, se decidió iniciar ventilación de alta frecuencia oscilatoria (VAFO). Ocho días después del inicio de VAFO, el menor presentó neumotórax bilateral que requirió drenaje con toracostomía y reintervención por persistencia de neumotórax derecho y fístulas broncopleurales. En el sexto día postoperatorio, por evolución clínica, radiológica y gasometría satisfactoria con parámetros de VAFO mínimos, se retornó a ventilación convencional. No obstante, una hora después, el paciente presentó deterioro clínico con acidemia respiratoria refractaria a estrategias ventilatorias convencionales, con una gasometría arterial que mostró pH 7.06, PaCO₂ 92 mmHg, PaO₂ 82 mmHg, HCO₃⁻ 25 mEq/L y saturación de 95%. Sin éxito, se realizaron múltiples intentos para reducir los niveles de CO₂, buscando mantener presiones de vía aérea y volúmenes corrientes bajos para evitar el desarrollo de un nuevo neumotórax.

En un esfuerzo por reducir la PaCO₂ hacia hipercapnia permisiva y continuar con ventilación convencional para pronta extubación, como estrategia de rescate, se decidió realizar la insuflación paratraqueal con ventilación convencional en modo de presión control, con 10 L/min de aire humidificado y con una presión de control máxima sostenida de 20 cmH₂O, sin poder evaluar por medio del sistema otros parámetros de la dinámica respiratoria (Figura 1). Tres horas posteriores a la iniciación de la insuflación paratraqueal se observó una mejoría en los gases arteriales: pH 7.38; PaCO₂ 43 mmHg; PaO₂ 66 mmHg; HCO₃⁻ 25,5 mEq/L; saturación de 93%. El paciente mantuvo normocapnia y normoxemia sin requerimiento de ascenso de parámetros ventilatorios, por lo que a las 24 horas se retiró el bloqueo neuromuscular, y a las 72 horas se removió el sistema de insuflación paratraqueal, sin complicaciones.

Por crup postextubación, sarcopenia y desnutrición severa, el paciente fue candidato a traqueostomía, la cual se realizó sin complicaciones. Siete meses después, se le retiró la cánula de traqueostomía y se aprobó el egreso hospitalario con oxígeno en casa a 0.5 L/min (que requirió por un año), budesónida en inhalador (que continúa utilizando) y control con neumología pediátrica.

DISCUSIÓN

En este caso clínico se describe el tratamiento a un lactante de seis meses de edad con hipercapnia incontrolable en quien se aplicó una técnica de insuflación de oxígeno paratraqueal. Con esta técnica disminuyó la PaCO₂ y aumentó la relación PaO₂/FiO₂, permitiendo

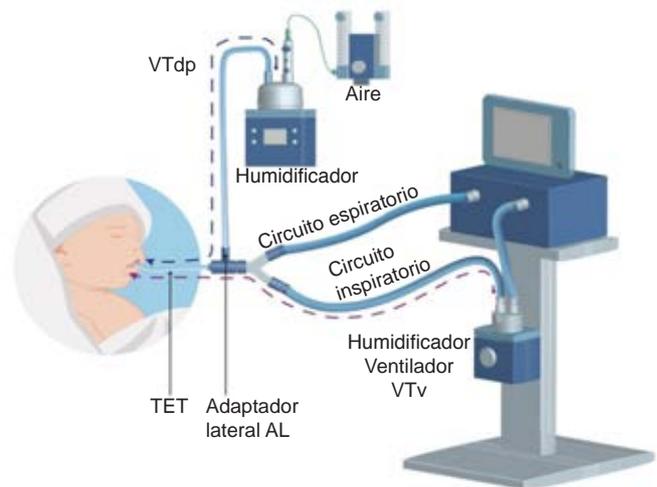


Figura 1: Esquema del sistema experimental de insuflación paratraqueal en ventilación convencional en modo presión. La técnica de insuflación de gas paratraqueal consiste en la administración de un flujo de gas continuo (VTdp) paralelo al volumen entregado por el ventilador (VTv), a través de un adaptador lateral (AL) adjunto al tubo endotraqueal (TET).
Fuente: autores.

así una pronta extubación y recuperación del paciente. En este individuo, la necesidad de ventilación convencional invasiva era inminente para lograr la transición de una ventilación artificial a una espontánea, pero esto no habría sido posible sin una estrategia de aclaramiento de CO₂ con un volumen tidal bajo para evitar la reaparición de fístulas, debido a que no contábamos con opciones terapéuticas invasivas como la eliminación extracorpórea de CO₂.

La insuflación traqueal se ha asociado con varios modos ventilatorios. Los dos principales son: controlado por volumen y controlado por presión.⁷ Se usó el modo controlado por presión debido a que la presión inspiratoria (PI) establecida permite que el volumen entregado por el ventilador disminuye automáticamente de acuerdo con el volumen entregado por el dispositivo paratraqueal. Y permite mantener un volumen inspiratorio constante, en función de la PI, para disminuir el riesgo de hiperinsuflación y sus consecuencias.⁷

Al realizar el monitoreo ventilatorio es importante considerar que al administrar un gas externo al ventilador varios parámetros ventilatorios se pueden ver alterados. Primero, si el flujo de gas continuo se acerca o excede el volumen entregado por el ventilador, el flujo paratraqueal sobrepresurizará el circuito y la presión teleinspiratoria podría llegar a ser mayor que la PI elegida.⁸ Esto puede ocurrir en casos de ventilación controlada por presión, cuando al final de la inspiración el flujo del ventilador se anula, y persiste el flujo continuo traqueal, se puede aumentar el volumen tidal y la PI más allá del valor elegido, a pesar de estar limitado por

la presión de alarma.⁸ Para evitar que la presión aumente más allá del punto de ajuste PI, se debe evitar el alargamiento del tiempo inspiratorio y el aumento de caudal del flujo paratraqueal. Adicionalmente, una válvula de liberación de presión en el circuito de ventilador mantendrá constantes la PI y el volumen inspiratorio independiente del flujo del catéter.⁸

Otro cambio que se puede dar al usar el dispositivo paratraqueal es la modificación de la capnografía, ya que este gas fresco diluye el CO₂ exhalado de los pulmones.⁹ Una posibilidad es usar el capnograma espiratorio que puede medir el lavado espiratorio de CO₂.⁵ Al afectar la capacidad del ventilador para monitorear presiones y volúmenes debido al flujo externo, se pueden activar alarmas innecesarias en el ventilador e interferir con la capacidad para detectar una fuga.⁹ Estas dificultades para el control de parámetros del ventilador se pueden solucionar si se logra incorporar el flujo de gas dentro del marco operacional del ventilador.⁵

Por último, la capacidad para medir la mecánica pulmonar también se puede ver afectada debido a que la distensibilidad del sistema respiratorio y las mediciones auto-PEEP (presión positiva al final de la espiración) requieren la aplicación de una pausa al final de la inspiración y al final de la expiración, y el flujo del catéter continúa durante estas mediciones.⁸ En consecuencia, no se puede obtener una presión de meseta. En el caso presentado se realizaron seguimientos estrictos de la PI suministrada por el ventilador, la cual no tuvo variaciones más allá del valor de PI elegido, manteniendo un volumen constante. Se garantizó previamente que la PI elegida no otorgará valores de volumen corriente mayores de 8 mL/kg.

CONCLUSIONES

En nuestro conocimiento, es la primera vez que se realiza esta técnica. Por medio de la humidificación del gas y su administración de forma indirecta a la tráquea se podrían evitar complicaciones asociadas con la insuflación tra-

queal convencional, como lo son el aumento de la resistencia espiratoria, retraso del vaciado pulmonar, hiperinsuflación pulmonar, sangrado de la vía aérea y retención de secreciones.^{7,10} A pesar de ser una técnica prometedora auxiliar para la ventilación mecánica convencional, aún dista de ser una solución definitiva y sus efectos sobre los indicadores clínicos deben determinarse.

REFERENCIAS

1. Nin N, Muriel A, Peñuelas O, Brochard L, Lorente JA, Ferguson ND, et al. Severe hypercapnia and outcome of mechanically ventilated patients with moderate or severe acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med.* 2017;43(2):200-208. doi: 10.1007/s00134-016-4611-1.
2. Shigemura M, Lecuona E, Sznajder JI. Effects of hypercapnia on the lung. *J Physiol.* 2017;595(8):2431-2437. doi: 10.1113/JP273781.
3. Nahum A. Tracheal gas insufflation. *Crit Care.* 1998;2(2):43-47. doi: 10.1186/cc124.
4. Oliver RE, Rozycki HJ, Greenspan JS, Wolfson MR, Shaffer TH. Tracheal gas insufflation as a lung-protective strategy: physiologic, histologic, and biochemical markers. *Pediatr Crit Care Med.* 2005;6(1):64-69. doi: 10.1097/01.PCC.0000149319.44979.CC.
5. Lucangelo U, Nahum A, Blanch L. Transtracheal gas insufflation, transtracheal oxygen therapy, emergency transtracheal ventilation. In: Tobin MJ. Principles and practice of mechanical ventilation. 3rd ed. New York, N.Y.: McGraw-Hill Education LLC.; 2013.
6. Kacmarek RM. Complications of tracheal gas insufflation. *Respir Care.* 2001;46(2):167-176.
7. Delgado E, Hoffman LA, Tasota FJ, Pinsky MR. Monitoring and humidification during tracheal gas insufflation. *Respir Care.* 2001;46(2):185-192.
8. Hoyt JD, Marini JJ, Nahum A. Effect of tracheal gas insufflation on demand valve triggering and total work during continuous positive airway pressure ventilation. *Chest.* 1996;110(3):775-783. doi: 10.1378/chest.110.3.775.
9. Gowski DT, Delgado E, Miro AM, Tasota FJ, Hoffman LA, Pinsky MR. Tracheal gas insufflation during pressure-control ventilation: effect of using a pressure relief valve. *Crit Care Med.* 1997;25(1):145-152. doi: 10.1097/00003246-199701000-00027.
10. Adams AB. Catheters for tracheal gas insufflation. *Respir Care.* 2001;46(2):177-184.
11. West JB, Luks AM. West fisiología respiratoria: fundamentos. Barcelona: Wolters Kluwer; 2016, 15-31.

Correspondencia:

Dra. Laura Camargo-Agón

E-mail: lf.camargo10@gmail.com

Anexo 1.

Fisiológicamente, en la espiración, el espacio muerto anatómico se llena con gas alveolar rico en CO_2 y pobre en oxígeno que se dirige a los alvéolos pulmonares con la siguiente inspiración. Al permitir el flujo de aire paratraqueal por el dispositivo descrito, paralelo al circuito, se permite que en cada ciclo de respiración el espacio muerto anatómico sea barrido por este flujo de aire.¹¹ Esto explicado por el intercambio alveolocapilar de gases, donde la ventilación del espacio muerto (VD) se determina por la ventilación total (VE).

La PaCO_2 arterial (PaCO_2) está dada por la siguiente ecuación:¹¹

$$\text{PaCO}_2 = K ((\text{VCO}_2) / (\text{VA}))$$

Donde VCO_2 = producción de CO_2 y VA = ventilación alveolar.

Ya que la VA viene dada por la siguiente ecuación:

$$\text{VA} = \text{VE} - \text{VD}$$

$$\text{VA} = \{(\text{VT} \times \text{FR}) - (\text{VD} \times \text{FR})\}$$

$$\text{VA} = \text{VE} \left(1 - \frac{\text{VD}}{\text{VT}}\right)$$

Donde VT = volumen tidal, FR = frecuencia respiratoria.

Reemplazando la VA en la primera ecuación:

$$\text{PaCO}_2 = K \left\{ \frac{\text{VCO}_2}{\text{VE} \left(1 - \frac{\text{VD}}{\text{VT}}\right)} \right\}$$

Por lo tanto, cualquier método que reduzca el VD aumentará la VA. Es así como, si se disminuye el VD, aumenta el valor del término $(1 - \text{VD} / \text{VT})$ y, por lo tanto, se reduce la PaCO_2 con una VCO_2 constante. En un paciente hipovenilado con pequeños VT, debido a la disminución de volumen pulmonar como es el caso del síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA), la reducción secundaria del VD por el flujo de gas paratraqueal restaura la relación VD/VT y, por lo tanto, ayudará a disminuir la PaCO_2 .¹¹