

MONOTEMÁTICO SOBRE TRAUMA CRANEOENCEFÁLICO



## Ventilación mecánica en el paciente con trauma cerebral

### Mechanical ventilation in patients affected by traumatic brain injury

Mario Contreras Arrieta<sup>1</sup>  
Sihara Gil Barrera<sup>1</sup>  
Héctor Bedoya Orozco<sup>1</sup>  
Lorraine Quintana Pájaro<sup>1</sup>  
Hugo Corrales Santander<sup>3,4</sup>  
Luis Rafael Moscote Salazar<sup>2,5\*</sup>

<sup>1</sup> Investigador Junior. Centro de Investigaciones Biomédicas (CIB), Línea Cartagena Neurotrauma Research Group. Facultad de Medicina, Universidad de Cartagena, Cartagena Colombia.

<sup>2</sup> Cartagena Neurotrauma Research Group.

<sup>3</sup> Médico, Magíster en Toxicología. Coordinador Centro de Investigaciones Biomédicas (CIB), Facultad de Medicina, Universidad de Cartagena, Cartagena Colombia.

<sup>4</sup> Programa de Medicina, Corporación Universitaria Rafael Núñez, Cartagena, Colombia.

<sup>5</sup> Médico. Especialista en Neurocirugía. Director de Cartagena Neurotrauma Research Group. Centro de Investigaciones Biomédicas (CIB). Facultad de Medicina, Universidad de Cartagena. Cartagena de Indias, Bolívar.

\*E-mail para la correspondencia: [rafaelmoscote21@gmail.com](mailto:rafaelmoscote21@gmail.com)

#### PUNTOS CLAVE

- El traumatismo craneoencefálico (TCE) es una causa considerable de morbi-mortalidad y discapacidad a nivel mundial, con particular predominio en personas menores de 40 años.
- La finalidad en el manejo de estos enfermos es prevenir las lesiones secundarias a la hipoxia, manteniendo una adecuada perfusión cerebral y óptima oxigenación de las estructuras intracraneales; he aquí la importancia de la ventilación mecánica la cual se vuelve requisito en el manejo de pacientes con TCE severo.
- Frecuentemente las recomendaciones para el manejo ventilatorio de los pacientes con TCE entran en conflicto, en especial cuando este es concomitante con síndrome de distrés respiratorio (SDRA), ya que los objetivos ventilatorios a lograr para cada condición muchas veces son discordantes entre sí.
- Se resalta la importancia de evitar la hipoxia en los pacientes con TCE, mantener una PaO<sub>2</sub> > 60 mmHg; se recomienda la normocapnia con PaCO<sub>2</sub> entre 35–45 mmHg y el uso de presión positiva al final de la espiración (PEEP) es apropiado siempre que la presión arterial media (PAM) se mantenga estable.

- El posicionamiento en prono es razonable en hipoxemia severa con neuromonitoreo estricto, al igual que las maniobras de reclutamiento alveolar; el uso de óxido nítrico (ON) no muestra beneficio; como terapia de rescate.
- El uso de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) puede ser una opción viable en casos seleccionados.
- Teniendo en cuenta las condiciones asociadas al TCE, de manera especial la coexistencia de SDRA, las estrategias ventilatorias a utilizar deben ser analizadas caso por caso y en conjunto con la experticia local.

Recibido: 17/06/2018

Aprobado: 23/07/2018

## INTRODUCCIÓN

El traumatismo craneoencefálico (TCE) es una causa considerable de morbimortalidad y discapacidad a nivel mundial, con particular predominio en personas menores de 40 años, se requiere la intervención médica inmediata que genere un impacto significativo en la sobrevida y pronóstico del paciente. Por ende, la principal finalidad de gestión en las primeras horas es la prevención de daños hipóxicos secundarios, manteniendo una adecuada perfusión cerebral y óptima oxigenación de las estructuras intracraneales. Teniendo en cuenta estas particularidades, la ventilación mecánica se convierte en un requisito en el manejo de pacientes con TCE severo. El síndrome de distrés respiratorio (SDRA) es una condición amenazante para la vida, definida como una forma aguda de lesión pulmonar difusa que genera un síndrome de insuficiencia respiratoria hipoxémica aguda que no tiene completa explicación en una falla cardíaca y que ocurre en menos de una semana de la lesión clínica conocida o síntomas respiratorios nuevos o que empeoran, con opacidades bilaterales en una radiografía de tórax. Cuando el TCE es concomitante con SDRA, el manejo ventilatorio se hace complejo y difícil ya que los objetivos ventilatorios a lograr para cada condición, muchas veces entran en

conflicto entre sí; razón por la cual en el siguiente artículo se revisan y describen las estrategias ventilatorias en pacientes con TCE teniendo en cuenta que es posible la existencia de un SDRA concomitante.

## OBJETIVOS VENTILATORIOS

Se discuten las estrategias óptimas que conduzcan al alcance de objetivos de oxigenación apropiados, de presión parcial arterial de dióxido de carbono, así como el correcto uso de la presión positiva al final de la espiración en un paciente con trauma craneoencefálico.

### Presión arterial parcial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>)

La hipoxemia es la principal prioridad a evitar en el cerebro después de la ocurrencia de un trauma craneoencefálico ya que ha sido identificada como una lesión secundaria al propio TCE asociada a mal pronóstico. El estudio *International Mission for Prognosis and Clinical Trial* (IMPACT) incluye pacientes con trauma craneoencefálico moderado y grave de ocho ensayos controlados aleatorios y tres estudios observacionales realizados entre 1984 y 1997, el cual mostró que la hipoxemia arterial resulta en la disminución de entrega de oxígeno al cerebro causando vasodilatación cerebral y aumento en la presión intracraneal (PIC). La PaO<sub>2</sub> para alcanzar

como objetivo terapéutico debe ser decidida de acuerdo a variables de neuromonitoreización; en este caso, la presión de oxígeno en el tejido cerebral (PtiO<sub>2</sub>) y/o saturación venosa yugular de oxígeno (SvyO<sub>2</sub>). Las recomendaciones de las guías actuales son evitar una PaO<sub>2</sub> < 60 mmHg y mantener la normoxia.

### **PaCO<sub>2</sub> y volumen corriente (VC)**

La hipercapnia está asociada a vasodilatación cerebral y en consecuencia al aumento de la PIC, siendo entonces dañina para los pacientes con TEC, razón por la cual se ha sugerido a la hipocapnia como una estrategia para la disminución de la PIC. La hiperventilación profiláctica prolongada con PaCO<sub>2</sub> < 25 mmHg no se recomienda como primera elección terapéutica para reducir la PIC, de igual manera debe evitarse la hiperventilación durante las primeras 24 horas luego del TCE ya que el flujo sanguíneo está frecuentemente disminuido de manera crítica. En pacientes con TCE el estándar de manejo es una ventilación con normocapnia baja (PaCO<sub>2</sub> entre 33.75 y 37.5 mmHg equivalente a 4.5-5 KPa), lo que puede llegar a ser difícil en pacientes que desarrollan SDRA. En relación con el volumen corriente se ha demostrado que un alto VC en pacientes con TCE se ha asociado al desarrollo de SDRA en particular con VC ≥10 mL/Kg.

### **Presión positiva al final de la espiración (PEEP)**

El uso de PEEP ha sido considerado como controversial en pacientes con TCE ya que el aumento de la presión intratorácica asociado a su empleo, puede reducir el retorno venoso de los vasos cerebrales y como consecuencia aumentar la PIC. Altos niveles de PEEP han sido asociados a la reducción de la presión de perfusión cerebral (PPC)

como consecuencia de la disminución de la presión arterial media (PAM). Cuando se toma la decisión de aumentar la PEEP, se debe asegurar la estabilidad de la PAM y realizar monitoreo de parámetros cerebrales, principalmente PIC y PPC.

### **TERAPIAS ADYUVANTES Y ESTRATEGIAS DE RESCATE**

Pese a no encontrar resultados completamente concluyentes y universales acerca de la implementación de estrategias concomitantes en el tratamiento clínico de los pacientes con TCE, se describe a continuación las alternativas existentes en cuanto a terapias adyuvantes y estrategias de rescate en el contexto del paciente con TCE.

### **Ventilación de alta frecuencia o Ventilación de alta frecuencia oscilatoria (VAFO)**

En el trauma craneoencefálico, hasta en un 25 por ciento se acompaña de disfunción pulmonar como síndrome de distrés respiratorio agudo, que se suele asociar a reacción inflamatoria sistémica, y lleva al sistema respiratorio a una reducción de la tolerancia al estrés y adicionalmente a un posible aumento de las complicaciones pulmonares asociadas a la ventilación (VILI). En este contexto antes mencionado, la VAFO, se ha discutido como un método que ha demostrado mejoría en la oxigenación al momento de enfrentarse a un SDRA, también comparativamente, tiene una menor incidencia de VILI respecto al manejo ventilatorio mecánico convencional al momento de establecer valores de PaCO<sub>2</sub> entre 31 y 35 mmHg, valor importante que si no se cumple puede conllevar consecuencias como la vasodilatación cerebral y modificación de la hemodinámica cerebral empeorando el pronóstico. Aun así, la

VAFO en dos ensayos controlados aleatorizados de gran tamaño se concluyó que como alternativa no era superior a la ventilación de bajo volumen corriente en el TCE moderado y severo, y adicionalmente se ha mostrado incremento en la retención de CO<sub>2</sub> y disminución del gasto cardiaco, que consecuentemente pueden llevar a un empeoramiento del perfil hemodinámico medido en la presión de perfusión cerebral.

Por último, se habla de la combinación de VAFO e “Insuflación de Gas Transtraqueal” (IGT), en un estudio prometedor, que describe una mejoría de los valores de oxigenación, hemodinámica y perfusión cerebral en los pacientes con TCE, evitando durante el estudio eventos desfavorables por no mantener niveles de capnia adecuados, lo cual podría ser una nueva dirección en la búsqueda de alternativas más eficientes en el manejo del TCE y sus complicaciones.

### **Óxido nítrico (ON)**

El tratamiento con óxido nítrico ha sido planteado como una alternativa para el caso de hipoxemia refractaria al tratamiento convencional. Establece una adecuada ventilación gracias a su efecto vasodilatador a nivel pulmonar. En dos ensayos controlados aleatorizados y en un meta-análisis, se mostraron beneficios por parte del óxido nítrico en la oxigenación durante las primeras 24 horas de su uso, pero no se han realizado estudios que revisen otros resultados importantes en el pronóstico del paciente o resultados pronósticos por su uso en la mortalidad. Por otra parte, se ha visto en la literatura algunos casos de lesión renal. Se ha demostrado efectos antiinflamatorios por su uso inhalado que no se limitan al sistema respiratorio; y aquí es donde se teoriza su posible uso en el

trauma craneoencefálico con coexistencia de distrés respiratorio agudo.

En la teoría de su manejo, el óxido nítrico formado por la enzima óxido nítrico sintetasa, presenta 3 isoformas (iNO, eNO y nNO) de las cuales el eNO ha mostrado efectos neuroprotectores, e incluso en modelo animal, el manejo con ON inhalado, o por medio de donadores indirectos; dieron como resultado efectos neuroprotectores que en un futuro, pueden llegar a ser una ruta para investigaciones que permitan el mejor entendimiento de la farmacodinamia- cinética del óxido nítrico a tal punto que se pueda usar como una alternativa de tratamiento.

### **Esteroides**

Los corticoesteroides actúan como potentes moduladores e inhibidores en procesos inflamatorios fibróticos. No obstante, en el contexto del paciente con trauma cerebral es controvertido su uso por la insuficiente evidencia en cuanto a beneficio en la clínica. En el año 2004, Roberts et al. en un estudio aleatorizado evaluaron el impacto de la administración de corticoides a pacientes con trauma craneoencefálico, se administró 2 gramos de metilprednisolona, seguido de 0,4 mg/h por 48 horas o placebo. Se evidenció en sus resultados mayor mortalidad en el grupo de pacientes tratados con metilprednisolona.

Así mismo, de acuerdo con la *Guidelines for the Management of Severe TBI- 4th edition*, el uso de corticoesteroides a dosis altas se vinculó con un aumento de la mortalidad en aquellos pacientes con trauma craneoencefálico grave y por ende su uso está contraindicado como parte del manejo, por otra parte, la administración de esteroides no está recomendada con el propósito de mejorar o reducir la presión intracraneal.

### **Posicionamiento en prono**

La ventilación en posición prona permite mejorar la relación de  $PaO_2 / FiO_2$  en la descripción del SDRA. Sin embargo, en pacientes con TCE es controvertido su empleo por su asociación con el incremento de la PIC, el riesgo de desplazamiento de los drenajes o pernos para la medición de la PIC y dificultad técnica para la monitorización. Roth y cols., realizaron un estudio que incluyó 115 pacientes de la unidad de cuidados intensivos en posición prona de  $135^\circ$  durante al menos 8 horas, donde se evidenció una elevación moderada de la PIC. No obstante, también se mostró un aumento significativo de la  $PaO_2 / FiO_2$  y mejora clínica ventilatoria en estos pacientes, superando ampliamente los cambios mostrados en la PIC.

A pesar de no existir aun evidencia concluyente acerca de emplear o no el posicionamiento en prona en pacientes con traumas cerebrales que cursen con SDRA, no se descartaría esta medida cuando la hipoxemia no mejora con la ventilación convencional, excepto aquellos casos con lesiones traumáticas frontales donde la posición en prona se ha relacionado con aumento de la PIC y menor perfusión de las zonas perilesionadas.

### **Maniobras de reclutamiento alveolar**

El empleo de las maniobras de reclutamiento alveolar son recursos favorables para acrecentar la oxigenación y reclutar

áreas alveolares colapsadas, así como, mejorar el desajuste de ventilación / perfusión. Ciertamente, es un hecho que puede tener efectos perjudiciales en la PIC, sin embargo, distintos estudios han mostrado el beneficio de la utilización de estas maniobras en cuanto a mejora en la oxigenación sin evidencia alguna de alteración de la PIC.

### **Oxigenación por membrana extracorpórea**

La oxigenación por membrana extracorpórea (*ECMO* por sus siglas en inglés) venovenosa puede ser utilizada en los pacientes que no responden a la terapia ventilatoria convencional. Esta herramienta permite reducir la carga funcional a los pulmones y asumir el intercambio de gases mediante una membrana semipermeable. Es importante la anticoagulación para proveer un adecuado funcionamiento del sistema. No obstante, el riesgo de hemorragias e infecciones es elevado en la ECMO. A pesar de ello, también se ha descrito buenos resultados en la esfera neurológica de los pacientes con traumatismo craneoencefálico severo.

En resumen, la actuación ventilatoria en pacientes con TCE debe dirigirse a evitar la hipoxia, mantener una  $PaO_2 > 60$  mmHg; se recomienda la normocapnia con  $PaCO_2$  entre 35–45 mmHg y el uso de presión positiva al final de la espiración (PEEP) si es necesario, con cifras de presión arterial media (PAM) adecuadas.

---

### **LECTURAS RECOMENDADAS**

Carney N, Totten AM, O'Reilly C, Ullman JS, Hawryluk GWJ, Bell MJ, et al. Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury, Fourth Edition. Neurosurgery. 2016;(September).

Della Torre V, Badenes R, Corradi F, Racca F, Lavinio A, Matta B, et al. Acute respiratory

- distress syndrome in traumatic brain injury: how do we manage it? *J Thorac Dis.* 2017 Dec;9(12):5368–81.
- Design S, Protocol T. With Acute Respiratory Failure. 2001;345(8):568–73.
- Mascia L, Zavala E, Bosma K, Pasero D, Decaroli D, Andrews P, et al. High tidal volume is associated with the development of acute lung injury after severe brain injury: An international observational study\*. *Crit Care Med.* 2007 Aug;35(8):1815–20.
- Maguigan KL, Dennis BM, Hamblin SE, Guillaumondegui OD. Method of Hypertonic Saline Administration: Effects on Osmolality in Traumatic Brain Injury Patients. *J Clin Neurosci.* 2017 May;39:147–50.
- Mangat HS, Härtl R. Hypertonic saline for the management of raised intracranial pressure after severe traumatic brain injury. *Ann N Y Acad Sci.* 2015 May;1345(1):83–8.
- McGuire G, Crossley D, Richards J, Wong D. Effects of varying levels of positive end-expiratory pressure on intracranial pressure and cerebral perfusion pressure. *Crit Care Med.* 1997 Jun;25(6):1059–62.
- McHugh GS, Engel DC, Butcher I, Steyerberg EW, Lu J, Mushkudiani N, et al. Prognostic Value of Secondary Insults in Traumatic Brain Injury: Results from The IMPACT Study. *J Neurotrauma.* 2007 Feb;24(2):287–93.
- Pelosi P, Sutherasan Y. High-frequency oscillatory ventilation with tracheal gas insufflation: the rescue strategy for brain-lung interaction. *Crit care.* 2013;17(4):R179.
- Ranieri VM, Rubenfeld GD, Thompson BT, Ferguson ND, Caldwell E, Fan E, et al. Acute Respiratory Distress Syndrome. *JAMA.* 2012 Jun;307(23):2526–33.
- Roberts I, Yates D, Sandercock P, Farrell B, Wasserberg J, Lomas G, et al. Effect of intravenous corticosteroids on death within 14 days in 10 008 adults with clinically significant head injury (MRC CRASH trial): randomised placebo-controlled trial. *Lancet.* 2004 Oct;364(9442):1321–8.
- Roth C, Ferbert A, Deinsberger W, Kleffmann J, Kästner S, Godau J, et al. Does Prone Positioning Increase Intracranial Pressure? A Retrospective Analysis of Patients with Acute Brain Injury and Acute Respiratory Failure. *Neurocrit Care.* 2014 Oct;21(2):186–91.
- Vrettou C, Zakyntinos S. High-frequency oscillation and tracheal gas insufflation in patients with severe acute respiratory distress syndrome and traumatic brain injury: an interventional physiological study. *Crit Care.* 2013;17(4):R136.

### Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

El contenido de los artículos publicados, son responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la opinión del Comité Editorial de Revista Cubana de Medicina Intensiva y Emergencias.

---

Copyright. Revista Cubana de Medicina Intensiva y Emergencias. Revista Electrónica. Sus artículos están bajo una **licencia de Creative Commons Reconocimiento – No Comercial**, los lectores pueden realizar copias y distribución de los contenidos por cualquier medio, siempre que se mantenga el reconocimiento de sus autores, no se haga uso comercial de las obras, ni se realice modificación de sus contenidos.

---