



# Presión positiva al final de la espiración, presión intracraneal y presión de perfusión cerebral en el paciente pediátrico crítico con traumatismo craneoencefálico grave

Positive end expiration pressure, intracranial pressure and cerebral perfusion pressure in the severe traumatic brain injury in child  
*Pressão positiva ao final da expiração, pressão intracraniana e pressão de perfusão cerebral em pacientes pediátricos criticamente enfermos com traumatismo craneoencefálico grave*

Daisy Abreu Pérez,\* Angel Jesús Lacerda Gallardo,\* Paschal Edes Songoro†

## RESUMEN

**Introducción:** el uso de presión positiva al final de la espiración mejora la oxigenación y recluta alvéolos, aunque también provoca alteraciones hemodinámicas e incrementa la presión intracraneal.

**Material y métodos:** se realizó un estudio preexperimental de un solo grupo en pacientes pediátricos aquejados de traumatismo craneoencefálico grave, con hipoxemia asociada, tratados con diferentes niveles de presión positiva al final de la espiración, a los que se les monitorizó la presión intracraneal y la presión de perfusión cerebral para evaluar el efecto de esta maniobra ventilatoria en las variables intracraneales.

**Resultados:** predominaron las edades entre cinco y 17 años, 14 (73.68%) y la escala de coma de Glasgow al ingreso de ocho a nueve puntos (47.36%). La presión intracraneal aumenta cuando la presión positiva al final de la espiración supera los 12 cmH<sub>2</sub>O. La escala de coma de Glasgow al ingreso de ocho puntos se asoció con secuelas ligeras o ausencia de secuelas (47.36%), todos los niños con tres puntos fallecieron.

**Conclusiones:** el empleo de presión positiva al final de la espiración en el traumatismo craneoencefálico grave requiere de monitorización continua de la presión intracraneal. Corregir la hipertensión intracraneal y la inestabilidad hemodinámica son condiciones necesarias previas al tratamiento.

**Palabras clave:** presión de perfusión cerebral, presión intracraneal, presión positiva al final de la espiración, traumatismo craneoencefálico grave.

## ABSTRACT

**Introduction:** the use of positive end expiratory pressure improves oxygenation and recruits pulmonary alveoli, however at the same time it leads to hemodynamic changes and increase intracranial pressure.

**Material and methods:** a prospective descriptive study was done with pediatric patients afflicted with severe traumatic brain injury associated with hypoxemia and treated with different levels of positive end expiratory pressure, to whom the intracranial pressure and cerebral perfusion pressure were monitored so as to evaluate the effect of this ventilation maneuver over the intracranial variables.

**Results:** patients with age between 5-17 years old as well as male sex, 14 (73.68%) were predominant. 9 (47.36%) showed Glasgow coma scale of 8 points on admission. Intracranial pressure starts to rise when the positive end expiratory pressure exceeds 12 cmH<sub>2</sub>O. Glasgow coma scale with 8 points was associated with mild disability or no disability (47.36%). All the patients that scored 3 points died.

**Conclusions:** the use of positive end expiratory pressure to correct hypoxemia was an applicable therapeutic alternative as long as continuous intracranial pressure monitoring was available in a systematic and personalized way. The correction of intracranial hypertension and hemodynamic instability were a necessary condition before using the ventilatory maneuver in these patients.

**Keywords:** cerebral perfusion pressure, intracranial pressure, positive end expiratory pressure, severe head trauma.

## RESUMO

**Introdução:** o uso de pressão positiva no final da expiração melhora a oxigenação e recruta alvéolos, embora também cause alterações hemodinâmicas e aumente a pressão intracraniana.

**Material e métodos:** realizou-se um estudo pré-experimental de um único grupo em pacientes pediátricos vítimas de traumatismo craneoencefálico grave, com hipoxemia associada, tratados com diferentes níveis de pressão positiva ao final da expiração, nos quais foram monitoradas a pressão intracraniana e a pressão de perfusão cerebral, para avaliar o efeito desta manobra ventilatória em variáveis intracranianas.

**Resultados:** predominou a faixa etária entre 5-17 anos, 14 (73.68%) e a escala de coma de Glasgow na admissão de 8 pontos, 9 (47.36%). A pressão intracraniana aumenta quando a pressão positiva no final da expiração excede 12 cmH<sub>2</sub>O. A escala de coma de Glasgow na admissão de 8 pontos foi associada a sequelas leves ou sem sequelas (47.36%), todas as crianças com 3 pontos morreram.

**Conclusões:** a utilização de pressão positiva no final da expiração no TCE grave requer monitorização contínua da pressão intracraniana. A correção da hipertensão intracraniana e da instabilidade hemodinâmica são condições necessárias prévias ao tratamento.

**Palavras-chave:** pressão de perfusão cerebral, pressão intracraniana, pressão positiva no final da expiração, traumatismo craniano grave.

## INTRODUCCIÓN

El daño cerebral traumático (DCT) se considera la principal causa de incapacidad y muerte en la edad pediátrica, entre 1 y 7% de los menores de 18 años son afectados por esta causa en el mundo.<sup>1</sup> En los Estados Unidos 1.7 millones de adultos y niños son atendidos por esta patología cada año, de ellos 30% se producen entre cero y 14 años<sup>2</sup> y cerca de 500,000 visitan los departamentos de urgencias médicas.<sup>3</sup> Los fenómenos responsables de la mortalidad son en gran número de ellos la hipertensión intracraneal (HTIC) y la hipotensión arterial.<sup>4</sup>

El traumatismo craneoencefálico grave (TCEg) se asocia con frecuencia a lesiones traumáticas y no traumáticas del sistema respiratorio, que provocan una reducción de la presión arterial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>)<sup>5</sup> y retención de dióxido de carbono, lo que puede requerir del uso de la ventilación artificial mecánica (VAM) para su corrección.<sup>6</sup> La VAM permite utilizar estrategias terapéuticas como la hiperventilación moderada y transitoria para lograr valores de presión arterial de dióxido de carbono (PaCO<sub>2</sub>) entre 30-35 mmHg, que asociado con la mejoría de la PaO<sub>2</sub>, desencadena vasoconstric-

\* Hospital General Provincial Docente «Roberto Rodríguez Fernández». Morón, Ciego de Ávila, Cuba.

† Mzumbe University Health Centre. Morogoro, Tanzania.

Recibido: 18/06/2020. Aceptado: 25/05/2022.

**Citar como:** Abreu PD, Lacerda GAJ, Edes SP. Presión positiva al final de la espiración, presión intracraneal y presión de perfusión cerebral en el paciente pediátrico crítico con traumatismo craneoencefálico grave. Med Crit. 2022;36(6):350-356. <https://dx.doi.org/10.35366/107457>

ción cerebral y de esta forma se disminuye el flujo sanguíneo cerebral (FSC) y también se puede reducir la presión intracraneal (PIC).<sup>7</sup> Esta maniobra representa una de las medidas de primera línea para el control de la HTIC.<sup>8</sup>

Por otro lado, la necesidad de VAM en la mayoría de los enfermos con TCEg propicia la aparición de complicaciones relacionadas con la asistencia sanitaria como las neumonías asociadas con la ventilación (NAV)<sup>9</sup> y otras infecciones.

Después de un TCEg, los mecanismos de defensa del paciente se encuentran alterados, deprimidos, lo que aumenta el riesgo de aparición de infecciones oportunistas, lo que a su vez genera que se comporte como una enfermedad anergizante.<sup>10</sup> A nivel pulmonar generalmente se produce disminución de la capacidad vital y de la capacidad residual funcional, lo que facilita el desarrollo de atelectasias, diversos grados de alteración de la permeabilidad vascular y edema pulmonar no cardiogénico.<sup>11</sup>

Todos estos factores en su conjunto facilitan el desarrollo de hipoxemia, que requiere para su corrección de niveles de presión positiva al final de la espiración (PEEP), la que recluta alvéolos y disminuye el *shunt* intrapulmonar; sin embargo, provoca alteraciones hemodinámicas, incrementa la PIC y disminuye la presión de perfusión cerebral (PPC) por aumento de la presión intratorácica y reducción del retorno venoso.<sup>6,12</sup>

El objetivo del presente estudio fue identificar la relación entre el empleo de la PEEP y el comportamiento subsecuente de la PIC y la PPC en el paciente pediátrico crítico con TCEg, en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos (UCIP) del Hospital General Provincial Docente «Roberto Rodríguez» de Morón, Ciego de Ávila, Cuba.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo, prospectivo de los pacientes pediátricos (de un mes de nacidos hasta 17 años) atendidos en la UCIP del Hospital General Provincial Docente «Roberto Rodríguez» de Morón, Ciego de Ávila, Cuba, por un TCEg en el periodo de enero de 2003 a diciembre de 2017, quienes durante su evolución presentaron hipoxemia por diferentes causas y fue necesario aplicar diversos niveles de PEEP durante la ventilación para su corrección.

Se consideró TCEg a todo paciente con lesión traumática craneal y escala de coma de Glasgow (ECG) entre tres y ocho puntos. A todos los casos se les realizó monitorización de la PIC a través de una ventriculostomía lateral al exterior del lado más afectado, determinado por clínica o por tomografía axial computarizada (TAC).

Debido a la necesidad de particularizar los umbrales de tratamiento de la PIC en diferentes edades pediátricas,<sup>13-15</sup> los pacientes se dividieron de acuerdo con los valores de la PIC promedio para cada grupo de edad establecidos por los autores. Lactantes: valores normales de 3-6 mmHg, se dividieron en a) menor de 6 mmHg y b) mayor de 6 mmHg. De uno a 14 años valores normales de 3-10 mmHg, se divide en: a) menor de 10 mmHg y b) mayor de 10 mmHg. Los niños entre cinco y 17 años valores normales de 7-15 mmHg se dividen en: a) menor de 15 mmHg y b) mayor de 15 mmHg.

Todos los pacientes fueron ingresados en la UCIP bajo régimen de ventilación artificial mecánica (VAM), con modalidad volumen control regulado por presión (VCRP) y parámetros ventilatorios para inicio de la VAM con volumen tidal (VT) entre 5-7 mL/kg de peso, frecuencia respiratoria (Fr) acorde a la edad, PEEP de 6 cmH<sub>2</sub>O, relación I/E 1:2 y FiO<sub>2</sub> de 0.5%.

Se realizó la sedoanalgesia con benzodiazepinas de acción corta (midazolam) con dosis de 0.3-0.6 mg/kg/h y opiáceos (fentanilo) de 3-6 µg/kg/h, ambas en infusión continua para lograr un nivel de sedación profundo y de esta forma garantizar una oxigenación cerebral adecuada por encima de 90 mmHg.

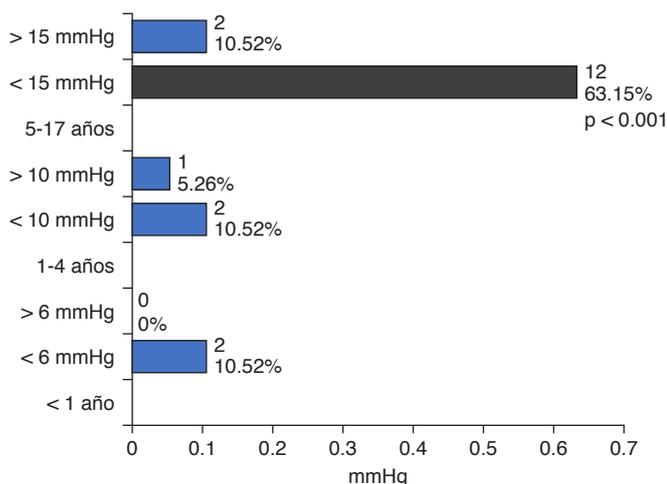
Al ingreso se aplicaron las medidas de primer nivel para el control de la PIC según protocolo de manejo del TCEg<sup>7</sup> en forma escalonada y aditiva, que incluyen además de la sedoanalgesia antes descrita, el drenaje de líquido cefalorraquídeo (LCR) a razón de 5 mL cada 15 minutos, hasta cuatro veces en una hora, manitol 20% entre 0.25-1 g/kg de peso por dosis o solución salina hipertónica al 3% entre 6-10 mL/kg/dosis/cuatro h.

También se empleó la hiperventilación moderada transitoria (PaCO<sub>2</sub> entre 30-35 mmHg), bloqueo neuromuscular con vecuronio 0.1 mg/kg/h en infusión continua, además del uso de la craniectomía descompresiva (CD) en los casos indicados, utilizada según el protocolo de manejo del servicio de neurocirugía como medida de primer nivel. A los casos en los cuales no se controlaron las cifras elevadas de PIC, se les aplicaron las medidas de segunda línea de tratamiento.<sup>7</sup>

Para calcular la PPC adecuada para cada grupo de edad se consideraron los valores inferiores de presión arterial media (PAM) permisibles, por debajo de los cuales existiría riesgo de hipoxemia y los valores máximos de PIC para cada grupo de edad, por encima de los cuales existiría riesgo de desarrollo de algún tipo de herniación cerebral, considerando óptimos: para los lactantes y niños hasta cuatro años: 47 mmHg, por lo que los resultados se dividieron en a) menores de 47 mmHg y b) mayores de 47 mmHg y para los niños entre cinco y 17 años la cifra normal es 50 mmHg, por lo que también fueron divididos en a) menores de 50 mmHg y b) mayores de 50 mmHg.

En los pacientes que mostraron PPC disminuida por debajo del umbral considerado como normal para su grupo de edad, se controlaron las causas: ante incrementos de la PIC se utilizaron las medidas de control de primer y segundo nivel descritas anteriormente. La disminución de la tensión arterial media (TAM) se controló con el uso de fluidoterapia, de preferencia solución salina 0.9% a 20 mL/kg de peso por dosis o solución salina hipertónica 3% en las dosis antes señaladas, sobre todo en los casos que mostraron cifras elevadas de PIC coexistentes con hipovolemia. En los casos en los que la hipotensión arterial se hizo refractaria, se asociaron al tratamiento vasopresores como la norepinefrina de 0.1-1  $\mu$ g/kg de peso por minuto, una vez restablecida la volemia.

Los valores de PEEP empleados al inicio de la VAM hasta la identificación de las causas de la hipoxemia ( $SO_2$  menor de 90 mmHg y  $PaO_2$  por gasometría menor de 70 mmHg) fueron calculados a 6  $cmH_2O$ . Posteriormente, se planificó un incremento de 2  $cmH_2O$  cada minuto, comprobando antes y después los valores de PIC y de PPC así como la  $SaO_2$ ,  $PaO_2$  y la relación  $SaO_2/FiO_2$ .



**Figura 1:** Valores de la presión intracraneal después del tratamiento inicial. Fuente: Historias clínicas.

El universo estuvo representado por 41 casos portadores de TCEg y la muestra quedó constituida por 19 casos que desarrollaron hipoxemia durante su evolución y necesitaron del uso de PEEP en algún momento de su periodo de ventilación artificial.

Todos los pacientes a los que se les aplicó PEEP, mostraban PIC y PPC normal para cada grupo de edad y presentaban estabilidad hemodinámica. A los menores de un año no se les planificaron cifras de PEEP mayores de 10  $cmH_2O$ .

Cuando la PEEP provocó incrementos de la PIC, se aplicaron las medidas de tratamiento apropiadas en cada caso y se detuvo el escalamiento en la maniobra ventilatoria. Si la PPC estaba disminuida se corrigieron las causas y se mantuvo la PEEP, siempre que no fuera por aumento de la PIC. En los casos que presentaban ECG de tres puntos y/o cifras de PIC por encima del umbral a pesar del tratamiento, se realizaron otras estrategias terapéuticas para mejorar la oxigenación.

Los enfermos fueron distribuidos según variables como la edad y el sexo, ECG al ingreso, causas responsables de la hipoxemia, valores de PIC y PPC después de aplicarles PEEP de 8, 10, 12, 14 y 16 mmHg,  $SO_2$  al inicio y final de la PEEP, relación ECG al ingreso y resultados según la escala de resultados de Glasgow (ERG) al egreso.

Los datos se recogieron en una hoja de compilación de datos, éstos fueron obtenidos de los expedientes clínicos y de las hojas de problemas de la unidad de cuidados intensivos desde la admisión hasta su egreso del centro y toda esta información fue vertida en una base de datos creada por los autores en el sistema SPSS versión 20 para su análisis, utilizando el porcentaje como manera de resumen y se aplicó la prueba de bondad de ajuste del  $\chi^2$  a algunas variables. Los resultados se expresan en tablas y gráficos para su mejor comprensión.

El seguimiento se realizó mensual en las consultas externas de neurocirugía los primeros seis meses, luego de forma trimestral y semestral dependiendo del

**Tabla 1:** Relación de la presión positiva al final de la espiración sobre la presión intracraneal en el paciente con traumatismo craneoencefálico grave.

Pacientes (n)	PEEP	Presión intracraneal (mmHg)					
		< 1 año		1-4 años		5-17 años	
		< 6, n (%)	> 6, n (%)	< 10, n (%)	> 10, n (%)	< 15, n (%)	> 15, n (%)
16	8	2 (12.50)	—	2 (12.50)	—	12 (75.00)	—
16	10	2 (12.50)	—	2 (12.50)	—	12 (75.00)	—
14	12	—	—	1 (7.14)	1 (7.14)	11 (78.58)	1 (7.14)
12	14	—	—	—	1 (8.33)	9 (75.00)	2 (16.67)
9	16	—	—	—	—	5 (55.56)	4 (44.44)

PEEP = presión positiva al final de la espiración.

A los menores de un año se les aplica la presión positiva al final de la espiración hasta 10  $cmH_2O$ .

Fuente: historias clínicas.

**Tabla 2:** Relación de la presión positiva al final de la espiración sobre la presión de perfusión cerebral en el paciente con traumatismo craneoencefálico grave.

Pacientes (n)	PEEP	Presión de perfusión cerebral (mmHg)					
		< 1 año		1-4 años		5-17 años	
		< 47, n (%)	> 47, n (%)	< 47, n (%)	> 47, n (%)	< 50, n (%)	> 50, n (%)
16	8	—	2 (12.50)	—	2 (12.50)	1 (6.25)	11 (68.75)
16	10	—	2 (12.50)	—	2 (12.50)	1 (6.25)	11 (68.75)
14	12	—	—	1 (7.14)	1 (7.14)	3 (21.43)	9 (64.29)
12	14	—	—	1 (8.33)	—	5 (41.67)	6 (50.00)
9	16	—	—	—	—	9 (100.00)	—

PEEP = presión positiva al final de la espiración.

A los menores de un año se les aplica la presión positiva al final de la espiración hasta 10 cmH<sub>2</sub>O.

Fuente: historias clínicas.

estado del paciente hasta los dos años cuando fueron considerados definitivamente como alta médica.

A todos los pacientes (padres y/o tutores) al ingresar en la UCIP se les llenaron las planillas de consentimiento informado para procedimientos y tratamientos a utilizar, con énfasis en las ventajas, desventajas y complicaciones de cada uno de ellos en el paciente con TCEg ingresado en las unidades de atención al adulto grave. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Investigación y del Consejo Científico del Hospital Morón y cumple con las directrices establecidas para los estudios en humanos. Se mantendrán los procedimientos éticos en cuanto a la confidencialidad de los resultados.

## RESULTADOS

Se estudiaron 19 niños que sufrieron TCEg, a los cuales por diferentes causas se les asoció hipoxemia requiriendo VAM y el uso de PEEP. El grupo de edades predominante fue el de cinco a 17 años con 14 niños (73.68%) ( $p < 0.001$ ), seguido del de uno a cuatro años con tres (15.79%) y los menores de un año, dos (10.53%).

En relación al sexo tuvimos 14 masculinos (73.68%) ( $p < 0.39$ ) y cinco femeninos (26.32%).

Del total de casos, nueve (47.36%) ingresaron con una ECG de ocho puntos, tres (15.79%) entre seis y siete puntos, cinco (26.32%) entre cuatro y cinco puntos y dos (10.53%) con tres puntos.

Después del tratamiento inicial para el control de la PIC se observó que 16 pacientes (84.21%) de los tres grupos tenían valores de PIC por debajo del umbral considerado como normal para su edad y sólo tres (15.79%) mostraban valores elevados, estos últimos no continuaron con la maniobra y se establecieron otras estrategias ventilatorias para mejorar la oxigenación (Figura 1).

Las causas de hipoxemia encontradas fueron la NAV en 12 niños (63.15%), atelectasias en cua-

tro (21.05%), contusiones pulmonares en cuatro (21.05%), síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA) en tres (15.78%) y otras etiologías en dos casos (10.52%) ( $n = 19$ ).

Los incrementos de la PEEP de ocho y 10 cmH<sub>2</sub>O no modificaron la PIC ni la PPC en ningún grupo etario; 14 niños (87.50%) requirieron incrementar la PEEP a 12 cmH<sub>2</sub>O, los dos lactantes no necesitaron de escalamiento en la maniobra. De estos 14, en el grupo de uno a cuatro años, uno (7.14%) incrementó la PIC y disminuyó la PPC. En el grupo de cinco a 17 años, un paciente (7.14%) mostró incremento en la PIC y en tres (21.43%) se evidenciaron caídas en la PPC, incluyendo el paciente que tuvo ascenso de las cifras de PIC.

Necesitaron continuar escalando en los valores de PEEP hasta 14 cmH<sub>2</sub>O, 12 niños (85.71%). De éstos, uno (8.33%) en el grupo de uno a cuatro años presentó un incremento de la PIC y disminución de la PPC y los otros 11 (91.67%) pertenecían al grupo entre cinco y 17 años. Dos (16.67%) mostraron aumento de la PIC y cinco (41.67%) disminución de la PPC, incluidos los dos que presentaron elevación de la PIC.

Escalaron a 16 cmH<sub>2</sub>O de PEEP nueve casos (56.25%), todos en el grupo de cinco a 17 años. En cuatro enfermos de nueve (44.44%), los valores de PIC ascendieron por encima de 15 mmHg y la PPC disminuyó por debajo de los valores normales para el grupo de edad en todos los pacientes (100%) (Tablas 1 y 2).

La oxigenación medida a través de la SO<sub>2</sub> sistémica capilar comienza a mejorar cuando los niveles de PEEP se encuentran por encima de 12 cmH<sub>2</sub>O. En seis casos de nueve (66.67%) en los que los niveles de PEEP fueron de 16 cmH<sub>2</sub>O, la oxigenación ascendió por encima de 90 mmHg (Figura 2).

Al evaluar la relación entre la ECG y la ERG se evidenció que todos los pacientes con ECG de ocho puntos, nueve niños (47.36%) ( $p < 0.15$ ), presentaron una ERG grado V, y de los niños con ECG tres puntos, todos fallecieron (ERG grado I) (Figura 3).

## DISCUSIÓN

A lo largo de los años, se han descrito múltiples efectos tanto positivos como negativos del uso de PEEP. Entre los positivos se encuentran la mejoría en la oxigenación, la corrección de las atelectasias, la disminución del daño pulmonar inducido por el ventilador y de la NAV.<sup>16</sup> Los negativos están relacionados con la reducción del gasto cardiaco por disminución de la precarga del ventrículo derecho,<sup>17</sup> el desarrollo de volutraumas, el aumento en la presión intratorácica, el deterioro hemodinámico, la elevación de la PIC y la caída de la PPC.<sup>16</sup>

La aplicación de PEEP es necesaria en el paciente con hipoxemia y el tratamiento personalizado requiere del control estricto de la PIC y la PPC para su uso si se presenta en pacientes con TCEg.

El grupo etario más afectado en la serie fueron los niños entre cinco y 17 años, condición que los autores

relacionan con la disminución de la custodia por parte de los padres, el desarrollo de autonomía propia en los adolescentes y la falta de percepción del peligro a estas edades.

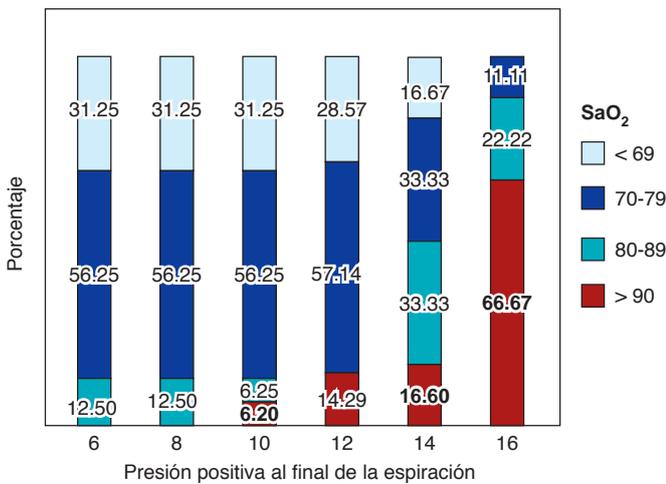
El sexo masculino predominó en este estudio, lo que coincide con Vaughan KA y colaboradores,<sup>1</sup> que se explica por la hiperactividad propia de los varones y la participación de éstos en actividades más arriesgadas en relación con las hembras, lo cual puede predisponer la ocurrencia de traumatismos.

El predominio de la ECG al ingreso de ocho puntos en esta serie pudo influir en los resultados. Es conocido que los pacientes con mejor puntaje de esta escala tienen mejor pronóstico en relación con aquéllos que muestran puntajes deprimidos, por lo que se considera el estado clínico al ingreso como uno de los factores predictivos de mortalidad más relevantes en esta enfermedad.<sup>8,18</sup>

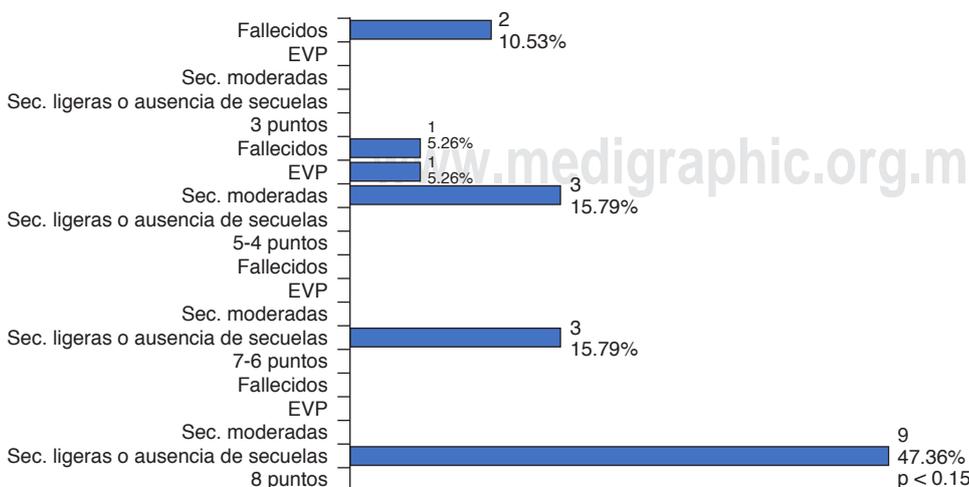
En 84.2% de los casos se alcanzó el control precoz de la PIC con las medidas de primer nivel incluyendo la CD, lo que condujo a que se lograran adecuados valores de PPC y PAM, con lo cual se mantuvo un flujo sanguíneo cerebral óptimo, se evitaron episodios de isquemia e hipoxia cerebral no deseados, los cuales se describen con frecuencia en estos pacientes y han sido documentados por otros autores.<sup>18,19</sup>

Las neumonías, las atelectasias, los traumas, el SDRA y el tromboembolismo pulmonar se han descrito como causas de hipoxemia,<sup>20</sup> lo que coincide con lo encontrado en nuestra serie. Según Díaz<sup>21</sup> y su equipo, las NAV tienen como factor de riesgo el TCEg, la sedación profunda, los estados postquirúrgicos y la inmunosupresión, todos presentes en estos pacientes, a la vez que pueden ser un factor desencadenante de SDRA.

La extrapolación de los resultados obtenidos en pacientes adultos sobre los efectos de la PEEP en la PIC y la PPC a pacientes pediátricos no es adecuada por las diferencias fisiopatológicas entre niños y adultos,



**Figura 2:** Valores de la saturación de oxígeno con diferentes niveles de presión positiva al final de la espiración. Fuente: historias clínicas.



**Figura 3:**

Relación entre la escala de coma de Glasgow al ingreso y resultados según la escala de resultados de Glasgow. EVP = estado vegetativo persistente. Fuente: historias clínicas.

la interrelación entre los sistemas respiratorio y neurológico aún no se evalúa en éstos, aunque se conoce que existe una tolerancia cardiovascular elevada para soportar las altas presiones en las vías aéreas de los infantes por disímiles razones.<sup>12</sup>

Belda y colegas informaron que no existen incrementos de la PIC ni caída de la PPC cuando los niveles de PEEP son menores de 10 cmH<sub>2</sub>O. Cuando los valores se encontraron entre 10 y 15 cmH<sub>2</sub>O provocaron aumentos de la PIC; sin embargo, la PPC se mantuvo en todos los casos por encima de 60 mmHg y no se modificó con incrementos de la PEEP.<sup>22</sup>

En un estudio realizado por Solodov y colaboradores se observó un incremento de la PIC y disminución de la PPC con valores de PEEP por encima de 20 cmH<sub>2</sub>O en pacientes con hemorragia intracraneal.<sup>23</sup> Según McGuire y su equipo, incrementos de PEEP de 10 y 15 cmH<sub>2</sub>O provocaron elevación de la PIC,<sup>24</sup> con lo cual estamos de acuerdo.

En el TCEg con PaCO<sub>2</sub> elevada, la sobredistensión alveolar producida al aplicar PEEP genera incrementos de la PIC, velocidad de flujo Doppler, saturación de oxígeno en el golfo de la yugular y la PaCO<sub>2</sub>; sin embargo, el reclutamiento alveolar logrado con la PEEP provoca una caída de la PaCO<sub>2</sub>, mejoramiento de la oxigenación cerebral por incremento de la PaO<sub>2</sub>, vasoconstricción y disminución del volumen circulante intracraneal, y por esta causa disminución o escaso efecto en la PIC, por tal motivo podemos inferir que los efectos de la PEEP dependen en gran medida de la mecánica pulmonar de cada paciente.<sup>25</sup>

Nemer y colegas mostraron la influencia directa de la PEEP en la saturación de oxígeno y en la presión parcial de oxígeno tisular, considerándola una alternativa que mejora la oxigenación y no influye en la PIC y la PPC.<sup>26</sup>

En esta serie se encontró que la PIC aumentó por encima de los valores normales cuando las cifras de PEEP se incrementaron por encima de 12 cmH<sub>2</sub>O, valor ligeramente superior a lo informado por otros autores,<sup>27</sup> lo que los autores relacionan con el efecto de reacomodación intracraneal obtenido con la craniectomía descompresiva y con los mecanismos buffer presentes en los infantes.

La relación PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> se considera un índice que permite evaluar el intercambio de oxígeno a nivel pulmonar, aunque entre ellas no existe una relación lineal (PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y FiO<sub>2</sub>), ya que la primera puede evidenciar diferentes comportamientos para diferentes valores de FiO<sub>2</sub>,<sup>28</sup> dicha relación se modifica ante diferentes valores de PEEP.

Según Sánchez Casado y colaboradores, con esta herramienta se puede infravalorar la intensidad del daño pulmonar y la respuesta verdadera ante diferentes niveles de PEEP, mientras que el gradiente alvéolo-

arterial de O<sub>2</sub> es el que identifica de forma útil las alteraciones entre el capilar y el alvéolo y su respuesta ante el uso de PEEP.<sup>29</sup> Otros autores utilizan el índice de oxigenación (PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> x presión media respiratoria)<sup>30</sup> para determinar el grado de oxigenación.

Existen múltiples estudios donde se utiliza la relación PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> para conocer la oxigenación después de la aplicación de PEEP.<sup>11,20,22,28,29,31</sup> Los autores de este manuscrito siguen la SaO<sub>2</sub> que resulta de fácil y rápida aplicación y puede ser obtenida en la cabecera del enfermo.

Para los incrementos de la PIC y la caída de la PPC provocados por niveles de PEEP superiores a 12 cmH<sub>2</sub>O se utilizaron estrategias terapéuticas. La elevación de la PIC fue revertida con la elevación del nivel de terapia intensiva (TIL) disminuyendo la PEEP. La caída de la PPC respondió al aporte de fluidos, al uso de vasopresores y a la reducción de los niveles de PEEP. Ambos métodos sin influencia en la mortalidad.

La mortalidad estuvo estrechamente relacionada con el estado clínico de los pacientes al ingreso, donde se pudo confirmar que los casos con ECG en tres puntos y valores de PIC elevados por encima de los normales y refractaria al tratamiento fueron los más afectados.

## CONCLUSIONES

En el presente estudio predominaron las secuelas ligeras o la ausencia de secuelas y sólo tres casos fallecieron. Una limitación de los resultados obtenidos fue el tamaño pequeño de la muestra, lo que no permitió establecer conclusiones definitivas y nos conduce a recomendar el diseño de otros estudios sobre el tema.

Como conclusiones podemos plantear que el uso de PEEP para corregir la hipoxemia en el paciente pediátrico con daño cerebral grave de origen traumático es una alternativa terapéutica aplicable, siempre que se cuente con monitorización continua de la PIC y la PPC. La corrección de la HIC y la inestabilidad hemodinámica son condiciones indispensables para la implementación de una adecuada estrategia ventilatoria. Los incrementos progresivos de la PEEP por encima de 12 mmHg provocan aumento de la PIC y caída de la PPC, lo que tiene influencia directa en los resultados.

## REFERENCIAS

1. Vaughan KA, Johnston J, Park KB. *Epidemiology of paediatric head injuries*. In: Narenthiran G. Paediatric head injury. London: Neurosurgery Listserv Press; 2018. v1.
2. Morrissey K, Fairbrother H. Severe traumatic brain injury in children: an evidence-based review of emergency department management. *Pediatr Emerg Med Pract*. 2016;13(10):1-28.
3. Oliva OM, Maya DK. Traumatismo craneo encefálico grave en pediatría. *An Med*. 2016;61(4):261-270.
4. Gerber LM, Chiu YL, Carney N, Hartl R, Ghajar J. Marked reduction in mortality in patients with severe traumatic

- brain injury. *J Neurosurg*. 2013;119(6):1583-1590. doi: 10.3171/2013.8.JNS13276.
5. Sundaram PK, Arora P, Ramalingam J, D'Costa J. Is mechanical ventilation mandatory for the management of severe head injury? Outcome in 53 medically managed severe head injury patients, without ventilatory support: a prospective study. *Asian J Neurosurg*. 2018;13(1):18-22. doi: 10.4103/ajns.AJNS\_221\_16.
  6. Alencar Lima W, Leite Campelo AR, Mousinho Gomes RL, Cunha Brandao D. The impact of positive end-expiratory pressure on cerebral perfusion pressure in adult patients with hemorrhagic stroke. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2011;23(3):291-296.
  7. Adelson PD, Bratton SL, Carney NA, Chesnut RM, du Coudray HE, Goldstein B, et al. Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children and adolescents. *Pediatr Crit Care Med*. 2003;4(3 suppl):S1-S75.
  8. Kochanek PM, Tasker RC, Carney N, Totten AM, Adelson PD, Selden NR, et al. Guidelines for the management of pediatric severe traumatic brain injury, third edition: update of the brain trauma foundation guidelines. *Pediatr Crit Care Med*. 2019;20(3S Suppl 1):S1-S82. doi: 10.1097/PCC.0000000000001735.
  9. Behgi G, De Tanti A, Serafini P, Bertolino C, Celentano A, Taormina G. Monitoring of hospital acquired pneumonia in patients with severe brain injury on first access to intensive neurological rehabilitation: first year of observation. *Monaldi Arch Chest Dis*. 2018;88(1). doi: 10.4081/monaldi.2018.888.
  10. Rodríguez ND, Rodríguez AM, Alfonso ALE, Castellanos PE, Reyes MML, Quintana RM. Respuesta inmunitaria en el trauma. *Rev Cub Med Mil*. 2012;41(1):87-95.
  11. Cuenca TNL. Ventilación mecánica en el paciente neuroquirúrgico. Revisión del tema. *Rev Cub Anest Rean*. 2005;4(3):63-74.
  12. Pulitanó S, Mancino A, Pietrini D, Piastra M, De Rosa S, Tosi F, et al. Effects of positive end expiratory pressure (PEEP) on intracranial and cerebral perfusion pressure in pediatric neurosurgical patients. *J Neurosurg Anesthesiol*. 2013;25(3):330-334. doi: 10.1097/ANA.0b013e31828bac4d.
  13. Adelson PD, Ragheb J, Kanev P, Brockmeyer D, Beers SR, Brown SD, et al. Phase II clinical trial of moderate hypothermia after severe traumatic brain injury in children. *Neurosurgery*. 2005;56(4):740-754.
  14. Mehta A, Kochanek PM, Tyler-Kabara E, Adelson PD, Wisniewski SR, Berger RF, et al. Relationship of intracranial pressure and cerebral perfusion pressure with outcome in young children after severe traumatic brain injury. *Dev Neurosci*. 2010;32(5-6):413-419. doi: 10.1159/000316804.
  15. Miller Ferguson N, Shein SL, Kochanek PM, Luther J, Wisniewski SR, Clark RS, et al. Intracranial hypertension and cerebral hypoperfusion in children with severe traumatic brain injury: thresholds and burden in accidental and abusive insults. *Pediatr Crit Care Med*. 2016;17(5):444-450. doi: 10.1097/PCC.0000000000000709.
  16. Stahl DL, North CM, Lewis A, Kimberly WT, Hess DR. Case scenario: power of positive end-expiratory pressure: use of esophageal manometry to illustrate pulmonary physiology in an obese patient. *Anesthesiology*. 2014;121(6):1320-1326. doi: 10.1097/ALN.0000000000000377.
  17. Mhanna MJ. Interaction between positive end expiratory pressure and cardiac index. *Front Pediatr*. 2015;3:5. doi: 10.3389/fped.2015.00005.
  18. Abreu D, Lacerda AJ, Diaz JA, Martín D. Neuromonitorización en el trauma craneoencefálico grave en pediatría. *Neurocirugía*. 2016;27(4):176-185.
  19. Gallardo AJL, Pérez DA, Pazos MM, Caraguay GPV, Criales GMO, et al. Decompressive craniectomy in pediatric severe head trauma. *Int J Pediatr Res*. 2018;4:033. doi: 10.23937/2469-5769/1510033.
  20. Tobin MJ. *Principles and practice of mechanical ventilation*. 3rd ed. Chicago, Illinois: The McGraw-Hill Educational; 2012.
  21. Díaz E, Lorente L, Valles J, Rello J. Neumonía asociada a la ventilación mecánica. *Med Intensiva*. 2010;34(5):318-324. doi: 10.1016/j.medin.2010.03.004.
  22. Belda FJ, Aguilar G, Soro M, Maruenda A. Manejo ventilatorio del paciente con traumatismo craneoencefálico grave. *Rev Esp Anestesiología Reanim*. 2004;51(3):143-150.
  23. Solodov AA, Petrikov SS, Krylov VV. Positive end-expiratory pressure (peep) influences on intracranial pressure, systemic hemodynamics and pulmonary gas exchange in patients with intracranial hemorrhage in critical state. *Anesteziol Reanimatol*. 2016;61(2):115-120.
  24. 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;25(6):1059-1062.
  25. Mascia L, Grasso S, Fiore T, Bruno F, Berardino M, Ducati A. Cerebro-pulmonary interactions during the application of low levels of positive end-expiratory pressure. *Intensive Care Med*. 2005;31(3):373-379.
  26. Nemer SN, Caldeira JB, Santos RG, Guimaraes BL, Garcia JM, Prado D, et al. Effects of positive end-expiratory pressure on brain tissue oxygen pressure of severe traumatic brain injury patients with acute respiratory distress syndrome: A pilot study. *J Crit Care*. 2015;30(6):1263-1266. doi: 10.1016/j.jccr.2015.07.019.
  27. De Rosa S, Villa G, Franchi P, Mancino A, Tosi F, Martin MA, et al. Impact of positive end expiratory pressure on cerebral hemodynamic in paediatric patients with post-traumatic brain swelling treated by surgical decompression. *PLoS One*. 2018;13(5):e0196980. doi: 10.1371/journal.pone.0196980.
  28. Hernández RG, Cerón DU. Influencia de la PEEP en la correlación entre la DA-aO<sub>2</sub> y la PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>. *Med Crit*. 2013;27(4):226-230.
  29. Sánchez Casado M, Quintana Díaz M, Palacios D, Hortigüela V, Marco Schulke C, García J, et al. Relación entre el gradiente alveolo-arterial de oxígeno y la PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> introduciendo la PEEP en el modelo. *Med Intensiva*. 2012;36(5):329-334.
  30. El-Khatib MF, Jamaledine GW. A new oxygenation index for reflecting intrapulmonary shunting in patients undergoing open-heart surgery. *Chest*. 2004;125(2):592-596.
  31. Moreira M, Fernandes D, Pereira E, Monteiro E, Pascoa R, Dias C. Is there a relationship between optimal cerebral perfusion pressure-guided management and PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ratio after severe traumatic brain injury? *Acta Neurochir Suppl*. 2018;126:59-62. doi: 10.1007/978-3-319-65798-1\_13.

Correspondencia:

Daisy Abreu Pérez

E-mail: dabreup2016@gmail.com

daisya72@infomed.sld.cu