

Recomendaciones actuales sobre el monitoreo de la presión intracraneal en niños con traumatismo de cráneo severo

Current recommendations on monitoring of intracranial pressure in children with severe Traumatic Brain Injury

ALEJANDRO HERNÁN GATTARI^a, MA. ANDREA FRANCAVILLA^a, MARIO JAIKIM^b Y PABLO NEIRA^a

RESUMEN

El trauma es la principal causa de muerte en niños de 1 a 14 años, siendo el Traumatismo de cráneo grave el 50% de las mismas. Además puede asociarse a elevada morbilidad con secuelas. La hipertensión intracraneal es una de las principales injurias secundarias que actúan sobre el cerebro.

La incidencia de hipertensión intracraneal en estos pacientes es elevada, pese a ello no se han podido identificar marcadores que puedan determinar su presencia. La monitorización de la Presión intracraneal en forma invasiva debe realizarse en este grupo de pacientes, ya que el aumento de la misma se ha relacionado con resultados neurológicos negativos. El control protocolizado de la presión intracraneal puede generar mejoría de los mismos, lo cual es sostenido en la tercera edición de las *Guías para el manejo del traumatismo de cráneo severo pediátrico* publicadas por la Brain Trauma Foundation en el año 2019. En esta revisión se plasmarán los conceptos que avalan la utilización del monitoreo invasivo de la Presión Intracraneana.

Palabras clave: *Presión Intracraneal, hipertensión intracraneal, presión intracerebral, traumatismo de cráneo grave.*

ABSTRACT

Trauma is the leading cause of death in children ages 1-14. Traumatic Brain Injury accounts for 50% of deaths and is associated with high morbidity and sequelae. Intracranial hypertension is one of the main secondary insults acting on the brain.

The incidence of intracranial hypertension in these pa-

tients is high, but it has not been possible to identify markers that could determine its presence or absence. This supports that the monitoring of intracranial pressure in an invasive way should be done in this group of patients, since the increase of this, has been related to poor neurological outcomes and the protocolized management of intracranial hypertension can generate improvement in them. This is sustained in the third edition of the Guidelines for the management of Pediatric Severe Traumatic Brain Injury, published by the Brain Trauma Foundation in the year 2019. In this review, the concepts that support the use of invasive monitoring of Intracranial Pressure will be embodied.

Keywords: *Intracranial pressure, intracranial hypertension, severe traumatic brain injury.*

INTRODUCCIÓN

El Traumatismo de Cráneo (TEC) se define como un daño cerebral de etiología traumática. Es posible considerarlo un síndrome más que una simple enfermedad debido a que incluye un amplio rango de lesiones locales o difusas, quirúrgicas y no quirúrgicas, que derivan de un gran espectro de mecanismos, todos de origen traumático.

En los pacientes con TEC grave el aumento de la presión intracerebral con la consiguiente disminución de perfusión cerebral puede evolucionar con mal pronóstico.

En las guías para manejo del TEC grave en pacientes pediátricos, publicada por la Brain Trauma Foundation, en el año 2012, se describen 15 estudios que han demostrado la asociación entre Hipertensión Intracraneal y peores resultados neurológicos o muerte. A su vez, dos de estos estudios (Alberico y col., del año 1987 y el de Jagannathan y col., del 2008) relacionan mejores resultados clí-

a. Terapia Intensiva Pediátrica. HNRG

b. Servicio de Neurocirugía. HNRG

Correspondencia: gattariaalejandro@gmail.com

Conflicto de interés: ninguno que declarar.

cos con el control de la presión intracraneal. Estos estudios corresponden a un estudio prospectivo observacional y el otro a una revisión retrospectiva de una base de datos, por lo que solo representan evidencia Clase III.¹⁻³ En la actualización de estas guías, del corriente año, se agregan 3 estudios retrospectivos (Bennet y col., del año 2012; Alkhoury y col., del 2014 y Bennet y col., 2017), que por lo tanto, no alteran el nivel de evidencia de las guías previas con respecto al monitoreo de la Presión Intracraneal.^{1,4-6}

Debido a esto, la recomendación de medición de la PIC en el paciente con traumatismo de cráneo grave, también se basa en las guías de adultos, las que muestran evidencia grado II en el caso de pacientes con Score de Escala de Glasgow de 3 a 8 y tomografía de cerebro anormal, definida como la aparición de hematomas, edema, herniación o compresión de las cisternas de la base.^{1,7}

El objetivo de esta revisión es generar un consenso entre las unidades de Neurocirugía y Cuidados Intensivos Pediátricos acerca de las indicaciones y tipo de monitoreo de la presión intracraneal en pacientes con traumatismo de cráneo grave, basados en la evidencia disponible y las recomendaciones de las guías actuales.

Epidemiología

Es fundamental el manejo protocolizado del paciente con trauma grave, ya que debe ser eva-

luado y estabilizado en el departamento de emergencias por un equipo adecuadamente capacitado. La evaluación inicial, siguiendo el clásico ABCD, es fundamental para el tratamiento y la detección de las lesiones potencialmente mortales que podrían comprometer la vida, y en consecuencia los pacientes con traumatismo de cráneo moderado y severo deben ser asistidos en centros especializados. En el Reino Unido la mortalidad fue significativamente superior (26%, $p=0.01$) en los pacientes que fueron tratados en centros no neuroquirúrgicos.⁸

Se utiliza el Score de Glasgow (GCS) para la definición de TEC leve, moderado y severo, donde se describe como traumatismo de cráneo leve cuando el GCS es mayor a 13, como moderado aquel cuyo GCS se encuentre entre 9 y 13; y grave a aquel TEC con GCS menor a 9. (Tabla 1) Generalmente los casos de TEC leve constituyen el 80% del total mientras que los moderados y graves un 10% cada uno. El GCS debe ser realizado luego de una resucitación inicial exitosa (Tensión Arterial Media y PO_2 adecuada). Los resultados se evaluarán realizando la Escala de Glasgow de Recuperación (GOS) (Tabla 2).

Los pacientes que han sufrido un traumatismo de cráneo grave podrían presentar disturbios cognitivos o alteraciones del comportamiento a largo plazo, como también mostrar peores resultados en scores de inteligencia y dificultades de la atención durante la etapa escolar.

Tabla 1. Escala de Coma de Glasgow

PUNTUACIÓN	MAYORES DE 1 AÑO	MENORES DE 1 AÑO
Respuesta ocular		
4	Espontánea	Espontánea
3	A la orden verbal	Al grito
2	Al dolor	Al dolor
1	Ninguna	ninguna
Respuesta motora		
6	Obedece órdenes	Movimientos espontáneos
5	Localiza al dolor	Localiza al dolor
4	Defensa al dolor	Defensa al dolor
3	Flexión anormal	Flexión anormal
2	Extensión anormal	Extensión anormal
1	Ninguna	Ninguna
Respuesta verbal		
1	Se orienta. Conversa	Balbucea
2	Conversa confusa	Llora consolable
3	Palabras inadecuadas	Llora persistente
4	Sonidos raros	Gruñe o se queja
5	Ninguna	Ninguna

Mecanismos lesionales

El mecanismo de producción difiere según la edad, las caídas son más frecuentes en niños pequeños y de edad escolar, mientras que las colisiones vehiculares son más frecuentes en niños mayores y adolescentes.

Las lesiones intencionales resultan de peor pronóstico, especialmente en el grupo de menores de dos años, lo que podría deberse a antecedentes de repetidas agresiones y a la menor edad de los pacientes. La evolución se relaciona con la presencia de los diferentes mecanismos biomecánicos del traumatismo y a la mayor aparición de complicaciones como convulsiones e hipoxia. Las lesiones primarias resultan de la acción de fuerzas lineales y rotacionales sobre el tejido cerebral en el momento del impacto, las que pueden deberse a daño anatómico directo, por contacto o por golpe y contragolpe; esto sucede cuando el cerebro golpea contra la membrana meníngea y el cráneo, o en los movimientos de aceleración y desaceleración, que pueden lesionar el tejido cerebral y los vasos sanguíneos.⁹

Estas lesiones incluyen hematomas extradurales, contusiones cerebrales, hemorragias intraparenquimatosas, laceraciones y fracturas de cráneo, y también aquellas generadas por aceleración y desaceleración donde es posible observar hematomas subdurales y lesión axonal difusa.

Las lesiones secundarias son producidas por una alteración en el flujo cerebral, ocasionado por el desarrollo de edema local, lo que puede llevar a muerte neuronal. Dichas lesiones pueden minimizarse y aún eliminarse con un adecuado tratamiento médico y neuroquirúrgico.

Se incluye en las lesiones secundarias: hipoxia, hipotensión, acidosis, meningitis, hipo o hiperglucemia, hipo o hipercapnia, hipertermia, y el aumento de la Presión Intracraneal.^{1,9} Además pue-

den ser el sustrato de cascadas bioquímicas que se activan en el momento del impacto, y que algunos autores denominan lesiones cerebrales terciarias. Los principales eventos que han demostrado su importancia en las lesiones traumáticas son liberación de aminoácidos excitatorios, entrada masiva de calcio a la célula, activación de la cascada del ácido araquidónico y producción de radicales libres derivados del oxígeno.

Neuroimágenes

La estabilización precoz luego de producido un TEC grave incluye el tratamiento de las lesiones potencialmente mortales y el manejo de la urgencia siguiendo normas PALS (Pediatric Advanced Life Support) y ATLS (Advanced Trauma Life Support) que son programas de entrenamiento orientados a personal de salud con el objetivo de mejorar la calidad de atención prestada en niños con enfermedades graves y en pacientes traumatizados. Luego de producida la resucitación inicial: liberación de vía aérea, ventilación y estabilización hemodinámica; la realización de una tomografía computada del SNC, permitirá observar las lesiones intracraneales que requieran intervención y neuroprotección.¹

La Tomografía precoz resulta fundamental para la correcta evaluación de la extensión y la severidad del traumatismo de cráneo. (Tabla 3, Figuras 1 a 4), detección de los diferentes tipos de injuria intracraneal-hemorragias, hidrocefalia, fracturas, etc.). Permite a la vez diferenciar los pacientes que requieran cirugía, cuidados neurocríticos, o quienes deban asistirse en salas de cuidados generales.

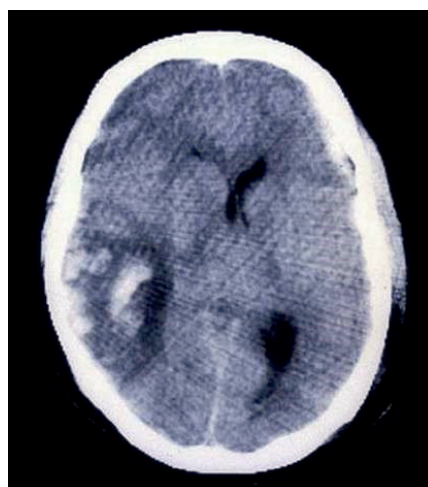
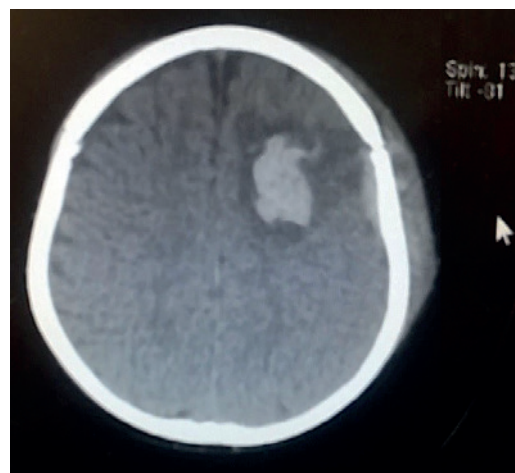
La repetición de este estudio debe considerarse cuando no exista evidencia de mejoría neurológica, cuando se detecte aumento de la PIC o persistencia de PIC aumentada o ante la imposibilidad de valorar el estado neurológico por sedación, parálisis muscular, etc.

Tabla 2. Escala de Glasgow Outcome Score (GOS)

GOS de 5	Buena recuperación, lleva una vida normal a pesar del déficit menor.
GOS de 4	Paciente con déficit moderados, pero es independiente.
GOS de 3	Déficit severo con dependencia de otros para sus actividades básicas diarias, pero es consiente.
GOS de 2	Vivo pero no es consiente. Permanece en estado vegetativo, sin respuesta verbal o al estímulo luego de 2 a 3 semanas. Puede abrir los ojos.
GOS de 1	Pacientes que han fallecido, con muerte atribuible a un TEC reciente.

Tabla 3. Clasificación tomográfica de Marshall. (Fig. 1, 2, 3, 4)

Clasificación tomográfica de Marshall para pacientes con TEC	
Lesión Difusa I	Normal
Lesión Difusa II	Cisternas presentes con desviación de la línea media entre 0 – 5 mm y/o: lesión de densidades altas o mixtas < 25 ml, puede incluir fragmentos óseos o cuerpos extraños.
Lesión Difusa III (Swelling bilateral)	Cisternas comprimidas o ausentes con desviación de la línea media entre 0 – 5 mm, sin lesiones de densidad alta o mixta >25 ml.
Lesión Difusa IV	Desviación de la línea media > 5mm, sin lesiones de densidad alta o mixta >25 ml.
Lesión Ocupante de Espacio Evacuada (V)	Cualquier lesión quirúrgicamente evacuada
Lesión Ocupante de Espacio no Evacuada (VI)	Lesión de densidad alta o mixta > 25 ml, que no haya sido evacuada quirúrgicamente.

Figura 1. TC de cráneo que corresponde a una clasificación de Marshall II.**Figura 2.** TC que muestra lesión intracerebral compatible con Marshall III.**Figura 3.** TTC con score de Marshall IV.**Figura 4.** TC que muestra LOE no evacuada correspondiente a un Score de Marshall VI.

Monitoreo de PIC

El monitoreo de la PIC puede realizarse de forma invasiva o bien no invasiva como son doppler cerebral transcraneal (dct), diámetro de la vaina del nervio óptico, NIRS (near infrared spectroscopy) o Pupilometría cuantitativa.

La monitorización de la PIC se indica en pacientes con TEC grave, debido a que el aumento de su valor por encima de 20 mmHg se ha asociado a peores resultados neurológicos y muerte. En diversos trabajos se ha destacado a la PIC como un factor pronóstico importante, existiendo diversos estudios que demuestran que el tratamiento eficaz de la Hipertensión Intracraneal (HTIC) se asocia con mejores resultados neurológicos al año de producido el traumatismo.⁷

Según las Guías de pacientes adultos para el tratamiento de lesiones cerebrales traumáticas graves, publicada por la Brain Trauma Foundation (4ª edición de septiembre de 2016) se recomienda la monitorización de PIC en pacientes con TEC grave, esto se ha relacionado con reducción de la mortalidad observada tanto al ingreso como dentro de las dos semanas de producida la lesión. En pacientes pediátricos las guías para el manejo del traumatismo de cráneo grave del año 2012 recomiendan el uso del monitoreo de la Presión Intracraneal en infantes y niños con traumatismo de cráneo severo, sin hacer hincapié en otras situaciones concomitantes. Estas guías registran al menos 15 trabajos que incluyeron 857 pacientes pediátricos en que relacionaron hipertensión intracraneal y peores resultados neurológicos y muerte.^{4,7}

Una PIC de apertura (o inicial) mayor a 20 mmHg puede observarse hasta en un 32% de los niños con TEC grave y en hasta un 50% de los pacientes la PIC puede superar este valor en algún momento de su evolución, siendo más probable en pacientes pediátricos sin respuesta motora espontánea. No se han podido identificar marcadores que puedan determinar la presencia o no de Hipertensión intracraneal si no se realiza una adecuada monitorización.⁷

Se recomienda la utilización del monitoreo de la PIC en pacientes pediátricos con TEC grave debido a que este tipo de monitoreo puede guiar de forma más adecuada el tratamiento y obtenerse de esta manera mejores resultados.¹⁰

Los aumentos prolongados de la PIC por encima de 20 mmHg aunque excedan unos pocos minutos, deben ser evitados y se considera como el valor de corte para iniciar un tratamiento.

Diversos trabajos de investigación muestran diferencias entre la supervivencia de los pacientes de acuerdo a los valores de PIC. La media de la PIC así como el tiempo de persistencia del aumento fue claramente superior en los pacientes fallecidos en comparación con los sobrevivientes de un TEC grave. La muerte en los pacientes con traumatismo de cráneo severo a menudo es la resultante de un aumento refractario al tratamiento de la presión intracraneal.^{2,3,11,12}

Un aumento transitorio, menor a 5 minutos de la PIC a valores superiores a 20 mmHg puede ser insignificante, pero cuando este aumento se prolonga por mayor tiempo es necesario intervenir activamente.

Monitoreo de PIC no invasivo

Entre los diferentes métodos que se han descrito para la medición de la PIC o para su estimación indirecta, se utiliza el Doppler Transcraneano, la evaluación del Diámetro de la Vaina del Nervio Óptico mediante ultrasonografía, TC o RMN, el NIRS (Near Infrared Spectroscopy) y la pupilometría cuantitativa. La monitorización de la PIC no invasiva se considera en pacientes con contraindicaciones para la medición invasiva como ante la presencia de coagulopatía o infección cutánea o en el caso de que este tipo de medición no sea factible.

Desde un punto de vista práctico, el Doppler Transcraneal (Dtc) se considera un método seguro, reproducible y fiable para identificar a los pacientes que pueden presentar mayor riesgo de sufrir HTIC y disminución de la Presión de Perfusión Cerebral luego de un TEC grave. Para esto es útil la evaluación del Índice de pulsatilidad (IP) y la Velocidad Diastólica del Flujo (Vd) durante el día 0 y 1 luego de haber sufrido la injuria cerebral. La elevación del IP por encima de 1.3 se asocia a PIC mayor a 20 con excelente sensibilidad. Además, el Dtc es útil para la evaluación de la autorregulación cerebral, la presencia de vasoespasmo y la medición del Flujo Sanguíneo Cerebral (Figura 5).^{13,14}

Con respecto a la evaluación del Diámetro de la Vaina del Nervio Óptico, el principio básico que sustenta su utilización, consiste en su continuidad con la duramadre y con el espacio subaracnoideo por lo que un aumento de la presión del LCR, dilatará la vaina del nervio y por consecuencia el diámetro del nervio, en cuestión de segundos de ocurrido un aumento agudo de la PIC.¹⁴

El NIRS nos informa acerca de cambios en la hemodinamia cerebral en los pacientes pero su utili-

dad para la estimación de valores absolutos de PIC no ha sido validada.¹⁴

La evaluación de una reducción de la velocidad de constricción de la pupila por debajo de 0.6 mm/segundo medida por medio de pupilometría cuantitativa se asocia, de forma adecuada, a aumento de la PIC o elevación en el transcurso de 15 a 30 minutos.^{14,15}

Monitoreo de PIC con catéter intraventricular (Cuadro 1)

El catéter intraventricular es el patrón de oro, ya que permite tratar la HTIC. Su principal complicación es la infección, sobre todo si la duración del mismo es superior a los 5 días.^{8,16} La tasa de infección oscila en los diferentes trabajos entre un 0 y un 22%, con un promedio de 8,8%. En un estudio realizado por Dimitrou y colaboradores, se comparó la tasa de infección entre los dispositivos intraventriculares y los intraparenquimatosos, encontrando una tasa de infección de 9.2% y 0.8% respectivamente.^{17,18} En una serie publicada por Guyot en 1998 no se reportaron infecciones en 229 pacientes con catéter intraparenquimatoso. Los dispositivos intraventriculares, al igual que los intraparenquimatosos, deben colocarse en forma aséptica. Existe evidencia controversial en relación a la utilización de profilaxis antibiótica, aunque, generalmente, no está recomendada. La utilización de antibióticos sistémicos con el objetivo de dis-

minuir la posibilidad de infección del dispositivo no ha mostrado evidencia suficiente que la avale. Existen catéteres impregnados con antibióticos, que constan de cierta evidencia a favor de su uso. En adultos, las guías de la Brain Trauma Foundation,

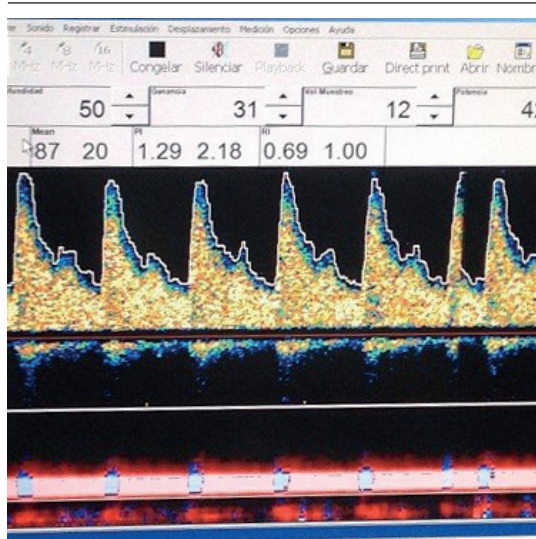
Catéter intraventricular.



Catéter conectado a transductor presión. Véase que la conexión permite además el drenaje de LCR de ser necesario.



Figura 5. Se observa registro de doppler transcraneal de arteria cerebral media. Trazado que muestra velocidad media normal con leve aumento del IP (normal de 0.7 a 1.1) relacionado con la presencia de HTIC.



Monitor que muestra signos vitales y PIC.



del año 2016 postulan, con bajo nivel de evidencia (Nivel III) su utilización, pero no existe recomendación al respecto en las guías pediátricas.^{4,18-20} Otras complicaciones incluyen los sangrados en el trayecto y la obstrucción del mismo sobre todo en pacientes con hemorragia intraventricular. La colocación del catéter es dificultosa en pacientes con edema o tumefacción cerebral o en aquellos pacientes con importante desplazamiento de la línea media. Debe intentarse la colocación de un catéter intraventricular, aún con la dificultad que representa el colapso del mismo por el edema cerebral. Se recomienda monitorizar el hemisferio más comprometido y en caso de estar ante una lesión difusa, se colocará en el hemisferio derecho. En las situaciones de colapso del ventrículo es conveniente implantar un dispositivo de fibra óptica intraparenquimatoso.

Figura 6. Monitor Camino® para medición de PIC mediante fibra intraparenquimatoso e intraventricular.



Monitoreo de PIC con dispositivo intraparenquimatoso

El dispositivo intraparenquimatoso, al igual que el intraventricular, tiene la posibilidad de colocarse a la cabecera del paciente en la Unidad de Terapia Intensiva y puede brindar otros datos como la temperatura cerebral. Este no permite drenaje de LCR. En nuestra unidad, Terapia Intensiva Pediátrica, se utiliza la fibra óptica Camino®, la presión es medida en la punta de un catéter de pequeño calibre, de fibra óptica, con un diafragma flexible. La luz es reflejada en el diafragma y los cambios en la intensidad lumínica son interpretados en términos de presión.

Este dispositivo tiene alta precisión, pero tiene la desventaja de ser más costoso que el método intraventricular (de columna hídrica, no así en comparación con el dispositivo intraventricular que consta de fibra óptica), requerir monitor propio (al igual que el dispositivo intraventricular de fibra óptica) y además una vez calibrado (antes de su colocación) no puede volver a modificarse, causando un Zero shift (desplazamiento del cero) apreciable luego de la primera semana. (Figura 6).¹⁶

Existen pocas contraindicaciones para el monitoreo de PIC e incluyen la coagulopatía severa y que el paciente se encuentre despierto. Generalmente este monitoreo suele mantenerse hasta pasadas 48 hs de estabilidad de la PIC. (Tabla 4).

Debe evaluarse la morfología de la curva de la PIC. El tipo de curva del monitor de PIC es el resultado de la transmisión de las ondas de presión arterial y venosa a través del LCR y del parénquima cerebral. Pueden identificarse 3 improntas o picos, P1 u onda de percusión, P2 u onda de tidal y P3 u onda dicrota. De las 3 ondas observadas, debe prestarse particular atención a la onda P2, debido a que un cambio en la misma puede significar la pérdida de los mecanismos de autorregulación cerebral y un aumento de la PIC.¹⁶

Tabla 4. Indicaciones, contraindicaciones y complicaciones del monitoreo de PIC.

Indicaciones de Monitoreo de PIC en Pediatría	Contraindicaciones	Complicaciones del monitoreo de PIC
Pacientes con traumatismo de cráneo grave (evidencia III).	Pacientes despiertos	Hemorragia
	Coagulopatía severa	Infección
		Malfuncionamiento
		Obstrucción
		Mal posición



Los pacientes con TEC grave además deberán contar con monitoreo de Tensión Arterial Invasiva, para poder realizar un seguimiento adecuado de la Presión de Perfusión Cerebral o PPC la cual es la diferencia entre la Tensión Arterial Media (TAM) y la Presión Intracraneal (PIC) ($PPC = TAM - PIC$). Existe asociación entre baja PPC y resultados desfavorables. Las guías del año 2012, recomiendan un PPC mínima de 40 mm Hg para los pacientes pediátricos con TEC grave. Debe considerarse un límite de 40 mm Hg para los infantes y uno de 50 mm Hg para los adolescentes.¹

El traumatismo de cráneo altera la capacidad de autorregulación cerebral haciendo al cerebro vulnerable a la hipotensión sistémica y a la presión intracraneal. Apuntar a valores de PPC muy elevados mediante el uso de vasopresores y fluidos puede asociarse a efectos tóxicos sistémicos y no conlleva mejores resultados. En adultos, el tratamiento agresivo para mantener la PPC por encima de 70 mm Hg, aumenta el riesgo de SDRA (Síndrome de Distress Respiratorio Agudo) por lo que debe evitarse.¹ Además una PPC elevada puede incrementar el volumen de sangre cerebral que puede conducir a mayor aumento de la PIC e incrementar el edema vasogénico y por ende la presión hidrostática a través del lecho capilar.

CONCLUSIÓN

En esta revisión se han enumerado y descripto los diferentes métodos con los que es posible realizar el monitoreo de la PIC en el paciente pediátrico que ha sufrido un TEC grave. A pesar de que el monitoreo puede no modificar directamente los resultados, la información que se puede obtener del mismo es utilizada para guiar las decisiones de tratamiento. Es necesario recordar que la injuria secundaria es un determinante de los resultados negativos en los pacientes traumatizados, y dentro de los mecanismos de lesión secundaria, la HTIC es uno de los que mayor impacto genera. Debido a esto, un monitoreo invasivo adecuado de la PIC, asociado a otros métodos de neuromonitoreo no invasivos que conduzcan a un tratamiento adecuado de la HTIC puede mitigar el impacto negativo que esta pudiese ocasionar.

BIBLIOGRAFÍA

1. Kochanek PM, Carney N, Adelson PD et al. Guidelines for the Acute Medical Management of Severe Traumatic Brain Injury in Infants, Children and adolescents. Second Edition. *Pediatr Crit Care Med*. 2012; 13(Suppl 1):S1-82. doi: 10.1097/PCC.0b013e31823f435c.
2. Alberico A, Ward J, Choi S et al. Outcome after severe head Injury. Relationship to mass lesions, diffuse injury, and ICP course in pediatric and adult patients. *J Neurosurg* 1987; 67(5):648-56.
3. Jagannathan J, Okonkwo D, Yeoh H et al. Long-term outcomes and prognosis factors in pediatric patients with severe traumatic brain injury and elevated intracranial pressure. *J Neurosurg Pediatr* 2008; 2(4):240-9.
4. Kochanek PM, Tasker RC, Carney N et al. Guidelines for the management of Pediatric Severe Traumatic Brain Injury, Third edition: Update of the Brain Trauma Foundation Guidelines, Executive Summary. *Pediatr Crit Care Med*. 2019; 20(3):280-289. DOI: 10.1097/PCC.0000000000001736.
5. Bennett T, DeWitt P, Greene et al. Functional outcome after intracranial pressure monitoring for children with severe traumatic brain injury. *JAMA Pediatr* 2017; 171(10):965-71.
6. Alkhoury F, Kyriakides T. Intracranial pressure monitoring in children with severe traumatic brain injury: National trauma data bank-based review of outcomes. *JAMA Surg* 2014; 149(6):544-8.
7. Carney N, Totten AM, O'Reilly C et al. Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury, Fourth Edition. *Neurosurgery* 2017; 80(1):6-15.
8. Stocchetti N, Conte V, Ghisoni L et al. Traumatic brain injury in pediatric patients. *Minerva Anestesiol* 2010; 76(12):1052-9.
9. Allen KA. Pathophysiology and Treatment of Severe Traumatic Brain Injuries in Children. *J Neurosci Nurs*. 2016; 48(1):15-27. doi:10.1097/JNN.0000000000000176.
10. Rodríguez-Boto G, Rivero-Garvía M, Gutiérrez-González et al. Conceptos básicos sobre la fisiopatología cerebral y la monitorización de la presión intracraneal. *Neurología* 2015; 30(1):16-22.
11. Bennet T, Riva-Cambrin J, Keenan H et al. Variation in intracranial pressure monitoring and outcomes in pediatric traumatic brain injury. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2012; 166(7):641-7.
12. Marmarou A, Anderson R, Ward J et al. Impact of ICP instability and hypotension on outcome in patients with severe head trauma. *J Neurosurg* 1991; 75:S59-S66.
13. LaRovere K, O'Brien N, Tasker R. Current opinion and use of transcranial ultrasonography in Traumatic Brain Injury in the pediatric intensive care unit. *J Neurotrauma* 2016; 33(23):2105-14. Doi: 10.1089/neu.2015.4344
14. Narayan V, Mohammed N, Savardekar A et al. Non-

- Invasive Intracranial Pressure Monitoring for Severe Traumatic Brain Injury in Children: A Concise Update on Current Methods. *World Neurosurgery* 2018; 114:293-3 doi: 10.1016/j.wneu.2018.02.159
15. Taylor W, Chen J, Gennarelli T et al. Quantitative pupillometry, a new technology: normative data and preliminary observations in patients with acute head injury. Technical note. *J Neurosurg.* 2003; 98(1):205-13.
 16. Dimitriou J, Levivier M, Gugliotta M. Comparison of complications in patients receiving different types of intracranial pressure monitoring: a retrospective study in a single center in Switzerland. *World Neurosurg* 2016; 89:641-6.
 17. Guyot LL, Dowling C, Díaz FG et al. Cerebral monitoring devices: analysis of complications. *Acta Neurochir Suppl* 1998; 71:47-9.
 18. Lozier A, Sciacca R, Romagnoli M et al. Ventriculostomy-related Infections: A critical review of the literature. *Neurosurgery* 2008; 62 (Suppl 2):688-700. doi: 10.1227/01.neu.0000316273.35833.7c.
 19. Zabramski JM, Whiting D, Darouiche RO et al. Efficacy of antimicrobial-impregnated external ventricular drain catheters: a prospective, randomized, controlled trial. *J Neurosurg* 2003; 98(4):725-30.
 20. Tavakoli S, Peitz G, Ares W et al. Complications of invasive intracranial pressure monitoring devices in neurocritical care. *Neurosurg Focus* 2017; 43 (5):E6.

Texto recibido: 25 de marzo de 2019

Aprobado: 25 de julio de 2019.

No existen conflictos de interés a declarar.

Forma de citar: Gattari A, Francavilla MA, Jaikim M, Neira P. Recomendaciones actuales sobre el monitoreo de la Presión intracraneal en niños con traumatismo de cráneo severo. *Rev. Hosp. Niños (B. Aires)* 2019;61 (274):146-154.