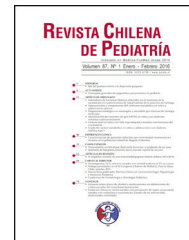




REVISTA CHILENA DE PEDIATRÍA

www.elsevier.es/rchp



EXPERIENCIA CLÍNICA

Monitorización de la presión intracraneal en traumatismo craneoencefálico severo



José Ramón García-Lira^{a,*}, Rita Esther Zapata-Vázquez^b, Felipe Alonzo-Vázquez^a,
Suemy Gabriela Rodríguez-Ruz^a, Manuel Rene Medina-Moreno^a
y Jose Luis Torres-Escalante^a

^a Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México

^b Unidad Interinstitucional de Investigación Clínica y Epidemiológica, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México

Recibido el 28 de septiembre de 2015; aceptado el 18 de abril de 2016

Disponible en Internet el 11 de junio de 2016

PALABRAS CLAVE

Traumatismo craneoencefálico;
Presión intracraneal;
Presión de perfusión cerebral;
Pronóstico

Resumen

Introducción: El traumatismo craneoencefálico severo (TCES) es una entidad grave. La monitorización de la presión intracraneal (PIC) permite dirigir el tratamiento, el cual es de limitado acceso en países en vías de desarrollo.

Objetivo: Describir la experiencia clínica de pacientes pediátricos con TCES.

Pacientes y método: Se incluyeron pacientes con TCES, edad entre 1 y 17 años, previo consentimiento informado de los padres y/o tutores. Se excluyeron pacientes con enfermedades crónicas o retraso psicomotor. Los pacientes ingresaron desde el Servicio de Urgencia, donde se les realizó scanner cerebral (TAC), clasificándose las lesiones por Escala de Marshall. Los pacientes fueron divididos en 2 grupos según criterio neuroquirúrgico: con monitorización (CM) y sin monitorización (SM) de la presión intracraneana. La monitorización de la PIC se realizó a través de un catéter intraparenquimatoso 3PN Spiegelberg conectado a un monitor Spiegelberg HDM 26. Los pacientes fueron tratados de acuerdo a las guías pediátricas para TCES. Se consideró la supervivencia como los días transcurridos entre el ingreso hospitalario y el fallecimiento, o su evaluación por Escala de Glasgow para un seguimiento de 6 meses.

Resultados: Cuarenta y dos pacientes (CM = 14 y SM = 28). Aquellos con monitorización tenían menor puntuación de la escala de coma de Glasgow y clasificación de Marshall con peor pronóstico. En ellos la supervivencia fue menor y el resultado moderado a bueno. No se registraron complicaciones con el uso del catéter de PIC.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: joseramon.garcia@correo.uady.mx (J.R. García-Lira).

KEYWORDS

Traumatic brain injury;
Intracranial pressure;
Cerebral perfusion pressure;
Prognostic

Conclusión: Pacientes con monitorización tuvieron mayor gravedad al ingreso y una mayor mortalidad; sin embargo, el resultado funcional de los sobrevivientes fue de moderado a bueno. Se requiere de la realización de ensayos clínicos aleatorizados para definir el impacto de la monitorización de la PIC en la supervivencia y calidad de vida en estos pacientes.

© 2016 Sociedad Chilena de Pediatría. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Monitoring intracranial pressure in severe traumatic brain injury**Abstract**

Introduction: Severe traumatic brain injury (TBI) is a serious condition. Intracranial pressure (ICP) monitoring can be used to direct treatment, which is of limited access in developing countries.

Objective: To describe the clinical experience of pediatric patients with severe TBI.

Patients and Method: A clinical experience in patients with severe TBI was conducted. Age was 1–17 years, exclusion criteria were chronic illness and psicomotor retardation. Informed consent was obtained in each case. Two groups were formed based on the criterion of neurosurgeons: with and without intracranial pressure (ICP) monitoring. PIC monitoring was performed through a 3PN Spiegelberg catheter and a Spiegelberg HDM 26 monitor. Patients were treated according international pediatric guides. The characteristics of both groups are described at 6 months of follow-up.

Results: Forty-two patients (CM=14 and SM=28). Those in the CM Group had lower Glasgow coma scale score and Marshall classification with poorer prognosis. Among them survival rate was lower, although the outcome was from moderate to good. No complications were reported with the use of the ICP catheter.

Conclusion: Patients with ICP monitoring had greater severity at admission and an increased mortality; however, the outcome for the survivors was from moderate to good. It is necessary to conduct randomized clinical trials to define the impact of ICP monitoring on survival and quality of life in severe TBI patients.

© 2016 Sociedad Chilena de Pediatría. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

La monitorización de la presión intracraneal (PIC) en niños con traumatismo craneoencefálico severo (TCES) es una recomendación que se realiza como guía del tratamiento. Las guías del manejo del traumatismo cerebral en niños no han documentado suficiente evidencia para usar la monitorización de la PIC como un estándar, pero sí como una recomendación de buena práctica clínica¹⁻³. El indicador de la severidad del TCE es la Escala de Coma de Glasgow, donde el TCES corresponde a valores iguales o menores a 8⁴.

La tomografía axial computarizada (TAC) es la principal herramienta diagnóstica usada para la evaluación de un TCE, permitiendo identificar daño estructural. La clasificación de Marshall para hallazgos por TAC se ha utilizado como predictor de resultados clínicos, siendo las clasificaciones IV y VI las más relacionadas con mal pronóstico^{5,6}.

En México, la monitorización de la PIC no se encuentra dentro de las recomendaciones de la guía de atención para niños con TCE⁷; sin embargo, ésta plantea entre sus objetivos principales preservar la oxigenación y ventilación, prevenir la broncoaspiración, mantener la presión arterial media (PAM) y evitar elevaciones de la PIC. De este modo, en función de criterios clínicos e imagenológicos se decide la colocación de catéteres de la monitorización de la PIC⁸. En las unidades de terapia intensiva pediátricas

(UTIP) de la región sureste de México no se había utilizado la monitorización de la PIC, con mortalidad histórica de 41% (IC 95%: 35-47%) en TCES. La PIC representa un punto de partida para tomar decisiones terapéuticas, permitiendo guiar el tratamiento para mejorar la presión de perfusión cerebral (PPC = PAM-PIC), detección temprana de hipertensión intracraneal y/o herniación cerebral⁹⁻¹¹.

El objetivo de este estudio es describir la experiencia clínica de pacientes pediátricos con TCES, en quienes se utilizó o no monitorización de la PIC.

Pacientes y método

Experiencia clínica en 42 pacientes pediátricos con TCES que ingresaron de manera consecutiva en las UTIP de la Unidad Médica de Alta Especialidad del IMSS y del Hospital General Agustín O'Horán del Servicio de Salud de Yucatán, durante el periodo comprendido entre septiembre de 2010 a febrero de 2014. Ambos hospitales son públicos, tienen departamentos de urgencias pediátricas, imagenología y neurocirugía, disponible las 24h del día, y son los únicos hospitales con UTIP de la región. Los catéteres intraparenquimatosos se proporcionaron sin costo alguno.

El estudio fue aprobado por los comités de ética de las instituciones participantes. Se incluyeron en el estudio a

todos aquellos pacientes con TCES, entre 1 y 17 años de edad, previo consentimiento informado de los padres y/o tutores. No se incluyeron pacientes con enfermedad crónica o con retraso psicomotor.

Los pacientes ingresaron en el estudio desde el Servicio de Urgencias, donde se les realizó TAC, clasificándose las lesiones con la escala de Marshall. Seguidamente recibieron valoración por el neurocirujano, quien a criterio clínico y de imagen tomaba la decisión de monitorización de la PIC determinándose 2 grupos: con monitorización (CM) y sin monitorización (SM). El uso de la monitorización de la PIC comprendió la colocación de un catéter intraparenquimatoso 3PN Spiegelberg conectado a un monitor de PIC Spiegelberg HDM 26. Dicho monitor cumple con la norma de la asociación para el avance del instrumental médico estándar que establece que un aparato de monitorización de la PIC debe de tener las siguientes especificaciones: 1) rango de presión entre 1-100 mm Hg; 2) precisión ± 2 mm Hg en rango de 0-20 mm Hg; y 3) máximo error del 10% con un rango de 20-100 mm Hg^{12,13}. Se prefirió el empleo de catéteres intraparenquimatosos por su fácil instalación y menor número de complicaciones¹⁴⁻¹⁶. El procedimiento consistió

básicamente en una incisión lineal de aproximadamente 2 cm en la región frontal derecha o izquierda, contralateral al sitio de la lesión, a 2-3 cm de la línea media, por delante de la sutura coronal. Se colocó un separador autoestático, y se realizó un orificio de trépano de 0,5 cm de diámetro, posteriormente una incisión sobre la duramadre, y se colocó una sonda acanalada curva como guía para insertar el catéter progresando 2 cm aproximadamente para quedar intraparenquimatoso. Se exteriorizó por contrabertura y se conectó directamente al monitor de PIC.

Los pacientes fueron tratados de acuerdo a las guías de manejo de los pacientes pediátricos con TCES^{1,2}. En el grupo CM los objetivos fueron mantener una PIC ≤ 20 mm Hg y una PPC ≥ 40 mm Hg^{1,2}, mientras que los pacientes del grupo SM fueron tratados con las mismas medidas ante la sospecha de hipertensión intracraneal. Se utilizó el electroencefalograma para verificar muerte cerebral. Para fines de este estudio se consideró la supervivencia como los días transcurridos entre el ingreso hospitalario y el fallecimiento o su seguimiento por 6 meses.

A los 6 meses del accidente se valoró el grado de recuperación. Para medir secuelas se utilizó la Escala de respuesta

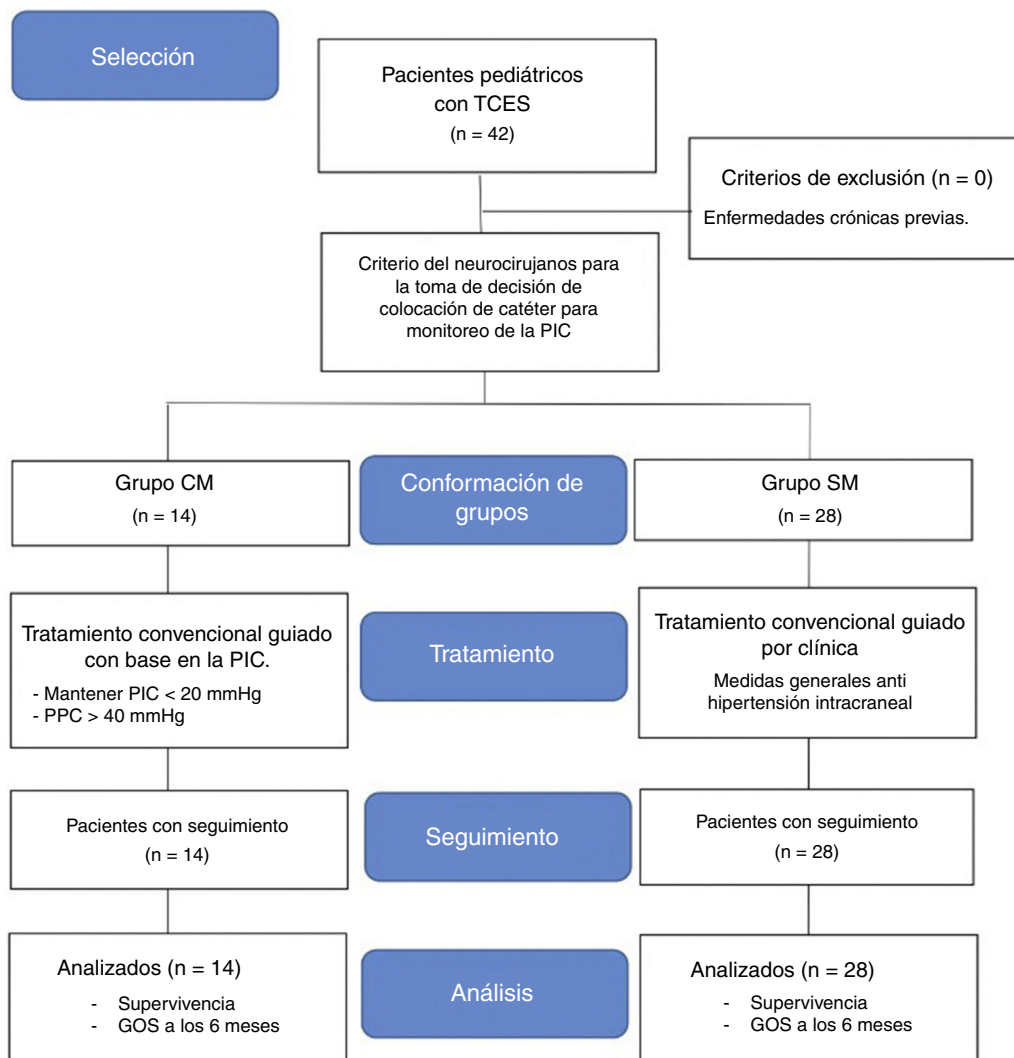


Figura 1 Diagrama de flujo de pacientes incluidos en el estudio.

de Glasgow (GOS, por sus siglas en inglés) que tiene como propósito valorar el estado funcional o incapacidad después de un TCE^{17,18}. Estos fueron clasificados en las siguientes categorías: estado vegetativo, incapacidad severa, incapacidad moderada y buena recuperación¹⁹.

El análisis de este estudio se realizó por medio de estadística descriptiva. El programa informático utilizado fue el SPSS v. 21.0 software. Los resultados se expresaron como media \pm DS o mediana (rango intercuartílico) según la distribución de los datos.

Resultados

Se incluyeron 42 pacientes pediátricos con TCES. La edad fue de 7,5 años (3-13). El 59,5% fue del sexo masculino. El principal mecanismo de lesión fueron los accidentes automovilísticos (57,1%), seguido de caídas (28,6%) y de impacto por proyectil (14,3%). Con respecto al lugar donde ocurrió el accidente el 62% fue en la vía pública, seguido del 33,3% en el hogar (fig. 1).

En la tabla 1 se describen las características de los grupos. La mediana de Escala de coma de Glasgow al ingreso en el grupo CM fue de 7 y del grupo SM de 8. En la clasificación de Marshall el 71,4% (9/14) de los pacientes del grupo CM tuvo las lesiones más graves (lesión difusa III, IV y masa no evacuable VI), mientras que en el grupo SM el 28,6% (8/28) de los pacientes presentaron este tipo de lesiones. El 31% (13 pacientes del total) fueron politraumatizados, siendo la fractura de fémur la más frecuente, seguida de la de radio y la de húmero. El 69% (29/42) del total de pacientes presentaron fractura de cráneo.

El tratamiento consistió en mantener la cabeza a 30° de la horizontal, la sedoanalgesia usada fue fentanilo con midazolam, y eventualmente se utilizó vecuronio. Se usó hiperventilación moderada para mantener PaCO₂ entre 30 y 35 mm Hg. La osmotherapia más utilizada fue solución salina hipertónica al 3% (en el 95% de los pacientes) y manitol al 20% (en el 5% de los pacientes). Se utilizó lidocaína en el 87% de los pacientes. Nueve pacientes requirieron el segundo

Tabla 1 Características de los grupos con (CM) y sin (SM) monitorización de la Presión Intracraneana (PIC)

Variable	Grupo CM (n = 14)	Grupo SM (n = 28)
<i>Edad-años</i>		
Mediana	10	6.5
Rango intercuartílico	5,25-13	2,25-12,75
<i>Sexo</i>		
Masculino-n (%)	8 (57,1%)	17 (60,7%)
Femenino-n (%)	6 (42,9%)	11 (39,3%)
<i>Escala de coma de Glasgow al ingreso</i>		
Mediana	7	8
Rango intercuartílico (RI)	4,5-8	6-8
<i>Escala de Marshall-n (%)</i>		
Lesión difusa I	0 (0,0%)	2 (7,1%)
Lesión difusa II	3 (21,5%)	11 (39,3%)
Lesión difusa III	5 (35,7%)	7 (25,0%)
Lesión difusa IV	4 (28,6%)	1 (3,6%)
Masa evacuable V	1 (7,1%)	7 (25,0%)
Masa no evacuable VI	1 (7,1%)	0 (0,0%)
<i>Politraumatizado</i>		
Una fractura	1	4
Dos o más fracturas	2	3
Lesión a órganos blandos	3	2
No sobrevivió	3	2
<i>Fractura de cráneo</i>		
Cirugía de cráneo	7 (50%)	14 (50%)
Levantamiento de fractura	3	6
Drenaje de hematoma	2	7
Craneotomía	2	1

nivel de terapia, donde se utilizó tiopental en 7 de ellos y descompresión quirúrgica en 2.

En la figura 2 se ilustra la distribución de la escala de Glasgow por grupo al ingreso hospitalario y la supervivencia. Se

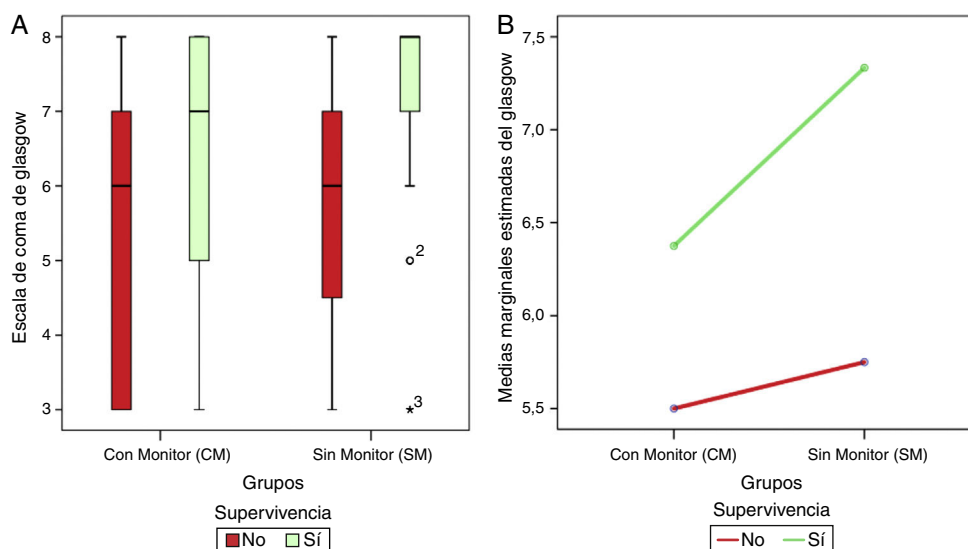


Figura 2 Distribución del Escala de coma de Glasgow (A) y medias marginales (B) mostrando la supervivencia con (CM) y sin (SM) de Presión intracraneana.

Tabla 2 Supervivencia y Escala de respuesta de Glasgow (GOS) a los 6 meses

Variable	Grupo CM (n = 14) n (% ± IC 95%)	Grupo SM (n = 28) n (% ± IC 95%)
<i>Supervivencia</i>	8 (57,1% ± 25,93%)	24 (85,7% ± 12,97%)
<i>GOS a los 6 meses</i>		
Fallecidos	6 (42,9% ± 26%)	4 (14,3% ± 13%)
Supervivencia vegetal	-	-
Severamente incapacitado	1 (7,1% ± 23,8%)	3 (10,7% ± 11,4%)
Moderada incapacitación	3 (21,4% ± 21,5%)	6 (21,4% ± 15,2%)
Buena recuperación	4 (28,6% ± 23,7%)	15 (53,6% ± 18,5%)

observó que el 75% de los pacientes fallecidos en el grupo CM tuvieron una puntuación entre 3 y 7, y el 75% de los sobrevivientes en este grupo tuvieron una puntuación entre 5 y 8; mientras en el grupo SM el 50% de los fallecidos tuvo una puntuación entre 4,5 y 7, pero el 75% de los sobrevivientes tuvo una puntuación entre 7 y 8. Los pacientes con monitorización de PIC tuvieron menor puntuación de Glasgow.

La supervivencia total fue de 76,2% (63,3-89,1%). En la [tabla 2](#) se describe la supervivencia y secuelas en ambos grupos. Cabe señalar que todas las muertes ocurridas fueron atribuidas al TCES.

En la [figura 3](#) se ilustran las curvas de supervivencia para ambos grupos, posterior a los 40 días no hubo ningún deceso, la supervivencia del grupo CM fue de 57,1% y del grupo SM de 85,7%.

En todos los casos se logró el registro de la PIC sin fallos técnicos ni complicaciones. La mediana del tiempo transcurrido entre el accidente y la colocación del catéter intraparenquimatoso fue de 23,5 h (12,75-34,25). La permanencia de la monitorización de la PIC fue de 6 días (5-7).

La estancia hospitalaria fue de 20 días (9,0-33,3) para el grupo CM y de 13,5 (9,0-22,3) para el grupo SM. La estancia

en la UTIP fue de 10 días (8,8-15,8) para el grupo CM y de 6,5 días (4,8-9,3) para el grupo SM.

Todos los pacientes estuvieron bajo ventilación mecánica 9 días (8,0-15,5) en el grupo CM y de 4 días (RI: 4-8,3) en el grupo SM.

La [figura 4](#) representa gráficamente el comportamiento de la PIC y de la PPC horaria, de sobrevivientes y fallecidos del grupo CM. En los pacientes fallecidos se mantiene una PIC elevada por arriba de los 20 mmHg, a pesar del tratamiento empleado, mientras que los supervivientes tienen picos de PIC elevada que disminuyen con intervenciones terapéuticas.

Discusión

El TCES es una de las principales causas de mortalidad en la población pediátrica^{20,21}. La preponderancia en el sexo masculino^{22,23} y la ocurrencia del accidente en la vía pública^{24,25} fue similar a lo reportado, para los pacientes pediátricos que sufren TCES.

La monitorización de la PIC es recomendada en el tratamiento de los pacientes con TCES^{1,2}, aunque no se ha demostrado el beneficio de su uso debido a la dificultad de llevar a cabo ensayos clínicos aleatorizados y al gran tamaño de muestra que se requeriría^{3,26-29}.

Para este estudio se usó la monitorización de la PIC por medio del catéter intraparenquimatoso debido a la facilidad en su colocación, aun en ventrículos colapsados por el edema cerebral, su calibración automática y la baja tasa de infección, comparada con el intraventricular, a pesar de no ser factible el drenaje del líquido cefalorraquídeo por este para la terapia de la hipertensión intracraneal³⁰.

En este estudio en un tercio de los pacientes fue monitorizada la PIC, decidiéndose la colocación del catéter a niños más graves según la escala de Glasgow y clasificación de la lesión por criterios de Marshall, esperándose mayor morbilidad y peor pronóstico funcional en el grupo CM. Esta fracción fue menor comparada con otro estudio donde se monitorizó la PIC hasta en un 60%²², y la tendencia dadas las recomendaciones internacionales es aumentar su uso. Sin embargo, en los países en vías de desarrollo los catéteres no siempre se encuentran disponibles. Es importante destacar que la mortalidad de nuestros pacientes con TCES fue mayor que lo reportado en otros estudios pediátricos^{22,31}, aunque la mayoría de los sobrevivientes tuvieron una buena recuperación, lo que puede deberse a múltiples factores, siendo uno de estos un tratamiento oportuno y adecuado.

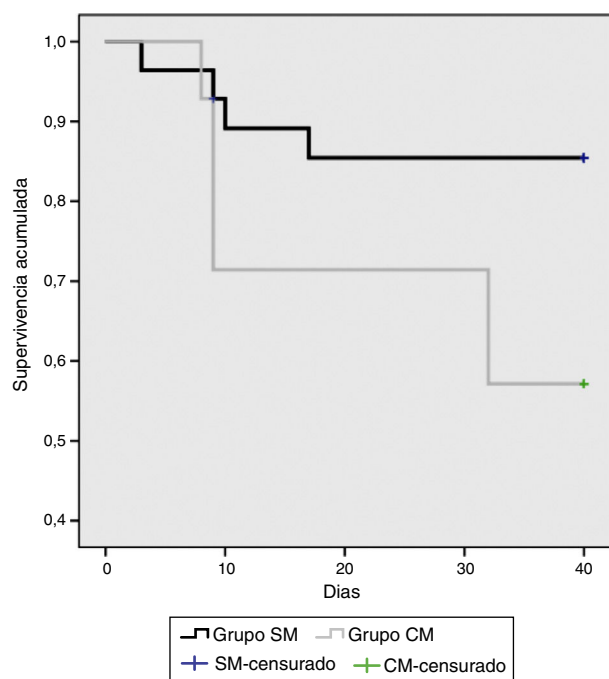
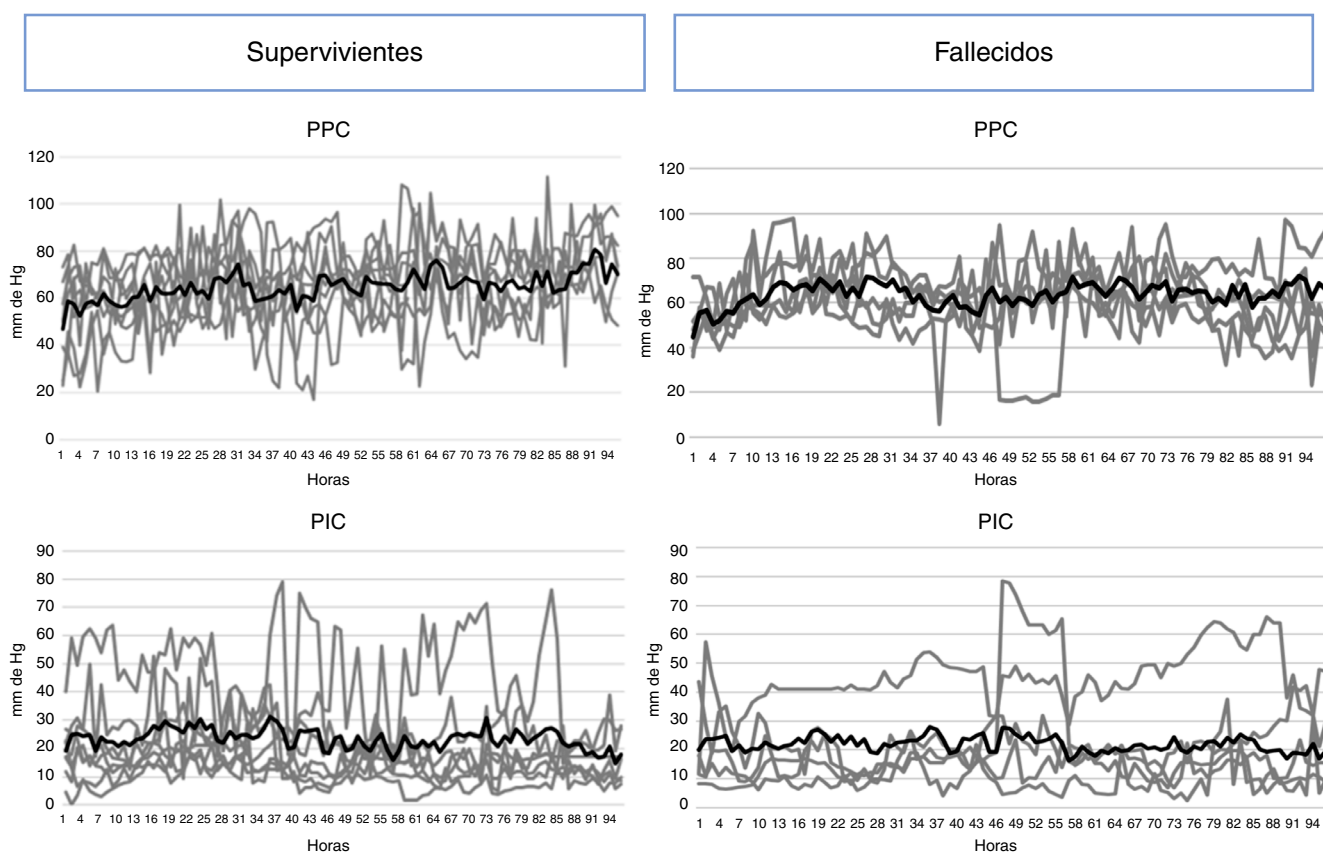


Figura 3 Curvas de supervivencia de los grupos con y sin monitorización de la presión intracraneal (PIC).



En el eje de las ordenadas observamos los mm de Hg de la PPC y de la PIC, y en el eje de las abscisas las horas desde el inicio del monitoreo hasta 94 horas después. Cada línea gris representa el registro por paciente, la línea negra representa el promedio de la medición en la hora correspondiente.

Figura 4 Representación gráfica del comportamiento de la presión de perfusión cerebral (PPC) y presión intracraneal (PIC) durante monitorización de los pacientes agrupados en supervivientes y fallecidos.

La Escala de coma de Glasgow es uno de los principales factores pronósticos: concordante con estudios previos, a mayor severidad menor puntuación, peor evolución y mayor mortalidad^{5,32-35}. En este estudio hubo mayor número de pacientes en la clasificación de Marshall III, IV y VI (las más graves) en el grupo CM (71,4%), pero a pesar de ello tuvieron buena recuperación, lo que sugeriría indirectamente algún beneficio del empleo de la monitorización de la PIC³⁶⁻³⁹.

El tiempo empleado desde el accidente hasta la colocación del catéter de PIC fue mayor de lo recomendado (antes de las 24 h) en muchos casos⁴⁰. Esto fue debido al tiempo de traslado, valoración neuroquirúrgica y a la disponibilidad de recursos en el momento del ingreso.

Nuestra principal limitación fue que los comités de ética involucrados no autorizaron la aleatorización de los pacientes en el entendido de que aquellos con Glasgow menor o igual a 8 tuvieran la oportunidad de ser monitorizados, asumiendo ventaja para los mismos. Los pacientes que no fueron monitorizados fue porque los padres y/o tutores no aceptaron su uso, o porque así lo decidieron los neurocirujanos tratantes.

Conclusiones

Describimos nuestra experiencia clínica en niños con TCES tratados con y sin monitorización de PIC. Aquellos con

monitorización tenían mayor gravedad al ingreso y presentaron una mayor mortalidad; sin embargo, el resultado funcional de los supervivientes medido con la GOS fue de moderado a bueno. Se requiere de la realización de ensayos clínicos aleatorizados para definir el impacto de la monitorización de la PIC en la supervivencia y calidad de vida en estos pacientes.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Financiamiento

Los catéteres de la PIC fueron financiados por el Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) UADY-EXB-140.

Autoría

Los autores somos responsables de la investigación y hemos participado en su concepto, diseño, análisis e interpretación de los datos, escritura y corrección del manuscrito y aprobamos el texto final.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

A los profesionales de Salud del Hospital Agustín O'Horán y de la Unidad Médica de Alta Especialidad por el apoyo; al igual que a los pacientes y sus familias, que ante la situación colaboraron en el estudio en aras de beneficiar a otros niños en condiciones similares.

Referencias

- Kochanek P, Carney N, Adelson D, et al. Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Brain Trauma Foundation, Inc, American Association of Neurological Surgeons, Congress of Neurological Surgeons, Joint Section on Neurotrauma and Critical Care. *Pediatr Crit Care Med*. 2012;13:51–82.
- Adelson P, Bratton S, Carney, et al. Guidelines for acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. *Pediatr Crit Care Med*. 2003;4:1–75.
- Le Roux P. Intracranial pressure after the BEST TRIP trial: A call for more monitoring. *Curr Opin Crit Care*. 2014;20:141–7.
- Balestreri M, Czosnyka M, Chatfield D, et al. Predictive value of Glasgow coma scale after brain trauma: Change in trend over the past ten years. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2004;75:161–2.
- Cooper J, Rosenfeld J, Murray L, et al. Decompressive craniectomy in diffuse traumatic brain injury. *N Engl J Med*. 2011;364:1493–502.
- Chang M, Lara J. Relación clínico-tomográfica (GCS-Marshall) con el estadio de la escala de Glasgow de resultados en pacientes con traumatismo craneo encefálico moderado-severo. *Rev Med FCM-UCSG*. 2011;17:45–51.
- Amor S, Bustos E, Espinoza R, et al. Atención inicial del traumatismo craneoencefálico en pacientes menores de 18 años. *GPC*. 2008;1:1–19. <http://www.cenetec.salud.gob.mx/> [consultado 10-12-2015].
- Sadaka F, Kasal J, Lakshmanan R, Palagiri A. Placement of intracranial pressure monitors by neurointensivists: Case series and a systematic review. *Brain Injury*. 2013;27:600–4.
- 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;149:544–8.
- Rodríguez G, Rivero M, Marquez J. Diagnóstico y tratamiento: hipertensión intracraneal. *Med Clin*. 2012;139:268–72.
- Hawthorne C, Piper I. Monitoring of intracranial pressure in patients with traumatic brain injury. *Front Neurol*. 2014;5:121.
- Recomendatios for intracranial pressure monitoring technology. *J Neurotrauma*. 2009;17:497–506.
- Developed by the Association for the Advancement of Medical Instrumentation in association with the Neurosurgery Committee Brown E. *Intracranial Pressure Monitoring Devices*. Association for the Advancement of Medical Instrumentation: Arlington, Va; 1988.
- Reis C, Wang Y, Akyol O, et al. What's new in traumatic brain injury: Update on tracking, monitoring and treatment. *Int J Mol Sci*. 2015;16:11903–65.
- Kirkman M, Smith M. Intracranial pressure monitoring cerebral perfusion pressure estimation and ICP/CCP-guided therapy: A standard of care or optional extra after brain injury? *Br J Anaesth*. 2014;112:35–46.
- Muhlbauer M, Sanford R. Results and complications of intracranial pressure monitoring in 303 children. *Pediatr Neurosurg*. 1995;23:64–7.
- Kurowski B, Wade S, Kirkwood M, Brown Tanya Stancin T, Taylor G. Long-term benefits of an early online problem-solving intervention for executive dysfunction after traumatic brain injury in children a randomized clinical trial. *JAMA Pediatr*. 2014;168:523–32.
- Jagannathan J, Okonkwo D, Yeoh H, Dumont A, Saulle D, Haizlip J. Long-term outcomes and prognostic factors in pediatric patients with severe traumatic brain injury and elevated intracranial pressure. *J Neurosurg Pediatr*. 2008;2:240–9.
- Taylor A, Butt W, Rosenfeld J, Shann F, Ditchfield M, Lewis E. A randomized trial of very early decompressive craniectomy in children with traumatic brain injury and sustained intracranial hypertension. *Childs Nerv Syst*. 2001;17:154–62.
- Garduño F. Traumatismo craneoencefálico en niños. Mecanismos de la lesión primaria. *Bol Med Hosp Infant Mex*. 2008;65:148–53.
- Bustos E, Cabrales R, Cerón M, Naranjo M. Epidemiología de lesiones no intencionales en niños: revisión de estadísticas internacionales y nacionales. *Bol Med Hosp Infant Mex*. 2014;17:68–75.
- López J, Valerón M, Pérez O, et al. Traumatismo craneoencefálico pediátrico grave (II): factores relacionados con morbilidad y mortalidad. *Med Intensiva*. 2011;35:337–43.
- Collins N, Molcho M, Carney P, McEvoy L, Geoghegan L, Phillips J. Are boys and girls that different? An analysis of traumatic brain injury in children. *Emerg Med J*. 2013;30:675–8.
- World report on road traffic injury prevention: summary. WHO 2004;1(1):1-66 [consultado 15 Oct 2015]. Disponible en: http://www.who.int/violence_injury_prevention/en/
- Hidalgo E, Hajar M, Blanco J, Kageyama M. Factores asociados con la gravedad de lesiones ocurridas en la vía pública en Cuernavaca, Morelos, México. *Salud Pública Méx*. 2005;47:30–8.
- Stanley R, Bonsu B, Weiyan Z, Ehrlich P, Rogers A, Xiang H. US estimates of hospitalized children with severe traumatic brain injury: Implications for clinical trials. *Pediatrics*. 2012;129:24–30.
- Chesnut R, Temkin N, Carney N, et al. A trial of intracranial-pressure monitoring in traumatic brain injury. *N Engl J Med*. 2012;367:2471–81.
- Su SH, Wang F, Hai J, et al. The effects of intracranial pressure monitoring in patients with traumatic brain injury. *PLoS One*. 2014;9:e87432.
- Haddad S, Aldawood A, Alferayan A, Russell A, Tamim M, Arabi Y. Relationship between intracranial pressure monitoring and outcomes in severe traumatic brain injury patients. *Anesth Intensive Care*. 2011;39:1043–50.

30. Exo J, Kochanek P, Adelson P, et al. Intracranial pressure monitoring system in children with traumatic brain injury: Combining therapeutic and diagnostic tools. *Pediatr Crit Care*. 2011;12:560–5.
31. Alali A, Gomez D, Sathya C, et al. Intracranial pressure monitoring among children with severe traumatic brain injury. *J Neurosurg Pediatr*. 2015;14:1–10.
32. Kurowski B, Wade S, Kirkwood M, et al. Long-term benefits of an early online problem-solving intervention for executive dysfunction after traumatic brain injury in children a randomized clinical trial. *JAMA Pediatr*. 2014;168:523–32.
33. Farahvar A, Gerber L, Chiu Y, Carney N, Hartl R, Ghajar J. Increased mortality in patients with severe traumatic brain injury treated without intracranial pressure monitoring. *J Neurosurg*. 2012;117:729–34.
34. Yuan Q, Liu H, Wu X, Sun Y, Zhou L, Hu J. Predictive value of initial intracranial pressure for refractory intracranial hypertension in persons with traumatic brain injury: A prospective observational study. *Brain Inj*. 2013;27:664–70.
35. Mohamed H, Rene J, Gabr H, Mohamed K. Plasma D-dimer as a prognostic marker in ICU admitted egyptian children with traumatic brain injury. *J Clin Diagn Res*. 2014;8:1–6.
36. Le-Roux P. Physiological monitoring of severe traumatic brain injury patient in the intensive care unit. *Curr Neurol Neurosci Rep*. 2013;13:331.
37. Santiago R, Tena M, Viamontes W, Gallo C, Montejo J, Pérez Y. Evaluación de las secuelas intelectuales en niños con trauma craneoencefálico severo. *Rev Cub Pedia*. 2014;86:336–43.
38. Ratcliff G, Colantonio A, Escobar M, Chase S, Vernich L. Long-term survival following traumatic brain injury. *Disabil Rehabil*. 2005;27:305–14.
39. Yuan Q, Wu X, Sun Y, et al. Impact of intracranial pressure monitoring on mortality in patients with traumatic brain injury: A systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg*. 2015;122:574–87.
40. Mauritz W, Steltzer H, Bauer P, Dolanski L, Metnitz P. Monitoring of intracranial pressure in patients with severe traumatic brain injury: An Austrian prospective multicenter study. *Intensive Care Med*. 2008;34:1208–15.