



RESIDÊNCIA PEDIÁTRICA

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Manejo de la hipertensión intracraneal en el trauma craneoencefálico grave en pacientes pediátricos

Cristina Alves Cardozo¹, Carlos Oldenburg Neto², Jamal Hammoud³, Lucas A. F. Marcon³, Luiz F. C. Bettini³, Michael M. Sepúlveda³, Nayra M. P. Valério³, Maria Augusta dos Santos Amarante⁴

Palabras-clave:

hipertensión intracraneal, pediatría, traumatismos encefálicos.

Resumen

El traumatismo craneoencefálico (TCE) en niños es frecuente, algunas veces letal, y puede traer secuelas para toda la vida para sus sobrevivientes. A pesar de los significativos avances de la ciencia médica, no hay verdades absolutas en el manejo de cada situación de la práctica clínica siendo el caso de la Hipertensión Intracraneal (HIC) Refractaria en el TCE grave no es diferente, existiendo pocos trabajos de clase I y II que confirmen sus propuestas. Los tratamientos difundidos actualmente son: la craniectomía descompresiva, el uso de barbitúricos y drogas inductoras del coma, la terapia hiperosmolar y la hiperventilación. **Objetivo:** Realizar una revisión sistemática sobre el tema. **Método:** Revisión de artículos del PUBMED, del Medline y de *Guidelines* de los últimos 11 años y discutir las terapéuticas más utilizadas, y divulgadas por los grandes centros médicos del mundo, en el manejo de pacientes con HIC refractaria en el TCE grave. **Resultados:** Se evaluaron 19 artículos. **Conclusión:** El manejo de la hipertensión intracraneal refractaria además es polémico y faltan trabajos de más relevancia que confirmen la eficacia de las diferentes terapéuticas propuestas.

¹ Maestría en Ciencias de la salud por PUC-PR - Médica de la UCI Pediátrica del Hospital "Nossa Senhora das Graças", Profesora de pediatría de la Universidad Positivo.

² Máster en Ciencias de la salud por PUC - PR - Jefe de la UCI Pediátrica del Hospital Del Trabalhador - Curitiba, profesor De Pediatría de la Universidad Positivo.

³ Académico de Medicina de la Universidad Positivo.

⁴ Médica formada por la Universidad Positivo, Residente de pediatría - Médica Residente del segundo año de Pediatría del Hospital de Clínicas de la Universidad Federal del Paraná.

Dirección:

Cristina Alves Cardozo.

Universidad Positivo - Hospital del Trabalhador. Rua Engenheiros Rebouças, nº 245, apto 201. Bairro Jardim Botânico. Curitiba - PR, Brasil. CEP: 80210-040.

INTRODUCCIÓN

El traumatismo craneoencefálico (TCE) es especialmente devastador en niños y en adolescentes y es la principal causa, entre los traumatismos, de muerte y discapacidad. Las lesiones de menor gravedad también tienen como consecuencia las secuelas neurológicas asociadas a las lesiones cerebrales (alteración cognitiva, epilepsia, alteraciones físicas, etc.) que pueden influenciar en aspectos esenciales del desarrollo de esos niños. Las principales causas de lesiones traumáticas son: caídas, accidentes de tránsito y agresiones físicas¹⁻⁴.

El TCE está asociado al 85% de los traumas graves y responde por la mayoría de las muertes⁵. En la edad escolar los accidentes están más relacionados con caídas que necesitan de internación. En la adolescencia la causa de trauma craneoencefálico generalmente se debe a accidentes automovilísticos, deportivos por acciones repetitivas, o caídas, y por violencia sin causa específica, como agresiones físicas⁶.

Ocurre primeramente en el TCE la lesión cerebral primaria (aquella ocasionada directamente por el trauma) siendo esas manifestaciones tratables y en la secuencia la lesión cerebral secundaria (eventos fisiológicos y bioquímicos ocasionados por la lesión cerebral primaria). Después de la lesión primaria se deben detener esas respuestas del organismo para que los eventos secundarios (ejemplo: hipoxia e hipotensión) no causen lesión axonal, herniaciones y muerte de las neuronas. Estudios confirmaron fuerte asociación entre la presencia de eventos secundarios con peor pronóstico del paciente^{4,6}.

Una de las consecuencias del TCE es la presencia de hipertensión intracraneal (HIC) que tiene como manifestaciones clínicas: cefalea, vómitos, disminución global del nivel de consciencia, tríada de Cushing (hipertensión arterial, bradicardia y alteraciones respiratorias), dilatación pupilar unilateral o pupilas fijas y dilatadas bilateralmente, plejía o postura motora de decorticación o descerebración, principalmente unilaterales, disminución de tres o más puntos en la escala de coma de Glasgow (ECG) u ocurrencia de herniación con parada cardiorrespiratoria súbita⁷.

La HIC es una de las consecuencias más comunes del TCE. La presión intracraneal (PIC) que se mantiene elevada después de 72 horas del trauma está demostrando ser el principal factor pronóstico de mortalidad².

La HIC tiene dos efectos importantes: la isquemia cerebral y/o la distorsión y el desplazamiento del tejido cerebral (herniación). Por definición la HIC se da cuando la PIC está arriba de 20 mmHg por cinco minutos y necesita de tratamiento. La HIC refractaria es considerada un episodio de PIC arriba de 25 mmHg, en que no hay mejora o hay persistencia del cuadro hipertensivo delante del tratamiento conservador y se observa la necesidad de inducción a coma barbitúrico o realización de un procedimiento quirúrgico, la craniectomía descompresiva⁵.

Pacientes con cuadro de TCE grave deben ser transportados para hospitales terciarios de referencia en trauma. En la atención inicial de esos pacientes se debe realizar abordaje de las vías aéreas (intubación traqueal se Glasgow < 8), de la circulación y mantenimiento de la ventilación adecuada. Es necesaria una evaluación neurológica con aplicación de la Escala de Coma de Glasgow modificada para evaluación pediátrica, evaluación pupilar y de la respuesta motora y realización de tomografía computadorizada⁴. Una lesión cerebral más branda normalmente tiene ECG de 13-15, una lesión moderada tiene ECG 9-12 y una lesión severa tiene ECG 3-8⁸.

El TCE severo (ECG < 8) está presente en el 60% de los niños politraumatizados y se asocia con alta morbimortalidad⁸. Se pueden utilizar marcadores bioquímicos de lesión cerebral para cuantificar la extensión del tejido lesionado⁴. Después de la estabilización del paciente es necesario instalar monitoreo de la PIC. Pacientes deben ser enviados para una unidad de cuidados intensivos, objetivando el mantenimiento de la presión arterial, de la presión de perfusión cerebral, oxigenación sanguínea, valores de laboratorio adecuados y control de la PIC⁴. Si el valor de la PIC está alterado, el manejo se da por control de la temperatura, posicionamiento de la cabecera del lecho a 30 grados (paciente eurolémico), sedación, analgesia y drenaje de fluido del ventrículo cerebroespinal. Si ninguna de esas alternativas funciona, se debe evaluar la necesidad de terapia hiperosmolar e hiperventilación⁶⁻⁸.

El trauma es una de las principales causas de muerte en la infancia y en la adolescencia. La mortalidad relacionada al TCE puede ser reducida con avances en la atención inicial y con los cuidados intensivos. A pesar de extensa literatura disponible, existen grandes controversias con relación a las terapéuticas propuestas, principalmente en lo que se refiere a los niños. Se necesitan estudios prospectivos controlados que confirmen o no la eficacia de los tratamientos propuestos.

El objetivo de esa revisión es abordar y enfatizar el manejo preconizado por varios centros y diferentes consensos internacionales de la HIC refractaria en el TCE pediátrico.

Se realizó una investigación en las siguientes bases de datos: Pubmed, Medline y SciELO, con el objetivo de encontrar artículos relativos a los últimos once años, o sea, entre los años de 2002 y 2013. En la investigación se utilizaron las siguientes palabras clave: *Refractory Trauma, Decompressive Craniectomy, Intracranial Hypertension, Intracranial Pressure, Cerebral Perfusion Pressure, Pediatric Brain Trauma Injury, Barbiturates, Brain Trauma Injury Management, Children*. Los criterios de inclusión para que el artículo fuera seleccionado para nuestra revisión fueron: artículos de buena relevancia científica, que trataran de la hipertensión intracraneal en situaciones de TCE grave, en pacientes pediátricos en la edad de 0 a 19 años.

Fueron encontrados 19 artículos compatibles con los criterios de investigación. De los cuales, 7 se trataban de revisiones retrospectivas, 1 caso-control, 2 ensayos clínicos, 3 artículos de revisión, 3 estudio de cohorte, 1 *guideline*, 1 revisión sistemática y 1 ensayo clínico randomizado.

DISCUSIÓN

La conducta ideal delante de un cuadro de HIC refractaria consecuente a un TCE grave además es un tema discordante entre los artículos revisados. El manejo inicial de esos pacientes debe iniciar con abordaje de vías aéreas, estabilización de ventilación y circulación, evaluación neurológica, realización de tomografía de cráneo e instalación de monitoreo de la presión intracraneal. En los casos de alteración de PIC se debe iniciar sedación, control de temperatura, analgesia, administración de relajante muscular continuo y elevación a 30 grados del lecho del paciente (si esto esté eurológico). La intubación traqueal es necesaria cuando la ECG es menor que ocho^{3,5,8}.

En los casos de HIC refractaria, los protocolos indican las siguientes formas de tratamiento: hiperventilación, terapia hiperosmolar, uso de altas dosis de barbitúricos y craniectomía descompresiva.

Entre las terapias mecánicas, hay que pensar en la elevación de la cabeza del niño, manteniendo la columna cervical estable (excluyendo traumas y/o lesiones cervicales). La cabeza en elevación de 30° comparada al resto del cuerpo puede ayudar en el drenaje de la sangre disminuyendo volúmenes y PIC^{3,6}.

Hiperventilación

Se está utilizando la hiperventilación para la manipulación del TCE grave en niños para la rápida reducción de la PIC desde la década 1970⁹.

La hiperventilación induce a la hipocapnia induciendo una vasoconstricción cerebral y consecuentemente una reducción del flujo sanguíneo cerebral y del volumen sanguíneo cerebral con reducción de la PIC. Recientes estudios clínicos con niños y adultos demostraron que la hiperventilación puede disminuir la oxigenación cerebral e inducir la isquemia cerebral⁹.

Exo J et al. en su artículo de revisión proponen que se debe evitar la hipoxia a través del mantenimiento del oxígeno (pO_2) arriba de 60-65 mmHg y con saturación de oxígeno arriba de 90%³.

Se debe emplear la hiperventilación cuando hay una HIC refractaria o cuando hay una herniación transtentorial incipiente, pues hay riesgo de isquemia cerebral. El objetivo de esa terapéutica es llegar a valores de presión parcial gas carbónico (pCO_2) de 30-35 mmHg, pues valores menores pueden llevar a una pérdida de la autorregulación cerebral, si se alcanzan muy rápidamente. Por el riesgo de HIC rebote, si la terapia de hiperventilación es suficiente en el tratamiento de la HIC refractaria, retornar lentamente a la normoventilación¹⁰.

Un estudio analizó, retrospectivamente, 24 pacientes con TCE grave. El objetivo del tratamiento fue mantener la PIC < 20 mmHg y abolir elevaciones de la PIC > 25-30 mmHg que prevalecieran por más que 3 minutos. El régimen de

tratamiento utilizado incluía hiperventilación severa (pCO_2 entre 25-30 mmHg), restricción hídrica (o fluidica), hipotermia leve (temperatura rectal alrededor de 35,5°-36,5 °C), dexametasona e infusión barbitúrica para PIC > 20 mmHg refractaria. PIC sostenidamente arriba de 40 mmHg fue asociada a muerte ($p < 0,001$). Trece de dieciséis pacientes con PIC sostenidamente entre 20-40 mmHg obtuvieron un buen pronóstico o debilidades moderadas. Los tres pacientes con PIC abajo de 20 mmHg también obtuvieron un buen pronóstico o debilidades moderadas⁹.

El artículo de Stocchetti et al. concluye que el uso de hipocapnia con cuidado y por un corto tiempo, sin dejar bajar los niveles de $pCO_2 < 30$ mmHg, para reducir la PIC, es una herramienta terapéutica útil¹¹.

Terapia hiperosmolar

La administración intravenosa de agentes hiperosmolares se está demostrando efectiva en la reducción de la PIC. El manitol fue introducido clínicamente el 1961, seguido de la solución salina; siendo que en los días de hoy los dos son utilizados en el tratamiento de los cuadros de HIC⁹.

El manitol presenta dos mecanismos de acción. En la dosis de 1 g/Kg reduce la viscosidad sanguínea a través de un mecanismo de vasoconstricción de las arteriolas permitiendo el mantenimiento del flujo sanguíneo y una reducción del volumen sanguíneo cerebral con reducción de la PIC. Ese efecto es inmediato y perdura por un tiempo menor que 75 minutos. El manitol también reduce la PIC por un efecto osmótico que inicia más tarde (15-30 minutos) ocasionando el movimiento gradual de agua del parénquima cerebral para circulación sanguínea. Ese efecto puede perdurar por hasta seis horas. El manitol puede acumularse en regiones lesionadas resultando movimiento del agua de la circulación para el parénquima causando un aumento de la PIC. Ese efecto es sugerido cuando el manitol es usado por un período largo de tiempo⁹. El uso del manitol tiene algunas limitaciones. La hiperosmolaridad (osmolaridad > 320 mOsm/L) está asociada a efectos adversos renales y del sistema nervioso central y la diuresis osmótica que acompaña el manitol puede llevar a hipotensión¹².

Con el manitol, la penetración del sodio en la barrera hematoencefálica es pequeña. El sodio también comparte los mismos efectos de gradiente y reológico involucrados en la reducción de la PIC, por varios efectos teóricos, benéficos incluyendo: restauración del potencial de membrana de reposo y volumen celular, liberación de péptido natriurético arterial, inhibición de la inflamación y mejora del rendimiento cardíaco⁹.

Khanna et al. trataron diez niños con TCE grave refractario al tratamiento convencional con solución salina hipertónica a 3% por un promedio de 7,6 días. Ellos encontraron una correlación inversa significativa entre la concentración de sodio y la PIC. En este estudio la solución salina fue administrada en la forma de infusión continua.

No había un valor blanco para el sodio porque la dosis era titulada conforme la PIC. El pico plasmático de sodio fue alto, variando alrededor de 170,7 mEq/L (157-187 mEq/L). A pesar de que dos pacientes hayan desarrollado insuficiencia renal, no hubo complicaciones en largo plazo. Esos niños hicieron parte de un grupo de que se esperaba un pronóstico malo, pero solamente una falleció y el promedio de los valores de la Escala de Resultado de Glasgow fue cuatro¹³.

Ruf B et al. evaluarán que la terapia del paciente con TCE es intensificada en los casos de HIC refractaria en que la PIC se mantiene arriba de 20 mmHg por lo menos por 30 minutos. La elevación de la cabeza, la temperatura corporal, la presión sanguínea, el manejo de los fluidos y de la ventilación son optimizados en la tentativa de disminuir la PIC. Caso se compruebe que la PIC continúa elevada, dosis individuales de barbitúricos (2-5 mg/kg), conjuntamente con infusión de manitol (0,5 g/kg en 15 min) pueden ser útiles en el control de la presión intracraneal. Sin respuesta a ese tratamiento o empeora del cuadro, se debe evaluar la cirugía de descompresión intracraneal⁸.

Segundo el artículo *New concepts in treatment of pediatric traumatic brain injury* publicado en la revista americana *Anesthesiology Clinics*, por Huh y Raghupathi, en el tratamiento de la HIC refractaria también se pueden usar soluciones hiperosmolares que son: solución salina hipertónica al 3% en dosis de 0,1 a 1 ml/kg/hora o manitol en dosis de 0,25 a 1 g/Kg. Es importante recordar que la osmolaridad sérica debe estar menor que 320 mOsm/L para la utilización de la solución salina hipertónica⁶.

A pesar de que el manitol haya sido tradicionalmente administrado, la solución salina hipertónica a 3% está ganando lugar como terapia para HIC⁶.

Barbitúricos y drogas inductoras de coma

Se están utilizando barbitúricos y otros agentes que inducen el coma como terapia para TCE por décadas. Ese tipo de terapia es usado para disminuir la actividad metabólica cerebral, que lleva a una disminución del flujo y volumen sanguíneo y hasta a la disminución de la PIC. El coma inducido por una variedad de agentes, como propofol, benzodiazepinas y fenobarbital, puede tener efecto benéfico en la hemodinámica cerebral³. Esas drogas son usadas para el control de la HIC refractaria en los pacientes que están estabilizados hemodinámicamente. Un factor que limita su uso es su relación con la disminución del tono simpático, pudiendo llevar a vasodilatación periférica en hasta el 50% de los pacientes¹⁰.

Altas dosis de barbitúricos reducen la PIC por dos mecanismos: supresión del metabolismo y alteración del tono vascular. La terapia con barbitúrico ajusta el flujo sanguíneo regional a las demandas metabólicas resultando en una mejor oxigenación con un menor flujo sanguíneo, reduciendo la PIC debido a un menor volumen sanguíneo⁹.

El coma barbitúrico es ampliamente aplicado en la mayoría de los centros para tratamiento del TCE grave. Se

relata que el coma barbitúrico determina hipotensión arterial, con consecuente comprometimiento de la presión de perfusión cerebral, lo que sólo ya es factor de mal pronóstico^{5,14}.

Un estudio describió complicaciones y efectos colaterales en 38 pacientes víctimas de TCE grave, medicados con tiopental en altas dosis. Encontraron hipotensión arterial en el 58%, hipopotasemia en el 82%, infecciones y complicaciones respiratorias (neumonía) en el 53%, disfunción hepática en el 87% y disfunción renal en el 47%. Relataron mortalidad más grande en el grupo que recibió tiopental asociado a la dopamina. Esos autores concluyeron que se deben emplear otras medidas en el tratamiento de la HIC refractaria al tratamiento clásico¹⁴.

Un estudio constató la eficacia del coma barbitúrico en el tratamiento de la HIC. No obstante, la hipotensión arterial previa contraindica su aplicación. Relataron además la posibilidad de alteración de la respuesta a las infecciones como sepsis sin leucocitosis o fiebre. De acuerdo con el *Guidelines for the management of severe head injury*, de la Asociación Americana de Neurocirujanos (AANS), el coma barbitúrico está contraindicado como medida profiláctica para HIC en casos de TCE^{5,15}.

Mellion et al. publicaron un estudio con 36 niños víctimas de TCE grave que evolucionaron con HIC refractaria definida como PIC > 20 mmHg, aunque después de tratamiento estandarizado, y que fueron tratadas con altas dosis de barbitúricos. Las altas dosis de barbitúricos fueron administradas por un período mínimo de 6 horas y los pacientes fueron monitoreados con electroencefalograma. Diez de 36 niños (28%) tuvieron control de la HIC refractaria. Los niños que respondieron, recibieron barbitúricos significativamente más tarde después de la injuria (76 versus 29 horas). Entre todos los niños 14 pacientes fallecieron siendo que 13 no consiguieron control de la presión intracraneal. Supervivencia fue más común en los niños que respondieron a las altas dosis de barbitúricos comparadas a aquellos que no respondieron, a pesar de que estos datos no tengan alcanzado valor estadístico relevante. De los 22 sobrevivientes, 19 tuvieron una supervivencia aceptable (categoría de performance cerebral pediátrica < 3) en la evaluación realizada tres meses después del trauma, a pesar de que solamente 3 volvieron a la función normal. Entre los sobrevivientes, el control de la PIC estuvo asociado con resultados en los escores de performance cerebral significativamente mejores además de mejores evoluciones comparadas a aquellas que no respondieron a las altas dosis de barbitúricos. Se concluyó que altas dosis de barbitúricos alcanzaron el control de la HIC refractaria en casi el 30% de los niños y que el control de la HIC refractaria está asociado a mejor evolución en largo plazo¹⁶.

Altas dosis de barbitúricos pueden ser consideradas en pacientes hemodinámicamente estables con hipertensión intracraneal refractaria siendo necesaria monitoreo continuo de la presión arterial y soporte cardiovascular para mantener presión de perfusión cerebral adecuadas⁹.

Hipotermia

La temperatura corporal ejerce efecto directo sobre el metabolismo cerebral. La tasa de metabolismo cerebral de oxígeno reduce en el 5% al 15% para cada disminución de 1 °C en la temperatura corporal. El uso de la hipotermia para TCE además es polémico³. La hipotermia moderada (32 °C-33 °C) iniciada después de 8 horas del trauma y mantenida por 48 horas es considerada nivel II de evidencia en la reducción de la HIC⁹.

Un estudio multicéntrico, prospectivo y randomizado sobre hipotermia moderada *versus* normotermia asociada a manejo médico, incluyó 77 niños menores de 18 años de edad con TCE grave. Los niños fueron separados en grupos de < 6 años, 6-15 años y 16-17 años. Un grupo de niños fue sometido a la hipotermia con rápida disminución de la temperatura hasta 32-33 °C por 48-72 horas y recalentados con aumento de 0,5 °C a 1 °C cada 12/24 horas. El otro grupo fue sometido a normotermia manteniendo la temperatura alrededor de 36,5-37,5 °C. Este estudio demostró ausencia de diferencia en la mortalidad entre los dos grupos en un período de tres meses después del trauma. La mortalidad fue de 6 (15%) de los 39 pacientes sometidos a hipotermia *versus* 2 (5%) de los 38 sometidos a normotermia, $p = 0,15$. Tampoco hubo diferencia entre la mala evolución (evaluada por la Escala de coma de Glasgow modificada para evaluación pediátrica) entre los dos grupos: 16 (42) de los niños sometidos a normotermia y 19 (51%) de los sometidos a hipotermia. No fueron detectadas diferencias entre los grupos en la ocurrencia de eventos adversos o graves eventos adversos. El estudio demostró que la hipotermia no reduce la mortalidad. Este estudio fue cancelado cuando estaba en el nivel III⁴.

Un estudio sobre PIC y pronóstico examinó la asociación entre pronóstico y PIC de 0 a 90 mmHg en niños tratados en este régimen específico. El promedio de PIC fue menor en niños que evolucionaron con buen pronóstico ($11,9 \pm 4,7$ mmHg) *versus* mal pronóstico ($24,9 \pm 26,3$ mmHg) con $p < 0,05$. El porcentual de tiempo con PIC menor que 20 mmHg difirió significativamente en los casos de buen pronóstico ($90,8 \pm 10,8\%$) *versus* mal ($68,6 \pm 35,0\%$) con $p < 0,05$. El mantenimiento de la PIC mayor que 20 mmHg fue el parámetro más sensitivo y específico para pronóstico malo. Basado en estos resultados, este estudio da soporte a un límite de tratamiento para PIC en torno de 20 mmHg. No obstante, es necesario reconocer que la hipotermia puede representar un medio de confusión en este estudio. Este estudio también representa el único estudio en la tabla de evidencias que guía el tratamiento PIC-dirigido con la edad, a pesar de que el impacto de esos límites dependientes de la edad sobre el resultado dentro de las tres categorías de edad no fue evaluado⁹.

Craniectomía descompresiva

El uso de la Craniectomía Descompresiva (CD) viene del siglo XIX como tratamiento tanto para pacientes víctimas de TCE grave como para pacientes con enfermedades vasculares e infecciosas graves del sistema nervoso central¹⁷.

El procedimiento puede variar dependiendo de los resultados de los exámenes de imagen o de la necesidad de

crearse un compartimiento que soporte la elevación de la PIC. Puede consistir de descompresión subtemporal unilateral o bilateral, craniectomias hemisféricas de tamaños variables, craniectomias circunferencias o craniectomía bifrontal⁹.

Ocho estudios fueron evaluados por Kochanek et al. en el 2012 que se encajaban en los criterios propuestos para corroborar las recomendaciones del *guideline* norteamericano. Esos estudios sugirieron que una cirugía descompresiva amplia con duroplastia puede ser efectiva en revertir señales precoces de deterioración neurológica o herniación, pudiendo ser efectiva también en el tratamiento de hipertensión intracraneal refractaria al tratamiento medicamentoso, determinando que esos efectos pueden estar correlacionados con una mejor evolución de los niños con cuadros clínicos graves que posean tales indicaciones⁹.

Cambra et al. realizaron un estudio retrospectivo con un total de 14 pacientes que presentaron HIC secundaria al TCE, con un promedio de edad de 14,5 años (pacientes de 4-20 años). Se realizó craniectomía descompresiva unilateral frontotemporoparietal con durtomía amplia, a excepción de 1 caso en que la craniectomía fue frontal bilateral. Nueve pacientes tuvieron un buen control de la PIC en las primeras 24 horas después del procedimiento sin la necesidad de tratamientos adyuvantes. En cinco pacientes hubo la necesidad de tratamientos adicionales (agentes osmóticos, coma barbitúrico o reintervención quirúrgica). Dos pacientes fallecieron como consecuencia de la hipertensión intracraneal¹⁷.

Faleiro et al. realizaron estudio retrospectivo con un total de 7 pacientes con edades heterogéneas con promedio de 12,1 años (pacientes de 2-17 años), 5 con TCE grave y 2 con TCE moderado que presentaron hinchazón cerebral unilateral, identificada en la tomografía de cráneo. Dos casos recibieron aplicación ultra precoz (< 6 horas) de CD, otros dos casos recibieron CD de manera precoz (6-12 horas) y tres tarde (> 24 horas). Tres pacientes presentaron reducción inicial de la PIC, sin embargo cursaron con HIC refractaria a las medidas clínicas y sin lesión susceptible de tratamiento quirúrgico y fallecieron. Los otros cuatro pacientes tuvieron normalización de la PIC inmediatamente después del procedimiento quirúrgico¹⁵.

Weintraub et al. realizaron una revisión bibliográfica de estudios publicados desde 2000 en todas las edades, en las cuales una de las formas de tratamiento fue la craniectomía descompresiva. Basado en un único ensayo randomizado y en varios estudios menores se cree que la CD trae beneficios en términos de manejo de la hipertensión refractaria y en la evolución clínica de los niños^{18,19}.

La literatura sugiere que se puede indicar la craniectomía descompresiva en los casos de HIC refractaria, a pesar de que se deban realizar más estudios multicéntricos para confirmar su eficacia.

CONSIDERACIONES FINALES

El manejo del paciente pediátrico víctima de TCE que presenta HIC refractaria es polémico y faltan trabajos de mayor

relevancia que confirmen la eficacia de las diversas terapéuticas propuestas. Los métodos propuestos para el manejo de la PIC en esos casos son: hiperventilación, terapia hiperosmolar, hipotermia, coma barbitúrico y craniectomía descompresiva.

La hiperventilación disminuye el flujo sanguíneo cerebral y su uso de rutina presenta riesgo elevado para hipoxia cerebral. Se debe utilizar apenas cuando hay una HIC refractaria o una herniación transtentorial incipiente, manteniéndose $p\text{CO}_2$ entre 30-35 mmHg, debiendo ser considerado el neuro-monitoreo avanzado para evaluación de isquemia cerebral.

Se puede realizar el tratamiento de la HIC con soluciones hiperosmolares con el uso de solución salina hipertónica al 3% en dosis de 0,1 a 1 ml/kg/hora o manitol en dosis de 0,25 a 1 g/kg. No hay ninguna literatura para apoyar la superioridad de uno sobre el otro en TCE grave pediátrico. El manitol es un diurético osmótico potente y puede precipitar hipotensión e insuficiencia renal, la solución salina hipertónica no demostró los mismos efectos deletéreos sobre los riñones.

El coma barbitúrico reduce el metabolismo cerebral, con consecuente disminución del flujo y volumen sanguíneo cerebral y de la PIC. Se puede utilizar el propofol, benzodiazepinas y fenobarbital para inducir pacientes, hemodinámicamente estables, al coma. El coma barbitúrico determina hipotensión arterial, con consecuente compromiso de la presión de perfusión cerebral, lo que es factor de mal pronóstico. La terapia con altas dosis de barbitúricos puede ser considerada en pacientes hemodinámicamente estables que presentan HIC refractaria aunque después de tratamiento medicamentoso o quirúrgico. Cuando se administran altas dosis de barbitúricos se debe mantener monitoreo continuo de la presión arterial y soporte cardiovascular para mantener la presión de perfusión cerebral¹⁰.

La hipotermia además es una terapia experimental. La temperatura corporal ejerce efecto directo sobre el metabolismo cerebral. La tasa de metabolismo cerebral de oxígeno reduce en el 5% al 15% para cada disminución de 1 °C en la temperatura corporal. El uso para TCE además es polémico, a pesar de que la hipotermia moderada iniciada después de 8 horas del trauma y mantenida por 48 horas sea nivel II de evidencia en la reducción de la hipertensión intracraneal.

Se puede indicar la craniectomía descompresiva en pacientes con señales precoces de deterioración neurológica o herniación, pudiendo ser efectiva también en el tratamiento de HIC refractaria al tratamiento medicamentoso. Sin embargo además es necesaria la realización de más estudios clínicos randomizados sobre la eficacia y aplicabilidad de esa opción terapéutica.

REFERENCIAS

- Goldman L, Ausiello D, eds. Cecil: tratado de medicina interna. 2. Rio de Janeiro: Elsevier; 2009. p.2459.
- Pérez Suárez E, Serrano González A, Pérez Díaz C, García Salido A, Martínez de Azagra Garde A, Casado Flores J. Decompressive craniectomy in 14 children with severe head injury: clinical results with long-term follow-up and review of the literature. *J Trauma*. 2011;71(1):133-40. PMID: 21818021 DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/TA.0b013e318211071f>
- Exo J, Smith C, Smith R, Bell M. Emergency treatment options for pediatric traumatic brain injury. *Ped Health*. 2009;3(6):533-41. DOI: <http://dx.doi.org/10.2217/phe.09.54>
- Stocchetti N, Conte V, Ghisoni L, Canavesi K, Zanaboni C. Traumatic brain injury in pediatric patients. *Minerva Anestesiol*. 2010;76(12):1052-9.
- Guerra SD, Carvalho LF, Affonseca CA, Ferreira AR, Freire HB. Factors associated with intracranial hypertension in children and teenagers who suffered severe head injuries. *J Pediatr (Rio J)*. 2010;86(1):73-9.
- Huh JW, Raghupathi R. New concepts in treatment of pediatric traumatic brain injury. *Anesthesiol Clin*. 2009;27(2):213-40. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anclin.2009.05.006>
- Carvalho LFA, Affonseca CA, Guerra SD, Ferreira AR, Goulart EMA. Traumatismo craneoencefálico grave em crianças e adolescentes. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2007;19(1):98-106. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-507X2007000100013>
- Ruf B, Heckmann M, Schroth I, Hügens-Penzel M, Reiss I, Borkhardt A, et al. Early decompressive craniectomy and duraplasty for refractory intracranial hypertension in children: results of a pilot study. *Crit Care*. 2003;7(6):R133-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/cc2361>
- Kochanek PM, Carney N, Adelson PD, Ashwal S, Bell MJ, Bratton S, et al.; American Academy of Pediatrics-Section on Neurological Surgery; American Association of Neurological Surgeons/Congress of Neurological Surgeons; Child Neurology Society; European Society of Pediatric and Neonatal Intensive Care; Neurocritical Care Society; Pediatric Neurocritical Care Research Group; Society of Critical Care Medicine; Paediatric Intensive Care Society UK; Society for Neuroscience in Anesthesiology and Critical Care; World Federation of Pediatric Intensive and Critical Care Societies. 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.
- Giugno KM, Maia TR, Kunrath CL, Bizzi JJ. Tratamento da hipertensão intracraniana. *J Pediatr (Rio J)*. 2003;79(4):287-96.
- Stocchetti N, Maas AI, Chieriegato A, van der Plas AA. Hyperventilation in head injury: a review. *Chest*. 2005;127(5):1812-27. PMID: 15888864 DOI: <http://dx.doi.org/10.1378/chest.127.5.1812>
- White H, Cook D, Venkatesh B. The use of hypertonic saline for treating intracranial hypertension after traumatic brain injury. *Anesth Analg*. 2006;102(6):1836-46. PMID: 16717334 DOI: <http://dx.doi.org/10.1213/01.ane.0000217208.51017.56>
- Khanna S, Davis D, Peterson B, Fisher B, Tung H, O'Quigley J, et al. Use of hypertonic saline in the treatment of severe refractory posttraumatic intracranial hypertension in pediatric traumatic brain injury. *Crit Care Med*. 2000;28(4):1144-51. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00003246-200004000-00038>
- Keenan HT, Hooper SR, Wetherington CE, Nocera M, Runyan DK. Neurodevelopmental consequences of early traumatic brain injury in 3-year-old children. *Pediatrics*. 2007;119(3):e616-23. PMID: 17332181 DOI: <http://dx.doi.org/10.1542/peds.2006-2313>
- Faleiro RM, Faleiro LCM, Oliveira MM, Silva T, Caetano EC, Gomide I, et al. Craniectomia descompressiva para tratamento da hipertensão intracraniana traumática em crianças e adolescentes: análise de sete casos. *Arq Neuro-Psiquiatr*. 2006;64(3B):839-44. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0004-282X2006000500024>
- Mellion SA, Bennett KS, Ellsworth GL, Moore K, Riva-Cambrin J, Metzger RR, et al. High-dose barbiturates for refractory intracranial hypertension in children with severe traumatic brain injury. *Pediatr Crit Care Med*. 2013;14(3):239-47. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0b013e318271c3b2>
- Cambrá FJ, Palomeque A, Muñoz-Santanach D, Segura Matute S, Navarro Balbuena R, García Frutuoso G. Use of decompressive craniectomy in the management of refractory intracranial hypertension in paediatric patients. *An Pediatr (Barc)*. 2010;73(1):12-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anpedi.2010.02.011>
- Taylor A, Butt W, Rosenfeld J, Shann F, Ditchfield M, Lewis E, et al. A randomized trial of very early decompressive craniectomy in children with traumatic brain injury and sustained intracranial hypertension. *Childs Nerv Syst*. 2001;17(3):154-62. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s003810000410>
- Weintraub D, Williams BJ, Jane JJ Jr. Decompressive craniectomy in pediatric traumatic brain injury: a review of the literature. *NeuroRehabilitation*. 2012;30(3):219-23.