

EVENTOS ASSOCIADOS À OCORRÊNCIA DE HIPERTENSÃO INTRACRANIANA EM PACIENTES PEDIÁTRICOS COM TRAUMATISMO CRANIOENCEFÁLICO GRAVE E MONITORAÇÃO DA PRESSÃO INTRACRANIANA

Events associated with the occurrence of intracranial hypertension in pediatric patients with severe cranioencephalic trauma and monitoring of intracranial pressure

Sérgio Diniz Guerra^a , Alexandre Rodrigues Ferreira^{b,*} 

RESUMO

Objetivo: Determinar eventos associados à ocorrência de hipertensão intracraniana (HIC) em pacientes pediátricos com traumatismo cranioencefálico grave.

Métodos: Trata-se de coorte prospectiva de pacientes de até 18 anos, com traumatismo cranioencefálico, pontuação abaixo de nove na Escala de Coma de Glasgow e monitoração da pressão intracraniana, admitidos entre setembro de 2005 e março de 2014 em unidade de terapia intensiva pediátrica. A HIC foi definida como episódio de pressão intracraniana acima de 20 mmHg por mais de cinco minutos e com necessidade de tratamento.

Resultados: Incluídas 198 crianças e adolescentes, 70,2% masculinos, mediana de idade de nove anos. A HIC ocorreu em 135 (68,2%) pacientes; valor máximo de pressão intracraniana de 36,3; mediana 34 mmHg. Receberam sedação e analgesia para tratamento da HIC 133 (97,8%) pacientes, 108 (79,4%) receberam bloqueadores neuromusculares, 7 (5,2%) drenagem de líquido, 105 (77,2%) manitol, 96 (70,6%) hiperventilação, 64 (47,1%) solução salina a 3%, 20 (14,7%) barbitúricos e 43 (31,9%) foram submetidos à craniectomia descompressiva. Os eventos associados à ocorrência de HIC foram os achados tomográficos à admissão de *swelling* (edema mais ingurgitamento) difuso ou hemisférico. A razão de chance para que pacientes com classificação tomográfica Marshall III (*swelling* difuso)

ABSTRACT

Objective: To determine the events associated with the occurrence of intracranial hypertension (ICH) in pediatric patients with severe cranioencephalic trauma.

Methods: This was a prospective cohort study of patients 18 years old and younger with cranioencephalic trauma, scores below nine on the Glasgow Coma Scale, and intracranial pressure monitoring. They were admitted between September, 2005 and March, 2014 into a Pediatric Intensive Care Unit. ICH was defined as an episode of intracranial pressure above 20 mmHg for more than five minutes that needed treatment.

Results: A total of 198 children and adolescents were included in the study, of which 70.2% were males and there was a median age of nine years old. ICH occurred in 135 (68.2%) patients and maximum intracranial pressure was 36.3 mmHg, with a median of 34 mmHg. A total of 133 (97.8%) patients with ICH received sedation and analgesia for treatment of the condition, 108 (79.4%) received neuromuscular blockers, 7 (5.2%) had cerebrospinal fluid drainage, 105 (77.2%) received mannitol, 96 (70.6%) received hyperventilation, 64 (47.1%) received 3% saline solution, 20 (14.7%) received barbiturates, and 43 (31.9%) underwent a decompressive craniectomy. The events associated with the occurrence of ICH were tomographic findings at the time of admission of diffuse or hemispheric swelling (edema plus engorgement). The odds ratio for ICH in patients with Marshall III (diffuse swelling) tomography

*Autor correspondente. E-mail: feralex1403@gmail.com (A.R. Ferreira).

^aFundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

^bUniversidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

Recebido em 08 de abril de 2019; aprovado em 21 de junho de 2019; disponível on-line em 20 de dezembro de 2019.

apresentassem HIC foi 14 (IC95% 2,8–113; $p < 0,003$) e para aqueles com Marshall IV (hemisférico) foi 24,9 (IC95% 2,4–676; $p < 0,018$). A mortalidade foi de 22,2%.

Conclusões: Pacientes pediátricos com traumatismo cranioencefálico grave e alterações tomográficas tipo Marshall III e IV apresentaram grande chance de desenvolver HIC.

Palavras-chave: Trauma craniano; Pressão intracraniana; Hipertensão intracraniana; Cuidados críticos; Criança; Adolescente.

was 14 (95%CI 2.8–113; $p < 0.003$), and for those with Marshall IV (hemispherical swelling) was 24.9 (95%CI 2.4–676, $p < 0.018$). Mortality was 22.2%.

Conclusions: Pediatric patients with severe cranioencephalic trauma and tomographic alterations of Marshall III and IV presented a high chance of developing ICH.

Keywords: Head traumas; Intracranial pressure; Intracranial hypertension; Critical care; Child; Adolescent.

INTRODUÇÃO

Causas externas matam cerca de um milhão de crianças e adolescentes por ano no mundo e, entre elas, o traumatismo cranioencefálico (TCE) é a principal causa de morte, déficit permanente e internação em terapia intensiva.^{1,2} Uma vez ocorrido o trauma, cabe à equipe de saúde evitar e corrigir os danos secundários ao encéfalo — visando melhores resultados —,³ entre eles a hipertensão intracraniana (HIC), que pode comprometer a pressão de perfusão e o fluxo encefálicos e causar herniações, levando à isquemia focal e compressão do tronco cerebral.⁴⁻⁶

Na fase aguda do trauma, a HIC é resultado de *swelling* (edema e ingurgitamento), hematomas, contusões, edema e, com menor frequência, hidrocefalia obstrutiva. Vale ressaltar que as alterações no volume intracraniano e o consequente aumento da pressão intracraniana (PIC) são resultado de fenômenos complexos que incluem a intensidade de energia transferida no momento do trauma, a presença ou ausência de hipóxia e, provavelmente, fatores ligados ao paciente ainda não identificados.⁵

Alguns autores relacionaram a ocorrência de HIC a um pior prognóstico em adultos e crianças vítimas de TCE grave e relataram melhora dos resultados com o controle agressivo da PIC.^{5,6} Entretanto, os resultados dos estudos que comparam o desfecho de pacientes que tiveram seu tratamento guiado pela monitoração da PIC com aqueles que não tiveram são inconclusivos.⁷⁻⁹ Além disso, a monitoração tem complicações como infecções, sangramentos, erros de medida e mau funcionamento, com frequência variável dependendo do dispositivo utilizado.^{8,10,11} Os relatos de prolongamento da ventilação mecânica, do tempo de internação, da instituição desnecessária de tratamentos nocivos e do aumento dos custos hospitalares com e sem a monitoração da PIC também são contraditórios.^{8,12,13}

As recomendações para monitoração que constam nas “Diretrizes para o tratamento clínico do traumatismo cranioencefálico grave em lactentes, crianças e adolescentes” são nível III de evidência, “opção terapêutica”.⁵ A determinação de eventos associados à ocorrência de HIC em pacientes pediátricos

permitiria a identificação daqueles que se beneficiariam da monitoração da PIC e daqueles que poderiam ser poupados de complicações e gastos desse procedimento.

O objetivo do presente estudo foi determinar eventos associados à ocorrência de HIC em pacientes pediátricos vítimas de TCE grave com monitoração da PIC, descrevendo a prevalência de HIC, o tratamento utilizado e o desfecho do grupo com relação à morte e à sobrevida.

MÉTODO

Coorte prospectiva no período de setembro de 2005 a março de 2014, realizado na unidade de terapia intensiva (UTI) pediátrica do Hospital João XXIII da Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais, hospital terciário, público, no Brasil, referência para urgências e emergências, que atende pacientes pediátricos vítimas de causas externas, predominantemente. Os dados foram obtidos por equipe treinada previamente e conferidos diariamente pelos autores do estudo ao longo do período. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (Parecer nº 322/2005).

Foram incluídos pacientes com até 18 anos completos internados na UTI pediátrica por TCE contuso grave e submetidos à monitoração da PIC. Excluídos pacientes com lesões por arma de fogo, pelas diferenças fisiopatológicas das lesões, e aqueles cujos pais ou responsáveis não consentissem sua participação.

Os pacientes do presente estudo foram tratados com base em protocolo da unidade, estabelecido de acordo com as Diretrizes Pediátricas publicadas na *Pediatric Critical Care Medicine* em 2003 e 2012.^{14,15} A exceção são os critérios para monitoração da PIC, em que os neurocirurgiões do serviço seguiam as diretrizes vigentes no período do estudo para tratamento de adultos da Brain Trauma Foundation.¹⁶

HIC foi definida como episódio de PIC acima de 20 mmHg com necessidade de tratamento; que era realizado quando a PIC se mantinha por, no mínimo, cinco minutos acima desse valor e determinado pelo intensivista.^{15,17}

A gravidade do TCE de pacientes a partir de quatro anos foi determinada com a Escala de Coma de Glasgow (ECGL). Crianças abaixo dessa idade foram avaliadas por escala com adaptação da resposta verbal e motora para a idade.¹⁸ A pontuação na ECGL foi avaliada à admissão e seis horas após o trauma para classificação da gravidade do trauma. Foram considerados como vítimas de TCE grave os pacientes com pontuação abaixo de nove em ambas as avaliações, prevalecendo o maior valor para fins da pesquisa. Os pacientes sem resposta motora ou com postura de flexão ou extensão anormal à admissão (pontuação de três a cinco na ECGL) foram agrupados para análise da associação com HIC, porque esses eventos estiveram associados à ocorrência de HIC refratária em estudos anteriores.^{11,16}

A tomografia computadorizada de crânio foi realizada à admissão e repetida durante o tratamento, de acordo com a necessidade. Os achados tomográficos foram reunidos em um grupo com lesões intracranianas com maior possibilidade de desenvolvimento de HIC: hemorragias, contusões, edema, *swelling*, compressão ou apagamento de cisternas; e outro com menor possibilidade: tomografia normal ou com diagnóstico isolado de lesão axonal difusa.¹⁶ Foi utilizada ainda a classificação tomográfica de Marshall para análise de sua associação com a ocorrência de HIC.¹⁹ A gravidade do trauma foi avaliada de acordo com o escore de trauma pediátrico (PTS).²⁰

Para monitoração da PIC, foi utilizado o cateter de Codman® em posição intraparenquimatosa, e, na impossibilidade do seu uso, foi feita a monitoração intraventricular ou com o parafuso de Richmond, instalado em posição subaracnoidea. Foram consideradas hemorragias intracranianas decorrentes da monitoração na PIC aquelas surgidas no trajeto de instalação do dispositivo após sua inserção, sendo analisadas aquelas com necessidade de tratamento cirúrgico. A análise de complicações infecciosas decorrentes da monitoração não foi realizada em razão da dificuldade na identificação da causa do evento. Foi descrita a mortalidade durante a internação na UTI.

O banco de dados desenvolvido foi analisado no programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 20.0 (IBM Corp., Armonk, NY, EUA). Para caracterizar os grupos, foram utilizadas para as variáveis quantitativas média±desvio padrão (DP) e mediana (1º quartil; 3º quartil) e, para as variáveis categóricas, frequências absolutas e porcentagens. As variáveis contínuas sem distribuição normal foram expressas através das medianas e intervalo interquartil (IQ; 1º quartil e 3º quartil) e comparadas pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney. As variáveis contínuas com distribuição normal foram expressas através de média e DP e comparadas pelo *t* de Student. A comparação das variáveis categóricas foi analisada através dos testes do qui-quadrado de Pearson assintótico (quando 20% do valor esperado está entre 1 e 5) e teste do qui-quadrado de Pearson

exato (quando mais do que 20% do valor esperado está entre 1 e 5). A probabilidade foi considerada significativa quando inferior a 0,05 ($p < 0,05$).

Ajustou-se o modelo de regressão logística para avaliar os eventos associados à ocorrência de HIC com significância estatística ao nível de 0,20. Passo a passo foram retiradas as variáveis com maiores valores de *p*, até restarem no modelo final todas as variáveis significativas ao nível de 0,05. A qualidade de ajuste foi avaliada pelo teste de Hosmer & Lemeshow.

O cálculo da amostragem foi feito com base em estudo de pacientes internados em UTI entre 1998 e 2003, em que a HIC ocorreu em 80% dos 134 pacientes monitorados.¹¹ Considerando o intervalo de confiança de 95% (IC95%), nível de significância de 5% e poder do estudo de 80%, o tamanho da amostra mínimo foi de 110 pacientes para avaliação dos fatores associados à ocorrência de HIC.

RESULTADOS

Entre setembro de 2005 e março de 2014 foram internados na UTI pediátrica 362 pacientes com TCE grave contuso, dos quais 200 foram submetidos à monitoração da PIC, sendo dois excluídos do estudo porque não se obteve consentimento da família. Assim, foram incluídos 198 pacientes com TCE grave contuso e monitoração da PIC. Desses, 139 (70,2%) eram do gênero masculino e a idade variou de três meses a 18 anos, com mediana nove anos (IQ25–75% 5–14 anos).

Os tipos de trauma registrados foram: atropelamento em 66 (33,3%) pacientes, lesões em ocupante de automóvel em 45 (22,7%), queda em 30 (15,2%), lesões em ocupante ou condutor de motocicleta em 24 (12,2%), lesões em ocupante ou condutor de bicicleta em 21 (10,6%), agressão física ou por outros meios em 6 (3%) e outros mecanismos em 6 (3%) pacientes.

A mediana da pontuação na ECGL à admissão foi de 6 (IQ25–75% 4–7). Apresentaram pontuação entre 3 e 5 na ECGL 71 (35,9%) pacientes; e entre 6 e 8, 127 (64,1%) pacientes. A pontuação no PTS variou de -3 a 10, com mediana de 4 (IQ25–75% 2–5).

Os achados tomográficos encontrados foram: contusão intraparenquimatosa em 93 (47%) pacientes, *swelling* em 87 (43,9%), hemorragia subaracnoidea em 77 (38,9%), lesão axonal difusa em 63 (31,8%), hematoma subdural em 57 (28,8%), pneumoencéfalo em 45 (22,7%), hemorragia intraventricular em 43 (21,7%), afundamento em 41 (20,7%), hematoma extradural em 23 (11,6%) pacientes e 8 (4%) apresentaram tomografia sem alterações para a idade. A distribuição da classificação tomográfica de Marshall à admissão encontra-se na Tabela 1. Não foi encontrada lesão expansiva evacuada em nenhum paciente.

HIC ocorreu em 135 pacientes (68,2%) e o valor máximo de PIC teve mediana de 34 mmHg (IQ25–75% 22,5–45 mmHg). Os pacientes necessitaram de algum tratamento para HIC com uma mediana de 3,2 dias (IQ25–75% 1–5 dias) e permaneceram com a monitoração da PIC em média 3,2±2,3 dias.

Quanto ao tratamento da HIC, 133 (97,8%) necessitaram de sedação e analgesia para tratamento, 108 (79,4%) de bloqueadores neuromusculares, 7 (5,2%) de drenagem de líquido, 105 (77,2%) de manitol, 96 (70,6%) de hiperventilação,

64 (47,1%) de solução salina a 3%, 20 (14,7%) de barbitúricos e 43 (31,9%) de craniectomia descompressiva.

O cateter de Codman® em posição intraparenquimatosa foi o dispositivo utilizado para monitoração da PIC em 145 (73,2%) pacientes. Sete (3,5%) pacientes utilizaram monitoração intraventricular e, nos primeiros anos do estudo, em razão do grande volume de pacientes no hospital, 46 (23,2%) utilizaram parafuso de Richmond em posição subaracnoidea. Nove (4,5%) pacientes tiveram hemorragia secundária à instalação do dispositivo

Tabela 1 Análise univariada de eventos associados à ocorrência de hipertensão intracraniana com necessidade de tratamento em 198 pacientes vítimas de traumatismo crânioencefálico grave.

Variável	Total 198 (100%)	Necessitou tratamento (HIC) 135 (68,2%)	Não necessitou tratamento (HIC) 63 (31,8%)	p-valor
Idade (anos)				
Mediana (IQ25–75%)	10 (5–14)	9 (5–14)	13 (6–15)	0,22
0 a 1	12 (6,1)	7 (58,3)	5 (41,7)	
2 a 10	80 (40,4)	60 (75)	20 (25)	
11 a 18	106 (53,5)	68 (64,2)	38 (35,8)	
Gênero masculino	139 (70,2)	94 (67,6)	45 (32,4)	0,22
Tipo de trauma				
Atropelamento	66 (33,3)	50 (75,8)	16 (24,2)	0,98
Ocupante de veículo	45 (22,7)	30 (66,7)	15 (33,3)	
Queda	30 (15,2)	23 (76,7)	7 (23,3)	
Ocupante de motocicleta	24 (12,2)	10 (41,7)	14 (58,3)	
Ciclista	21 (10,6)	15 (71,4)	6 (28,6)	
Agressão	6 (3)	3 (50)	3 (50)	
Outros mecanismos	6 (3)	4 (66,7)	2 (33,3)	
Glasgow				
Mediana (IQ25–75%)	6 (4–7)	6 (3–7)	6 (5–6)	0,10
3–5	71 (35,9)	54 (76,1)	17 (23,9)	
6–8	127 (64,1)	81 (63,8)	46 (36,2)	
PTS				
Mediana (IQ25–75%)	4 (2–5)	4 (2–5)	4 (1–5)	0,18
<4	80 (40,4)	49 (61,3)	31 (38,7)	
>4	114 (57,6)	80 (70,2)	34 (29,8)	
Marshall				
I	11 (5,6)	4 (36,4)	7 (63,6)	<0,0001
II	83 (41,9)	48 (57,8)	35 (42,2)	
III	67 (33,8)	56 (83,6)	11 (16,4)	
IV	10 (5,1)	9 (90)	1 (10)	
LMNE	27 (13,6)	16 (59,3)	11 (40,7)	

HIC: hipertensão intracraniana; IQ: intervalo interquartil; PTS: escore de trauma pediátrico; LMNE: lesão de massa não evacuada.

para monitoração da PIC; nenhum deles com necessidade de intervenção cirúrgica. O dispositivo de monitoração apresentou alguma forma de mau funcionamento em 24 pacientes (12,1%), havendo necessidade de troca em 9 deles.

Dentre os 198 pacientes incluídos, 44 evoluíram a óbito (mortalidade de 22,2%). Destes 44 pacientes, 38 tiveram HIC (86,4%) e 6 (13,6%) não (qui-quadrado; $p=0,007$).

A análise univariada dos eventos associados à ocorrência de HIC está descrita na Tabela 1. A distribuição dos valores máximos de PIC de acordo com a classificação de Marshall foi: Marshall I, mediana de 19,5 mmHg (IQ25–75% 15–27,5); Marshall II, mediana de 28 mmHg (IQ25–75% 21–40); Marshall III, mediana de 35 mmHg (IQ25–75% 15–27,5); Marshall IV, mediana de 43 mmHg (IQ25–75% 24–52); lesão expansiva não evacuada, mediana de 37,5 mmHg (IQ25–75% 18–46).

A Tabela 2 relaciona os resultados do modelo final da análise multivariada com as variáveis que apresentaram significância estatística. Os pacientes com classificação tomográfica de Marshall III tiveram chance 14 vezes maior de apresentar HIC e aqueles com classificação tomográfica de Marshall IV, chance 24,9 vezes maior.

DISCUSSÃO

A casuística apresentada é relevante, considerando-se que a média dos hospitais norte-americanos com maior volume de monitoração da PIC é de 11 pacientes pediátricos por ano.²¹ O percentual de pacientes submetidos à monitoração classifica o hospital brasileiro como “centro agressivo”, já que relatos do Reino Unido e dos Estados Unidos demonstram percentuais de monitoração entre 7,7 e 59%.^{22,23} Stein relata melhora dos resultados de pacientes tratados em centros com monitoração e tratamento agressivo.²⁴

O predomínio de pacientes masculinos, com idade entre nove e dez anos e de vítimas de acidentes de transporte está de acordo com relatos anteriores do México, Brasil e África do

Sul.^{10,11,25} A distribuição da pontuação na ECGL à admissão e a classificação pelo PTS demonstram que se tratava de grupo de pacientes graves. Além disso, a descrição tomográfica com múltiplas lesões por indivíduo reforça a impressão da complexidade do trauma sofrido.

O pequeno número de pacientes com tomografia normal ou com diagnóstico tomográfico isolado de lesão axonal difusa com monitoração da PIC sugere que os neurocirurgiões, em sua maioria, seguiram as recomendações da Brain Trauma Foundation para adultos.¹⁶ As recomendações em adultos, durante o período do estudo, sinalizavam a indicação da monitoração da PIC em pacientes com TCE grave e tomografia alterada ou em pacientes com TCE grave e tomografia normal, se duas ou mais das situações — como idade acima de 40 anos, postura motora anormal uni ou bilateral e pressão arterial sistólica <90 mmHg — fossem observadas à admissão,¹⁶ enquanto os consensos pediátricos recomendavam que a monitoração poderia ser considerada em crianças com TCE grave independentemente dos achados tomográficos.^{14,15}

Já a distribuição da frequência das medidas para tratamento da HIC sugere que foi obedecida a sequência proposta pelos guias pediátricos em boa parte das vezes; das menos agressivas às mais agressivas; de acordo com as características dos pacientes, das lesões e da resposta ao tratamento instituído.^{5,14,15}

As complicações hemorrágicas da monitoração ocorreram em pequeno percentual de pacientes e não representaram eventos graves. Outros estudos mostraram resultados semelhantes.^{8,11} Talvez a complicação mais frequente seja a manutenção da monitoração e de tratamento agressivo em pacientes que não precisem deles.

O PTS também não se correlacionou com a elevação da PIC, assim como no relato de Figaji et al. Entretanto, o autor encontrou correlação com o índice pediátrico de mortalidade -2, que seria um bom parâmetro a ser analisado em estudos futuros.²⁶

No presente trabalho, os pacientes foram divididos em grupos com pontuação de três a cinco e de seis a oito na ECGL. Não houve diferença na ocorrência de HIC entre os grupos, ao contrário de estudo anterior com pacientes pediátricos com TCE grave, no qual a presença de posturas anormais à admissão se correlacionou à ocorrência de HIC refratária.¹¹

O presente estudo mostrou associação entre a classificação tomográfica de Marshall em III e IV e a ocorrência de HIC em pacientes pediátricos vítimas de TCE grave por meio de análise multivariada. Trata-se de achado de aplicação prática e que, além disso, mostra a relevância do uso da classificação de Marshall para pacientes pediátricos, mesmo que seus valores de desvio da linha mediana e volume de lesões de massa tenham sido estipulados com base nas medidas do crânio de adultos.¹⁹ Os dados sugerem que pacientes pediátricos em

Tabela 2 Análise múltipla dos eventos associados à ocorrência de hipertensão intracraniana com necessidade de tratamento em 198 pacientes vítimas de trauma cranioencefálico grave.

Variável	Odds Ratio	IC95%	p-valor
Marshall III	14	2,8–113	0,003
Marshall IV	24,9	2,35–676	0,018
Glasgow	2,13	0,88–97,85	0,186
Escore trauma pediátrico	1,183	0,781–108,6	0,260

IC95%: intervalo de confiança de 95%.

coma com classificação tomográfica Marshall III e IV devam ser monitorados ou tratados agressivamente, com base em dados clínicos e tomográficos nos locais onde a monitoração não esteja disponível. O tratamento sem monitoração é aceitável, já que não há evidência na literatura de que o tratamento da HIC guiado pela monitoração da PIC melhore os resultados de forma geral, mas não é recomendável para pacientes com alto risco de HIC refratária e necessidade de craniectomia.^{7,8,27,28}

O estudo foi desenhado e executado para responder aos objetivos propostos de identificar eventos associados à ocorrência de HIC em crianças e adolescentes com TCE grave e monitoração da PIC. A amostragem calculada foi alcançada e, como a ocorrência de HIC esteve dentro do esperado, os resultados podem ser considerados confiáveis. O estudo, no entanto, apresentou como limitação a não inclusão na análise da associação de hipotensão arterial sistêmica com ocorrência de HIC, como já descrito para adultos. Esse fator não foi avaliado no estudo devido à limitação na coleta dos dados durante o seguimento. Outras limitações que podem ser citadas foram o longo tempo de coleta de dados do estudo, a falta

de monitoramento das complicações associadas à monitoração da HIC, tais como infecções, e a utilização de dispositivos de monitoração da PIC diferentes em uma margem menor de pacientes.

O percentual de mortes entre os pacientes que apresentaram HIC foi três vezes maior do que entre aqueles que não apresentaram, o que confirma os achados de outros autores a respeito da relevância dessa causa de dano secundário ao encéfalo.^{4,5} O resultado de mortalidade de 22% encontrado no presente estudo está de acordo com o esperado para centros de referência, um pouco acima de 20%.^{24,29}

Podemos concluir que pacientes pediátricos com TCE grave e alterações tomográficas tipo Marshall III e IV apresentaram grande chance de desenvolver HIC, sugerindo ser esse um parâmetro para indicação de monitoração da PIC.

Financiamento

O estudo não recebeu financiamento.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

- Schneier AJ, Shields BJ, Hostetler SG, Xiang H, Smith GA. Incidence of pediatric traumatic brain injury and associated hospital resource utilization in the United States. *Pediatrics*. 2006;118:483-92. <https://doi.org/10.1542/peds.2005-2588>
- World Health Organization [homepage on the Internet]. The world health report 2008: primary health care (now more than ever) [cited 2013 Dec 18]. Available from: <http://www.who.int/whr/2008/en/>
- Zebrack M, Dandoy C, Hansen K, Scaife E, Mann NC, Bratton SL. Early resuscitation of children with moderate-to-severe traumatic brain injury. *Pediatrics*. 2009;124:56-64. <https://doi.org/10.1542/peds.2008-1006>
- Balestreri M, Czonsnyka M, Hutchinson P, Steiner LA, Hiler M, Smielewski P, et al. Impact of intracranial pressure and cerebral perfusion pressure on severe disability and mortality after head injury. *Neurocrit Care*. 2006;4:8-13. <https://doi.org/10.1385/NCC:4:1:008>
- Kochanek PM, Tasker RC, Carney NA, Totten AM, Adelson PD, Selden NR, et al. Guidelines for the management of pediatric severe traumatic brain injury, Third Edition: Update of the Brain Trauma Foundation Guidelines, Executive Summary. *Pediatr Crit Care Med*. 2019;20:280-9. <https://doi.org/10.1097/PCC.0000000000001736>
- Lumba-Brown A, Pineda J. Evidence based assessment of pediatric traumatic brain injury and emergent neurocritical care. *Semin Pediatr Neurol*. 2014;21:275-83. <https://doi.org/10.1016/j.spen.2014.11.001>
- Benneatt TD, DeWit PE, Greene TH, Srivastava R, Riva-Cambrin J, Nance ML, et al. Functional outcome after intracranial pressure monitoring for children with severe traumatic brain injury. *JAMA Pediatr*. 2017;171:965-71. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2017.2127>
- Chesnut RM, Temkin N, Carney N, Dikmen S, Rondina C, Videtta W, et al. A trial of intracranial-pressure monitoring in traumatic brain injury. *N Engl J Med*. 2012;367:2471-81. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1207363>
- Shen L, Wang Z, Su Z, Qiu S, Xu J, Zhou Y, et al. Effects of intracranial pressure monitoring on mortality in patients with severe traumatic brain injury: a meta-analysis. *PLoS One*. 2016;11:e0168901. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168901>
- García-Lira JR, Zapata-Vázquez RE, Alonzo-Vázquez F, Rodríguez-Ruza SG, Medina-Moreno MR, Torres-Escalante JL. Monitoring intracranial pressure in severe traumatic brain injury. *Rev Chil Pediatr*. 2016;87:387-94. <https://doi.org/10.1016/j.rchipe.2016.04.006>
- 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;86:73-9. <http://dx.doi.org/10.1590/S0021-75572010000100013>
- Bratton SL, Bennet KS. What do severe traumatic brain injury acute costs tell us about values? Currently inconclusive. *Pediatr Crit Care Med*. 2016;17:467-8. <https://doi.org/10.1097/PCC.0000000000000710>

13. Graves JM, Kannan N, Mink RB, Wainwright MS, Groner JI, Bell MJ, et al. Guideline adherence and hospital costs in pediatric traumatic brain injury. *Pediatr Crit Care Med*. 2016;17:438-43. <https://doi.org/10.1097/PCC.0000000000000698>
14. Adelson PD, Bratton SL, Carney NA, Chesnut RM, du Coudray HE, Goldstein B, et al. Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children, and adolescents. Chapter 17. Critical pathway for the treatment of established intracranial hypertension in pediatric traumatic brain injury. *Pediatr Crit Care Med*. 2003;4 (3 Suppl):S1-S65-7.
15. Kochanek PM, Carney NA, Adelson PD, Ashwal S, Bell MJ, Bratton S, 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:S1-82. <https://doi.org/10.1097/PCC.0b013e31823f435c>
16. Brain Trauma Foundation, American Association of Neurological Surgeons, Congress of Neurological Surgeons. Guidelines for the management of severe traumatic brain injury. *J Neurotrauma*. 2007;24 (Suppl 1):S1-106. <https://doi.org/10.1089/neu.2007.9999>
17. [No authors listed]. The Brain Trauma Foundation. The American Association of Neurological Surgeons. The Joint Section on Neurotrauma and Critical Care. Intracranial pressure treatment threshold. *J Neurotrauma*. 2000;17:493-5. <https://doi.org/10.1089/neu.2000.17.493>
18. American College of Surgeons. Committee on trauma. Advanced Trauma Life Support for doctors. 10th ed. Chicago: American College of Surgeons; 2004.
19. Marshall LF, Marshall SB, Klauber MR, Clark MB, Eisenberg HM, Jane JA, et al. A new classification of head injury based on computerized tomography. *J Neurosurg*. 1991;75 (Suppl):S14-20. <https://doi.org/10.3171/sup.1991.75.1s.0s14>
20. Tepas JJ, Ramenofsky ML, Mollitt DL, Gans BM, DiScala C. The pediatric trauma score as a predictor of injury severity: an objective assessment. *J Trauma*. 1988;28:425-9. <https://doi.org/10.1097/00005373-198804000-00001>
21. Stanley RM, Bonsu BK, Zhao W, Ehrlich PF, Rogers AJ, Xiang H. US Estimates of hospitalized children with severe traumatic brain injury: implications for clinical trials. *Pediatrics*. 2012;129:e24-30. <https://doi.org/10.1542/peds.2011-2074>
22. Keenan HT, Nocera M, Bratton SL. Frequency of intracranial pressure monitoring in infants and young toddlers with traumatic brain injury. *Pediatr Crit Care Med*. 2005;6:537-41.
23. Alkhoury F, Kyriakides TC. Intracranial pressure monitoring in children with severe traumatic brain injury. *JAMA Surg*. 2014;149:544-8. <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2013.4329>
24. Stein SC, Georgoff P, Meghan S, Mirza KL, El Falaky OM. Relationship of aggressive monitoring and treatment to improved outcomes in severe traumatic brain injury. *J Neurosurg*. 2010;112:1105-12. <https://doi.org/10.3171/2009.8.JNS09738>
25. Schrieff LE, Thomas KG, Dollman AK, Rohlwink UK, Figaji AA. Demographic profile of severe traumatic brain injury admissions to Red Cross War Memorial Children's Hospital, 2006 – 2011. *S Afr Med J*. 2013;103:616-20. <https://doi.org/10.7196/samj.7137>
26. Figaji AA, Zwane E, Fieggen AG, Peter JC, Leroux PD. Acute clinical grading in pediatric severe traumatic brain injury and its association with subsequent intracranial pressure, cerebral perfusion pressure, and brain oxygenation. *Neurosurg Focus*. 2008;25:E4. <https://doi.org/10.3171/FOC.2008.25.10.E4>
27. Chesnut RM, Bleck TP, Citerio G, Classen J, Cooper DJ, Coplin WM, et al. A consensus-based interpretation of the benchmark evidence from south american trials: treatment of intracranial pressure trial. *J Neurotrauma*. 2015;32:1722-4. <https://doi.org/10.1089/neu.2015.3976>
28. 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;17:154-62. <https://doi.org/10.1007/s003810000410>
29. O'Lynnngger TM, Shannon CN, Le TM, Greeno A, Chung D, Lamb FS, et al. Standardizing ICU management of pediatric traumatic brain injury is associated with improved outcomes at discharge. *J Neurosurg Pediatr*. 2016;17:19-26. <https://doi.org/10.3171/2015.5.PEDS1544>