



Doppler transcraniano na monitorização do traumatismo cranioencefálico grave em pediatria

Filipa Vieira¹, Kátia Cardoso², Francisco Abecasis³, Paulo Batista⁴, Leonor Boto³, Sofia Quintas⁵, Manuela Correia³

1. Serviço de Pediatria, Hospital de São Francisco Xavier, Centro Hospitalar Lisboa Ocidental
2. Departamento de Pediatria, Hospital de Santa Maria, Centro Hospitalar Lisboa Norte
3. Unidade de Cuidados Intensivos Pediátricos, Departamento de Pediatria, Hospital de Santa Maria, Centro Hospitalar Lisboa Norte
4. Laboratório de Hemodinâmica Cerebral, Hospital de Santa Maria, Centro Hospitalar Lisboa Norte
5. Unidade de Neuropediatria, Departamento de Pediatria, Hospital de Santa Maria, Centro Hospitalar Lisboa Norte

Resumo

Introdução e Objectivos: A hipertensão intracraniana é uma complicação grave do traumatismo cranioencefálico, associando-se a um prognóstico desfavorável. A monitorização da pressão intracraniana (PIC) requer um procedimento invasivo. Este estudo teve como objetivo analisar a utilidade do Doppler transcraniano na avaliação dos doentes com traumatismo cranioencefálico grave.

Métodos: Estudo observacional prospetivo, realizado entre agosto de 2008 e março de 2012 numa unidade de cuidados intensivos pediátricos, de um hospital universitário de nível III, centro de referência de neurotrauma. Amostra consecutiva de doentes admitidos com traumatismo cranioencefálico grave e submetidos a monitorização invasiva da PIC com avaliação simultânea por Doppler transcraniano. Análise da relação entre a PIC e o índice de pulsatilidade (IP), determinado por Doppler transcraniano, e entre estas duas variáveis e as sequelas neurológicas.

Resultados: Foram avaliados dezoito doentes, com média de idade de 8,7 anos (14 meses - 17 anos). A mortalidade foi de 11,1% (2/18), sendo a mortalidade previsível, calculada através da escala *pediatric risk of mortality*, de 28,2%. Em dezasseis doentes registaram-se valores de PIC superiores a 20 mmHg, com média de valor máximo de 35,7±11,2 mmHg. A média da primeira determinação do IP foi de 1,12±0,33. Houve uma correlação significativa entre a primeira determinação do IP e a PIC correspondente (coeficiente de correlação de Pearson $r=0,755$, $p<0,0001$). Quando considerados todos os IP determinados (42 avaliações), a correlação manteve-se significativa ($r=0,573$; $p<0,0001$). Não se encontrou associação significativa entre o IP ou a PIC e as sequelas neurológicas.

Conclusões: Os resultados deste estudo sugerem que é possível identificar situações de hipertensão intracraniana através

do IP determinado por Doppler transcraniano em crianças com traumatismo cranioencefálico grave, evidenciando o papel promissor desta técnica. São necessários mais estudos para que seja validada e incluída de forma mais generalizada na avaliação e orientação terapêutica do traumatismo cranioencefálico.

Palavras-chave: traumatismo cranioencefálico, pressão intracraniana, Doppler transcraniano, índice de pulsatilidade, pediatria

Acta Pediatr Port 2012;43(6):239-45

Transcranial doppler monitoring in children with severe traumatic brain injury

Abstract

Background and aims: Intracranial hypertension is a serious complication of traumatic brain injury in children and adversely affects outcome. Monitoring intracranial pressure (ICP) requires an invasive procedure. The aim of this study was to analyze the utility of transcranial Doppler in the evaluation of patients with severe traumatic brain injury.

Methods: Observational prospective study, conducted between August 2008 and March 2012, in the pediatric intensive care unit of a level III university hospital, referral center for neurotrauma. Consecutive sample of patients admitted with severe traumatic brain injury and submitted to ICP invasive monitoring with simultaneous evaluation by transcranial Doppler. Analysis of the relation between ICP and pulsatility index (PI) determined by transcranial Doppler, and between these two variables and neurological outcome.

Results: Eighteen patients were evaluated. Mean age was 8.7 years (14 months - 17 years). Mortality rate was 11.1% (2/18), with a predicted mortality rate of 28.2%, determined

Recebido: 03.11.2012
Aceite: 04.02.2013

Correspondência:
Francisco Abecasis
francisco.abecasis@chln.min-saude.pt

by the pediatric risk of mortality score. Sixteen patients had ICP values above 20 mmHg, with a mean highest value of 35.7 ± 11.2 mmHg. The first measurement of PI had a mean of 1.12 ± 0.33 . There was a significant correlation between the first PI and the corresponding ICP value (Pearson correlation coefficient $r=0.755$, $p<0.0001$). When all PI were considered (42 measurements) the correlation was also significant ($r=0.573$, $p<0.0001$). There was no association between PI or ICP and neurological outcome.

Conclusion: The results of this study suggest it is possible to identify intracranial hypertension from PI determined by transcranial Doppler, showing how promising this method can be. More studies are needed to validate transcranial Doppler in the management of traumatic brain injury.

Key words: traumatic brain injury, intracranial pressure, transcranial Doppler, pulsatility index, pediatrics

Acta Pediatr Port 2012;43(6):239-45

Abreviaturas

DTC	Doppler transcraniano
FC	Frequência cardíaca
GCS	Glasgow coma scale (escala de coma de Glasgow)
GOS	Glasgow outcome scale
HIC	Hipertensão intracraniana
HSA	Hemorragia subaracnoideia
IP	Índice de pulsatilidade
KOSCHI	King's outcome scale for childhood head injury
PA	Pressão arterial
PIC	Pressão intracraniana
PPC	Pressão de perfusão cerebral
PRISM	Pediatric risk of mortality
TCE	Traumatismo cranioencefálico
TC-CE	Tomografia computadorizada cranioencefálica

Introdução

O traumatismo cranioencefálico (TCE) grave é uma das principais causas de morbidade e mortalidade pediátrica nos países ocidentais, constituindo um grave problema de saúde pública^{1,2}. As sequelas neurológicas implicam, em muitos casos, custos de reabilitação elevados e, especificamente em Pediatria, a perda de muitos anos de vida produtiva.

É fundamental, na admissão, identificar critérios de gravidade que permitam determinar a terapêutica adequada. As escalas de gravidade atualmente disponíveis dependem sobretudo da avaliação do estado de consciência e podem requerer a colaboração do doente, o que dificulta a sua aplicação em doentes que estão frequentemente sedados e ventilados³. Vários estudos procuraram relacionar as sequelas do TCE com fatores como o estado neurológico à admissão⁴, as lesões observadas na tomografia computadorizada cranioencefálica (TC-CE)⁵, a pressão intracraniana (PIC)⁶ e a pressão de perfusão cerebral (PPC)⁷.

A hipertensão intracraniana, com conseqüente diminuição da PPC, é um mecanismo importante na lesão cerebral secundária, associando-se a diminuição da oxigenação cerebral e a síndromes

de herniação⁸. A determinação da PIC permite otimizar o tratamento destes doentes e o controlo da hipertensão intracraniana (HIC) está associado a uma melhoria no prognóstico⁹. Além da monitorização invasiva da PIC, através de cateter intraventricular ou intraparenquimatoso, não foram ainda identificados outros parâmetros que permitam determinar com precisão a existência de HIC na população pediátrica. Porém, este método exige a colocação de um dispositivo invasivo e não é isento de riscos, nomeadamente infeção e hemorragia intracraniana, pelo que deve ser considerado apenas em casos de TCE grave⁸.

Desde 1982, vários autores têm utilizado o Doppler transcraniano (DTC) para medir o fluxo vascular cerebral como forma indireta de avaliar a vascularização cerebral¹⁰. Posteriormente foi demonstrada a importância do DTC na avaliação de oclusão ou estenose de artéria cerebral, na avaliação do vasospasmo na hemorragia subaracnoideia (HSA) e no diagnóstico de morte cerebral^{11,12}. Mais recentemente alguns estudos sugeriram a existência de uma relação entre o índice de pulsatilidade (IP), calculado através das velocidades de fluxo sanguíneo medidas pelo DTC, e os valores da PIC^{3,13,14}, com a vantagem de o DTC ser um procedimento não invasivo. No entanto, estes dados são ainda controversos, recomendando a Brain Trauma Foundation que se realizem estudos nesta área¹⁵.

Este estudo teve como objetivo analisar a utilidade do índice de pulsatilidade (IP) determinado por Doppler transcraniano na avaliação dos doentes com traumatismo cranioencefálico grave e hipertensão intracraniana.

Material e Métodos

Estudo observacional prospetivo, realizado entre Agosto de 2008 e Março de 2012, numa unidade de cuidados intensivos pediátricos de um hospital universitário de nível III, centro de referência de neurotrauma pediátrico. Foram incluídas todas as crianças internadas na unidade com TCE grave, pontuação na escala de coma de Glasgow (GCS) inferior a 9, submetidas a monitorização invasiva da PIC e com avaliação simultânea por DTC, durante o período do estudo.

Uma vez que os dados foram recolhidos sem intervenção, seguindo o protocolo utilizado na unidade, não foi solicitado consentimento específico.

Foram recolhidos os dados relativos à idade, sexo, mecanismo do acidente, traumatismos associados, GCS nas primeiras 48h, tipo de lesão na TC-CE, pressão arterial (PA) à admissão, hemoglobina e frequência cardíaca (FC) no momento do DTC, índice de pulsatilidade e PIC correspondente (inicial e seriados), valor máximo de PIC, existência de vasospasmo, medidas terapêuticas instituídas, pontuação na escala de *pediatric risk of mortality* (PRISM), mortalidade e evolução neurológica após a alta. Para avaliação da evolução neurológica foi utilizada a escala *King's outcome scale for childhood head injury* (KOSCHI)¹⁶ – quadro II – desenvolvida a partir da escala de avaliação neurológica *Glasgow outcome scale* (GOS), mas especificamente dirigida à população pediátrica. Consideraram-se dois grupos: má evolução neurológica (KOSCHI 1, 2 e 3) e boa evolução neurológica (KOSCHI 4 e 5).

Quadro I. Escala de avaliação das sequelas neurológicas King's outcome scale for childhood head injury (adaptada). Má evolução neurológica – KOSCHI 1, 2 e 3; Boa evolução neurológica – KOSCHI 4 e 5.

1		Morte
2		Estado vegetativo – ventilação espontânea, ciclos sono/vigília, sem comunicação
3 – sequelas graves	a	Alguns movimentos com intenção, incapacidade total para atividades diárias
	b	Elevado grau de dependência, ajuda nas atividades diárias
4 – sequelas moderadas	a	Maioritariamente independente, necessita elevado grau de supervisão (físico/comportamental)
	b	Apropriado à idade mas défices residuais (aprendizagem/comportamento) ou sequelas neurológicas
5 – boa recuperação	a	Alterações com impacto mínimo na função (ex: cefaleias)
	b	Recuperação completa

O DTC foi realizado após estabilização respiratória e hemodinâmica, e de acordo com a disponibilidade (exame disponível no hospital apenas nos dias úteis). As determinações foram feitas por um de dois técnicos, utilizando o equipamento de Doppler transcraniano da RIMED® Digi-Lite ou o equipamento Multi Dop X TCD7, DWL Elektronische System GmbH®, com sonda pulsada de 2 MHz. Foram avaliados os fluxos na artéria cerebral média, bilateralmente, de acordo com o método descrito por Aaslid et al¹⁰, e calculado o IP de acordo com a fórmula de Gosling¹⁷. Foi avaliada a presença ou ausência de vasospasmo e registado o valor de PIC no momento da realização do exame. Como valores de referência do IP na população pediátrica foram utilizados os referidos no protocolo de atuação na hemorragia subaracnoideia não traumática da Sociedade Portuguesa de Pediatria (quadro III)¹⁸.

Na monitorização da PIC foram utilizados os cateteres MicroSensor Ventricular Catheter ou MicroSensor Skull Bolt (Codman®, MA, USA).

Todos os doentes foram tratados de acordo com o protocolo de TCE em vigor na unidade, que segue, de um modo geral, as recomendações internacionais para o tratamento do TCE grave em lactentes, crianças e adolescentes¹⁹. A participação no estudo não modificou a monitorização clínica, laboratorial ou imagiológica a que os doentes são habitualmente submetidos nesta patologia. No entanto, os resultados do DTC eram do conhecimento do médico de serviço, que pode ter tomado decisões clínicas relativas ao tratamento com base nestes resultados.

Os dados foram tratados com o programa SPSS 20 (IBM SPSS Statistics, New York, EUA). Aplicou-se a correlação de Pearson e a regressão linear simples para análise da relação entre o IP e a PIC, e o teste t, de acordo com as condições de aplicabilidade dos testes, para comparação de médias da PIC e do IP nos grupos com má e boa evolução neurológica. Considerou-se $p < 0,05$ como limiar de significância estatística.

Resultados

Foram incluídos no estudo dezoito doentes. As características da amostra estão resumidas no quadro IV. A razão género mascu-

lino/feminino foi 2,6:1, com média de idade 8,7 anos (14 meses – 17 anos). O mecanismo do traumatismo foi acidente com veículo motorizado como passageiro ou peão em onze doentes, queda em quatro, lesão não acidental em dois e um doente sofreu lesão por impacto. Onze doentes tinham outros traumatismos associados, nomeadamente traumatismo torácico (9), ortopédico (7), abdominal (5) e medular (1). Todos os doentes tinham lesões na TC-CE – contusão cerebral (16), hematoma intracraniano (13), fratura craniana (13), edema cerebral (10), hemorragia subaracnoideia (8), sinais indiretos de lesão axonal difusa (2). A pontuação média na GCS à admissão foi 6 (3–8) e onze doentes necessitaram de estabilização hemodinâmica com expansão com fluidos. A totalidade dos doentes fez terapêutica hiperosmolar com cloreto de sódio hipertónico (NaCl 3%) e/ou manitol, oito necessitaram de suporte inotrópico, em sete foi induzido coma barbitúrico e doze realizaram terapêutica com fenitoína (nove com convulsões). Dezassete doentes foram ventilados com média de 7,8 dias de ventilação (2-17). Num caso verificou-se recuperação rápida do estado de consciência após terapêutica hiperosmolar pelo que não foi ventilado. Sete doentes foram submetidos a neurocirurgia para drenagem de hematoma e/ou craniectomia descompressiva.

Quadro II. Valores normais de índice de pulsatilidade na artéria cerebral média esquerda, por grupo etário e género (adaptado de Robalo et al¹⁸). IP – índice de pulsatilidade, DP – desvio padrão.

Grupo etário	IP máximo +/- DP	
	Raparigas	Rapazes
2 - 4 anos	0,94 ± 0,14	0,91 ± 0,17
5 – 9 anos	0,86 ± 0,12	0,84 ± 0,15
10 – 14 anos	0,88 ± 0,13	0,82 ± 0,09
15 – 19 anos	0,83 ± 0,14	1,01 ± 0,14

Todos os doentes foram submetidos a monitorização invasiva da PIC, na maioria dos casos colocada no primeiro dia de internamento (1-3 dias) – seis tiveram cateter de monitorização intraven-

tricular e treze tiveram cateter intraparenquimatoso. Um doente teve inicialmente cateter intraventricular que foi substituído por cateter intraparenquimatoso no contexto de uma complicação. A decisão do tipo de cateter de PIC colocado foi tomada em conjunto com a equipa de neurocirurgia. Houve três complicações relacionadas com os cateteres – uma infeção (isolamento de fungo no LCR), uma obstrução do cateter e um cateter não funcionante.

foi de 11,1% (dois doentes). A causa de morte nos dois casos foi o TCE grave. Salientamos um deles, cuja primeira avaliação por DTC revelou uma assimetria das velocidades de fluxo, com IP 0,8 na artéria cerebral média direita e IP 1,64 na artéria cerebral média esquerda - figura 1. O monitor de PIC, cujo cateter foi colocado no hemisfério direito, registou na altura da avaliação um valor de 12 mmHg, não ultrapassando os 19 mmHg durante todo o internamento. O doente faleceu ao terceiro dia de internamento.

Quadro III. Dados clínicos e demográficos dos doentes incluídos no estudo.

Sexo	Idade	Mecanismo	GCS	TC-CE	PIC máx	1º IP	PIC*	KOSCHI
M	16 A	impacto	7	HI, HSA, CC	49	1,25	18	3b
F	14 M	queda	7	HI, CC, F	50	1,55	25	5a
F	23 M	veículo motorizado	3	HSA, HI, CC, F, E	45	1,47	37	1
M	6 A	veículo motorizado	5	HSA, HI, CC, E	49	0,55	5	3a
M	8 A	veículo motorizado	4	HSA, HI, CC, F, E	19	1,63	12	1
M	12 A	queda	5	HI, CC	16	0,87	8	3a
M	14 A	queda	8	CC, F, E	40	1,3	13	4b
F	3 A	veículo motorizado	8	HI, CC, F	26	0,65	7	5a
M	15 A	veículo motorizado	5	HI, CC, F	23	1,7	18	3b
M	4 A	veículo motorizado	5	CC	34	1,3	28	5b
M	12 A	veículo motorizado	8	LAD, HI, CC, F, E	41	1,12	16	4b
M	17 M	lesão não accidental	8	HSA, CC, F, E	30	0,97	20	5b
M	17 A	veículo motorizado	4	HI, CC, F, E	39	1,08	4	4a
M	11 A	veículo motorizado	6	HSA, HI, CC, F, E	50	0,79	11	4b
M	14 M	lesão não accidental	8	HI, CC, F	24	1,34	17	3b
F	16 A	queda	4	HSA, HI, CC, F, E	43	1,5	30	4a
M	6 A	veículo motorizado	8	LAD	37	1,37	15	3b
F	7 A	veículo motorizado	7	HSA, F, E	28	0,77	5	4b

* PIC registada na altura da realização do Doppler transcraniano; GCS – *Glasgow coma scale*, TC-CE – tomografia computadorizada cranioencefálica, PIC – pressão intracraniana, IP – índice de pulsatilidade, KOSCHI – *King's outcome scale for childhood head injury*, LAD – lesão axonal difusa, HSA – hemorragia subaracnoideia, HI - hemorragia intracraniana (hemorragia intraventricular, hematoma epidural, hematoma subdural), CC – contusão cerebral, F – fratura, E – edema.

A PIC máxima registada em cada um dos doentes teve uma média de $35,7 \pm 11,2$ mmHg. Dezasseis doentes tiveram registos de PIC superiores a 20 mmHg, em pelo menos um dos dias de monitorização.

Foram feitas 42 avaliações por DTC na totalidade dos doentes (1-6). Houve cinco doentes que evidenciaram sinais de vasospasmo em pelo menos um dos DTC realizados. Destes, três tinham HSA na TC-CE e os outros dois tinham anemia na altura da realização do DTC. A média do primeiro IP registado foi de $1,12 \pm 0,33$, com média do IP máximo para cada doente de $1,21 \pm 0,33$. O primeiro DTC foi realizado nas primeiras 48h pós-traumatismo em 13 doentes.

A duração média do internamento foi de 12,2 dias (3-29). A média de pontuação na escala PRISM foi 19, correspondendo a uma mortalidade previsível de 28,2%, sendo que a mortalidade verificada

quanto à evolução neurológica após a alta, dez doentes tiveram boa recuperação (KOSCHI 4 e 5) e oito tiveram sequelas graves (KOSCHI 1 a 3). A avaliação das sequelas neurológicas foi realizada em média 18,2 meses após o traumatismo (4-36 meses).

A análise estatística bivariada demonstrou uma correlação muito significativa entre a primeira determinação do IP e a PIC correspondente (coeficiente de correlação de Pearson $r=0,755$; $p<0,0001$), permitindo estabelecer um modelo de regressão linear simples com a equação de reta $PIC=21,262 \times IP - 7,793$, $r^2=0,569$ (figura 2). Quando considerados todos os IP determinados (42 avaliações), a correlação manteve-se significativa ($r=0,573$; $p<0,0001$).

O IP não foi significativamente diferente nos grupos com boa e má evolução neurológica ($t=0,26$; $p=0,535$), o mesmo se verificando em relação à PIC ($t=0,077$; $p=0,612$).

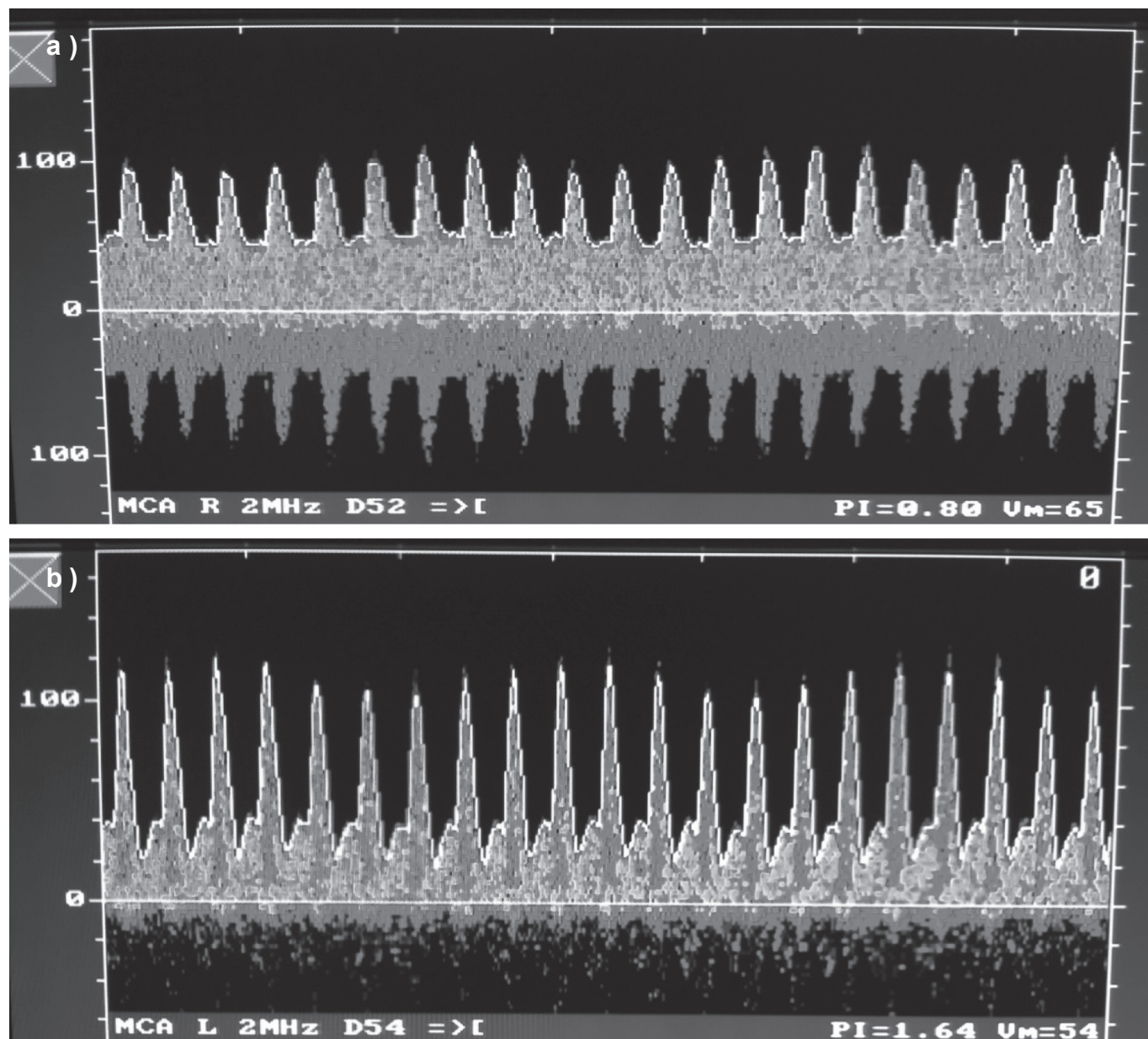


Figura 1. Doppler transcraniano do doente 5 à admissão: a) artéria cerebral média direita - velocidades de fluxo normais, índice de pulsatilidade (IP) 0,80; b) artéria cerebral média esquerda - velocidades de fluxo compatíveis com hipertensão intracraniana grave, IP 1,64.

Discussão

No TCE grave é importante o conhecimento da PIC, que permite ajustar a terapêutica e prevenir a lesão cerebral secundária relacionada em grande parte com a presença de HIC. Atualmente, a única forma de determinar a existência de HIC é a colocação de um cateter de monitorização intracerebral, que acarreta as complicações de um método invasivo num órgão doente.

O DTC tem sido estudado nos últimos anos como método não invasivo de avaliação da PIC.

Este método é seguro, acessível e não invasivo e parece permitir documentar a existência de HIC, através do IP, calculado a partir das velocidades de fluxo. Se se demonstrar ser um método fiável, poderá ajudar a determinar precocemente qual o nível de cuidados mais adequado a cada doente. Apesar de

ser uma técnica promissora, os estudos realizados até à data foram efetuados sobretudo em adultos e apresentam resultados díspares, levando a que a *Brain Trauma Foundation* recomende a realização de mais estudos nesta área¹⁵.

Os resultados do nosso estudo evidenciam uma correlação forte entre a PIC e o IP, sugerindo que é possível prever a PIC a partir do IP em crianças com TCE grave. No entanto, ao contrário da PIC, o DTC não permite uma monitorização contínua da pressão intracraniana. Existe uma técnica que permite a avaliação contínua por DTC, com recurso a um dispositivo que mantém a sonda fixa na janela de insonação, mas esta técnica implica uma total imobilização do doente e não está adaptada à população pediátrica. Não defendemos, por isso, que o DTC substitua a monitorização invasiva da PIC, mas consideramos, com base nos resultados deste estudo, que, com uma equipa experiente, pode ser uma ferramenta muito útil na avaliação inicial dos doentes com TCE grave. Esta utilidade

é particularmente evidente no caso de doentes sedados, ou sob o efeito de álcool ou drogas ilícitas que alteram o exame neurológico, impossibilitando que a avaliação clínica isolada determine as necessidades terapêuticas imediatas. A avaliação inicial por DTC, a par da avaliação imagiológica, pode ajudar a determinar se a gravidade do quadro neurológico implica a colocação imediata de cateter de monitorização de PIC, ou se, por outro lado, se deve manter monitorização clínica durante mais algum tempo, aguardando a diminuição do efeito sedativo dos fármacos.

Outro aspeto, que nos parece relevante, é a possibilidade do DTC detetar situações de vasospasmo, sendo por isso útil mesmo em doentes com monitorização invasiva da PIC. Em cinco doentes do nosso estudo o aumento da velocidade de

os valores determinados são apenas relativos ao local específico do cérebro em que está localizada a ponta do cateter. Sabemos que o TCE está frequentemente associado a lesões focais, como focos de contusão ou hemorragias, havendo nestes casos diferenças significativas de pressão entre regiões diferentes do cérebro. O DTC permite avaliar todos os territórios cerebrais, incluindo a circulação posterior, possibilitando a noção da existência de assimetrias nos fluxos cerebrais. Uma vez que o principal objetivo do tratamento do TCE em cuidados intensivos é prevenir a lesão secundária de zonas que não foram afetadas diretamente pelo impacto, a noção de como estão afetados os vários territórios cerebrais pode ser de extrema importância na abordagem terapêutica. Um exemplo concreto foi o caso referido do doente cuja primeira avaliação por DTC revelou uma assimetria das velocidades de fluxo, com velocidades normais na artéria cerebral média direita e compatíveis com hipertensão intracraniana grave na artéria cerebral média esquerda (figura 1). A monitorização da PIC foi realizada através de um cateter colocado no hemisfério direito e registou sempre valores inferiores a 20 mmHg. No entanto, a gravidade do TCE levou à morte do doente no terceiro dia após o traumatismo.

Não encontramos, neste estudo, relação entre a gravidade das sequelas neurológicas e o IP ou a PIC. Este resultado é contrário ao encontrado num estudo realizado em adultos em que o valor de IP nas primeiras 24h era significativamente diferente nos que ficaram com sequelas mais ou menos graves³. Alguns estudos prévios demonstraram que uma PIC persistentemente elevada após o TCE se associa a um pior prognóstico em termos de vida e função⁸. O resultado do nosso estudo, embora pareça contrariar os resultados de estudos anteriores, pode ser eventualmente explicado pelo facto de ter sido realizado em crianças. Embora o cérebro das crianças seja mais vulnerável ao trauma, sobretudo abaixo dos oito anos de idade²¹, existe evidência de maior plasticidade cerebral e capacidade de recuperação, quando comparado com o dos adultos²². Outra explicação para o facto dos valores de IP e PIC não se terem correlacionado com a gravidade das sequelas pode estar na elevada percentagem de doentes operados para evacuação de hematomas intracranianos e craniectomia descompressiva (7/18). Estas medidas podem controlar de forma imediata e extremamente eficaz a HIC⁹ e no estudo de Moreno *et al* não foram realizadas craniectomias descompressivas³. No nosso estudo, das cinco crianças que foram submetidas a craniectomia descompressiva, duas tiveram evolução favorável, uma com recuperação neurológica completa.

A dimensão reduzida da amostra e o facto da avaliação por DTC não ter sido efetuada logo após a chegada do doente à unidade constituem pontos fracos do estudo. A realização do DTC está dependente da presença de um dos técnicos no hospital, o que levou a que a primeira avaliação por DTC nem sempre ocorresse no primeiro dia de internamento. A avaliação das sequelas foi feita após tempos de evolução diferentes nos vários doentes e a utilização do KOSCHI é uma forma limitada de avaliar as sequelas neurológicas. Seria desejável uma avaliação completa por neuropsicologia para definir melhor os défices neurológicos e permitir otimizar o prognóstico do doente.

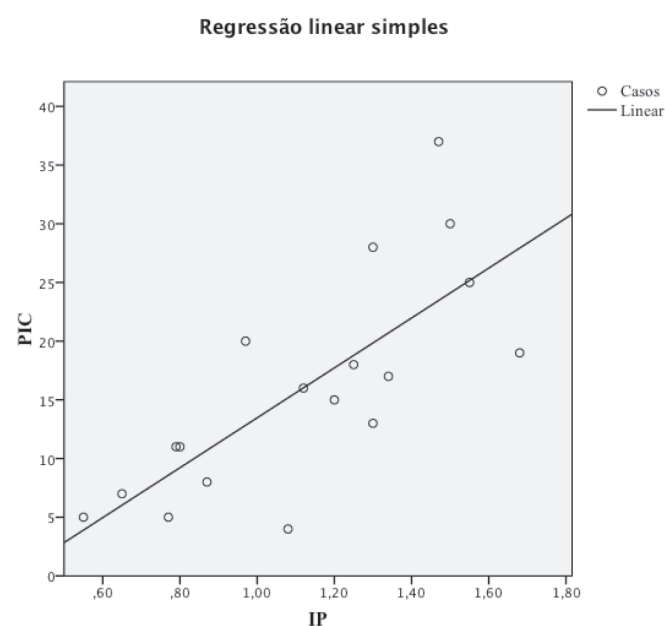


Figura 2. Correlação e regressão linear simples entre índice de pulsatilidade e pressão intracraniana: coeficiente de correlação de Pearson $r=0,755$, $p<0,0001$; $r^2=0,569$, equação de reta $PIC=21,262 \times IP - 7,793$.

fluxo sistólica sugeriu a presença de vasospasmo. De outra forma, este diagnóstico que tem implicações terapêuticas importantes, só seria possível por angiografia cerebral, um método invasivo e nem sempre acessível ou passível de ser efetuado num doente instável, o que se verifica frequentemente. Contudo, dois dos cinco doentes tinham anemia na altura da realização do DTC, podendo esta ser uma causa de falsos positivos. Nestes casos o cálculo do índice Lindegaard, que compara os fluxos na carótida e na artéria cerebral média^{12,20}, permite distinguir o verdadeiro vasospasmo da hiperemia resultante da anemia, sendo a experiência dos técnicos essencial na identificação destas situações. Obviamente, as informações da TC-CE relativamente à existência de HSA são fundamentais na interpretação dos resultados.

A experiência adquirida ao longo do período do estudo permitiu-nos identificar outra vantagem da avaliação por DTC em doentes com monitorização invasiva de PIC. Nestes doentes,

Em conclusão, o DTC parece ser uma técnica extremamente útil e promissora na avaliação de crianças com TCE grave. Este estudo está de acordo com os resultados de estudos anteriores, sugerindo que o DTC permite estimar de forma não invasiva a PIC na nossa população. O papel do DTC no TCE em idade pediátrica está ainda por definir, mas as aplicações poderão incluir avaliação de doentes com TCE moderado a grave, sob efeito de sedativos, com lesões assimétricas, com dissociação entre a clínica e a imagiologia, auxiliar na decisão de colocação de cateter de monitorização de PIC, entre outras. Mais estudos prospetivos são fundamentais para ajudar a definir este papel.

Agradecimentos:

Os autores agradecem à Dra. Vanessa Almeida, do laboratório de hemodinâmica cerebral do Serviço de Neurologia, CHLN, a disponibilidade na realização de DTC ao longo de todo o estudo e à Dra. Marisa Vieira, Dra. Cristina Camilo e Dra. Joana Rios o contributo que deram na revisão crítica do artigo.

Referências

- Kiening K, Unterberg A. Trauma Care in Germany: A European Perspective. *Clin Neurosurg* 2007;54:206-8. doi: 0148-703/07/5401-0206.
- Shi J, Xiang H, Wheeler K, Smith G, Stallones L, Groner J, et al. Costs, mortality likelihood and outcomes of hospitalized US children with traumatic brain injuries. *Brain Inj* 2009;23:602-11. doi: 10.1080/02699050903014907.
- Moreno JA, Mesalles E, Gener J, Tomasa A, Ley A, Roca J, et al. Evaluating the outcome of severe head injury with transcranial Doppler ultrasonography. *Neurosurg Focus* 2000;8:1-7.
- White JR, Farukhi Z, Bull C, Christensen J, Gordon T, Paidas C, et al. Predictors of outcome in severely head-injured children. *Crit Care Med* 2001;29:534-40.
- Kido D, Cox C, Hamill R, Rothenber B, Woolf P. Traumatic Brain Injuries – Predictive Usefulness of CT. *Radiology* 1992;182:777-81.
- Marmarou A, Anderson RL, Ward JD, Choi SC, Young HF, Eisenberg HM, et al. Impact of ICP instability and hypotension on outcome in patients with severe head trauma. *J Neurosurg* 1991;75 Suppl:S59-66.
- Elf K, Nilsson P, Ronne-Engström E, Howells T, Enblad P. Cerebral perfusion pressure between 50 and 60 mm Hg may be beneficial in head-injured patients: a computerized secondary insult monitoring study. *Neurosurgery* 2005;56:962-71. doi: 10.1227/01.NEU.0000158317.00603.40.
- 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:S11-17 doi: 10.1097/PCC.0b013e31823f440c.
- Jagannathan J, Okonkwo DO, Yeoh HK, Dumont A, Saulle D, Hailzlip J, et al. Long-term outcomes and prognostic factors in pediatric patients with severe traumatic brain injury and elevated intracranial pressure. *J Neurosurg Pediatr* 2008;2:240-49. doi: 10.3171.PED.2008.2.10.240.
- Aaslid R, Markwalder T-M, Nornes H. Noninvasive transcranial Doppler ultrasound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. *J Neurosurg* 1982;57:769-74.
- Report of the American Academy of Neurology Therapeutics and Technology Assessment subcommittee. Assessment: transcranial Doppler. *Neurology* 1990;40:680-81.
- Saqqur M, Zygun D, Demchuk A. Role of transcranial Doppler in neurocritical care. *Crit Care Med* 2007;35:S217-23. doi: 10.1097/01.CCM.0000260633.66384.FB.
- Bellner J, Rommer B, Reinstrup P, Kristiansson KA, Ryding E, Brandt L. Transcranial Doppler sonography pulsatility index (PI) reflects intracranial pressure (ICP). *Surg Neurol* 2004;62:45-51. doi:10.1016/j.surneu.2003.12.007.
- Melo JR, Di Rocco F, Blanot S, Cuttaree H, Sainte-Rose C, Oliveira-Filho J, et al. Transcranial Doppler can predict intracranial hypertension in children with severe traumatic brain injuries. *Childs Nerv Syst* 2011;27:979-84. doi 10.1007/s00381-010-1367-8.
- Guidelines for the management of severe traumatic brain injury - Third Edition. *J Neurotrauma* 2007;24 Suppl 1:S65-70. doi: 10.1089/neu.2007.9986.
- Crouchman M, Rossiter L, Colaco T, Forsyth R. A practical outcome scale for paediatric head injury. *Arch Dis Child* 2001;84:120-4.
- Gosling RG, King DH. Arterial assessment by Doppler-shift ultrasound. *Proc R Soc Med* 1974;67:447-9.
- Robalo B, Abecasis F, Quintas S, Vieira M, Camilo C, Correia M. Protocolo de atuação na hemorragia subaracnoideia não traumática. *Acta Pediatr Port* 2008;39:266-70. doi: 0873-9781/08/39-6/266.
- 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:S3-6. doi: 10.1097/PCC.0b013e31823f437e.
- Lindegard KF, Nornes H, Bakke SJ, Sorteberg W, Nakstad P. Cerebral vasospasm diagnosis by means of angiography and blood velocity measurements. *Acta Neurochir* 1989;100:12-24.
- Anderson V, Catroppa C, Morse S, Haritou F, Rosenfeld J. Functional plasticity or vulnerability after early brain injury? *Pediatrics* 2005;116:1374-82. Doi: 10.1542/peds.2004-1728.
- Chugani HT, Muller RA, Chugani DC. Functional brain reorganization in children. *Brain Dev* 1996;18:347-56. doi 10.1016/0387-7604(96)00032-0.