



AFYA FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS DA PARAÍBA
CURSO DE BACHARELADO EM MEDICINA

ISABELA FERNANDES DE MELO PEREIRA
JOÃO VITOR TEIXEIRA GOMES
ESTER DELLANE ALVES INÁCIO IRINEU

**AVANÇOS E LIMITAÇÕES DO DOPPLER TRANSCRANIANO NO MANEJO
DO TRAUMATISMO CRANIOENCEFÁLICO GRAVE: UMA REVISÃO DE
LITERATURA**

ISABELA FERNANDES DE MELO PEREIRA
JOÃO VITOR TEIXEIRA GOMES
ESTER DELLANE ALVES INÁCIO IRINEU

**AVANÇOS E LIMITAÇÕES DO DOPPLER TRANSCRANIANO NO MANEJO
DO TRAUMATISMO CRANIOENCEFÁLICO GRAVE: UMA REVISÃO DE
LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Afya Faculdade de
Ciências Médicas da Paraíba como
requisito parcial para a obtenção do grau
de Bacharel em Medicina.

Orientadora: Ana Silvia Suassuna
Carneiro Lúcio.

Biblioteca Afya Faculdade de Ciências Médicas da Paraíba – Afya Paraíba

- P436 Pereira, Isabela Fernandes de Melo.
Avanços e limitações do Doppler Transcraniano no manejo do Traumatismo Cranioencefálico grave: uma revisão de literatura / Isabela Fernandes de Melo Pereira; João Vitor Teixeira Gomes; Ester Dellane Alves Inácio Irineu. – Cabedelo, 2024.
8 f.
- Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Medicina) – Afya Faculdade de Ciências Médicas da Paraíba, 2024.
Orientadora: Ana Silvia Suassuna Carneiro Lúcio.
1. Doppler transcraniano. 2. Hemodinâmica cerebral. 3. Traumatismo cranioencefálico grave. I. Gomes, João Vitor Teixeira. II. Irineu, Ester Dellane Alves Inácio. III. Carneiro Lúcio, Ana Silva Suassuna (orientadora). IV. Título.

CDU: 616.8

Avanços e limitações do Doppler Transcraniano no manejo do Traumatismo Cranioencefálico Grave: uma revisão de literatura

Advances and limitations of Transcranial Doppler Ultrasonography on the management of Severe Trauma Brain Injury: a review

Isabela Fernandes de Melo Pereira¹, João Vitor Teixeira Gomes¹, Ester Dellane Alves Inácio Irineu¹, Ana Silvia Suassuna Carneiro Lúcio¹.

¹Graduação em Medicina - Afya – Ciências Médicas da Paraíba

RESUMO

Objetivo: Identificar os principais avanços e limitações do DTC no manejo do TCE grave. **Métodos:** Uma busca foi realizada nas bases de dados “Pubmed”, “Embase e “Scopus”, com a combinação de descritores MESH e operadores Booleanos: ‘transcranial doppler ultrasonography’ AND ‘traumatic brain injury’ AND ‘management’. Os critérios de inclusão foram: estudos controlados, clínicos e observacionais envolvendo seres humanos, sem restrição de ano de publicação e texto completo disponível. Foram excluídos artigos que fugiam do tema, artigos repetidos, estudos revisionais, relatos de caso, séries de casos e comentários. **Revisão Bibliográfica:** O DTC se mostra agregador ao ser integrado no conjunto de cuidados ao paciente com TCE grave, é capaz de enriquecer a comunidade científica com informações sobre o funcionamento da hemodinâmica cerebral em seus diversos contextos patológicos e revela um potencial ruptura de paradigma sobre a suficiência do monitoramento invasivo da PIC no neurotrauma. **Conclusão:** Embora os estudos apontem obtenção de medidas importantes sobre a hemodinâmica cerebral, a ausência de uma proposta terapêutica específica e guiada pelos resultados do DTC torna questionável seu papel como definidor de conduta e prognóstico no TCE grave. Sua utilidade revela-se principalmente como um bom preditor de desfechos, mas ainda não se estabeleceu como definidor de prognóstico, apesar do potencial.

Palavras-chave: Doppler Transcraniano; Hemodinâmica Cerebral; Traumatismo Cranioencefálico grave

ABSTRACT

Objective: To identify the main advances and limitations of TCD in the management of severe TBI. **Methods:** A search was carried out in the “Pubmed”, “Embase and “Scopus” databases, with the combination of MESH descriptors and Boolean operators: ‘transcranial doppler ultrasonography’ AND ‘traumatic brain injury’ AND ‘management’. The inclusion criteria were: controlled, clinical and observational studies involving human beings, with no restriction on year of publication and full text available. Articles that deviated from the topic, repeated articles, revisionary studies, case reports, case series and comments were excluded. **Bibliographical Review:** The TCD proves to be an aggregator by being integrated into the set of care for patients with severe TBI, it is capable of enriching the scientific community with information about the functioning of cerebral hemodynamics in its different pathological contexts and reveals a potential paradigm shift regarding the sufficiency of invasive ICP monitoring in neurotrauma. **Conclusion:** Although studies point to obtaining important measurements of cerebral hemodynamics, the absence of a specific therapeutic proposal guided by TCD results makes its role as a definer of management and prognosis in severe TBI questionable. Its usefulness is mainly as a good predictor of outcomes, but it has not yet been established as a prognosis definer, despite its potential.

Key words: Transcranial Doppler; Cerebral Hemodynamics; Severe Trauma Brain Injury.

INTRODUÇÃO

O monitoramento com Doppler Transcraniano (DTC) é um método não-invasivo capaz de prever aumento na Pressão Intracraniana (PIC) por meio da detecção da redução da perfusão cerebral (Rasulo *et al.*, 2022; Bankole *et al.*, 2022; Tao Chang *et al.*, 2019; Rasulo *et al.*, 2017; Ract *et al.*, 2007). Nesse sentido, informações sobre alterações patológicas da hemodinâmica cerebral podem ser significativas na avaliação da gravidade da lesão, bem como no direcionamento terapêutico (Tao Chang *et al.*, 2019; Ract *et al.*, 2007). O resultado da PIC elevada, que produz um efeito compressivo nos vasos cerebrais, é a diminuição da pressão de perfusão cerebral (PPC), que é a causa mais comum de isquemia do tecido cerebral (Splavski *et al.*, 2006).

Apesar de muitos fatores afetarem o desfecho de pacientes que sofreram traumatismo craniano, a hipertensão intracraniana (HIC) e a hipotensão sistêmica são preditores independentes de desfechos desfavoráveis. Ambos estão associados a uma redução na PPC e no fluxo sanguíneo cerebral (FSC), causando lesões isquêmicas secundárias. Dessa forma, a otimização da PPC é a meta terapêutica durante a recuperação desses pacientes na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) (Czosnyka *et al.*, 1998).

Há uma relação direta entre o prejuízo da circulação cerebral após a lesão e o avanço da isquemia do tecido cerebral, que deve ser levada em consideração no manejo clínico desses pacientes. Imediatamente após o TCE, o FSC é extremamente baixo e próximo do limite isquêmico. Consequentemente, o acúmulo de edema intersticial, aliado ao crescente efeito de massa, pode posteriormente corroborar na extensão do dano por ultrapassar o limite de complacência intracraniana e produzir uma lesão isquêmica secundária, alvo do tratamento neurocirúrgico e determinante do prognóstico da doença (Brasil *et al.*, 2024; Splavski *et al.*, 2006).

No entanto, apenas o valor absoluto da PIC não é suficiente para identificar o comprometimento da complacência intracraniana e essa limitação pode levar a um cálculo impreciso da PPC (Brasil *et al.*, 2024). Assim, a coleta informações sobre o estado da hemodinâmica cerebral a partir do DTC emerge como uma importante coadjuvante nesse cenário, pois possibilita a averiguação de parâmetros que, ao serem corrigidos precocemente, influenciam no sistema de cuidados no TCE grave (Tao Chang *et al.*, 2019).

Os parâmetros mais comuns avaliados no DTC são a velocidade média do fluxo sanguíneo nas Artérias Cerebrais Médias (ACM), a velocidade diastólica final da mesma artéria, a velocidade média da parte intracraniana da Artéria Carótida Interna (ACI), a velocidade média da parte extracraniana da ACI, o Índice de Pulsatilidade (IP) e o Índice de Lindegaard (Bankole *et al.*, 2022). Especificamente, o IP acima de 1.4 tem sido associado a uma redução da PPC, sobretudo quando aliado a redução das velocidades médias das ACMs, podendo indicar aumento da PIC (Bankole *et al.*, 2022; Tao Chang *et al.*, 2019; Ract *et al.*, 2007).

Assim, o DTC possui alta sensibilidade a alterações na dinâmica cerebrovascular e por isso permite avaliações e respostas terapêuticas imediatas à beira leito (Brasil *et al.*, 2024). Portanto, o objetivo deste estudo é identificar os principais avanços e limitações do DTC no manejo do TCE grave.

MÉTODOS

Uma busca foi conduzida de acordo com a questão de pesquisa baseada na estratégia PICOS: “Qual o impacto do doppler transcraniano no manejo do traumatismo cranioencefálico grave?”. A população escolhida foi adultos, sem restrição de gênero, que haviam sofrido traumatismo craniano grave, a intervenção

foi a utilização de doppler transcraniano em unidade de terapia intensiva. O grupo controle foi de pacientes que não haviam recebido a intervenção ou que foram submetidos a monitoramento invasivo da pressão intracraniana, os desfechos principais analisados foram a influência do exame na intervenção precoce e predição de prognóstico. Foram selecionados apenas estudos clínicos e observacionais.

A busca foi realizada nas bases de dados eletrônicas “Pubmed”, “Embase e “Scopus”, sendo utilizada a seguinte combinação de descritores MESH e operadores Booleanos: ‘transcranial doppler ultrasonography’ AND ‘traumatic brain injury’ AND ‘management’. O único filtro utilizado foi o tipo de documento como sendo artigo, na Scopus e EMBASE e estudos controlados na PubMed. Os critérios de inclusão foram: estudos controlados, clínicos e observacionais envolvendo seres humanos, escritos nos idiomas inglês, português ou espanhol, sem restrição de ano de publicação e texto completo disponível. Foram excluídos artigos que fugiam do tema, artigos repetidos, estudos revisionais, relatos de caso, séries de casos, comentários e estudos com desfechos incompatíveis.

A seleção dos artigos foi conduzida por dois revisores, com auxílio do software “Rayyan”, em que inicialmente os artigos foram avaliados por título e resumo. Após a triagem inicial, os estudos foram analisados por meio da leitura de texto completo e a seleção resultante teve seus conflitos resolvidos por um terceiro revisor. Por fim, ao se identificar estudos utilizados nas referências dos artigos encontrados, com significativa relevância e pertinência ao assunto, foi realizada a inclusão dos mesmos na discussão.

RESULTADOS

Foram encontrados 34 artigos no total, sendo três da base de dados “PubMed”, 17 da “EMBASE” e 14 da “Scopus”. Destes, sete foram excluídos por serem estudos revisionais, seis por fuga temática, cinco por não serem estudos controlados e cinco por indisponibilidade de texto completo. Dos restantes, um artigo foi selecionado da “PubMed”, quatro da “EMBASE” e seis da “Scopus”, sendo excluídos três por serem duplicatas. Dos sete restantes, dois foram excluídos na análise final por analisarem apenas desfechos incompatíveis. Além disso, foram incluídos quatro estudos de alto impacto provenientes das referências dos artigos encontrados na busca dentro das bases de dados.

Dos cinco estudos incluídos na análise final, dois reportaram que o monitoramento com DTC teve um impacto significativamente positivo na decisão de realizar outras intervenções precoces como monitoramento invasivo da pressão intracraniana ou encaminhar o paciente para craniectomia descompressiva imediata por detecção de potencial aumento na pressão intracraniana. Outros dois estudos identificaram uma correlação entre um prognóstico favorável e monitoramento com DTC. Por fim, um artigo concluiu que o monitoramento com DTC possibilita descartar hipertensão intracraniana em casos que métodos invasivos não estão disponíveis.

Em todos os estudos a população avaliada foi de pacientes que sofreram TCE grave. Para avaliar o impacto do DTC no prognóstico e desfechos, todos os estudos utilizaram a Escala de Resultados de Glasgow após seis meses do trauma. A pontuação varia de um a cinco, sendo um ponto correspondente a morte, dois pontos a estado vegetativo, três pontos a incapacidade grave, quatro pontos a incapacidade moderada e cinco pontos a incapacidade leve ou recuperação boa (Jennett; Bond, 1975).

Quadro 1 - Síntese dos principais achados sobre o uso do Doppler Transcraniano em casos de Traumatismo Encefálico grave. João Pessoa - PB, 2024.

AUTORES/ANO	TIPO DE ESTUDO	OBJETIVO	PRINCIPAIS RESULTADOS	CONCLUSÃO
Zurynski <i>et al.</i> , 1995	Coorte retrospectiva	Avaliar a utilidade do DTC precoce na predição de vasoespasmos e hiperemia após TCEg.	A incidência de vasoespasmos e hiperemia foi maior nos pacientes com DTC anormal.	O DTC é útil nas primeiras 24 horas de admissão hospitalar para prever a ocorrência de vasoespasmos e hiperemia.
Martin <i>et al.</i> , 1997	Coorte prospectiva	Identificar fases da hemodinâmica cerebral após TCEg.	Identificou-se as fases de hipoperfusão, hiperemia e vasoespasmos na evolução da lesão cerebral após TCEg.	Existe um padrão estereotipado de alterações hemodinâmicas cerebrais no TCEg.
Czonyska <i>et al.</i> , 1998	Coorte prospectiva	Avaliar se o DTC é confiável para estimar a PPC.	Foi encontrada uma correlação significativa entre a PPC mensurada pela PIC e a estimada pelo DTC.	A estimativa da PPC por meio do DTC demonstra potencial utilidade em contextos de indisponibilidade do monitoramento invasivo da PIC
Schmidt <i>et al.</i> , 2001	Coorte prospectiva	Estimar a PPC utilizando DTC.	A diferença entre a PPC estimada pelo DTC e mensurada pelo monitoramento invasivo da PIC foi de menos de 13mmHg em 92% das medidas.	O DTC mostra potencial benefício para o monitoramento intermitente ou contínuo da PPC em casos que o monitoramento invasivo não está disponível.
Splavski <i>et al.</i> , 2006	Coorte retrospectiva	Apontar o valor do DTC precoce na predição de desfechos após TCEg.	Foi encontrada uma forte correlação negativa entre o IP patológico e desfechos desfavoráveis.	O DTC nas primeiras 24 horas de admissão hospitalar é válido como preditor de desfechos após TCEg.
Ract <i>et al.</i> , 2007	Coorte prospectiva	Avaliar a utilidade da terapêutica guiada por DTC precoce após TCEg.	A terapêutica guiada por DTC permitiu a melhora da perfusão cerebral e diminuição da duração de lesões cerebrais secundárias.	O DTC precoce é uma ferramenta útil para guiar o tratamento de pacientes que sofreram TCEg e melhorar seus prognósticos.
Tao Chang <i>et al.</i> , 2019	Coorte retrospectiva	Comparar desfechos entre pacientes que tiveram apenas a PIC monitorada com pacientes adicionalmente foram monitorados com DTC no pós-operatório de CD após TCEg.	O grupo com monitoramento bimodal (PIC + DTC) apresentou incidência significativamente maior de desfechos favoráveis, quando comparados com o grupo que obteve monitoramento unimodal (apenas PIC).	O monitoramento com DTC é útil na identificação de alterações patológicas da hemodinâmica cerebral, que ao serem tratadas podem melhorar o desfecho dos pacientes.
Sokoloff <i>et al.</i> , 2020	Coorte prospectiva	Avaliar a capacidade do DTC em identificar hipóxia cerebral por meio do FSC.	Houve correlação significativa entre o baixo FSC e hipóxia cerebral.	O DTC tem potencial para ser utilizado como uma ferramenta de triagem antes de monitorar invasivamente o paciente e ajudar a minimizar lesões secundárias.
Bankole <i>et al.</i> , 2022	Coorte retrospectiva	Avaliar impacto do DTC na decisão de operar CD e na ERG em pacientes que sofreram TCEg.	Em 89% dos casos monitorados por DTC foi detectado aumento da PIC, corroborando na decisão de operar CD	O monitoramento com DTC teve impacto significativo na decisão precoce para realizar CD e teve efeito mediano na ERG

Fonte: Autores, 2024

Símbolos: DTC: Doppler Transcraniano; CD: Craniectomia Descompressiva; ERG: escala de Resultados de Glasgow; PIC: Pressão Intracraniana; TCEg: Traumatismo Cranioencefálico grave.

DISCUSSÃO

A mensuração da PPC mostrou-se um importante fator determinante no desenvolvimento de lesões cerebrais isquêmicas secundárias. Em geral, essa medida é tomada pela PAM subtraída do valor da PIC. No entanto, para acessar o valor da PIC, é necessária a disponibilidade de profissional da neurocirurgia para inserir o cateter de PIC no paciente, o que nem sempre ocorre em tempo hábil de realizar intervenções potencialmente importantes. Nesse sentido, o DTC mostra-se como uma ferramenta que possibilita estimar a PPC sem a necessidade de serviço neurocirúrgico, de maneira não invasiva, rápida e por meio de equipamento de alta acessibilidade e disponibilidade (Czosnyka *et al.*, 1998; Schmidt *et al.*, 2001).

Ao longo de décadas de estudo, essa ferramenta mostrou-se excelente no avanço do conhecimento sobre a hemodinâmica cerebral, sobretudo no seu comportamento diante de lesões intracranianas desencadeadas pelo traumatismo cranioencefálico (Martin *et al.*, 1997; Czosnyka *et al.*, 1998; Schmidt *et al.*, 2001; Sokoloff *et al.*, 2020). Especialmente, um marco nessa trajetória foi a identificação, por Martin *et al.*, de um padrão estereotipado de alterações na hemodinâmica cerebral, que foram definidas em três fases, após análise de seu curso temporal. São elas: hipoperfusão, durante as primeiras 24 horas da lesão, seguida de hiperemia, que dura até o terceiro dia após trauma, culminando na fase do vasoespasma, que segue até o 14º dia de acompanhamento. Com isso, percebe-se que a terapêutica do TCE deve levar em consideração também aspectos temporais e correlacionar com as medidas necessárias para a atenuação de lesões cerebrais isquêmicas secundárias (Sokoloff *et al.*, 2020).

Ract e colaboradores (2007) apontaram que o monitoramento precoce de casos de TCE grave com DTC, aliado a terapêutica guiada pelos resultados do DTC resultou em uma melhora significativa da perfusão cerebral e, conseqüentemente, em uma diminuição da duração e da extensão de lesão secundária. Contudo, essas medidas não foram correlacionadas com um melhor desfecho a longo prazo. Por outro lado, essa modalidade de monitoramento permitiu uma acurada predição de desfechos (Bankole *et al.*, 2022; Tao Chang *et al.*, 2019; Splavski *et al.*, 2006) e complicações como vasoespasma e hiperemia (Zurynski *et al.*, 1995). Também possibilitou um menor tempo entre o trauma e a intervenção cirúrgica (Bankole *et al.*, 2022) e mostrou-se útil para identificar alterações patológicas da PIC em casos de indisponibilidade de monitoramento invasivo da PIC (Bankole *et al.*, 2022; Tao Chang *et al.*, 2019).

A ferramenta mostrou potencial em detectar hipóxia nas primeiras 24 horas da lesão, pois o baixo FSC foi significativamente correlacionado com uma diminuição da pressão de oxigênio tecidual cerebral mensurada por cateter (PbtO₂). Esse é um dado importante e útil no manejo da minimização de lesões secundárias. Porém, existem diversos fatores que influenciam o contexto fisiopatológico na fase inicial do TCE grave e que podem afetar a relação entre a velocidade média das ACMs e a PbtO₂, o que coloca em risco a relevância clínica da correlação encontrada, mesmo que estatisticamente significativa (Sokoloff *et al.*, 2020).

Além disso, essa modalidade de monitoramento evidenciou utilidade na beira leito em UTI neurológica, para orientar o manejo de acordo com alterações patológicas da hemodinâmica cerebral (Tao Chang *et al.*, 2019; Ract *et al.*, 2007; Zurynski *et al.*, 1995). Em especial, o uso do DTC na admissão hospitalar permite a identificação precoce de hipoperfusão cerebral, sendo os indicadores mais confiáveis a velocidade diastólica final da ACM abaixo de 20 cm/s e o IP acima de 1.4. Nesses pacientes de alto risco, a terapia precoce guiada pelos resultados do DTC pode restaurar a perfusão cerebral normal e, conseqüentemente,

ajudar a reduzir a extensão e a duração de lesão cerebral secundária (Tao Chang *et al.*, 2019, Ract *et al.*, 2007, Splavski *et al.*, 2006, Zurynski *et al.*, 1995).

Ademais, a identificação inicial de uma menor velocidade do FSC e um maior IP, ambos dentro do intervalo patológico, foram correlacionados com piores desfechos, sendo predominante a pontuação de um a três na Escala de Resultados de Glasgow após seis meses (Splavski *et al.*, 2006, Bankole *et al.*, 2022, Ract *et al.*, 2007). Adicionalmente, mensurar o FSC nas primeiras 24 horas da lesão mostrou-se útil na predição de vasoespasma pós-traumático e hiperemia (Bankole *et al.*, 2022, Zurynski *et al.*, 1995). A hiperemia foi identificada como uma complicação inicial, evidenciada nos três primeiros dias após a lesão, e o vasoespasma pós-traumático como uma complicação tardia, aparecendo por volta do sétimo dia após a lesão (Tao chang *et al.*, 2019, Zurynski *et al.*, 1995), achados condizentes com a literatura.

Especificamente, Zurynski e colaboradores (1995) demonstraram que pacientes com hiperemia apresentaram menor PPC e maior PIC, enquanto a PIC se manteve estável nos pacientes que apresentaram vasoespasma. No mesmo estudo sugeriu-se que ao avaliar um paciente individualmente e, caso o FSC esteja baixo ou alto, é importante considerar a probabilidade de que desenvolva alta velocidade no DTC devido a hiperemia ou vasoespasma, sendo este último de maior incidência em casos de hemorragia visível na TC de crânio. Além disso, encontrou-se que pacientes com baixo FSC apresentaram ERG após 6 meses significativamente pior do que os grupos com FSC normal ou alto. Diante disso, Zurynski *et al.* (1995) sugeriram que em casos de valores de perfusão em categoria de alto risco poderia ser eficaz um monitoramento mais de perto e tratamento profilático.

Particularmente, Ract *et al.* (2007), encontraram uma forte correlação entre o valor alto do IP e baixa PPC. Adicionalmente, valores patológicos do IP e velocidades médias das ACMS persistentemente baixas foram correlacionados com maior duração da Hipertensão Intracraniana (HIC), parâmetro também importante no prognóstico, o que torna as informações sobre a hemodinâmica cerebral indispensáveis na predição do desfecho em pacientes com TCE grave (Splavski *et al.*, 2006). Por fim, Rasulo *et al.* (2022) investigou a capacidade do DTC de excluir HIC em pacientes com lesão cerebral, em comparação com a monitorização invasiva da PIC por meio de um estudo clínico prospectivo multicêntrico e internacional. A pesquisa identificou uma alta acurácia na discriminação do DTC para excluir HIC e mostrou utilidade clínica da ferramenta em contextos de indisponibilidade de métodos invasivos.

As limitações em comum encontradas nos estudos foram principalmente o número amostral pequeno, a natureza retrospectiva da maioria dos artigos, a controvérsia existente sobre os valores considerados normais no DTC. Também o curto período de seguimento (6 meses) e a acurácia operador-dependente do DTC foram apontados na maior parte dos estudos. Por fim, esses resultados requerem um estudo clínico randomizado com um tamanho amostral de tamanho maior para serem validados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O DTC é uma ferramenta que se mostra agregadora ao ser integrada no conjunto de cuidados ao paciente com TCE grave, capaz de enriquecer a comunidade científica com informações sobre o

funcionamento da hemodinâmica cerebral em seus diversos contextos patológicos e revela uma potencial ruptura de paradigma sobre a suficiência do monitoramento invasivo da PIC no neurotrauma. Contudo, apesar de os estudos apontarem a possibilidade de se obter medidas importantes e de maneira satisfatória sobre a hemodinâmica cerebral com o uso do DTC, a ausência de uma proposta terapêutica específica e guiada pelos resultados do DTC torna questionável seu papel como definidor de conduta e prognóstico no TCE grave. Sua utilidade tem se revelado principalmente como um bom preditor de desfecho, mas ainda não se estabeleceu como definidor de prognóstico, apesar de seu potencial para tal.

Assim, é importante a realização de estudos clínicos randomizados com um número amostral significativo para identificar especificamente quais medidas terapêuticas, bem como a fase hemodinâmica em que seria eficaz intervir com o objetivo de afetar positivamente e significativamente o prognóstico do TCE grave.

REFERÊNCIAS

1. Bankole, N. D. A., François de Paule, D. K., Denou, M., Hemama, M., El Fatemi, N., Faroudy, M., ... & El Ouahabi, A. (2022). Towards integration of transcranial Doppler in the management of severe TBI in LICs and LMICs: A cohort retrospective study. *Interdisciplinary Neurosurgery*, 28, 101460.
2. Brasil, S., Godoy, D. A., Videtta, W., Rubiano, A. M., Solla, D., Taccone, F. S., ... & Paiva, W. S. (2024). A Comprehensive Perspective on Intracranial Pressure Monitoring and Individualized Management in Neurocritical Care: Results of a Survey with Global Experts. *Neurocritical Care*, 1-13.
3. Chang, T., Li, L., Yang, Y., Li, M., Qu, Y., & Gao, L. (2019). Transcranial Doppler ultrasonography for the management of severe traumatic brain injury after decompressive craniectomy. *World Neurosurgery*, 126, e116-e124.
4. Czosnyka, M., Matta, B. F., Smielewski, P., Kirkpatrick, P. J., & Pickard, J. D. (1998). Cerebral perfusion pressure in head-injured patients: a noninvasive assessment using transcranial Doppler ultrasonography. *Journal of neurosurgery*, 88(5), 802-808.
5. Jennett, B; Bond, M (Mar 1, 1975). Assessment of outcome after severe brain damage. *Lancet* 1(7905): 480–484.
6. Martin, N. A., Patwardhan, R. V., Alexander, M. J., Africk, C. Z., Lee, J. H., Shalmon, E., ... & Becker, D. P. (1997). Characterization of cerebral hemodynamic phases following severe head trauma: hypoperfusion, hyperemia, and vasospasm. *Neurosurgical Focus*, 2(5), E2.
7. Ract, C., Le Moigno, S., Bruder, N., & Vigué, B. (2007). Transcranial Doppler ultrasound goal-directed therapy for the early management of severe traumatic brain injury. *Intensive care medicine*, 33, 645-651.
8. Rasulo, F. A., Calza, S., Robba, C., Taccone, F. S., Biasucci, D. G., Badenes, R., ... & Latronico, N. (2022). Transcranial Doppler as a screening test to exclude intracranial hypertension in brain-injured patients: the IMPRESSIT-2 prospective multicenter international study. *Critical Care*, 26(1), 110.

9. Schmidt, E. A., Czosnyka, M., Gooskens, I., Piechnik, S. K., Matta, B. F., Whitfield, P. C., & Pickard, J. D. (2001). Preliminary experience of the estimation of cerebral perfusion pressure using transcranial Doppler ultrasonography. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 70(2), 198-204.
10. Sokoloff, C., Williamson, D., Serri, K., Albert, M., Odier, C., Charbonney, E., ... & ÉRESI Research Group (Équipe de Recherche En Soins Intensifs). (2020). Clinical usefulness of transcranial doppler as a screening tool for early cerebral hypoxic episodes in patients with moderate and severe traumatic brain injury. *Neurocritical Care*, 32, 486-491.
11. Splavski, B., Radanović, B., Vranković, D., Has, B., Mužević, D., Jančuljak, D., & Legčević, J. (2006). Transcranial doppler ultrasonography as an early outcome forecaster following severe brain injury. *British journal of neurosurgery*, 20(6), 386-390.
12. Vigué B, Ract C, Benayed B, Zlotine N, Leblanc PE, Samii K, Bissonnette B (1999) Early S_{jv}O₂ monitoring in patients with severe brain trauma
13. Zuryski, Y. A., Dorsch, N. W., & Pearson, I. (1995). Incidence and effects of increased cerebral blood flow velocity after severe head injury: a transcranial Doppler ultrasound study I. Prediction of post-traumatic vasospasm and hyperemia. *Journal of the neurological sciences*, 134(1-2), 33-40.