

Acurácia do Doppler Transcraniano na avaliação da Hipertensão Intracraniana no Trauma Cerebral Agudo

Accuracy of Transcranial Doppler in the Assessment of Intracranial Hypertension in Acute Brain Trauma

Precisión del Doppler Transcraneal en la Evaluación de la Hipertensión Intracraneal en el Trauma Cerebral Agudo

Maria Fernanda Cambraia Franco de Souza¹, Hope Boaventura do Couto Ferreira², Lavínia Batalha Fernandes dos Santos³, Maria Gabriela Sidney Santana⁴, Caroline de Almeida Rodrigues⁵

Como citar: Souza MFCF, Ferreira HBC, Santos LBF, Santana MGS, Rodrigues CA. Acurácia do Doppler Transcraniano na avaliação da Hipertensão Intracraniana no Trauma Cerebral Agudo. REVisa. 2026; 15(Esp.1): 52-64. Doi: <https://doi.org/10.36239/revisa.v15.nEsp1.p52a57>.

REVisa

1. Universidade Prof. Edson Antônio Velano (UNIFENAS). Alfenas, Minas Gerais, Brasil. <https://orcid.org/0009-0000-6499-994X>

2. Universidade Prof. Edson Antônio Velano (UNIFENAS). Alfenas, Minas Gerais, Brasil. <https://orcid.org/0009-0007-6608-0444>

3. Universidade Prof. Edson Antônio Velano (UNIFENAS). Alfenas, Minas Gerais, Brasil. <https://orcid.org/0009-0006-4258-8692>

4. Universidade Prof. Edson Antônio Velano (UNIFENAS). Alfenas, Minas Gerais, Brasil. <https://orcid.org/0009-0006-4258-8692>

5. Universidade Prof. Edson Antônio Velano (UNIFENAS). Alfenas, Minas Gerais, Brasil. <https://orcid.org/0009-0007-4740-487X>

Recebido: 12/10/2025
Aprovado: 21/12/2025

RESUMO

Introdução: A HI é uma complicação grave do TCE, ligada ao edema cerebral e alta mortalidade. O DTC surge como método não invasivo promissor para estimar a PIC e a PPC. **Objetivo:** Avaliar a acurácia do DTC no monitoramento da HI em TCE agudo. **Metodologia:** Revisão integrativa de 17 artigos (2020–2025), nas bases PubMed, BVS e CAPES. **Resultados:** Houve correlação entre os índices do DTC e a PIC elevada, com destaque para o PaR (AUC 0,77). A associação com o DBNO aumentou a precisão (AUC até 0,943). **Discussão:** O DTC mostrou-se útil e seguro, especialmente quando combinado a outros métodos. Limitações técnicas ainda restringem seu uso isolado. **Conclusão:** O DTC é promissor, mas requer validação adicional antes de substituir o método invasivo.

Descritores: Doppler; Hipertensão Intracraniana; Trauma.

ABSTRACT

Introduction: ICH is a severe TBI complication linked to cerebral edema and high mortality. TCD offers a non-invasive alternative to estimate ICP and CPP. **Objective:** Assess TCD accuracy in monitoring ICH in acute TBI. **Methodology:** Integrative review of 17 articles (2020–2025) from PubMed, BVS, and CAPES. **Results:** TCD indices correlated with elevated ICP, especially PaR (AUC 0.77). Combined with ONSD, accuracy reached up to 0.943. **Discussion:** TCD is promising when paired with other tools. Limitations include operator dependency and lack of standardization. **Conclusion:** TCD shows potential but should be used cautiously until further validation.

Descriptors: Doppler; Intracranial Hypertension; Brain Injuries

RESUMEN

Introducción: La HIC es una complicación grave del TCE, asociada al edema cerebral y alta mortalidad. El DTC se destaca como método no invasivo para estimar la PIC y la PPC. **Objetivo:** Evaluar la precisión del DTC en la HIC tras TCE agudo. **Metodología:** Revisión integrativa de 17 artículos (2020–2025) de PubMed, BVS y CAPES. **Resultados:** Hubo correlación entre los índices del DTC y el aumento de la PIC, con PaR (AUC 0,77) como destaque. La combinación con DVNO mejoró la precisión (AUC hasta 0,943). **Discusión:** El DTC es útil, especialmente combinado con otros métodos, aunque aún presenta limitaciones técnicas. **Conclusión:** El DTC es prometedor, pero su uso aislado debe ser cauteloso hasta validación adicional.

Descriptores: Doppler; Hipertensión Intracraneal; Trauma.

Souza MFCF, Ferreira HBC, Santos LBF, Santana MGS,

REVISA.2026 Jan-Mar; 15(Esp1): 59-64

Introdução

Após um traumatismo cranioencefálico (TCE) agudo, cascatas inflamatórias e comprometimento nos componentes fisiológicos cerebrais contribuem para a expansão do volume do tecido cerebral - edema cerebral -, bem como para a hipertensão intracraniana (HI), uma condição fatal para o paciente neurocrítico. Embora o monitoramento invasivo da pressão intracraniana (PIC) seja considerado padrão-ouro, os consequentes riscos adicionais podem piorar o quadro do TCE^{2,4}.

A utilização de métodos não invasivos, como o Doppler transcraniano (DTC), revelou-se uma opção mais segura e promissora. Tal técnica é baseada em um ultrassom capaz de realizar múltiplos diagnósticos cerebrovasculares à beira do leito. Este procedimento tem sido amplamente aplicado em cuidados neurocríticos por seu potencial para estimar a PIC e a pressão de perfusão cerebral (PPC), com desempenho notável no descarte da HI^{5,7}.

Estudos demonstraram que o DTC pode otimizar a perfusão cerebral e auxiliar no controle da lesão secundária em casos de TCE. Parâmetros como o índice de pulsatilidade (IP), índice de resistividade (IR) e velocidade diastólica final (Vd), aliados à medida do diâmetro da bainha do nervo óptico (DBNO), mostram-se eficazes na estimativa da HI^{2,15}.

Apesar de ser uma ferramenta de triagem para IH acessível e custos relativamente baixos, a precisão diagnóstica do DTC permanece mal definida e requer mais investigação, o qual ainda não é suficiente para substituir a medição invasiva da PIC^{8,15}.

O presente estudo tem como objetivo estimar a precisão do DTC após um TCE agudo por meio de uma avaliação crítica dos achados literários, de modo a otimizar os resultados do paciente neurocrítico e minimizar os danos cerebrais secundários.

Métodos

O presente estudo trata-se de uma revisão integrativa da literatura, a qual seguiu as seguintes etapas: formulação da pergunta norteadora, definição dos critérios de inclusão e exclusão, seleção da amostra, categorização dos estudos, análise e interpretação dos dados, e apresentação dos resultados. A pergunta norteadora foi: “Qual é a acurácia do Doppler Transcraniano na detecção ou monitoramento da hipertensão intracraniana em pacientes com trauma cerebral agudo?”. Foram definidos os seguintes critérios de inclusão: estudos observacionais, estudos de coorte, ensaios clínicos randomizados ou não. Foram excluídos: livros, documentos, estudos com animais, revisões, preprints.

A busca dos estudos foi realizada nas bases de dados PubMed, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e periódicos CAPES, utilizando a combinação dos seguintes descritores e operadores booleanos: “Doppler” AND “Intracranial

Hypertension” AND “Brain Injuries”. Houve filtro por data para artigos publicados de 2020 a 2025 e artigos em duplicidade foram descartados.

A seleção dos estudos ocorreu em duas etapas, inicialmente, foi feita a leitura dos títulos e resumos para identificação dos que atendiam aos critérios de inclusão; em seguida, os artigos selecionados foram lidos na íntegra para confirmação da elegibilidade. A triagem foi realizada de forma independente pelos pesquisadores, com discussão em caso de divergências.

Os dados extraídos dos estudos selecionados foram organizados em uma tabela síntese, contendo: autor principal, discussão, ano, título, tipo de estudo e conclusão/resultados.

Resultados

Os estudos analisados revelam uma crescente utilização de métodos não invasivos para avaliação da PIC, com destaque para o DTC, que demonstrou forte correlação com parâmetros como razão P2/P1, IP e IR aparente. Conforme a Figura 1, a combinação do DTC com o sistema Brain4Care® apresentou sensibilidade de 0,88 e especificidade de 0,82. O DTC isolado, por sua vez, obteve desempenho inferior (sensibilidade de 0,79 e especificidade de 0,77), o qual reforça a importância da abordagem multimodal.

Demonstrou-se que o índice de pressão arterial de reperfusão (PaR) superou o IP na detecção de HI, com AUC de 0,77 versus 0,63, respectivamente. Entretanto, identificou-se limitações em sua sensibilidade e especificidade, os quais sugeriram que o método não deve ser usado de forma isolada^{2,3}.

Outros estudos apontaram que tanto o DBNO ≥ 5 mm, quanto os índices de fluxo cerebral pelo DTC têm boa correlação com a PIC, bem como com o AUC de até 0,943 quando combinados. A resposta hemodinâmica ao esvaziamento liquorico também enfatiza o uso do DTC como ferramenta de seguimento^{1,7}

A hiperemia cerebral e o vasoespasma são mecanismos associados à evolução para HI em pacientes com TCE grave, onde o DTC permitiu ajustes terapêuticos em tempo real ^{9,13}. A aplicabilidade de testes clínicos provocativos com DTC para avaliação da autorregulação cerebral guia intervenções como craniectomia descompressiva e drenagem ventricular externa em mais da metade dos casos ¹¹.

Por fim, o uso contínuo do DTC após ruptura de aneurisma intracraniano gigante permitiu a detecção precoce de vasoespasma e HI ¹². Assim, conclui-se que a aplicabilidade do DTC é promissora no neurointensivismo como técnica sensível e segura para detecção de alterações na hemodinâmica cerebral^{14,15}.

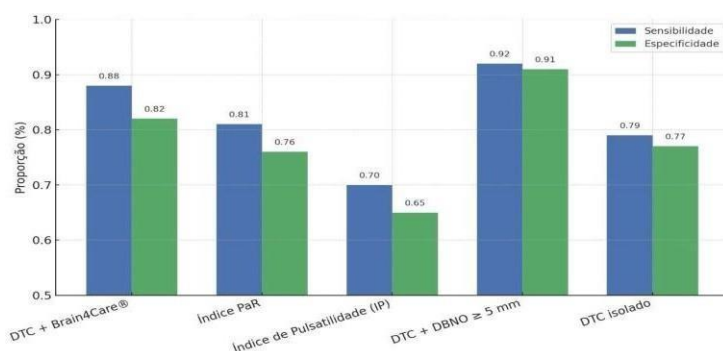


Figura 1 - Sensibilidade e especificidade de métodos não invasivos para avaliação da PIC.
(Fonte: Autoria Própria)

Discussão

Os achados encontrados evidenciam um crescente interesse na aplicação do DTC como ferramenta não invasiva para estimativa da PIC em pacientes com TCE. Em um cenário clínico no qual o monitoramento invasivo permanece como padrão ouro, a busca por métodos alternativos seguros, acessíveis e com acurácia satisfatória é uma prioridade no cuidado ao paciente neurocrítico.

A forte correlação entre os índices derivados do DTC — como o IP, o IR e a razão P2/P1 —, tal qual os níveis de PIC demonstram o potencial do DTC como método complementar no diagnóstico e no monitoramento da HI. Foi demonstrado que o índice PaR superou o IP na detecção de HI, com AUC superior (0,77 versus 0,63), o que aponta para a possibilidade de refinamento nos parâmetros analisados via DTC^{2,3,15}.

A combinação de técnicas — como DTC e monitoramento do DBNO — demonstrou que a AUC de até 0,943 ao associar o DTC ao DBNO ≥ 5 mm, o qual indica que abordagens multimodais podem superar limitações de métodos isolados^{1,7}. Tal associação permite o monitoramento contínuo e não invasivo da perfusão cerebral, o qual favorece intervenções clínicas em tempo hábil^{11,12}.

O DTC também pode orientar condutas terapêuticas, como craniectomia descompressiva e drenagem ventricular, ao ser utilizado em testes de autorregulação cerebral como ferramenta diagnóstica e de monitoramento hemodinâmico¹¹. Além disso, estudos recentes ampliam sua aplicação para além do TCE - neoplasias cerebrais, COVID-19 e distúrbios respiratórios - que afetam a PIC^{6,10}.

Apesar do potencial do DTC, limitações como variabilidade interobservador, dependência da janela acústica e imprecisões clínicas ainda restringem seu uso como substituto do monitoramento invasivo, cuja aplicação exige treinamento adequado e padronização das técnicas. Portanto, sua acurácia diagnóstica requer validação por meio de estudos multicêntricos com amostras robustas, a fim de estabelecer critérios confiáveis para sua aplicação autônoma no diagnóstico da HI^{8, 15}.

Conclusão

Este presente estudo evidencia o avanço significativo no uso de métodos não invasivos, especialmente o DTC, na avaliação da PIC em pacientes com TCE. Os estudos analisados apontam uma forte correlação entre os índices derivados do DTC com os níveis de PIC, o que reforça a técnica como ferramenta complementar promissora ao monitoramento invasivo tradicional.

As evidências destacam, ainda, o valor da abordagem multimodal, com a associação do DTC a outras tecnologias, como o sistema Brain4Care® e o DBNO, o que aumenta a acurácia diagnóstica e permite intervenções terapêuticas mais precoces e individualizadas.

Logo, conclui-se que o DTC se configura como uma alternativa viável, segura e acessível para o monitoramento complementar da PIC, sobretudo em contextos que

exigem decisões rápidas, recursos limitados ou contraindicação ao método invasivo. Embora haja avanços, o DTC enfrenta limitações técnicas que impedem sua substituição completa aos métodos invasivos. Portanto, seu uso deve ser criterioso até que haja validação por evidências de alto nível.

Agradecimento

Esse estudo foi financiado pelos próprios autores.

Referências

1. Allam MM, Elshamekh SA, Farag DA, Mohamed MO, Hamdy AM. Evaluation of cerebrovascular hemodynamics in patients with idiopathic intracranial hypertension using transcranial Doppler. *Egypt J Neurol Psychiatr Neurosurg*. 2020;56(1):119. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s41983-020-00250-8>.
2. Ballesteros M, Centenaro LA, Rubiano AM, Rincón F, De Bonis P, Güiza F, et al. Can a new noninvasive method for assessment of intracranial pressure predict intracranial hypertension and prognosis? *Acta Neurochir (Wien)*. 2023;165(6):1495–503. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00701-023-05580-z>.
3. Brasil S, Rincón F, Centenaro LA, Robba C, Carrera E, Güiza F, et al. Critical closing pressure and cerebrovascular resistance responses to intracranial pressure variations in neurocritical patients. *Neurocrit Care*. 2023;39(2):399–410. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12028-023-01691-8>.
4. Brasil S, Rincón F, Centenaro LA, Carrera E, Güiza F, Robba C, et al. Predicting short-term outcomes in brain-injured patients: a comprehensive approach with transcranial Doppler and intracranial compliance assessment. *J Clin Monit Comput*. 2024;38(6):1237–47. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10877-024-01181-y>.
5. Brasil S, Carrera E, Rincón F, Robba C, Güiza F, Centenaro LA, et al. A comprehensive perspective on intracranial pressure monitoring and individualized management in neurocritical care: results of a survey with global experts. *Neurocrit Care*. 2024 Dec;41(3):880–92. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12028-024-02008-z>.
6. Carbonara M, Barbella G, Mazza C, Capasso L, Troiano G, De Blasi RA, et al. Suspected intracranial hypertension in COVID-19 patients with severe respiratory failure. *PLoS One*. 2024;19(9):e0310077. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0313211>.
7. Chang T, Chang C, Zhang M, Xu M, Li H, Zhang J, et al. Noninvasive evaluation of intracranial pressure in patients with traumatic brain injury by transcranial Doppler ultrasound. *Brain Behav*. 2021;11(12):e2396. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/brb3.2396>.
8. De Moraes FM, Brasil S, Rincón F, Robba C, Centenaro LA, Carrera E, et al. ICP wave morphology as a screening test to exclude intracranial hypertension in brain-injured

patients: a non-invasive perspective. *J Clin Monit Comput.* 2024;38(4):773–82. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10877-023-01120-3>.

9. Gelormini C, Centenaro LA, De Bonis P, Robba C. Hyperemia in head injury: can transcranial doppler help to personalize therapies for intracranial hypertension? *Front Neurol.*

10. Kienzler JC, Wagner A, Reichl S, Kremer P, Unterberg AW, Sakowitz OW. Changing the paradigm of intracranial hypertension in brain tumor patients: a study based on non-invasive ICP measurements. *BMC Neurol.* 2020;20(1):268. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12883-020-01837-7>.

11. Kunapaisal T, Olson DM, Valadka AB, Kandasamy J, Lele AV. Critical care experience with clinical cerebral autoregulation testing in adults with traumatic brain injury. *Cureus.* 2023;15(8):e. Disponível em: 10.7759/cureus.43451

12. Lemos CI, Silva FN, Almeida CS, Campos MA. Follow-up by transcranial Doppler after rupture of a giant intracranial aneurysm. *Cureus.* 2022;14(11):e. Disponível em: 10.7759/cureus.31951

13. Mirzabaev M, Abdullaev N, Zokirov I, Khalilov K. Diagnosis and treatment of severe traumatic brain injury in idiopathic intracranial hypertension syndrome. *World Neurosurg.* 2023;180:e163–70. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2023.09.020>.

14. Razumovsky A. Transcranial Doppler ultrasound role for patients with traumatic brain injury. *J Neurosonol Neuroimaging.* 2023;15(1):24–37. Disponível em: <https://doi.org/10.31728/jnn.2023.00132>.

15. Robba C, Goffi A, Geeraerts T, Cardim D, Czosnyka M, Taccone FS, et al. Multimodal non-invasive assessment of intracranial hypertension: an observational study. *Crit Care.* 2020;24(1):379. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-3105-z>.

Autor de correspondência

Maria Fernanda Cambraia Franco de Souza
Avenida Manuel Alves Taveira, 360, Jardim Aeroporto,
CEP: 37130-770
Alfenas, Minas Gerais, Brasil.
maria.ffranco@aluno.unifenas.br