

Mini Revisão

Shock Index, FAST e Ressuscitação Hemostática na Coagulopatia Induzida por Trauma: Limiares Fisiológicos, Choque Oculto e Tomada de Decisão Contemporânea

Luís Fernando Rosati Rocha ^{1,2,*}, Ana Paula Miranda Rosati ³, Ana Luiza Miranda Rosati ⁴, Luís Eduardo Miranda Rosati Rocha ⁵, Filipe Moll de Souza Rocha ⁵

¹ Hospital Municipal Dr. Ernesto Che Guevara, Maricá, Rio de Janeiro, Brasil.

² Departamento de Cirurgia Geral, Universidade Federal Fluminense (UFF), Rio de Janeiro, Brasil.

³ Departamento de Radiologia, Universidade Federal Fluminense (UFF), Rio de Janeiro, Brasil.

⁴ Instituto Pardini, Rio de Janeiro, Brasil.

⁵ Faculdade de Medicina IDOMED, Rio de Janeiro, Brasil.

* Correspondência: lfrosati@yahoo.com.br.

Resumo: A coagulopatia induzida por trauma (CIT) é cada vez mais reconhecida como uma resposta precoce, endógena e fisiopatologicamente complexa ao choque hemorrágico, frequentemente precedendo hipotensão manifesta e deterioração clínica. Apesar de avanços substanciais nos sistemas de atendimento ao trauma, a identificação oportuna de pacientes que necessitarão de transfusão maciça permanece um determinante importante da sobrevivência. O Índice de Choque (Shock Index – SI), definido como a razão entre a frequência cardíaca e a pressão arterial sistólica, tem emergido como um marcador prático e fisiologicamente fundamentado, capaz de identificar hipoperfusão oculta durante a fase compensada do choque. Esta perspectiva apresenta uma discussão aprofundada sobre os limiares do SI, sua integração com métodos de imagem à beira do leito, estratégias contemporâneas de ressuscitação hemostática e o papel emergente do suporte à decisão baseado em aprendizado de máquina. Ênfase particular é dada à implementação clínica no mundo real em sistemas de saúde heterogêneos, incluindo ambientes com recursos limitados.

Palavras-chave: Índice de Choque; Transfusão Maciça; Trauma.

Citação: Rocha LFR, Rosati APM, Rosati ALM, Rocha LEMR, Rocha FMS. Shock Index, FAST e Ressuscitação Hemostática na Coagulopatia Induzida por Trauma: Limiares Fisiológicos, Choque Oculto e Tomada de Decisão Contemporânea. Brazilian Journal of Clinical Medicine and Review.2026;Jan-Dec; 04(1):bjcmr55.

<https://doi.org/10.52600/2763-583X.bjcmr.2026.4.1.bjcmr55>

Recebido: 13 Janeiro 2026

Aceito: 12 Fevereiro 2026

Publicado: 5 Março 2026



Copyright: This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

1. Introdução

O Índice de Choque (Shock Index – SI), definido como a razão entre a frequência cardíaca e a pressão arterial sistólica, tem despertado renovado interesse como um marcador fisiológico simples, porém integrativo, capaz de revelar comprometimento circulatório precoce. Diferentemente de sinais vitais avaliados isoladamente, o SI reflete a interação dinâmica entre compensação cardiovascular e falência circulatória. Grandes coortes observacionais e meta-análises demonstraram que valores de SI $\geq 0,9$ estão consistentemente associados a maior mortalidade, necessidade de transfusão maciça, admissão em unidade de terapia intensiva e intervenção cirúrgica [1–3]. De forma importante, limiares mais elevados ($\geq 1,1$) parecem identificar um subgrupo com risco particularmente alto de descompensação rápida.

O conceito de “choque oculto” emergiu para descrever um estado no qual a perfusão global já está comprometida, apesar de sinais vitais aparentemente aceitáveis. Diversos estudos demonstraram que pacientes podem manter normotensão por meio de intensa compensação simpática enquanto, simultaneamente, evoluem para lesão endote-

lial, colapso microcirculatório e coagulopatia [4–5]. Nesse contexto, a dependência exclusiva da pressão arterial sistólica é insuficiente e potencialmente perigosa. A identificação precoce dessa fase compensada é, portanto, central para prevenir a progressão para choque irreversível e para a coagulopatia induzida por trauma já estabelecida.

A coagulopatia induzida por trauma (CIT) é atualmente reconhecida como um fenômeno precoce, endógeno e prognosticamente decisivo, e não apenas como uma consequência tardia da hemorragia ou da ressuscitação iatrogênica. A literatura contemporânea em trauma demonstra consistentemente que a CIT se desenvolve minutos após a lesão e está independentemente associada a maior mortalidade, maiores necessidades transfusionais, falência orgânica e maior utilização de recursos [2,6–7]. Apesar desse reconhecimento, muitos sistemas de trauma continuam a depender de marcadores fisiológicos tardios, sobretudo hipotensão sustentada, para desencadear controle agressivo da hemorragia e protocolos de transfusão maciça (PTM). Esse atraso representa um descompasso fundamental entre a fisiopatologia moderna e limiares clínicos ultrapassados.

Paralelamente aos avanços no monitoramento fisiológico, os métodos de imagem à beira do leito, particularmente a avaliação focada com ultrassonografia no trauma (FAST) e o FAST estendido (eFAST), tornaram-se pilares da avaliação inicial do trauma. Quando interpretados isoladamente, os achados do FAST podem apresentar sensibilidade limitada em pacientes estáveis; entretanto, quando integrados a marcadores fisiológicos como o SI, o ultrassom ganha maior poder decisório ao contextualizar achados anatômicos dentro do estado de perfusão em tempo real [8–9]. Essa abordagem integrada está alinhada aos princípios de damage control, ao priorizar controle hemorrágico rápido enquanto evita atrasos desnecessários.

O presente manuscrito é intencionalmente estruturado como uma perspectiva e síntese narrativa, e não como uma revisão sistemática. Seu objetivo não é catalogar exaustivamente todas as evidências disponíveis, mas examinar criticamente como a integração do SI, da imagem à beira do leito e de ferramentas emergentes baseadas em dados pode aprimorar a tomada de decisão precoce no choque hemorrágico e na CIT, particularmente em sistemas de trauma heterogêneos e com recursos limitados, como os encontrados no Brasil e em outros países de renda média.

2. Materiais e Métodos

Este manuscrito está estruturado como uma perspectiva narrativa, informada por uma revisão abrangente da literatura publicada entre 2010 e 2025. Bases de dados eletrônicas, incluindo PubMed, Scopus e SciELO, foram pesquisadas utilizando combinações dos termos “Shock Index”, “trauma”, “massive transfusion”, “hemorrhagic shock” e “trauma-induced coagulopathy”. Em vez de realizar uma síntese sistemática, o objetivo foi contextualizar evidências de alta qualidade dentro das realidades práticas do atendimento ao trauma. Foi dada prioridade a estudos que abordassem limiares fisiológicos, aplicabilidade à beira do leito, desfechos clínicos e tecnologias emergentes de predição. Essa abordagem é consistente com a proposta de um artigo de Perspectiva, cujo objetivo é integrar evidências com a interpretação clínica especializada, em vez de catalogar exaustivamente todos os estudos disponíveis.

3. Discussão

Olhando para o futuro, a integração do Índice de Choque (Shock Index – SI) em estruturas de aprendizado de máquina representa uma evolução lógica, e não um salto tecnológico. Modelos preditivos que incorporam o SI juntamente com lactato, tendências de hemoglobina e achados ultrassonográficos demonstraram maior capacidade discriminativa para transfusão maciça e mortalidade quando comparados à avaliação humana isolada [10]. É importante ressaltar que essas ferramentas devem ser concebidas como sistemas de apoio à decisão, e não como tomadores de decisão autônomos, particularmente em cenários com infraestrutura digital limitada.

As estratégias de ressuscitação hemostática evoluíram além de proporções fixas de transfusão. Embora a proporção 1:1:1 de plasma, plaquetas e concentrado de hemácias permaneça uma opção prática em muitos cenários, testes viscoelásticos como tromboelastografia (TEG) e tromboelastometria rotacional (ROTEM) oferecem alternativas guiadas por objetivos que podem reduzir o uso de hemoderivados e complicações onde estão disponíveis [11]. Em ambientes com recursos limitados, o SI e o ultrassom funcionam como substitutos de baixo custo para orientar a ressuscitação balanceada precoce até que métodos diagnósticos avançados estejam acessíveis.

As terapias adjuvantes também devem ser sensíveis ao tempo. Evidências do ensaio CRASH-3 e análises subsequentes apoiam a administração de ácido tranexâmico dentro das primeiras 3 horas após a lesão, com benefício máximo quando administrado na primeira hora [12]. Para sistemas públicos de saúde, isso reforça a importância do uso precoce e protocolizado de TXA, guiado pelo risco fisiológico e não apenas pela confirmação de hemorragia. No nível molecular, a coagulopatia induzida por trauma (CIT) é cada vez mais compreendida como consequência da disrupção do glicocálice endotelial e da ativação desregulada da via da proteína C. A hipoperfusão desencadeia a degradação do glicocálice, a perda da regulação anticoagulante da superfície endotelial e a instalação de anticoagulação sistêmica, fibrinólise e disfunção plaquetária [6,13]. O reconhecimento dessa biologia precoce reforça a necessidade de gatilhos fisiológicos rápidos, em vez da dependência de confirmação laboratorial tardia.

A relação entre instabilidade fisiológica e estratégia de imagem permanece uma fonte frequente de controvérsia. Embora persista a preocupação de que a tomografia computadorizada possa atrasar intervenções potencialmente salvadoras, protocolos modernos de TC de corpo inteiro (WBCT) frequentemente podem ser concluídos em poucos minutos e oferecem precisão diagnóstica incomparável em pacientes hemodinamicamente estáveis ou respondedores transitórios [14]. Nesse contexto, a estabilidade hemodinâmica relativa não deve ser definida por valores estáticos de pressão arterial, mas por uma resposta sustentada à ressuscitação mínima, sem necessidade crescente de vasopressores ou transfusões. Pacientes com SI persistentemente $\geq 1,1$, apesar da ressuscitação inicial, geralmente devem evitar a TC em favor de controle hemorrágico cirúrgico ou endovascular.

A tomada de decisão clínica baseada no SI deve, entretanto, considerar limitações importantes. Pacientes idosos, indivíduos em uso de beta-bloqueadores e aqueles com disfunção autonômica podem apresentar respostas taquicárdicas atenuadas, levando a valores de SI falsamente tranquilizadores [1]. Nessas populações, a análise de tendências, marcadores adjuntos como lactato e déficit de base, e a integração estreita com achados de imagem tornam-se essenciais. Em vez de invalidar o SI, essas limitações ressaltam a necessidade de interpretação multimodal.

A identificação precoce de pacientes em risco de coagulopatia induzida por trauma depende do reconhecimento da descompensação fisiológica antes do surgimento de hipotensão manifesta. Nesse sentido, o Índice de Choque emergiu como um substituto pragmático do estresse circulatório global. Diversos estudos sugerem que um limiar de SI $\geq 0,9$ deve ser interpretado como um sinal de alerta para choque oculto, enquanto valores $\geq 1,1$ correlacionam-se fortemente com necessidade de transfusão maciça, mortalidade precoce e falha de estratégias não operatórias [2–3]. Esses limiares não devem ser vistos como gatilhos rígidos, mas como estratos dinâmicos de risco que orientam a intensificação progressiva das abordagens diagnósticas e terapêuticas.

Do ponto de vista da síntese de evidências, dados meta-analíticos recentes reforçam a utilidade clínica do SI para prever transfusão maciça e mortalidade. Em particular, revisões sistemáticas contemporâneas relatam desempenho discriminativo consistente em populações traumáticas heterogêneas, apoiando o SI como um componente pragmático da ativação precoce de protocolos de transfusão maciça (PTM), e não como um decisor isolado [15]. Trabalhos observacionais mais recentes também avaliaram o SI em mecanismos penetrantes e em limiares transfusionais alternativos, como o Critical Adminis-

tration Threshold, destacando que os gatilhos fisiológicos devem ser interpretados em conjunto com o mecanismo de trauma, o padrão de lesões e a trajetória de resposta à ressuscitação [16]. Esses achados fortalecem a justificativa para utilizar o SI em um caminho decisório escalonado, integrando ultrassom à beira do leito, marcadores laboratoriais rápidos e estratégias precoces de controle hemorrágico.

4. Conclusão

A coagulopatia induzida por trauma é um fenômeno precoce e dinâmico, impulsionado pela lesão tecidual e pela hipoperfusão, com consequências clinicamente relevantes muito antes do aparecimento de hipotensão manifesta. Em termos práticos, a prioridade é identificar o choque oculto precocemente o suficiente para iniciar o controle da hemorragia e a ressuscitação hemostática enquanto o paciente ainda é fisiologicamente recuperável [6,17]. Dentro dessa janela crítica de tempo, o Índice de Choque (Shock Index – SI) fornece um sinal rápido e disponível à beira do leito de estresse compensatório que pode ser operacionalizado em protocolos e incorporado a sistemas digitais de apoio à decisão.

Para fins de implementação, propomos interpretar o SI como um marcador graduado de risco. Valores de $SI \geq 0,9$ devem levar à escalada precoce da assistência, notificação do banco de sangue, preparação para transfusão balanceada e aceleração da investigação por imagem, enquanto SI persistente $\geq 1,1$, apesar da ressuscitação inicial, deve favorecer a ativação imediata de protocolos de transfusão maciça e o controle hemorrágico acelerado, evitando atrasos que acrescentam pouco valor diagnóstico [3,15]. Esse modelo deve reconhecer explicitamente populações nas quais o SI apresenta desempenho reduzido (idade avançada, uso de betabloqueadores, disfunção autonômica), utilizando marcadores adjuntos, como lactato e déficit de base, e integração estreita com os fluxos decisórios de FAST e TC de corpo inteiro (WBCT).

A ressuscitação hemostática deve estar alinhada às evidências contemporâneas: administração precoce de ácido tranexâmico dentro da janela mais precoce possível, estratégias de transfusão balanceada de hemocomponentes e, quando disponíveis, testes viscoelásticos para individualizar a terapia e reduzir exposição desnecessária a hemoderivados [12,18]. Em sistemas com recursos limitados, o SI e o ultrassom à beira do leito permanecem pilares de baixo custo para padronização da assistência, ajudando a reduzir vieses cognitivos e variabilidade entre profissionais, ao mesmo tempo em que preservam a precisão diagnóstica por meio de critérios claros de “estabilidade hemodinâmica relativa” e uso apropriado da tomografia.

Por fim, o próximo passo não é simplesmente revalidar repetidamente o SI, mas refinar a forma como ele é utilizado: como uma variável dinâmica de tendência dentro de vias clínicas integradas e ferramentas de apoio à decisão assistidas por aprendizado de máquina. Trabalhos recentes demonstram que modelos que combinam hemodinâmica na admissão (incluindo o SI) com características clínicas prontamente disponíveis podem melhorar a predição precoce da ativação de protocolos de transfusão maciça (PTM) e da necessidade de controle hemorrágico, enquanto estudos comparativos destacam o potencial do aprendizado de máquina para complementar o julgamento clínico em ambientes de alta complexidade e ritmo acelerado [19–20]. Nessa perspectiva, o Índice de Choque funciona simultaneamente como uma métrica clássica à beira do leito e como um componente fundamental para um cuidado em trauma escalável, equitativo e orientado por dados.

Financiamento: Nenhum.

Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa: Nenhum.

Agradecimentos: Nenhum.

Conflitos de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Materiais Suplementares: Nenhum.**Referências**

1. Rau CS, Wu SC, Kuo PJ, Chen YC, Chien PC, Hsieh HY, et al. Prediction of massive transfusion in trauma patients with shock index, modified shock index, and age shock index. *Int J Environ Res Public Health*. 2016;13(7):683. doi:10.3390/ijerph13070683.
2. Cannon JW. Hemorrhagic shock. *N Engl J Med*. 2018 Jan 25;378(4):370-379. doi:10.1056/NEJMra1705649.
3. Olausson A, Blackburn T, Mitra B, Fitzgerald M. Shock index for prediction of critical bleeding post-trauma: a systematic review. *Emerg Med Australas*. 2014 Jun;26(3):223-228. doi:10.1111/1742-6723.12232.
4. Netherton S, Milenkovic V, Taylor M, Davis PJ. Diagnostic accuracy of eFAST in the trauma patient: a systematic review and meta-analysis. *CJEM*. 2019;21(6):727-738. doi:10.1017/cem.2019.381.
5. Moore EE, Moore HB, Kornblith LZ, Neal MD, Hoffman M, Mutch NJ, et al. Trauma-induced coagulopathy. *Nat Rev Dis Primers*. 2021;7(1):30. doi:10.1038/s41572-021-00264-3.
6. Brohi K, Cohen MJ, Davenport RA. Acute coagulopathy of trauma: mechanism, identification and effect. *Curr Opin Crit Care*. 2007 Dec;13(6):680-685. doi:10.1097/MCC.0b013e3282f1e78f.
7. Davenport R, Khan S. Management of major trauma haemorrhage: treatment priorities and controversies. *Br J Haematol*. 2011 Dec;155(5):537-548. doi:10.1111/j.1365-2141.2011.08885.x.
8. Chapman MP, Moore EE, Moore HB, Gonzalez E, Gamboni F, Chandler JG, et al. Fibrinolysis greater than 3% is the critical value for initiation of antifibrinolytic therapy. *J Trauma Acute Care Surg*. 2013 Dec;75(6):961-967. doi:10.1097/TA.0b013e3182aa9c9f.
9. Bella FM, Poggiali E, Tercier S, Neri L, Zech A, Vendrell JF, et al. Extended focused assessment with sonography for trauma (eFAST): diagnostic reliability, pitfalls, and clinical integration. *J Clin Med*. 2025;14(10):3457. doi:10.3390/jcm14103457.
10. Peng HT, Siddiqui M, Rhind SG, Beckett A, Pinto R. Artificial intelligence and machine learning for hemorrhagic trauma care. *Mil Med Res*. 2023;10(1):10. doi:10.1186/s40779-023-00444-0.
11. Holcomb JB, Tilley BC, Baraniuk S, Fox EE, Wade CE, Podbielski JM, et al. Transfusion of plasma, platelets, and red blood cells in a 1:1:1 vs a 1:1:2 ratio and mortality in patients with severe trauma: the PROPPR randomized clinical trial. *JAMA*. 2015 Feb 3;313(5):471-482. doi:10.1001/jama.2015.12.
12. CRASH-3 trial collaborators. Effects of tranexamic acid on death, disability, vascular occlusive events and other morbidities in patients with acute traumatic brain injury (CRASH-3): a randomised, placebo-controlled trial. *Lancet*. 2019 Nov 9;394(10210):1713-1723. doi:10.1016/S0140-6736(19)32233-0.
13. Oyeniyi BT, Fox EE, Scerbo M, Tomasek JS, Wade CE, Holcomb JB, et al. Trends in 1029 trauma deaths at a level 1 trauma center: impact of a bleeding control bundle of care. *Injury*. 2017 Jan;48(1):5-12. doi:10.1016/j.injury.2016.10.037.
14. Ordoñez CA, Badiel M, Pino LF, Salcedo A, Orlas CP, Parra MW, et al. Whole-body computed tomography is safe, effective and efficient in the severely injured hemodynamically unstable trauma patient. *Colomb Med (Cali)*. 2020 Dec 30;51(4):e4054362. doi:10.25100/cm.v51i4.4362.
15. Carsetti A, Antolini R, Casarotta E, Damiani E, Gasparri F, Marini B, et al. Shock index as predictor of massive transfusion and mortality in patients with trauma: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care*. 2023;27:85. doi:10.1186/s13054-023-04386-w.
16. Barbosa Rengifo MM, Garcia AF, Gonzalez-Hada A, Mejia NJ. Evaluating the Shock Index, Revised Assessment of Bleeding and Transfusion (RABT), Assessment of Blood Consumption (ABC) and novel PTTrauma score to predict critical transfusion threshold (CAT) in penetrating thoracic trauma. *Sci Rep*. 2024 Jun 11;14(1):13395. doi:10.1038/s41598-024-62579-x.
17. Schöchl H, Schmitt FCF, Maegele M. Pathophysiology of trauma-induced coagulopathy. *Hamostaseologie*. 2024;44(1):31-39. doi:10.1055/a-2215-8936.
18. Meizoso JP, Dudaryk R, Mulder MB, Ray JJ, Karcutskie CA, Eidelson SA, Namias N, Schulman CI, Proctor KG. Increased risk of fibrinolysis shutdown among severely injured trauma patients receiving tranexamic acid. *J Trauma Acute Care Surg*. 2018 Mar;84(3):426-432. doi:10.1097/TA.0000000000001792.
19. El-Menyar A, Naduvilekandy M, Asim M, Rizoli S, Al-Thani H. Machine learning models predict triage levels, massive transfusion protocol activation, and mortality in trauma utilizing patients hemodynamics on admission. *Comput Biol Med*. 2024;173:108880. doi:10.1016/j.combiomed.2024.108880.
20. Gauss T, Quintard H, Bijok B, et al. Comparison of machine learning and human prediction to identify trauma patients in need of hemorrhage control resuscitation (ShockMatrix study): a prospective observational study. *Lancet Reg Health Eur*. 2025;55:101340. doi:10.1016/j.lanep.2025.101340.