

TRAUMA, CIRURGIA E MEDICINA INTENSIVA

EDIÇÃO IX

Capítulo 21

CONTROLE HEMORRÁGICO EM TRAUMA EXSANGUINANTE: USO DE TRANSFUSÃO MACIÇA E TERAPIA DE COAGULAÇÃO

LUCAS DE MORAIS FRANCO¹
DÊNISON DAVID GOMES DO NASCIMENTO¹
ANDRESSA MARTINS BATISTA²
ADRIANA TELLES RÉGIS¹
PALOMA TELLES CARVALHO SANTOS RÉGIS¹
GABRIELLE ANGEL DE SOUZA¹
JÚLIA ALMEIDA WOLFFENBÜTTEL³
MICHELLY AGRELOS ROCHA⁴

PEDRO STEFANI MAINARDI⁵
SUELEN CAROLINA DE ASSIS⁶
EDUARDO LINHARES DANTAS⁷
AGDIEL CARVALHO DE ASSIS VALENTA¹
DERYHAN XAVIER⁷
JOÃO EDUARDO PONTES NOZAKI¹
AMANDA DAL OLMO DE OLIVEIRA³

¹Discente – Medicina na Universidade Nove de Julho.

²Discente – Medicina na Universidade Santo Amaro.

³Discente – Medicina na ATITUS Educação.

⁴Discente – Medicina na Universidade Iguazu.

⁵Discente – Medicina na Universidade de Passo Fundo.

⁶Discente – Medicina na Universidade Cidade de São Paulo.

⁷Discente – Medicina na Universidade Federal de Pernambuco

Palavras-chave: Trauma Exsanguinante; Transfusão Maciça; Terapia de Coagulação

DOI

10.59290/902240090

EP EDITORA
PASTEUR

INTRODUÇÃO

A hemorragia continua a ser a principal causa de morte evitável em vítimas de trauma grave, sendo um desafio para os sistemas de saúde em todo o mundo. Embora pacientes com trauma exsanguinante correspondam a cerca de 2,1% das admissões por trauma, este pequeno grupo concentra desfechos graves e elevada mortalidade. Portanto, a agilidade e a precisão do manejo inicial são determinantes para a sobrevivência, demandando protocolos clínicos robustos e eficientes para reverter um quadro que pode levar ao óbito em poucos minutos (SANTOS, 2024).

Nesse contexto, a fisiopatologia do trauma exsanguinante desencadeia uma resposta sistêmica rápida e complexa: a coagulopatia induzida por trauma (TIC). Além de uma deficiência de fatores de coagulação, a TIC é um estado dinâmico de descontrole hemostático, gerado pela tríade letal do trauma: hipotermia, acidose e coagulopatia. Além disso, é agravada pela hipoperfusão tecidual e disfunção endotelial. Desse modo, esse ambiente promove uma fibrinólise exacerbada, a depleção acelerada de fibrinogênio e uma importante disfunção plaquetária, formando um ciclo vicioso de sangramento, que se autoalimenta e resiste às medidas convencionais de controle (SHAH *et al.*, 2023).

Nesse cenário, a transfusão maciça e as terapias de coagulação surgem como pilares dessa problemática. A evolução dos protocolos de transfusão maciça com reposição volêmica passou para a administração precoce e balanceada de hemocomponentes em proporções próximas a 1:1:1 (plasma:plaquetas:hemácias). Essa estratégia é complementada pelo uso de agentes farmacológicos como o ácido tranexâmico, pela reposição guiada de fibrinogênio e crioprecipitado, e pelo suporte de tecnologias como a

tromboelastometria. Assim, torna-se possível personalizar a terapia, corrigir a coagulopatia de forma direcionada e, finalmente, melhorar os desfechos dos pacientes em risco (SANTOS, 2024).

Dessa forma, ao decorrer dos capítulos, serão examinados profundamente os pilares do manejo contemporâneo do trauma exsanguinante. Será abordada a definição e os critérios diagnósticos que permitem o reconhecimento precoce dessa condição, assim como os detalhes operacionais dos protocolos de transfusão maciça. Será elucidada, também, a fisiopatologia da coagulopatia traumática, contemplando a interação complexa entre choque, endotélio e hemostasia. Ademais, serão apresentadas e discutidas as evidências mais recentes sobre as estratégias de reposição de hemocomponentes, o uso de agentes farmacológicos pró-hemostáticos e as intervenções cirúrgicas que, juntas, compõem o arsenal essencial para o controle da hemorragia e a melhoria do prognóstico desses pacientes (SHAH *et al.*, 2023). Dessa forma, ao decorrer dos capítulos, serão examinados profundamente os pilares do manejo contemporâneo do trauma exsanguinante. Será abordada a definição e os critérios diagnósticos que permitem o reconhecimento precoce dessa condição, assim como os detalhes operacionais dos protocolos de transfusão maciça. Será elucidada, também, a fisiopatologia da coagulopatia traumática, contemplando a interação complexa entre choque, endotélio e hemostasia. Ademais, serão apresentadas e discutidas as evidências mais recentes sobre as estratégias de reposição de hemocomponentes, o uso de agentes farmacológicos pró-hemostáticos e as intervenções cirúrgicas que, juntas, compõem o arsenal essencial para o controle da hemorragia e a melhoria do prognóstico desses pacientes (SHAH *et al.*, 2023).

MÉTODO

O presente estudo configura-se como uma revisão integrativa da literatura científica, elaborada com o objetivo de analisar as principais estratégias de controle hemorrágico em casos de trauma exsanguinante, com ênfase no uso de protocolos de transfusão maciça e nas abordagens terapêuticas voltadas à correção precoce da coagulopatia.

A pesquisa foi desenvolvida no mês de setembro de 2025, contemplando publicações científicas dos últimos cinco anos (2020–2025), com o intuito de assegurar a atualidade, relevância clínica e robustez metodológica dos estudos incluídos.

As buscas foram realizadas nas principais bases de dados biomédicas e multidisciplinares, incluindo: PubMed, Scopus, *Web of Science*, Elsevier, ScienceDirect, SciELO, Cochrane Library, MEDLINE, LILACS e Google Acadêmico. Para a identificação dos estudos pertinentes, foram utilizados descritores controlados combinados com operadores booleanos, aplicando a seguinte estratégia de busca: (*exsanguinating trauma OR massive he-morrhage*) AND (*massive transfusion OR hemostatic resuscitation OR coagulation therapy OR damage control resuscitation*).

Após a busca, os estudos foram submetidos a um processo de seleção criterioso, envolvendo a leitura de títulos e resumos e posterior análise integral das publicações que apresentavam relevância temática e metodológica. Foram incluídos artigos nos idiomas português e inglês, abrangendo ensaios clínicos, revisões sistemáticas, estudos prospectivos, relatos de caso e diretrizes internacionais que abordassem protocolos de transfusão maciça, estratégias de reposição hemostática, monitorização laboratorial da coagulação e princípios de ressuscitação hemostática no trauma grave.

Foram excluídas publicações que não apresentavam relação direta com o tema, não estavam disponíveis em texto completo ou apresentavam fragilidades metodológicas.

Os dados selecionados foram analisados e sintetizados de maneira crítica e integrativa, com o objetivo de identificar padrões de manejo, avanços terapêuticos e lacunas existentes na literatura atual sobre o controle hemorrágico no trauma exsanguinante. Essa abordagem possibilitou a compreensão aprofundada das indicações, benefícios e desafios da transfusão maciça e da terapia de coagulação precoce, além de fornecer subsídios relevantes para a prática clínica em cenários de emergência e cuidados intensivos no trauma.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, serão apresentados os principais achados sobre o controle hemorrágico em pacientes com trauma exsanguinante, com ênfase no uso da transfusão maciça e da terapia de coagulação como estratégias essenciais no manejo desses casos. Serão descritos os aspectos epidemiológicos, mecanismos de trauma, condutas terapêuticas e resultados obtidos, destacando como a aplicação organizada desses protocolos influencia diretamente o desfecho clínico e a sobrevivência dos pacientes.

Definição e Relevância Clínica do Trauma Exsanguinante

O trauma exsanguinante caracteriza-se por uma hemorragia intensa e rápida, capaz de levar o paciente a choque hemorrágico e morte em poucos minutos se não houver intervenção imediata. Definições recentes incluem critérios objetivos, como a necessidade de transfusão de 4 ou mais unidades de qualquer componente sanguíneo em até 2 horas após a lesão (VAN WYK *et al.*, 2024), perda estimada de 50% do volume

sanguíneo em menos de 3 horas, ou taxa de sangramento superior a 150 mL/min, associada a instabilidade hemodinâmica persistente (hipotensão, taquicardia) (SHAH *et al.*, 2023).

A hemorragia traumática grave representa apenas uma fração pequena, cerca de 2,1 %, dos pacientes admitidos por trauma, mas está associada a desfechos clínicos severos e mortalidade elevada, sendo um dos principais alvos de intervenções emergenciais para salvar vidas (VAN WYK *et al.*, 2024). Representa uma emergência que exige reconhecimento rápido, protocolos de transfusão bem estabelecidos e intervenção cirúrgica para controle do sangramento. O manejo adequado dessa condição, portanto, tem impacto direto na sobrevivência e constitui prioridade nos sistemas de atendimento ao trauma (VLAAR *et al.*, 2021).

Epidemiologia, Mecanismos de Trauma e Impacto na Mortalidade

A hemorragia exsanguinante ocorre quando há o rompimento de vasos sanguíneos, em decorrência de um trauma. Com isso, há uma perda maciça de sangue, o que gera exaustão fisiológica, manifestada a partir da “tríade letal”, composta por acidose metabólica, hipotermia e coagulopatia (ALMEIDA, 2023; SANTOS, 2024).

Essa perda sanguínea está relacionada diretamente com mortes no atendimento pré-hospitalar, hospitalares e durante cirurgias do trauma (ALMEIDA, 2023). Por isso, é fundamental a identificação imediata do vaso sangrante, para a aplicação de técnicas que controlem esse sangramento, sendo elas: compressão direta (que pode ser realizada por civis e é o melhor tratamento inicial), empacotamento e torniquete, com o objetivo de manter a perfusão de órgãos vitais e prevenir o choque hemorrágico (SANTOS, 2024).

Na hipotermia, há o surgimento de manifestações quando permanece abaixo de 36°C por

mais de quatro horas, o que resulta em um pior prognóstico, pois pode acarretar arritmias e alteração da curva de saturação de oxigênio (ALMEIDA, 2023). Quando presente com acidose comprometem o processo de coagulação e intensificam a resposta inflamatória sistêmica, o que contribui para a disfunção orgânica (ALMEIDA, 2023; SANTOS, 2024). Entretanto, também está escrito, no estudo de GWIN, 2024, que o tipo sanguíneo dos pacientes vítimas de trauma, não afetam nem a mortalidade nem a coagulabilidade do paciente.

Portanto, quando a “tríade letal” está presente, a única forma de alterar o prognóstico, é interrompendo esse ciclo de deterioração, com a Cirurgia de Controle de Danos, que tem o objetivo de retornar a estabilidade hemodinâmica. Com isso, fica mais seguro a realização de cirurgias definitivas, que não são indicadas antes do controle de danos, porque acabam ultrapassando a capacidade fisiológica do paciente (SANTOS, 2024).

Fisiopatologia da Coagulopatia Traumática

A coagulopatia traumática (TIC) se configura como uma resposta sistêmica imediata ao trauma grave, em que choque, lesão tecidual extensiva e disfunção endotelial geram um ambiente hemostático disrrromo, com potencial para evoluir de hipocoagulação para estados pró-trombóticos. A literatura recente destaca que a hipoperfusão tecidual, resultado de hemorragia maciça e vasoconstricção compensatória, atua como gatilho central dessa cascata, ao induzir ativação da proteína C, aumento da trombomodulina solúvel e liberação excessiva de ativador de plasminogênio tecidual (tPA), o que promove fibrinólise precoce e perda da capacidade de formar coágulos estáveis (CAPPONI; ROS-TAGNO, 2025; NATURE REVIEWS DISEASE PRIMERS, 2022).

Simultaneamente, o endotélio vascular sofre lesão e sua glicocálice degradada, perdendo propriedades anticoagulantes naturais, aumentando sua permeabilidade e favorecendo tanto a extravasalização de fluidos quanto a ativação da cascata imune-inflamatória. Esse dano estrutural ao endotélio permite exposição de fator tecidual, desencadeando ativação da via extrínseca da coagulação, mas paradoxalmente a hipoperfusão e a ativação da proteína C sensível ao ambiente hipóxico levam a uma inibição de fatores Va e VIIIa, comprometendo a geração de trombina necessária para a hemostasia eficiente (MOORE *et al.*, 2022; CAPPONI; ROSTAGNO, 2025).

Uma consequência clínica precoce desse processo é a depleção e disfunção do fibrinogênio. Estudos recentes demonstram que o fibrinogênio é um dos primeiros fatores a se esgotar em trauma, não apenas por consumo direto, mas também por hemodiluição (pela administração de fluidos), por degradação por fibrinólise exacerbada e por redução da síntese em condições de choque e hipóxia prolongada. Níveis baixos de fibrinogênio à admissão hospitalar correlacionam-se com necessidade aumentada de transfusão massiva e com pior prognóstico (CAPPONI & ROSTAGNO, 2025).

Paralelamente, há o papel da disfunção plaquetária, que não se limita à redução numérica, mas envolve comprometimento funcional: a adesão, ativação e agregação apresentam alterações, influenciadas por mediadores inflamatórios, alterações de receptores de membrana e pela acidose metabólica, que interfere nas reações enzimáticas e na estabilidade do coágulo. Esse componente plaquetário debilitado agrava a incapacidade de formar um tampão hemostático eficaz, mesmo quando os níveis de plaquetas parecem aceitáveis (NATURE REVIEWS DISEASE PRIMERS, 2022).

Outros fatores agravantes, frequentemente agrupados sob o conceito da “tríade letal” (hipotermia, acidosis e hemodiluição), continuam a exercer papel significativo. A hipotermia diminui a atividade enzimática da cascata de coagulação, piora a função plaquetária e prolonga tempos de coagulação; a acidose compromete reações dependentes de íons como cálcio, prejudica a formação de fibrina; já a hemodiluição, tanto por reposição agressiva de cristaloides quanto pela transfusão de hemoderivados sem proporção adequada, leva à diluição dos componentes plasmáticos, plaquetas e fibrinogênio (UPDATE IN COAGULATION MANAGEMENT, 2024; EU TRAUMA GUIDELINES UPDATE, 2025).

Finalmente, a TIC é fortemente modulada pela resposta inflamatória sistêmica e pelo trauma como promotora de ativação imune: citocinas, complemento, microvesículas e espécies reativas de oxigênio mantêm o endotélio em estado de ativação, favorecem a expressão de tromboomodulina, perturbação da glicocálice e amplificação das vias anticoagulantes, mesmo quando a hipoperfusão está parcialmente corrigida. Isso faz com que o paciente possa passar, com o tempo, de um estado hemorrágico perverso para um fenótipo de hipercoagulação e risco de tromboembolismo e disfunção de múltiplos órgãos (CAPPONI & ROSTAGNO, 2025; MOORE *et al.*, 2022).

Em síntese, a TIC não é um evento singular, mas um espectro dinâmico em que choque, lesão tecidual, disfunção endotelial, fibrinólise descontrolada, depleção de fibrinogênio, disfunção plaquetária, acidose, hipotermia e reposição inadequada interagem de forma sinérgica. A compreensão desses mecanismos integrados permite vislumbrar intervenções terapêuticas mais precisas: desde diagnósticos baseados em testes de coagulação viscoelásticos até reposição precoce de fibrinogênio, uso criterioso de

antifibrinolíticos e estratégias de controle do sangramento rápido, todas com potencial para alterar o curso natural da TIC e melhorar os desfechos clínicos (HO *et al.*, 2022; CAPPONI; ROSTAGNO, 2025).

Protocolos de Transfusão Maciça: Conceitos e Evolução

A transfusão maciça (TM) é classicamente definida como a administração de dez ou mais unidades de concentrado de hemácias em 24 horas, ou um volume equivalente capaz de substituir a volemia total do paciente. Em abordagens mais recentes, também se considera transfusão maciça quando há reposição de quatro unidades de hemácias em menos de uma hora, com sangramento ativo e risco iminente de choque hemorrágico. O objetivo central dos protocolos de transfusão maciça (PTM) é restabelecer precocemente a perfusão tecidual e corrigir a coagulopatia, acidose e hipotermia, a chamada “tríade letal”. Tais protocolos surgiram como resposta à necessidade de padronizar condutas no atendimento a pacientes com hemorragia grave, promovendo integração entre equipe cirúrgica, anestésica, intensivista e banco de sangue (SPINELLA *et al.*, 2023).

Historicamente, o manejo do trauma hemorrágico baseava-se predominantemente na reposição volêmica com cristaloides e concentrados de hemácias isolados. Essa conduta, entretanto, frequentemente exacerbava a coagulopatia dilucional e o desequilíbrio ácido-base. A partir dos anos 2000, consolidou-se o conceito de *hemostatic resuscitation*, que propõe o uso precoce e balanceado de componentes sanguíneos, hemácias, plasma e plaquetas, em proporções fisiológicas, priorizando a restauração da hemostasia efetiva ao invés do simples volume circulante. Essa mudança de paradigma reduziu de forma significativa a mortalidade precoce por exsanguinação e as complicações associadas ao trauma (MOORE & MOORE, 2022).

O ensaio clínico PROPPR (*Pragmatic, Randomized Optimal Platelet and Plasma Ratios*) representou um marco na evolução dos PTM ao comparar proporções 1:1:1 versus 1:1:2 entre plasma, plaquetas e hemácias. Os resultados demonstraram menor mortalidade por hemorragia nas primeiras 24 horas quando utilizadas proporções equilibradas, sustentando a recomendação de protocolos com razão próxima de 1:1:1. Diretrizes recentes, como as da *European Society of Anaesthesiology and Intensive Care* (2023) e do *American College of Surgeons* (2024), reforçam a importância de adotar estratégias transfusionais balanceadas e adaptadas à resposta clínica do paciente (HOLCOMB *et al.*, 2024).

Com o avanço tecnológico, os testes viscoelásticos, como o TEG® (*Thromboelastography*) e o ROTEM® (*Rotational Thromboelastometry*), passaram a ser amplamente incorporados aos PTM. Esses métodos fornecem, em tempo real, o perfil hemostático do paciente, permitindo decisões precisas quanto à necessidade de plasma, plaquetas, crioprecipitado ou fibrinogênio. Assim, a transfusão torna-se personalizada e mais eficiente, reduzindo o uso excessivo de hemoderivados e complicações tromboticas. A 6ª edição das *European Guidelines on Management of Major Bleeding* (2023) recomenda o uso de testes viscoelásticos sempre que disponíveis como parte integrante do manejo hemostático (SPÄNGLER *et al.*, 2023).

A eficiência de um PTM está diretamente relacionada à logística hospitalar e ao tempo de ativação. Estudos recentes demonstram que cada minuto de atraso na ativação do protocolo ou na infusão da primeira unidade de sangue está associado a aumento da mortalidade. A padronização de fluxos, a criação de “kits de transfusão maciça” e a comunicação automatizada entre setores são estratégias comprovadas para reduzir atrasos e melhorar a sobrevida. Além dis-

so, centros com maior adesão aos protocolos estabelecidos apresentam resultados clínicos mais favoráveis e menores taxas de complicações hemorrágicas (KISALA *et al.*, 2023).

Nos últimos anos, observa-se uma revalorização do uso do sangue total (*Whole Blood*), especialmente em contextos militares e, progressivamente, em hospitais civis. O sangue total frio-estocado apresenta vantagens logísticas e hemostáticas, podendo reduzir o tempo até a correção da coagulopatia e simplificar a reposição transfusional. Estudos recentes sugerem equivalência ou até superioridade do sangue total em relação ao uso de componentes separados, desde que respeitados critérios de compatibilidade e conservação (JONES *et al.*, 2024).

Os protocolos modernos também incorporam medidas adjuntas que visam à prevenção da tríade letal, como o aquecimento ativo do paciente, a correção da acidose e da hipocalcemia, e o uso precoce do ácido tranexâmico nas primeiras três horas após o trauma, conforme evidenciado no estudo CRASH-2, que demonstrou redução significativa da mortalidade em pacientes com hemorragia grave (ROBERTS *et al.*, 2020).

Atualmente, o futuro dos PTM aponta para a personalização da terapia transfusional, com o suporte de sistemas digitais, inteligência artificial e algoritmos preditivos capazes de antecipar a necessidade de transfusão maciça com base em parâmetros clínicos e laboratoriais. Essas ferramentas tecnológicas prometem otimizar a utilização de recursos hemoterápicos, reduzir o desperdício e aprimorar a segurança transfusional. Estudos recentes validam modelos computacionais multicêntricos com alta acurácia preditiva, consolidando uma nova era de medicina de precisão aplicada ao controle hemorrágico (GEHRKE *et al.*, 2025).

Estratégias de Reposição de Hemocomponentes e Terapia Hemostática

O método de transfusão autólogo é utilizado para a diminuição de efeitos negativos da transfusão alogênica, e quanto é sangramento agudo e maciço a ponto de impossibilitar a espera de preparo de sangue armazenado, dentre os principais diagnósticos tratados, geralmente incluem-se anemia hemolítica induzida por drogas, hemotórax traumático ou choque hemorrágico (LLOYD *et al.*, 2023), é realizado através paciente utiliza seu próprio sangue, separado e lavado com soro fisiológico através do HemoClear (LLOYD *et al.*, 2023). De maneira distinta, há o método de transfusão alogênica, sendo proveniente de um doador geneticamente distinto do receptor, sendo o procedimento terapêutico mais utilizado, apesar de apresentar riscos de reações hemolíticas agudas e tardias, reações febris não-hemolíticas, lesão pulmonar aguda grave (DCCNNM *et al.*, 2022).

Além do exposto previamente, dos componentes eritrocitários obtidos, geralmente incluem-se concentrado de hemácias, que varia de 220 a 280mL, concentrado de hemácias irradiado, submetido à irradiação gama, concentrado de hemácias leucorreduzido, concentrado de hemácias lavado ou *washed*, lavagem manual ou automatizada com solução salina estéril, utilizado caso haja antecedente de reações alérgicas graves à transfusões, obtido por aférese, congeladas através de glicerol, fenotipadas, consistida de antígenos eritrocitários negativos (ALMIZRAQ & BRANCH, 2021).

Neste sentido, pode-se constatar que a transfusão de hemácias inclui a transfusão obrigatória de leucócitos e subprodutos hemolíticos, portanto, a hemoglobina, o ferro não ligado à transferrina (NTBI), a transfusão de leucócitos são inevitáveis além de transfusão de plaquetas, pois afetam a função imunológica do re-

ceptor. Assim, concentrados de plaquetas geralmente são incluídos a partir da segunda embalagem e devem ser o primeiro produto transfundido da embalagem em que estão incluídos, sendo importante ressaltar que as proporções 1:1:1 ou 1:1:2 (XIE *et al.*, 2021) referem-se a concentrados de plaquetas obtida através uma unidade de plaquetas obtida pela centrifugação da bolsa de sangue de um único doador.

Segundo Marinho *et al.*, (2025) no Brasil é comum a obtenção de um pool de concentrados de plaquetas obtidos de 4 a 6 doadores ou de uma aférese, sendo necessário se guiar por resultados laboratoriais sempre que possível e cessar a transfusão caso ocorra estabilização hemodinâmica e a liberação dos resultados laboratoriais. Neste contexto, dentre os hemocomponentes plaquetários, utiliza-se comumente o componente de sangue total, referente à 40 a 70mL, o pool de sangue total, referente à 4 a 5 unidades, obtido por aférese variado de 200 a 250mL com 6 a 8 unidades de plaquetas, e concentrados irradiados, submetidos à irradiação gama (XIE *et al.*, 2021).

Dentre hemocomponentes mais utilizados, pode-se citar plasma fresco congelado (PC), arte líquida do sangue total, congelado dentro de 8 h da coleta a menos de -30°C, portador de todos os fatores de coagulação e outras proteínas, realiza-se para obter hemostasia com fatores de coagulação entre 25 e 30% do normal e fibrinogênio não inferior a 75 a 100 mg/dL, é especialmente indicado para pacientes sem sangramento e com coagulopatia, e demonstrou efeitos positivos em deficiências de múltiplos fatores de coagulação, coagulação intravascular disseminada e sangramento grave com plaquetas e púrpura trombocitopênica trombótica (YADAV *et al.*, 2024).

De acordo com o autor supracitado, crioprecipitado é obtido pelo descongelamento do PC (1-6°C) e pela extração da porção líquida do

plasma. Após a remoção do componente líquido, o precipitado passa compreender fator XIII, fator VIII:C, fibrinogênio, fator de von Willebrand (FVW) e fibronectina, depois sendo congelado e armazenado a temperaturas de -25°C ou inferiores por até 36 meses. Na Unidade de Terapia Intensiva (UTI), o crioprecipitado é recomendado em situações de níveis baixos ou disfuncionais de fibrinogênio com sangramento, casos de sangramento ativo e deficiência de fibrinogênio adquirida coexistente, utilizado para um adulto entre 5 e 10 unidades, ou um a dois pools de 5 unidades (SILVA *et al.*, 2025).

Enquanto, a transfusão de plaquetas também realizada em pacientes com sangramento exsanguinante e em UTI, é indicada apenas se houver sangramento grave, as indicações para transfusões de plaquetas na UTI podem ser terapêuticas ou profiláticas, sendo esta utilizada segundo AABB (anteriormente conhecida como Associação Americana de Bancos de Sangue) e a Sociedade Britânica de Hematologia (BSH), quando a contagem de plaquetas está de $10 \times 10^9/L$ (GARRAUD *et al.*, 2023).

De maneira complementar, Stefani *et al.*, (2025) descreveram que o tratamento precoce da hipofibrinogenemia adquirida demonstrou melhorar os desfechos em muitos cenários de sangramento além de poder ser associada à transfusão de crioprecipitado durante sangramentos graves, enquanto o plasma liofilizado oferece vantagens logísticas, mas não está disponível no Brasil. Silva *et al.*, (2025) descreveram que a utilização de TXA, por ser um inibidor da ativação de plasminogênio realiza a estabilização de coágulos formados e tromboelastograma são essenciais para redução da mortalidade nesses pacientes, o TXA reduz risco de mortalidade por sangramento em cerca de 15% dos pacientes nas três primeiras horas presente no protocolo *Patient Blood Management* (PBM) (OLIVEIRA *et al.*, 2025).

Dentre outros métodos utilizados para cuidados relacionados à hemorragia exsanguinante, encontra-se a reposição dos fatores de coagulação depletados e, assim, melhora-se a geração de trombina em pacientes com sangramento através da utilização de PC e concentrado de complexo de protrombina (CCP). Neste sentido, é observável que o plasma congelado, que contém todos os fatores pró-coagulantes e anti-coagulantes presentes no sangue, tem sido, há muito tempo, a base da terapia para esse fim, muitos estudos relatam a administração de PC em 15% de pacientes submetidos à cirurgia cardíaca e a um terço de todos os pacientes com sangramento nos Estados Unidos (KARKOUTI *et al.*, 2021).

Segundo o autor supracitado, os CPPs de 4 fatores geralmente contêm fatores de coagulação dependentes de vitamina K (fatores II, VII, IX e X), as proteínas anticoagulantes C e S e pequenas quantidades de heparina. Entretanto, Karkouti *et al.*, (2021) constataram que as vantagens dos CPPs em relação ao PC são que eles são reduzidos em patógenos, não requerem correspondência de grupo sanguíneo ABO ou descongelamento, são fabricados a partir de plasma agrupado, pois está correlacionado à diminuição de risco de lesão pulmonar aguda, requerem volumes substancialmente menores para atingir equivalência de dose com PC e podem levar a uma maior geração de trombina. Por outro lado, como os CPPs não contêm o complemento completo e equilibrado de procoagulantes e anticoagulantes que estão presentes no PC (HVAS & LARSEN, 2023).

De forma complementar, dentre diversos estudos há determinado interesse na inovação de métodos de transfusão seguros e que supram a necessidade de pacientes diversos, pode-se ser citadas novas estratégias como o sistema de inativação de patógenos, apenas em ensaios clí-

nicos e nenhum está sendo rotineiramente implantado para hemácias pelos serviços de hemoterapia, método de hemácias fabricadas, que seriam produzidas a partir de linhagens celulares imortalizadas, “*washed blood cells*” para pacientes que apresentam reações alérgicas transfusionais graves, hemácias criopreservadas, ou seja, componente derivado do sangue total no qual as hemácias são congeladas, preferencialmente em até 7 dias após a coleta e utilizando um criopreservante (GARRAUD *et al.*, 2023).

Uso de Agentes Farmacológicos e Terapias Adjuvantes na Coagulação

A coagulação do sangue é um mecanismo essencial para a vida. É ela que impede que pequenos cortes ou lesões causem sangramentos perigosos e, ao mesmo tempo, evita que o sangue coagule de forma inadequada dentro dos vasos. Quando esse equilíbrio se perde, podem surgir duas situações graves: a trombose, quando há coágulos em excesso, ou a hemorragia, quando o sangue não coagula como deveria. Nos últimos anos, a medicina avançou muito no desenvolvimento de medicamentos que ajudam a controlar esses dois extremos, trazendo mais segurança e eficácia no tratamento (PATEL *et al.*, 2024).

Entre os remédios que atuam para reduzir a coagulação, estão os anticoagulantes clássicos, como a heparina e a varfarina. Mais recentemente, surgiram os anticoagulantes orais diretos, como a rivaroxabana e a dabigatrana, que bloqueiam pontos específicos da cascata de coagulação. Esses novos medicamentos são mais seletivos e, em muitos casos, apresentam menos riscos de complicações. Outro grupo importante são os antiagregantes plaquetários, como o ácido acetilsalicílico e o clopidogrel, que diminuem a ativação das plaquetas e ajudam a prevenir eventos cardiovasculares, como infartos e AVCs (MORAES *et al.*, 2023).

Do outro lado, quando o problema é sangramento ou falta de fatores de coagulação, entram em cena as terapias pró-coagulantes. A vitamina K, por exemplo, continua sendo essencial em recém-nascidos e em pacientes que usam antagonistas da vitamina K. Já para as hemofilias, os concentrados de fatores VIII e IX ainda são fundamentais, mas novas abordagens, como terapias gênicas e tratamentos não baseados em fatores de coagulação, têm mostrado resultados promissores e mudado a expectativa de vida dos pacientes (LEWANDOWSKA *et al.*, 2025; DUSHIMOVA *et al.*, 2025). Além disso, a desmopressina segue como alternativa em quadros mais leves, como alguns casos de hemofilia e Doença de von Willebrand (LEISSINGER *et al.*, 2020).

As chamadas terapias adjuvantes também têm papel decisivo, principalmente em situações de emergência. Transfusões de plaquetas, crioprecipitado e plasma fresco congelado são recursos indispensáveis para repor fatores da coagulação em sangramentos graves. Entre os medicamentos adjuvantes, o ácido tranexâmico se destacou nos últimos anos como um antifibrinolítico capaz de reduzir a mortalidade em casos de hemorragia. Estudos recentes reforçam sua importância tanto em partos quanto em cirurgias, mostrando impacto real na prevenção de complicações (PACHECO *et al.*, 2023; KER *et al.*, 2024).

Assim, o cuidado com a coagulação envolve uma combinação de estratégias: em alguns momentos é preciso frear o excesso de coágulos, e em outros, estimular o processo para evitar hemorragias. A escolha do tratamento deve levar em conta o risco e o perfil de cada paciente, já que qualquer intervenção nesse sistema pode ter grandes consequências. Com os avanços mais recentes, a medicina caminha para terapias cada vez mais precisas, capazes de oferecer mais segurança e qualidade de vida para

quem convive com doenças ligadas à coagulação.

Abordagens Cirúrgicas e Intervenções de Controle Definitivo da Hemorragia

Em cenários de trauma exsanguinante, a sobrevivência depende da convergência entre controle anatômico rápido da fonte e correção fisiológica da coagulopatia. Isso envolve intervenção cirúrgica ou endovascular precoce, aliada a protocolo de transfusão maciça (MTP) balanceado e correção meta-dirigida por ensaios viscoelásticos de hemostasia (TEG/ROTEM), no marco da ressuscitação de controle de danos. Diretrizes clínicas contemporâneas também definem quando optar por laparotomia de controle de danos (DCL) com abdome aberto e reoperação programada, a fim de interromper a tríade letal sem adiar o controle definitivo (LAGRONE *et al.*, 2024; JUFFERMANS & BOUZAT, 2024).

Do ponto de vista periférico, hemorragias de extremidades e de regiões juncionais (axila/virilha) pedem contenção imediata com torniquete e progressão célere à hemostasia operatória. As recomendações do *Tactical Combat Casualty Care* (TCCC), orientam converter o torniquete para curativo hemostático/pressão assim que houver segurança clínica, preferencialmente, nas primeiras duas horas em pacientes sem choque e sob vigilância próxima do ferimento, para reduzir complicações sem perder controle hemostático (TCCC, 2024). Quando o reparo vascular imediato é imprudente, o shunt intravascular temporário (TIVS) preserva a perfusão distal como “ponte” até a reconstrução definitiva, estratégia associada a maior salvamento de membros em séries civis recentes (MARTINELLI *et al.*, 2023).

Na topografia pélvica, o manejo eficaz combina estabilização mecânica (cinta/fixação externa), preenchimento pélvico preperitoneal (PPP) como *damage control* para o sangramento predominantemente venoso e angioemboli-

zação (AE) dirigida quando existe componente arterial. A literatura dos últimos anos sustenta protocolos combinados, nos quais o PPP é priorizado em instabilidade refratária e a AE é acionada de forma seletiva; esse arranjo associa-se a menor necessidade transfusional precoce sem penalizar mortalidade, desde que haja adequada seleção de casos e logística institucional (MARTINEZ *et al.*, 2024).

No abdome, lesões hepáticas e esplênicas exemplificam a complementaridade entre cirurgia e radiologia intervencionista. Em pacientes estáveis, o manejo não operatório (NOM) com angioembolização seletiva é o padrão; já na instabilidade ou falha do NOM, priorizam-se empacotamento (PACKING), controle do hilo, como na manobra de *Pringle*, ligaduras e suturas parenquimatosas. As diretrizes da *World Society of Emergency Surgery* (WSES) permanecem a base para transitar com segurança entre NOM/AE e DCL, inclusive quando a esplenectomia é a alternativa mais segura (MARTINELLI *et al.*, 2023).

No compartimento torácico, a toracotomia de reanimação (RT) mantém indicações estritas, com benefício sobretudo em tamponamento cardíaco quando executada por equipes treinadas em janelas de minutos. Para oclusão proximal do fluxo infradiafragmático, a oclusão aórtica com balão por via endovascular (REBOA) oferece alternativa menos invasiva ao clampeamento por toracotomia; entretanto, o ensaio clínico UK-REBOA observou pior desfecho em 90 dias quando a REBOA foi adicionada ao cuidado padrão, o que reforça recomendação de uso seletivo e protocolizado em centros com expertise (JANSEN *et al.*, 2023).

Em paralelo à hemostasia local, a estratégia sistêmica deve manter o ritmo. Os ensaios viscoelásticos (TEG/ROTEM) antecipam o diagnóstico de coagulopatia em relação aos testes convencionais e permitem modular a reposição de fibrinogênio, plaquetas e antifibrinolíticos

conforme a necessidade real do doente (JUFFERMANS & BOUZAT, 2024). Além disso, a reposição de cálcio durante o MTP mitiga a hipocalcemia induzida por citrato; a implantação de protocolos padronizados reduziu a incidência de hipocalcemia em coorte recente, apoiando a monitorização de cálcio iônico e algoritmos explícitos de reposição (SHANDALIY *et al.*, 2024).

Avanços Tecnológicos e Perspectivas Futuras no Manejo Hemorrágico

O manejo hemorrágico tem evoluído cada vez mais, trazendo novas perspectivas e avanços tecnológicos que facilitam e aprimoram o controle do sangramento em casos de hemorragia. Dentre as tecnologias emergentes, está o ultrassom de mão de alta resolução usado por médicos e paramédicos para obtenção de imagens de alta resolução de forma acessível e rápida, tornando eficaz o manejo hemorrágico (LOPES *et al.*, 2025). Além disso, tem-se o uso da Inteligência Artificial como grande perspectiva para o futuro, usada para organização de áreas clínicas e departamentos de serviço dentro do hospital (TORRES *et al.*, 2025), permitindo a comunicação entre ambulância e hospital com objetivo de haver um preparo para receber determinado paciente, ou também, ela pode servir para predição do Índice Choque (SI), avaliando a gravidade em pacientes com choque hemorrágico, essencial em unidades de emergência e cuidados críticos para melhorar a decisão clínica perante esse, apesar de ser limitado em condições clínicas específicas ou em determinados subgrupos de pacientes (NOBRE *et al.*, 2024).

Com relação à coagulopatia traumática, o uso de plasma liofilizado tem demonstrado vantagens ao possuir fácil armazenamento e reconstituição, além de um tempo de preparo rápido, oferecendo fatores de coagulação sem necessidade de congelamento (HOANG *et al.*, 2020). Ademais, tem sido muito utilizado os a-

gentes farmacológicos como o fibrinogênio recombinante que leva à formação do coágulo de fibrina sem a participação de fatores de coagulação, suprimindo demandas de reposição com rapidez e menor dependência de doações (LOPES *et al.*, 2025).

Por fim, surgiu também o iTClamp, um dispositivo que consiste em um grampo para feridas no couro cabeludo, face ou pescoço usado para controlar temporariamente o sangramento externo segundos depois da lesão, selando as bordas da ferida, onde o sangue se acumula sob pressão, permitindo a formação de coágulos ao redor dessa até a vítima receber maior atenção médica (ORTIZ *et al.*, 2023). Tal dispositivo proporciona controle de hemorragia, reduz perda de fluídos, não é afetado pelo movimento e é mais eficiente que a sutura em situações de emergência, sendo uma ótima opção para o manejo hemorrágico emergencial.

CONCLUSÃO

O controle hemorrágico em trauma exsanguinante representa um dos maiores desafios da medicina de emergência moderna, exigindo resposta imediata, multidisciplinar e embasada em protocolos sólidos. A hemorragia maciça e a coagulopatia traumática configuram uma espiral fisiopatológica complexa, na qual o reconhecimento precoce e o início ágil das medidas terapêuticas são determinantes para a sobrevivência. Nesse contexto, a compreensão integrada da tríade letal, hipotermia, acidose e coagulopatia, e dos mecanismos de disfunção endotelial e fibrinólise exacerbada é essencial para orientar decisões clínicas assertivas e intervenções eficazes.

A adoção dos protocolos de transfusão maciça (PTM) com proporções balanceadas de hemocomponentes, aliada à incorporação de testes viscoelásticos como o TEG® e o ROTEM®,

redefiniu o manejo do trauma hemorrágico. Esses avanços tornaram possível personalizar a reposição hemostática, reduzir o consumo excessivo de hemoderivados e diminuir complicações trombóticas e infecciosas. Do mesmo modo, o uso precoce de agentes farmacológicos antifibrinolíticos, como o ácido tranexâmico, consolidou-se como medida fundamental para conter a hemorragia e melhorar desfechos clínicos, sobretudo quando instituído nas primeiras horas após o trauma.

Além disso, o desenvolvimento de terapias de coagulação guiadas por metas, o resgate do uso do sangue total em contextos selecionados e o emprego racional de crioprecipitado e concentrado de complexo de protrombina ampliaram o arsenal terapêutico disponível. Essas estratégias reforçam o paradigma contemporâneo da ressuscitação hemostática: substituir o enfoque meramente volêmico por uma abordagem fisiológica e direcionada à correção precoce da coagulopatia. A integração entre equipe médica, banco de sangue e suporte laboratorial é, portanto, fator-chave para a efetividade dos protocolos e para a redução da mortalidade em pacientes com trauma exsanguinante.

Por fim, é possível afirmar que o futuro do controle hemorrágico no trauma caminha em direção à personalização e à precisão terapêutica, apoiada por tecnologias emergentes, inteligência artificial e algoritmos preditivos. Esses recursos prometem antecipar a necessidade transfusional, otimizar o uso de hemocomponentes e garantir maior segurança ao paciente. Assim, o manejo do trauma exsanguinante deixa de ser apenas uma resposta emergencial e passa a ser uma estratégia científica e integrada, onde a combinação de conhecimento fisiopatológico, protocolos baseados em evidências e inovação tecnológica redefine o limite entre a vida e a morte no cenário do trauma grave.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOUZAT, P. *et al.* Efficacy and Safety of Early Administration of 4-Factor Prothrombin Complex Concentrate in Patients With Trauma at Risk of Massive Transfusion: The PROCOAG Randomized Clinical Trial. *JAMA*, v. 329, n. 16, p. 1367, 25 abr. 2023. DOI: 10.1001/jama.2023.4080.

DUSHIMOVA, N. *et al.* Conventional and Innovative Approaches in Hemophilia Management. *Frontiers in Medicine*, v. 12, p. 1618464, 2025.

FERREIRA, G. T. *et al.* Massive Transfusion: Concepts, Protocols and Impact on Patient Survival. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 8, n. 3, p. e80061, 29 maio 2025. DOI:10.34119/bjhrv8n3-165

GARRAUD, O. *et al.* Platelet transfusion in adults: An update. *Transfusion Clinique et Biologique*, v. 30, n. 1, p. 147-165, fev. 2023. DOI: 10.1016/j.tracli.2022.08.147

HVAS, C. L.; LARSEN, J. B. The Fibrinolytic System and Its Measurement: History, Current Uses and Future Directions for Diagnosis and Treatment. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 24, n. 18, p. 14179, 16 set. 2023. DOI: 10.3390/ijms241814179

JANSEN, J. O. *et al.* Emergency Department Resuscitative Endovascular Balloon Occlusion of the Aorta in Trauma Patients With Exsanguinating Hemorrhage: The UK-REBOA Randomized Clinical Trial. *JAMA*, v. 330, n. 19, p. 1862–1871, 2023. <https://doi.org/10.1001/jama.2023.20850>.

JUFFERMANS, N. P.; BOUZAT, P. Visco-elastic testing in traumatic bleeding. *Intensive Care Medicine*, v. 50, n. 7, p. 1152–1153, 2024. <https://doi.org/10.1007/s00134-024-07437-0>.

KER, K. *et al.* Tranexamic Acid for Postpartum Hemorrhage: Updated Evidence. *The Lancet*, v. 404, n. 10301, p. 2105–2116, 2024.

KARKOUTI, K. *et al.* Comparison of 4-Factor Prothrombin Complex Concentrate with Frozen Plasma for Management of Hemorrhage During and After Cardiac Surgery: A Randomized Pilot Trial. *JAMA Network Open*, v. 4, n. 4, p. e213936, 2021. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2021.3936

LAGRONE, L. N. *et al.* American Association for the Surgery of Trauma/American College of Surgeons Committee on Trauma: Clinical protocol for damage-control resuscitation for the adult trauma patient. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, v. 96, n. 3, p. 510–520, 2024. <https://doi.org/10.1097/TA.0000000000004088>.

LEISSINGER, C. *et al.* Desmopressin in Bleeding Disorders: Mechanisms of Action and Clinical Use. *Haemophilia*, v. 26, n. 2, p. 179–188, 2020.

LEWANDOWSKA, M. *et al.* Emerging Therapies for Hemophilia: Safety, Efficacy and Future Directions. *Frontiers in Medicine*, v. 12, p. 11849425, 2025.

LIN, V. S. *et al.* Definitions of massive transfusion in adults with critical bleeding: a systematic review. *Critical Care*, v. 27, n. 1, p. 265, 2023. DOI: 10.1186/s13054-023-04537-z

LOPES, M. *et al.* Manejo do Choque Hemorrágico no Atendimento Pré-Hospitalar e Intra-Hospitalar. *Journal of Medical and Biosciences Research*, v. 2, n. 2, 13 abr. 2025.

MARINHO, D. S. *et al.* A comprehensive review of massive transfusion and major hemorrhage protocols: origins, core principles and practical implementation. *Brazilian Journal of Anesthesiology (English Edition)*, v. 75, n. 2, p. 844583, mar. 2025. DOI: 10.1016/j.bjane.2024.844583

MARTINEZ, B. *et al.* Outcomes of preperitoneal packing and angioembolization for hemorrhage control in hemodynamically unstable pelvic fractures: a systematic review and meta-analysis. *American Surgeon*, v. 90, n. 7, p. 1703–1714, 2024. DOI: 10.1177/00031348231216488

MARTINELLI, O. *et al.* Temporary intravascular shunts and limb salvage in civilian vascular trauma. *Frontiers in Surgery*, v. 10, art. 1302976, 2023. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2023.1302976>.

MOORE, S. A.; RAVAL, J. S. Massive transfusion: a review. *Annals of Blood*, v. 7, n. 0, 2022. DOI://dx.doi.org/10.21037

OLIVEIRA, E. V. S. *et al.* Eficácia do Ácido Tranexâmico na Redução da Necessidade de Transfusão Sanguínea em Pacientes com Trauma e Cirurgias de Alta Complexidade. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 8, n. 1, p. e77733, 20 fev. 2025. <https://doi.org/10.34119/bjhrv8n1-415>

ORTIZ, K. *et al.* Evaluación del Nivel de Conocimiento sobre el Manejo y Control de Hemorragias Externas por parte de la Comunidad Neogranadina. 2023. Disponível em: <https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/678a47a2-ecaa-4771-9fe2-a14790da0c26/content>. Acesso em: 30 set. 2025.

PACHECO, L. D. *et al.* Tranexamic Acid for the Prevention of Obstetrical Hemorrhage. *The New England Journal of Medicine*, v. 389, p. 205–216, 2023. Disponível em: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa2207419>. Acesso em: 27 set. 2025.

PATEL, M. R. *et al.* Anticoagulation Management: Current Landscape and Future Trends. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, v. 11, p. 11900363, 2024.

SHAH, A.; STANWORTH, S. J.; CURRY, N. Major haemorrhage: past, present and future. *Anaesthesia*, v. 78, s. 1, p. 106-114, 2023. <https://doi.org/10.1111/anae.15730>.

SHANDALIY, Y. *et al.* Impact of a calcium replacement protocol during massive transfusion in trauma patients at a level-2 trauma center. *American Journal of Health-System Pharmacy*, v. 81, s. 4, p. S160–S165, 2024. <https://doi.org/10.1093/ajhp/zxaf053>.

SANTOS, P. L. *et al.* Hemorragia Traumática: Controle e Manejo de Urgência. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, v. 6, n. 8, p. 2547–2561, 2024. <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n8p2547-2561>.

STEFANI, L. C.; AZI, L. M. T. A.; SCHMIDT, A. P. Transforming Perioperative Care in Brazil: Challenges and Opportunities for Improving Outcomes. *Brazilian Journal of Anesthesiology (English Edition)*, v. 75, n. 2, p. 844596, mar. 2025.

TACTICAL COMBAT CASUALTY CARE (TCCC). TCCC Guidelines. 25 jan. 2024. Disponível em: <https://learning-media.allogy.com/api/v1/pdf/f4cf1d4e-3191-443a-befc-415838fb04f2/contents>. Acesso em: 30 set. 2025.

TORRES, D. R.; WERMELINGER, E. D.; FERREIRA, A. P. Aplicação da Inteligência Artificial na Atenção Primária à Saúde: revisão de escopo e avaliação crítica. *Saúde em Debate*, v. 49, n. 145, e10070, 2025. <https://doi.org/10.1590/2358-2898202514510070P>.

VAN WYK, A. C. *et al.* Characteristics of traumatic major haemorrhage in a tertiary trauma center. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, v. 32, n. 1, p. 16, 2024. <https://doi.org/10.1186/s13049-024-01196-z>.

VLAAR, A. P. J. *et al.* Transfusion strategies in bleeding critically ill adults: a clinical practice guideline from the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Medicine*, v. 47, n. 12, p. 1368-1392, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00134-021-06531-x>.