REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

FRATURAS EXPOSTAS DE ALTA ENERGIA DOS MEMBROS INFERIORES: ESTRATÉGIAS CIRÚRGICAS PARA CONTROLE DA INFECÇÃO, PRESERVAÇÃO TECIDUAL E CONSOLIDAÇÃO ÓSSEA

HIGH-ENERGY OPEN FRACTURES OF THE LOWER LIMBS: SURGICAL STRATEGIES FOR INFECTION CONTROL, TISSUE PRESERVATION, AND BONE UNION

Ciências Biológicas, Ciências da Saúde • 16/11/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/794583459

Andres Alfredo Rodríguez Hinojosa[1]

Luis Carlos Zuleta Castro[2]

Oscar Andres Campo Arevalo[3]

RESUMO

Introdução: Fraturas expostas de alta energia dos membros inferiores associam contaminação, destruição de partes moles, instabilidade e risco de infecção e não união. Objetivo: Analisar criticamente as estratégias cirúrgicas para controle de infecção, preservação tecidual e consolidação óssea. Método: Revisão narrativa crítica, de abordagem qualitativa, baseada em diretrizes institucionais, ensaios randomizados e revisões sobre assistência ortoplástica, debridamento, irrigação, antibioticoprofilaxia, fixação e reconstrução. Resultados da síntese: As fontes convergem sobre a importância de antibióticos precoces, remoção adequada de tecido desvitalizado, estabilização e cobertura de partes moles. O ensaio FLOW favoreceu solução salina em relação ao sabão e não demonstrou vantagem de pressões de irrigação mais altas. Revisões recentes associam cobertura precoce a menor ocorrência de determinadas complicações, mas os estudos apresentam heterogeneidade e risco de confusão. O momento da cirurgia e a escolha de implantes dependem da viabilidade dos tecidos, do estado vascular e da condição sistêmica do paciente. Conclusão: O manejo deve ser integrado, individualizado e acompanhado por reabilitação funcional, evitando prescrições temporais rígidas e extrapolações indevidas de evidências.

Palavras-chave: Fraturas expostas; Trauma de alta energia; Infecção relacionada à fratura; Reconstrução ortoplástica; Consolidação óssea.

ABSTRACT

Introduction: High-energy open fractures of the lower extremities combine contamination, severe soft-tissue damage, mechanical instability, and risks of infection and nonunion. Objective: To critically examine surgical strategies for infection control, tissue preservation, and bone union. Methods: A qualitative critical narrative review

drawing on professional guidelines, randomized trials, and reviews addressing orthoplastic care, debridement, irrigation, antibiotic prophylaxis, fixation, and reconstruction. Findings: The evidence supports prompt antibiotic administration, adequate removal of nonviable tissues, stable fixation, and appropriate soft-tissue coverage. The FLOW trial favored saline over soap and did not demonstrate improved outcomes with higher irrigation pressures. Recent reviews associate earlier coverage with fewer selected complications, although study heterogeneity and residual confounding limit causal interpretation. Surgical timing and implant choices depend on tissue viability, vascular status, and patient physiology. Conclusion: Care should be coordinated, individualized, and extended through functional rehabilitation, avoiding rigid timing rules and unwarranted generalization of research findings.
Keywords: Open fractures; High-energy trauma; Fracture-related infection; Orthoplastic reconstruction; Bone union.

1. INTRODUÇÃO

As fraturas expostas dos membros inferiores decorrentes de mecanismos de alta energia concentram múltiplas ameaças à recuperação: perda de integridade da pele, contaminação ambiental, esmagamento de músculos, interrupção vascular, instabilidade mecânica e lesão óssea com extensão nem sempre evidente na radiografia inicial. A comunicação do foco da fratura com o exterior significa que a lesão não deve ser entendida exclusivamente como descontinuidade do osso. O resultado funcional depende da interação entre tecidos vivos, capacidade de controlar microrganismos, reconstrução anatômica e condições sistêmicas do paciente. As fraturas da tíbia são particularmente desafiadoras pela cobertura muscular limitada de segmentos

anteriores e mediais e pela frequência de exposição óssea após trauma rodoviário, quedas de altura e acidentes laborais (Azad; Hacquebord, 2024).

O atendimento moderno exige uma sequência de decisões coordenadas, desde a ressuscitação e a administração precoce de antibióticos até a determinação do momento adequado para debridamento, estabilização e cobertura definitiva. A British Orthopaedic Association recomenda fluxos especializados de assistência ortoplástica e profilaxia antibiótica intravenosa tão cedo quanto possível, idealmente dentro da primeira hora após o trauma. Essas ações iniciais não eliminam a necessidade de cirurgia meticulosa e não constituem garantia de ausência de infecção. Por sua vez, a diretriz da American Academy of Orthopaedic Surgeons apresenta recomendações preventivas baseadas na literatura e reconhece áreas de evidência insuficiente, em especial nas lesões heterogêneas de alta energia (Boa, 2017; Aaos, 2022).

Este artigo tem como objetivo analisar criticamente as estratégias cirúrgicas contemporâneas para reduzir infecção, conservar tecidos viáveis e favorecer a consolidação óssea nas fraturas expostas graves dos membros inferiores. A revisão discute classificação e avaliação de risco, antibioticoprofilaxia, irrigação, debridamento, fixação interna e externa, cobertura ortoplástica, perdas segmentares, complicações e reabilitação. O foco não é formular uma regra única para todos os cenários, mas explicitar como decisões sucessivas alteram o equilíbrio entre a proteção biológica dos tecidos e a estabilidade do foco de fratura. A análise também diferencia resultados de ensaios clínicos de conclusões provenientes de coortes observacionais, cuja interpretação é influenciada pela gravidade das lesões.

2. METODOLOGIA

Trata-se de revisão narrativa crítica da literatura, com abordagem qualitativa e finalidade de síntese clínica e conceitual. Foram priorizados documentos institucionais de sociedades de ortopedia e trauma, ensaios randomizados e revisões sistemáticas pertinentes a fraturas expostas dos membros inferiores, particularmente da tíbia. A pesquisa temática considerou conceitos correspondentes a open fracture, lower extremity trauma, antibiotic prophylaxis, debridement, irrigation, orthoplastic coverage, fracture-related infection, bone union e limb salvage. Também foram consultadas publicações sobre reconstrução de tecidos moles e decisões de fixação em cenários de lesões graves. A seleção foi orientada por relevância clínica, clareza metodológica, qualidade da fonte e diversidade de resultados, sem delimitar uma amostra estatística de estudos.

O texto utiliza como marcos a norma BOAST de 2017 e a diretriz AAOS de 2022; o estudo multicêntrico FLOW sobre irrigação; o ensaio do consórcio METRC sobre vancomicina tópica em fraturas tibiais de alto risco; o ensaio PREP-IT sobre antissepsia cutânea; a revisão de Azad e Hacquebord sobre cobertura de lesões IIIB; e sínteses quantitativas de 2026 sobre o momento da reconstrução. As publicações foram examinadas quanto ao desenho, à população-alvo e aos desfechos efetivamente avaliados. Resultados obtidos em fraturas articulares fechadas e abertas de menor gravidade não foram automaticamente extrapolados a lesões com perda extensa de cobertura, isquemia ou grande contaminação (FLOW Investigators, 2015; METRC, 2021; Prep-It Investigators, 2024).

A metodologia não corresponde a revisão sistemática: não foi executado protocolo registrado, rastreio exaustivo de bases ou avaliação formal padronizada do risco de viés de cada publicação incluída. A síntese é interpretativa, útil para organizar evidências e identificar decisões controvertidas, mas não permite estimar efeitos agregados próprios. Não foram recrutados pacientes, coletados dados clínicos nem produzidos resultados experimentais inéditos. As comparações entre práticas são apresentadas com cautela, distinguindo associação de causalidade e reconhecendo que protocolos variam conforme recursos, resistência bacteriana local e experiência da equipe. A revisão de condutas não substitui a avaliação presencial especializada de cada caso.

3. DEFINIÇÃO DA LESÃO E DIMENSÃO DO DANO TECIDUAL

Em uma fratura exposta grave, o defeito da pele visível não descreve toda a extensão do trauma. A energia dissipada pode causar necrose progressiva ao longo de horas ou dias, descolamento cutâneo, contusão muscular profunda, trombose microvascular e comprometimento periosteal. A superfície de um osso aparentemente limpa pode ter recebido inoculação bacteriana e, simultaneamente, ter perdido o suprimento vascular necessário para a reparação. A investigação precisa integrar mecanismo, aspecto da ferida, padrões radiológicos, pulsos, sensibilidade, mobilidade e evolução do edema. O exame inicial constitui uma fotografia dinâmica, não uma declaração definitiva de viabilidade, pois os limites entre tecido recuperável e inviável podem se modificar após ressuscitação e estabilização.

A classificação de Gustilo–Anderson é amplamente utilizada para descrever a gravidade das fraturas abertas, considerando tamanho

da ferida, contaminação, lesão de partes moles e necessidade de cobertura. Nos tipos IIIA, IIIB e IIIC, a discriminação entre envoltório preservado, exposição que demanda reconstrução e lesão arterial com necessidade de reparo contribui para a comunicação entre profissionais. Entretanto, a classificação depende da avaliação cirúrgica e pode apresentar variabilidade entre observadores. Portanto, seu papel é organizar a descrição e orientar recursos, não prever individualmente o risco de infecção ou a chance de salvamento. Lesões de mesma categoria podem diferir profundamente na destruição muscular, no grau de contaminação, no tempo até o tratamento e nas comorbidades.

A localização modifica as possibilidades de reconstrução. A diáfise tibial apresenta desafios distintos daqueles encontrados em fraturas do pilão, calcâneo, tornozelo ou fêmur distal; a proximidade de articulações impõe preocupação com congruência e rigidez, enquanto defeitos diafisários extensos exigem restaurar comprimento, eixo e ambiente biológico. A interpretação isolada da imagem de tomografia, por melhor que seja, não esclarece a perfusão de retalhos nem o potencial de sobrevida da musculatura. O planejamento deve articular anatomia funcional, necessidade de suporte de carga, zonas de perfusão e eventual reconstrução arterial. A definição precisa da lesão fundamenta a escolha entre procedimentos imediatos, etapas sequenciais e alternativas de tratamento.

4. ATENDIMENTO INICIAL E PRIORIZAÇÃO FISIOLÓGICA

O tratamento das fraturas abertas de alta energia começa antes da sala operatória. A avaliação sistemática de lesões potencialmente fatais, hemorragias e estado hemodinâmico antecede a

reconstrução do membro. A estabilização cervical quando indicada, o controle da dor, a reposição volêmica apropriada e a investigação de trauma associado fazem parte da proteção global do paciente. Na extremidade, devem ser documentados perfusão distal, temperatura, enchimento capilar, pulsos, sensibilidade e movimentos ativos possíveis. A ausência de pulso, a isquemia progressiva, a hemorragia arterial e a síndrome compartimental são sinais de urgência que podem alterar radicalmente o tempo cirúrgico e o planejamento de acesso. A comunicação clara entre emergência, ortopedia, cirurgia vascular, anestesia e cirurgia plástica reduz atrasos evitáveis.

A ferida deve ser protegida contra contaminação adicional, sem manipulações repetidas que aumentem a agressão tecidual. O exame clínico orienta a necessidade de realinhamento provisório e imobilização, respeitando a circulação e o estado neurológico. A obtenção de fotografias padronizadas, quando consentida e conforme protocolos institucionais, facilita discussões entre equipes sem remoções desnecessárias do curativo. A profilaxia antitetânica deve ser avaliada segundo o histórico vacinal e as características da lesão. Em cenários com transferência inter-hospitalar, registrar horário do trauma, horário do primeiro antibiótico e alterações vasculares é tão importante quanto descrever a radiografia: essas informações influenciam a continuidade segura do cuidado.

A gravidade fisiológica afeta o momento da fixação definitiva. Um paciente com choque, coagulopatia, hipotermia ou politrauma pode se beneficiar inicialmente de estabilização breve, com procedimentos mais extensos adiados até recuperação sistêmica. Em outra situação, a presença de isquemia ameaça a viabilidade do membro e requer prioridade para revascularização e procedimentos

associados. Não há antagonismo necessário entre redução do tempo até a cirurgia e estabilidade fisiológica; o problema é organizar intervenções que produzam benefício real no momento correto. Protocolos baseados apenas em prazos inflexíveis podem ignorar condições clínicas decisivas e criar risco adicional ao submeter pacientes instáveis a cirurgias longas.

5. ANTIBIOTICOPROFILAXIA E RISCO MICROBIOLÓGICO

O antibiótico profilático precoce é uma das intervenções iniciais mais relevantes nas fraturas abertas. A norma BOAST recomenda administração intravenosa idealmente na primeira hora após a lesão, respeitando a urgência do cuidado global (Boa, 2017). A escolha do esquema depende da classificação, da contaminação, do contexto epidemiológico, de alergias, da função renal e das políticas locais de antimicrobianos. Lesões fortemente contaminadas por solo ou água podem demandar considerações diferentes daquelas apropriadas a uma fratura aberta limpa após trauma urbano. A decisão deve ser protocolizada em conjunto com equipes de infectologia e farmácia, sem transformar um único regime em prescrição universal aplicável a todos os hospitais.

A profilaxia não equivale ao tratamento de osteomielite ou infecção relacionada à fratura já estabelecida. Seu objetivo é reduzir o risco inicial de colonização e infecção durante a janela de exposição; por isso, não substitui remoção de tecido necrosado e fechamento adequado. Quando existem sinais clínicos de infecção, são necessários investigação dirigida, culturas adequadas durante a intervenção e definição de esquema terapêutico específico. A duração profilática também merece individualização: prolongamento indiscriminado não corrige debridamento

insuficiente e pode aumentar eventos adversos, seleção de resistência e custos. Embora diretrizes ofereçam parâmetros, mudanças em esquemas profiláticos devem considerar o protocolo do serviço e o espectro microbiológico local (Aaos, 2022).

A indicação de antibiótico local, incluindo pó de vancomicina, deve ser interpretada segundo o cenário estudado. O ensaio METRC de 2021 avaliou fraturas do planalto e pilão tibial consideradas de alto risco, incluindo apenas uma parcela de lesões abertas e excluindo fraturas IIIB e IIIC. Observou redução de infecções profundas por gram-positivos em análise específica, enquanto o desfecho global primário apresentou diferença com incerteza estatística (METRC, 2021). Portanto, o estudo não autoriza considerar a aplicação tópica como intervenção comprovadamente efetiva em todas as fraturas abertas graves, nem como substituto de profilaxia sistêmica e tratamento cirúrgico. O uso deve seguir avaliações institucionais de eficácia, segurança e pertinência.

6. DEBRIDAMENTO: REMOÇÃO SELETIVA E PRESERVAÇÃO BIOLÓGICA

O debridamento é uma etapa decisiva porque reduz tecido desvitalizado que pode funcionar como substrato para proliferação bacteriana e persistência inflamatória. Sua qualidade não se mede exclusivamente pelo volume retirado, mas pela capacidade de eliminar estruturas irrecuperáveis enquanto preserva elementos viáveis relevantes à reconstrução. Pele, tecido subcutâneo, fáscia, músculo e osso necessitam de avaliação própria. A abordagem deve permitir visualização adequada das áreas contaminadas, exposição suficiente dos planos e reconhecimento de trajetos de descolamento. A manipulação excessivamente agressiva pode

transformar tecidos marginalmente perfundidos em nova área de necrose, aumentando a extensão do defeito e reduzindo opções de cobertura.

A avaliação muscular tradicional considera aspectos como coloração, consistência, contratilidade e sangramento, mas nenhum sinal isolado é perfeito. A reperfusão após restauração vascular ou correção da hipovolemia pode modificar a aparência de segmentos inicialmente duvidosos. Fragmentos ósseos sem ligação vascular significativa e evidentemente contaminados exigem decisão cuidadosa, pois a conservação indiscriminada pode contribuir para infecção, enquanto a remoção extensa aumenta perdas segmentares. Nas fraturas de grande energia, o princípio é escolher de forma racional o que deve ser removido imediatamente e o que necessita reavaliação em nova abordagem. Essa estratégia exige documentação e planejamento, evitando tanto limpeza superficial quanto cirurgias desnecessariamente destrutivas.

A antiga regra de debridamento obrigatório em seis horas foi progressivamente questionada. Estudos observacionais indicaram que, quando não há contaminação extrema, isquemia ameaçadora ou outra urgência específica, o resultado não depende apenas de um limiar rígido de horas. A coorte multicêntrica TIDE não identificou diferença significativa de infecção profunda ao comparar atendimento antes e depois de 12 horas em pacientes selecionados, sem permitir concluir equivalência em todos os cenários (Tide, 2018). A oportunidade cirúrgica deve integrar equipe disponível, gravidade, antibióticos já iniciados e risco vascular. Lesões com comprometimento arterial, síndrome compartimental ou contaminação importante continuam demandando resposta imediata, não espera por conveniência logística.

7. IRRIGAÇÃO CIRÚRGICA E CONTROLE DA CONTAMINAÇÃO

A irrigação complementa o debridamento ao remover partículas, coágulos e carga contaminante que permanecem no foco. Seu resultado depende da preparação da ferida, da exposição dos recessos e da ausência de tecido necrosado oculto. A discussão sobre pressão e solução irrigadora foi aprofundada pelo ensaio FLOW, no qual 2.447 participantes elegíveis foram analisados após alocação randomizada a diferentes pressões e ao uso de soro fisiológico ou solução com sabão. As taxas de reoperação não diferiram significativamente entre pressões muito baixa, baixa e alta, enquanto o grupo com sabão apresentou mais reoperações do que o grupo tratado com solução salina (FLOW Investigators, 2015).

Esse resultado sustenta a utilização de irrigação simples com solução salina, sem necessidade de assumir que equipamentos de pressão elevada ofereçam vantagem. Contudo, não significa que qualquer volume e qualquer técnica sejam equivalentes em feridas altamente contaminadas. Fluxo, acesso anatômico, temperatura do paciente e viabilidade tecidual são fatores práticos relevantes, e a irrigação não deve ser confundida com esterilização da ferida. Antissépticos potencialmente citotóxicos usados indiscriminadamente em estruturas profundas podem representar risco para células envolvidas no reparo. A escolha da solução deve levar em conta estudos comparativos, disponibilidade e protocolos locais, sem extrapolar resultados laboratoriais isolados.

O ensaio FLOW avaliou um desfecho composto de reoperação, e não apenas infecção microbiologicamente confirmada. Esse detalhe limita afirmações de que determinado método reduz ou eleva de modo específico a osteomielite. Também é necessário reconhecer

que suas populações reuniram lesões de gravidades variadas. Para pacientes com contaminação orgânica intensa, lesão por esmagamento e grandes bolsas de descolamento, a qualidade do debridamento continua central. Procedimentos repetidos podem ser necessários quando a viabilidade permanece incerta, mas a repetição sem indicação clínica pode retardar cobertura e prolongar exposição hospitalar. O objetivo é obter um leito biologicamente adequado para estabilização e reconstrução.

8. FIXAÇÃO EXTERNA E MANEJO EM ESTÁGIOS

A fixação externa permite recuperar comprimento e alinhamento sem implantes extensos sobre tecidos gravemente agredidos. É particularmente útil em pacientes fisiologicamente instáveis, fraturas com contaminação importante, edema exuberante, lesão vascular ou necessidade de acesso repetido ao foco. A montagem deve proporcionar estabilidade suficiente para proteger o reparo vascular e facilitar curativos e reconstrução, considerando a posição planejada de futuros retalhos e incisões. Pinos mal posicionados podem atravessar áreas futuras de abordagem ou criar trajetos próximos ao material de osteossíntese definitiva, dificultando a conversão. A estratégia deve ser concebida desde o início como parte de um plano longitudinal, e não como medida provisória isolada.

O tratamento em estágios é frequentemente associado à reavaliação de tecidos, repetição seletiva de debridamento e planejamento ortoplástico. A passagem à fixação definitiva depende da evolução local, do controle da contaminação, do estado geral e da possibilidade de cobertura simultânea. Uma fixação provisória mantida por tempo excessivo pode gerar problemas próprios, como

infecção de trajetos de pinos, desalinhamento, dor e rigidez articular. Por outro lado, converter precipitadamente para osteossíntese interna em leito biologicamente inadequado pode aumentar risco de infecção profunda e exposição de implantes. O desafio clínico consiste em evitar ambos os extremos, documentando critérios explícitos para cada transição.

Em fraturas com perda óssea, a montagem externa pode também ser componente do tratamento reconstrutivo definitivo, como em estratégias de transporte ósseo. Os benefícios mecânicos precisam ser ponderados frente ao tempo de uso, ao desconforto, às demandas de manutenção e à necessidade de seguimento próximo. Em contextos com barreiras geográficas e dificuldade de retorno, esses custos humanos influenciam a escolha. Nem toda fratura de alta energia requer fixação externa, nem toda fixação interna representa conduta agressiva: o elemento decisivo é a adequação entre a estabilidade oferecida, a integridade dos tecidos e o programa de cobertura. A discussão entre ortopedista e cirurgião plástico deve ocorrer antes de escolher a localização dos dispositivos.

9. FIXAÇÃO INTERNA E CONDIÇÕES PARA OSTEOSÍNTESE DEFINITIVA

A fixação interna pode restaurar anatomia, permitir mobilização precoce e oferecer estabilidade consistente quando a lesão foi adequadamente tratada. Hastes intramedulares, placas e parafusos possuem indicações distintas, determinadas por nível da fratura, extensão articular, perda metafisária, padrão de cominuição e qualidade do envoltório. Em fraturas diafisárias tibiais com condições favoráveis, a haste pode preservar parte da biologia periosteal e limitar dissecações adicionais; contudo, não resolve, por

si, contaminação ou defeito de cobertura. Nas lesões articulares ou metafisárias, placas podem ser indispensáveis para restaurar alinhamento e congruência, mas sua implantação exige planejar incisões e proteção dos tecidos para evitar necrose e exposição do implante.

A estabilidade não corresponde necessariamente à maior rigidez possível. O ambiente biomecânico adequado depende do tipo de consolidação esperado, da configuração do foco e da distribuição de tensões. Excesso de movimento pode provocar falha de consolidação e prejuízo à cicatrização dos tecidos moles, enquanto rigidez inadequada em determinadas construções pode limitar estímulos favoráveis à formação de calo. Decisões sobre ponte biológica, fixação compressiva, espaçamento de parafusos e comprimento de placa devem ser tomadas segundo os princípios de osteossíntese e os objetivos do caso. A análise clínica deve incluir capacidade de suportar carga, exigências de mobilidade e necessidade de futuros procedimentos reconstrutivos.

Nas fraturas com grande exposição, a escolha de implantes não pode ser dissociada do planejamento de retalho. O fechamento de pele sob tensão sobre uma placa cria risco de deiscência, enquanto o comprometimento vascular favorece colonização persistente. A experiência de centros ortoplásticos demonstra a importância da coordenação entre estabilização e cobertura. Alguns pacientes podem receber tratamento definitivo combinado em um mesmo tempo cirúrgico; outros requerem preparação progressiva. A literatura não permite afirmar que uma técnica seja universalmente superior em todos os tipos III, sobretudo porque estudos comparam populações com diferentes contaminações, tempos e déficits teciduais. A indicação precisa ser individualizada e documentada.

10. RECONSTRUÇÃO ORTOPLÁSTICA E COBERTURA DE PARTES MOLES

A cobertura de tecidos moles é parte do tratamento da fratura, não etapa cosmética acrescentada ao final. Músculos, fáscia e pele fornecem proteção física, aporte vascular e resistência ao ambiente externo. Nas fraturas IIIB, a exposição de osso e implantes pode exigir retalhos locais, regionais ou livres, dependendo da localização e do tamanho do defeito. A seleção considera vasos receptores, área doadora, arco de rotação, espessura necessária, possível injúria da zona de origem e necessidade de posterior acesso ortopédico. Uma reconstrução tecnicamente viável pode fracassar se o retalho for submetido à tensão, compressão ou perfusão insuficiente após a fixação.

A literatura recente tem valorizado a cobertura precoce sempre que as condições permitam. Azad e Hacquebord (2024) revisaram alternativas reconstrutivas e a importância da janela de tratamento, enquanto uma metanálise publicada em 2026 associou reconstrução dentro de 72 horas a menor frequência de complicações, sobretudo osteomielite, em comparação com cobertura posterior (Dehnadi et al., 2026). Outra revisão de 2026, com cinco estudos e 454 pacientes com fraturas IIIB/IIIC, encontrou menor chance de infecção relacionada à fratura no grupo com tratamento ortoplástico mais precoce, embora os limites temporais diferissem entre investigações (Early Orthoplastic Coverage, 2026).

Essas sínteses não eliminam o viés de seleção: pacientes operados cedo podem apresentar condições clínicas melhores, acesso mais rápido a equipes completas ou padrões de contaminação distintos. A questão prática não é converter 72 horas em meta independente

da qualidade do procedimento, mas reduzir atrasos evitáveis entre debridamento eficaz, estabilidade e cobertura vascularizada. Fechamento primário sob tensão, apenas para cumprir um prazo, pode ser menos seguro do que reconstrução bem planejada. Em centros com recursos limitados, transferir precocemente para serviço de referência e disponibilizar avaliação de cirurgia plástica são medidas organizacionais relevantes. A decisão deve conciliar viabilidade do paciente, limpeza da ferida, disponibilidade técnica e necessidade de intervenção vascular.

11. TERAPIA POR PRESSÃO NEGATIVA: PONTE, NÃO DESTINO

A terapia por pressão negativa é utilizada em determinadas feridas traumáticas para organizar exsudato, proteger temporariamente a área e facilitar cuidados entre intervenções. Seu potencial de contribuição para formação de tecido de granulação e manejo de curativos não significa que possa substituir debridamento e cobertura vascularizada quando existe osso extensamente exposto. A indicação deve considerar proximidade de vasos e nervos, possibilidade de sangramento, tecido necrótico residual e qualidade da vedação. Em feridas com estruturas nobres desprotegidas, medidas específicas de interface e vigilância são essenciais. A seleção deve obedecer à experiência da equipe e às condições reais da ferida.

A utilização como ponte pode ser útil quando a reconstrução imediata é inviável, mas é necessário definir desde o início qual intervenção posterior será realizada e em que condições. O risco de transformar o curativo em justificativa para adiar indefinidamente a cobertura deve ser explicitamente controlado. Em fraturas graves, atraso prolongado mantém possibilidade de contaminação,

desidratação tecidual e internação estendida. A avaliação dos benefícios deve considerar não apenas aparência da ferida, mas também infecção profunda, duração de internação, número de cirurgias e função final. Esses desfechos podem apresentar resultados distintos e não são intercambiáveis.

As diretrizes AAOS reconhecem que determinadas aplicações da pressão negativa permanecem cercadas de evidência incompleta ou conflitante, dependendo da indicação e da população (Aaos, 2022). Por isso, expressões como prevenção comprovada de infecção em todas as fraturas abertas seriam inadequadas. A pressão negativa pode integrar estratégia institucional de cuidado, desde que o cronograma de reconstrução esteja pactuado. Sua efetividade deve ser analisada conjuntamente com estabilidade óssea, frequência de reavaliação e estado vascular. A articulação ortoplástica oferece condições para encurtar o período de cobertura provisória, evitando que uma tecnologia de curativo substitua o objetivo clínico de reconstrução funcional.

12. LESÕES VASCULARES, ISQUEMIA E DECISÕES SOBRE SALVAMENTO

Lesões arteriais associadas a fraturas expostas de alta energia alteram a prioridade assistencial porque a duração da isquemia influencia a viabilidade muscular, neural e cutânea. Ausência de pulso não é o único sinal: perfusão assimétrica, dor desproporcional, alterações sensitivas, extremidade fria e deterioração após redução exigem investigação imediata. Quando necessário, a imagem vascular pode auxiliar o planejamento, mas não deve retardar revascularização urgente em membro claramente ameaçado. A coordenação entre cirurgia vascular e ortopedia permite definir a

sequência de controle de hemorragia, estabilização, derivação temporária e reparo definitivo. O risco de síndrome compartimental após reperfusão também precisa ser antecipado e monitorado.

A escolha entre salvamento e amputação não pode ser reduzida a um escore ou a uma preferência técnica. Deve incorporar extensão da perda muscular, dano nervoso, perspectiva de marcha, condições clínicas, recursos disponíveis e expectativas informadas do paciente. O salvamento anatomopatológico de uma extremidade sem potencial funcional pode gerar sucessivas intervenções e sofrimento; por outro lado, a amputação precoce sem avaliação de possibilidades reconstrutivas pode eliminar uma chance razoável de preservação. Reuniões interdisciplinares e comunicação honesta com família e paciente, quando possível, são essenciais. O processo decisório deve documentar benefícios prováveis, incerteza, reabilitação esperada e impacto psicossocial.

O tratamento ortoplástico precisa prever não apenas a primeira operação, mas também eventual falha do retalho, trombose vascular, infecção persistente ou perda de segmento ósseo. A qualidade de um plano cirúrgico depende de alternativas de contingência. Serviços que concentram expertise vascular, microcirúrgica e ortopédica possuem maior capacidade de responder a intercorrências complexas, mas isso não dispensa protocolos de transferência e cuidados iniciais adequados em hospitais periféricos. A decisão por amputação pode ser resultado legítimo de avaliação multidimensional, e não necessariamente falha terapêutica. O indicador prioritário deve ser o melhor resultado funcional e pessoal possível, com segurança.

13. MECANISMOS DA INFECÇÃO RELACIONADA À FRATURA

A infecção relacionada à fratura resulta da interação entre inoculação microbiana, carga bacteriana, vascularização, material implantado e resposta do hospedeiro. O trauma de alta energia favorece áreas de necrose nas quais a entrega de antimicrobianos é reduzida. A presença de superfície de implante pode permitir formação de biofilme, estrutura que protege microrganismos de mecanismos imunológicos e dificulta sua erradicação. Isso explica por que a aparência superficial de uma ferida nem sempre reflete a situação profunda e por que antibiótico isolado raramente resolve infecção associada a osso necrótico ou material instável. A prevenção exige controlar simultaneamente contaminação, tecido desvitalizado, estabilidade e cobertura.

O diagnóstico de infecção profunda deve integrar sinais clínicos, evolução da ferida, achados cirúrgicos, culturas profundas e exames complementares quando indicados. A secreção purulenta e a presença de fístula comunicante com o osso ou implante são achados relevantes, enquanto elevações isoladas de marcadores inflamatórios no pós-trauma podem ser inespecíficas. A interpretação de radiografias também requer cuidado: alterações compatíveis com consolidação lenta, reabsorção ou afrouxamento podem ter explicações mecânicas e infecciosas. Não convém usar uma cultura superficial como substituto das amostras obtidas adequadamente durante cirurgia, porque a colonização externa pode não representar os patógenos profundos.

A investigação precisa distinguir infecção precoce, de apresentação tardia e condições crônicas, embora a cronologia isolada não determine a estratégia. A estabilidade do implante, o estado da união, a possibilidade de novo debridamento e a cobertura disponível orientam opções de retenção, troca ou retirada de

material. O tratamento deve ser multidisciplinar, com planos microbiológicos e cirúrgicos integrados. A antibioticoterapia dirigida requer avaliação de culturas profundas e aspectos do paciente, incluindo função renal, alergias e interações medicamentosas. Prometer erradicação apenas com cursos prolongados de antibióticos é insuficiente quando permanecem necrose, deformidade, instabilidade ou grandes defeitos de tecidos moles.

14. PREVENÇÃO INTRAOPERATÓRIA E ANTISSEPSIA

A prevenção de infecção no centro cirúrgico compreende organização de salas, administração correta de antibióticos, higiene, preparo da pele íntegra ao redor do acesso e técnicas que reduzam agressão desnecessária. A escolha de antisséptico cutâneo recebeu avaliação em grande ensaio PREP-IT, publicado em 2024, que comparou soluções alcoólicas com iodopovacrílex e clorexidina em hospitais norte-americanos e canadenses, com populações de fraturas abertas e fechadas analisadas separadamente (Prep-It Investigators, 2024). O estudo informa práticas de preparação pré-operatória, mas não substitui avaliação individual de contraindicações, alergias ou a necessidade de proteger estruturas expostas.

Em feridas contaminadas, a antissepsia da pele adjacente e a irrigação do foco aberto são intervenções diferentes. Não se deve extrapolar resultados sobre preparação de pele intacta para recomendar aplicação de qualquer solução concentrada diretamente sobre músculos, nervos e osso. A prevenção também inclui manutenção de temperatura, perfusão tecidual adequada, controle glicêmico quando pertinente e redução de manipulações evitáveis. A duração da cirurgia pode ser influenciada pela

complexidade do dano; portanto, associações entre operações longas e infecção não provam que a velocidade cirúrgica isolada produza benefício. Preparação, materiais disponíveis e coordenação de equipes são fatores capazes de reduzir atrasos sem sacrificar qualidade.

Os resultados de grandes ensaios precisam ser interpretados pela população e pelo desfecho. A frequência de infecção superficial em 30 dias não equivale ao risco de osteomielite ou infecção relacionada à fratura meses depois, e diferenças de antissépticos podem não se reproduzir em todas as lesões IIIB e IIIC. A implementação de protocolos deve monitorar indicadores locais e mudanças inadvertidas na prática, como atrasos de antibióticos, falhas em cobertura e necessidade de reoperação. Uma política institucional bem construída não depende de uma única substância, mas de adesão consistente a uma sequência de medidas complementares, que precisam ser reavaliadas segundo novas evidências.

15. PERDAS ÓSSEAS SEGMENTARES E RECONSTRUÇÃO

Defeitos ósseos segmentares surgem quando o trauma ou o debridamento necessário remove volume significativo de osso. A reconstrução deve buscar alinhamento, comprimento e estabilidade, além de proporcionar ambiente biologicamente capaz de formar tecido ósseo. O tamanho do defeito, a vascularização dos tecidos adjacentes, a infecção presente ou prévia e as características do paciente influenciam a escolha entre enxertia, técnica de membrana induzida, transporte ósseo e reconstrução microvascular. Não há solução que dispense a avaliação de cobertura e a erradicação de tecido infectado. A estratégia também precisa considerar os recursos e o número provável de intervenções.

A técnica de membrana induzida envolve etapas reconstrutivas planejadas e exige que a estabilidade, o controle de infecção e a cobertura estejam adequados antes do preenchimento definitivo. O transporte ósseo pode restaurar grandes segmentos por distração progressiva, mas impõe seguimento prolongado e riscos relacionados a pinos, deformidades ou dificuldades de consolidação nos pontos de encontro. Enxertos vascularizados podem ser indicados em situações selecionadas, sobretudo quando a biologia do leito é desfavorável, mas requerem equipe e capacidade microcirúrgica específicas. Os resultados não devem ser comparados apenas pela taxa radiográfica de união: qualidade da marcha, dor, necessidade de órteses e tempo de afastamento também importam.

Uma decisão aparentemente bem-sucedida no primeiro mês pode mostrar limitações após um ano, quando o paciente precisa caminhar, trabalhar e suportar carga. Os protocolos de reconstrução devem definir critérios para avanço, reconhecimento de falhas e alterações do plano. A associação entre infecção e não união pode produzir um ciclo de novas cirurgias, com perdas sucessivas de osso e partes moles. Romper esse ciclo requer diagnóstico etiológico adequado, estabilização compatível com o objetivo biológico e escolhas proporcionais às possibilidades reais do paciente. A discussão clínica precisa integrar expectativas de funcionalidade, adesão ao tratamento e acesso a seguimento de longa duração.

16. CONSOLIDAÇÃO ÓSSEA: BIOLOGIA E MECÂNICA

A consolidação depende de inflamação reparadora inicial, recrutamento celular, vascularização, formação de calo ou reparo direto e remodelação progressiva. Nas fraturas expostas graves, esse

processo pode ser prejudicado pela perda periosteal, contusão muscular, necrose, infecção e fragmentação extensa. A estabilidade fornecida pelo implante deve criar condições mecânicas compatíveis com a formação óssea sem produzir novo dano à vascularização. Um foco com grande lacuna e sem contato cortical pode não consolidar apenas com fixação prolongada, exigindo abordagem específica da perda segmentar. A presença de calo radiográfico não assegura recuperação de resistência suficiente para suportar carga integral.

A qualidade da consolidação é afetada por fatores sistêmicos como tabagismo, estado nutricional, diabetes, perfusão periférica e condições inflamatórias. A investigação de fatores modificáveis deve integrar o seguimento, sem transformar riscos populacionais em culpabilização individual. A orientação sobre cessação do tabagismo, suporte nutricional e controle de doenças crônicas pode colaborar com a recuperação, mas não substitui tratamento local adequado. Nas lesões com grande perda muscular, o potencial biológico é especialmente comprometido; por isso, retalhos vascularizados podem contribuir não apenas para cobertura externa, mas também para o ambiente ao redor do osso. O efeito clínico final depende de múltiplos fatores concomitantes.

A avaliação de atraso de união e não união deve combinar cronologia, dor, mobilidade anormal, progressão radiológica e estabilidade da construção. Investigar infecção é obrigatório quando existem sinais sugestivos, mas nem toda consolidação lenta é infecciosa. Ajustar a fixação sem corrigir um foco infectado pode produzir falha recorrente; da mesma forma, administrar antibióticos prolongados a uma não união puramente mecânica não resolve a falta de estabilidade. A linguagem científica deve distinguir união

radiográfica, união clínica e retorno funcional. Esses desfechos, embora relacionados, não ocorrem no mesmo momento e não devem ser apresentados como equivalentes em comparações entre estratégias.

17. REABILITAÇÃO, DOR E RECUPERAÇÃO FUNCIONAL

A reabilitação começa antes da consolidação completa, com prevenção de rigidez de articulações livres, manutenção de força dos segmentos não lesionados e orientação segura sobre mobilidade. O planejamento da carga depende da estabilidade, da presença de defeito, do método reconstrutivo e da evolução dos tecidos moles. Protocolos excessivamente uniformes podem provocar falha mecânica em um paciente e imobilização desnecessária em outro. Fisioterapia, enfermagem e equipe cirúrgica devem compartilhar informações precisas sobre limites de movimento, proteção do retalho, curativos e sinais de alerta. O paciente precisa compreender a razão de cada restrição, não apenas receber a indicação genérica de evitar apoiar.

Dor persistente após fratura grave possui múltiplos determinantes, incluindo lesão nervosa, cicatrizes, alterações articulares, infecção, sobrecarga e experiências psicológicas relacionadas ao trauma. Avaliá-la apenas como indicador de consolidação pode atrasar diagnóstico de problemas específicos. A reabilitação deve considerar edema, sensibilidade, propriocepção e equilíbrio, além da readaptação às atividades habituais. Quando há reconstrução complexa de tornozelo ou pé, deformidades residuais podem limitar o uso de calçados e a tolerância à marcha. Órteses e adaptações ambientais podem melhorar autonomia enquanto a recuperação

prossegue. A trajetória funcional é frequentemente não linear, com períodos de progresso e intercorrências.

O retorno ao trabalho precisa ser analisado de forma realista, considerando exigências físicas, possibilidades de deslocamento, renda e suporte social. O simples registro de consolidação óssea não significa recuperação da capacidade ocupacional anterior. Pacientes submetidos a múltiplos procedimentos podem apresentar sofrimento emocional e dificuldade de adesão, o que justifica atendimento interdisciplinar quando necessário. Desfechos relatados pelo próprio paciente complementam indicadores cirúrgicos tradicionais e permitem reconhecer limitações não captadas por radiografias ou taxas de infecção. A escolha terapêutica inicial deve, sempre que possível, antecipar o caminho provável de reabilitação, porque preservar uma estrutura anatômica não garante recuperar sua função.

18. FATORES PROGNÓSTICOS E ESTRATIFICAÇÃO DE RISCO

A estratificação do risco de infecção e de falha de consolidação precisa integrar fatores de lesão e fatores do hospedeiro. Fraturas com perda de cobertura, ampla contaminação, destruição vascular e necessidade de revascularização concentram riscos diferentes daqueles de lesões abertas menores. Também influenciam comorbidades, tabagismo, condições imunológicas e acesso a tratamento especializado. Modelos simples baseados exclusivamente em comprimento da ferida ou classificação inicial omitem componentes decisivos. A previsão deve ser revisada ao longo do cuidado conforme surgem dados sobre viabilidade, culturas, evolução do retalho e progressão radiográfica. O risco é dinâmico, não um número fixado no primeiro atendimento.

O tempo entre trauma e cirurgia pode representar variáveis clínicas distintas. Demora para antibióticos, demora para debridamento e demora para cobertura final não devem ser agrupadas em uma única medida temporal. Além disso, pacientes com lesões mais graves podem necessitar reanimação, avaliação vascular ou transferência, tornando o atraso aparente consequência da gravidade. Estudos observacionais precisam ajustar essa confusão, mas frequentemente não conseguem medir todos os determinantes. Por isso, a comparação de resultados entre hospitais exige cautela e análise de gravidade, experiência da equipe e disponibilidade de cirurgia plástica. A qualidade não pode ser inferida de um único indicador operacional.

A literatura de 2026 sobre cobertura precoce oferece sinais consistentes de benefício potencial, mas os efeitos relatados são estimativas entre grupos, não certezas individuais. Uma metanálise encontrou redução expressiva de infecção relacionada à fratura com reconstrução mais precoce em lesões IIIB/IIIC, enquanto outra identificou redução significativa de osteomielite e tendências para outros desfechos. Essas diferenças resultam de critérios de inclusão, janelas de tempo e definições de eventos (Dehnadi et al., 2026; Early Orthoplastic Coverage, 2026). A utilização desses resultados deve fomentar organização de fluxos ortoplásticos, sem confundir associação observada com exclusividade causal do momento de cobertura.

19. ORGANIZAÇÃO DOS SERVIÇOS E TRABALHO INTERDISCIPLINAR

A qualidade do cuidado depende de estruturas institucionais capazes de oferecer intervenções coordenadas. Em fraturas graves, o

encaminhamento a centros com ortopedia de trauma, cirurgia plástica reconstrutiva, cirurgia vascular, infectologia, anestesia e reabilitação pode reduzir fragmentação decisória. A recomendação BOAST de tratamento em serviços ortoplásticos especializados expressa essa necessidade organizacional (Boa, 2017). O valor do modelo não se limita à presença nominal de especialistas: reuniões conjuntas e planejamento de cirurgia, implante e retalho são condições para que decisões individuais se tornem um percurso terapêutico coerente. A falta de comunicação pode gerar incompatibilidade entre acessos cirúrgicos e áreas disponíveis para cobertura.

O desenho da rede assistencial é particularmente relevante quando o paciente chega primeiro a unidade sem capacidade de reconstrução definitiva. O atendimento inicial deve evitar intervenções que dificultem a cirurgia subsequente, e a transferência precisa ocorrer com estabilização e documentação adequadas. Adotar protocolos de fotografia da ferida, horário de antibióticos, estado neurovascular, método de imobilização e exames disponíveis facilita continuidade. A transferência não deve ser utilizada como justificativa para postergar profilaxia antibiótica ou avaliação de urgência vascular. Hospitais de referência precisam reservar recursos de centro cirúrgico, microcirurgia e leitos, porque a oportunidade de cobertura não depende apenas da decisão do cirurgião.

Indicadores de gestão devem contemplar intervalos entre eventos, taxa de infecção profunda, necessidade de reoperação, sucesso de retalho, tempo de internação e recuperação funcional. O acompanhamento das falhas permite diferenciar gargalos de acesso, problemas técnicos e fatores clínicos inevitáveis. A

comparação institucional deve ajustar a complexidade dos casos e reconhecer desigualdades regionais. Protocolos de segurança também precisam contemplar antibioticoterapia, prevenção de eventos tromboembólicos, avaliação nutricional e planejamento de alta. Uma assistência centrada no percurso completo pode oferecer benefício maior do que a otimização isolada de qualquer etapa, pois o efeito de uma boa cirurgia pode ser perdido por falha na reabilitação ou no seguimento.

20. DESIGUALDADES DE ACESSO E CONTEXTOS DE RECURSOS LIMITADOS

A implementação das melhores práticas enfrenta obstáculos de infraestrutura, distância geográfica, disponibilidade de implantes, acesso a cirurgia microvascular e continuidade da fisioterapia. Pacientes de regiões rurais ou cidades menores podem apresentar trajetórias de transferência mais longas e menor acesso a acompanhamento especializado após a alta. A resposta institucional deve buscar reduzir essas assimetrias sem naturalizar intervenções de qualidade inferior. Treinamento para cuidados iniciais, transporte organizado e comunicação por canais seguros entre hospitais são estratégias que podem facilitar encaminhamento. A cobertura precoce recomendada na literatura depende de uma rede que tenha capacidade de responder, não apenas de um protocolo escrito.

Em hospitais com recursos restritos, resultados do ensaio FLOW são particularmente relevantes, pois a irrigação com solução salina e pressão muito baixa mostrou desempenho comparável a tecnologias de maior pressão no desfecho estudado (FLOW Investigators, 2015). Entretanto, economia com equipamentos não

deve ocorrer em detrimento da capacidade de realizar debridamento adequado ou reconstrução. Fixadores externos simples podem oferecer estabilidade inicial útil, desde que aplicados com técnica segura e planejamento de continuidade. A adoção indiscriminada de materiais alternativos ou esquemas antimicrobianos improvisados não se justifica pela limitação orçamentária. A prioridade é construir linhas de cuidado com disponibilidade essencial e critérios transparentes de transferência.

Os custos econômicos e sociais das fraturas graves ultrapassam o hospital. Internações prolongadas, múltiplos procedimentos, perda de renda e necessidade de cuidador podem comprometer famílias. A avaliação de tecnologias deve incluir sustentabilidade do tratamento completo e impacto sobre qualidade de vida, não apenas preço de implante ou curativo. Uma opção cirúrgica que exige acompanhamento intensivo por meses pode ser inadequada sem condições mínimas de seguimento. Por outro lado, a limitação social não deve ser usada isoladamente para negar salvamento potencialmente eficaz. Decisões compartilhadas e apoio multiprofissional são fundamentais para alinhar recursos, expectativas e objetivos funcionais.

21. DISCUSSÃO INTEGRADA DAS EVIDÊNCIAS

A análise conjunta das fontes revela convergência sobre a importância de antibióticos precoces, debridamento competente, estabilidade e cobertura apropriada. A divergência aparece sobretudo na comparação de janelas temporais e em intervenções complementares. A norma BOAST enfatiza organização ortoplástica e antibioticoprofilaxia rápida; a diretriz AAOS sintetiza intervenções preventivas e explicita áreas de incerteza; o estudo FLOW fornece

evidência experimental sobre irrigação; o ensaio METRC contribui para discutir antibióticos locais em população específica; e o estudo PREP-IT avalia antissepsia da pele. Esses trabalhos respondem a perguntas diferentes e não devem ser somados como se todos demonstrassem o benefício de um mesmo pacote indivisível (Boa, 2017; Aaos, 2022; FLOW Investigators, 2015).

As revisões de cobertura ortoplástica destacam o problema do atraso reconstrutivo, mas suas conclusões dependem de estudos muitas vezes observacionais, com seleção de pacientes e protocolos heterogêneos. O risco de infecção pode estar associado tanto ao atraso quanto aos motivos clínicos que o produziram. Ainda assim, a consistência de achados em diferentes séries favorece criar sistemas que permitam debridamento eficaz e cobertura antecipada quando viável, sem comprometer segurança. A comparação entre fixação precoce e em etapas enfrenta desafio semelhante: a opção por múltiplos tempos pode refletir maior dano tecidual, e não ser a causa da complicação. A boa decisão depende de critérios clínicos transparentes, não de rótulos simplificados.

Os resultados clínicos devem ser descritos em níveis separados. Prevenir colonização inicial é diferente de tratar infecção instalada; manter alinhamento radiográfico não equivale a consolidar; consolidar não garante marcha sem dor; e preservar o membro não assegura recuperação de autonomia. Uma avaliação integrada demanda medidas de infecção profunda, união óssea, integridade da cobertura, número de procedimentos e qualidade de vida. A literatura tem contribuído para amadurecer essa visão, mas ainda há lacunas sobre sequências terapêuticas específicas e subgrupos com perdas extremas. A pesquisa futura precisa desenvolver estudos comparativos multicêntricos capazes de controlar melhor a

gravidade da lesão e acompanhar desfechos funcionais de longa duração.

22. LIMITAÇÕES DA LITERATURA E AGENDA DE INVESTIGAÇÃO

Grande parte da literatura sobre fraturas abertas complexas é formada por coortes retrospectivas, séries de centros especializados e comparações sujeitas a diferenças de seleção. Pacientes submetidos a cobertura precoce, por exemplo, podem divergir dos demais no grau de contaminação ou na estabilidade clínica. Mesmo modelos estatísticos robustos não eliminam inteiramente confusão por indicação. Ensaios randomizados são valiosos, mas frequentemente abrangem apenas intervenções parciais e populações menos graves que os casos IIIB/IIIC com defeitos extensos. É necessário especificar a validade externa antes de transformar resultados em recomendações universais. A investigação também sofre com diferenças de nomenclatura e critérios de infecção, união e falha de retalho.

Futuros estudos devem registrar desde a admissão características vasculares, extensão de dano muscular, contaminação, horários de antibióticos, debridamento, fixação e cobertura. A descrição do estado dos tecidos antes e depois de cada operação é essencial para reconstruir causalidade plausível. Protocolos multicêntricos poderiam comparar trajetórias reais, não apenas técnicas isoladas, controlando transferência, acesso a centros de referência e gravidade fisiológica. A padronização de desfechos relatados pelo paciente permitiria investigar quando o salvamento preserva função significativa. Também são necessárias avaliações econômicas e de qualidade de vida em sistemas de saúde com desigualdades territoriais.

Esta revisão apresenta limitações próprias: a seleção narrativa não foi exaustiva, não houve avaliação formal uniforme do risco de viés e não foi realizada metanálise original. Seu propósito é organizar criticamente perguntas clínicas e limites de extrapolação, oferecendo um panorama útil à formação e ao planejamento assistencial. Os achados não permitem calcular a probabilidade de infecção de um paciente específico nem substituir protocolos locais. A recomendação central é adotar decisões proporcionais à gravidade, coordenadas por equipe multiprofissional e revisadas conforme evolução. Essa abordagem exige tanto domínio técnico quanto capacidade de reconhecer incertezas e negociar objetivos realistas com o paciente.

23. SÍNDROME COMPARTIMENTAL E MONITORAMENTO PERIOPERATÓRIO

A síndrome compartimental aguda pode acompanhar fraturas de alta energia e representa emergência independente do grau de abertura cutânea. A presença de uma ferida aberta não assegura descompressão espontânea de todos os compartimentos da perna. O aumento da pressão intracompartimental pode reduzir a perfusão capilar, contribuindo para lesão neuromuscular irreversível. A suspeita clínica inclui dor intensa ou desproporcional, aumento de tensão, alterações sensitivas e piora durante movimentos passivos; porém pacientes sedados, com lesão neurológica ou sob analgesia intensa podem não apresentar sinais clássicos. Nesses casos, a monitorização repetida, a documentação da evolução e a discussão especializada são especialmente importantes. O reconhecimento tardio pode comprometer a recuperação mesmo quando a fratura consolida sem infecção.

A fasciotomia, quando indicada, precisa liberar adequadamente os compartimentos acometidos e preservar estruturas vasculonervosas, o que exige conhecimento anatômico e planejamento de incisões. O procedimento cria novas feridas que deverão ser manejadas junto ao defeito da fratura, incluindo considerações sobre edema, cobertura temporária e fechamento tardio ou enxertia. A escolha do fixador e a posição dos pinos devem permitir acesso para revisões e curativos. Durante a evolução, a persistência de edema, alteração de cor ou deterioração neurológica requer reavaliação, sem atribuição automática a dor pós-operatória habitual. Quando existe reparo arterial, a reperfusão pode aumentar o risco de edema compartimental, impondo vigilância clínica intensificada.

O controle de complicações perioperatórias também abrange tromboembolismo venoso, lesão por pressão, comprometimento nutricional e reações a medicamentos. Medidas preventivas devem considerar risco hemorrágico, intervenções planejadas e mobilidade efetiva. A reabilitação após fasciotomia pode envolver retrações, alterações sensitivas e fraqueza, que influenciam o objetivo funcional da reconstrução. O registro padronizado de dados neurovasculares em momentos sucessivos permite demonstrar se houve melhora, estabilidade ou deterioração. Esses cuidados ilustram um princípio geral: resultados ortopédicos favoráveis não dependem apenas da redução radiográfica, mas da preservação contínua da função dos tecidos ao redor do osso.

24. FALHAS RECONSTRUTIVAS E CONDUTAS DE RESGATE

A falha de cobertura de partes moles, a infecção persistente e a perda de estabilidade podem ocorrer isoladamente ou em

associação. Reconhecer precocemente necrose parcial de retalho, comprometimento vascular ou deiscência é fundamental para evitar exposição prolongada do osso e dos implantes. A avaliação precisa diferenciar edema esperado, sofrimento de bordas e sinais de comprometimento vascular progressivo. A necessidade de nova operação não deve ser interpretada automaticamente como falha do conceito reconstrutivo inicial, porque determinadas lesões apresentam dano dinâmico e difícil delimitação imediata. Entretanto, cada reintervenção exige revisão crítica do mecanismo de falha, verificando se a infecção, a perfusão, a tensão de fechamento ou a estabilidade permaneceram inadequadamente controladas.

Quando ocorre infecção associada ao implante, a viabilidade da estratégia de retenção depende da estabilidade, da possibilidade de debridamento completo, do tempo de evolução, da presença de biofilme e das opções de cobertura. A remoção indiscriminada do material antes da consolidação pode gerar instabilidade catastrófica; a retenção de material frouxo ou em leito necrosado pode perpetuar a infecção. Assim, a decisão deve integrar planejamento de estabilização alternativo e tratamento antimicrobiano dirigido. A investigação deve incluir amostras profundas obtidas de modo adequado, conforme protocolos de infecção relacionada à fratura, em vez de confiar apenas em secreções superficiais. A participação de infectologia é útil para compatibilizar tratamento microbiológico com os procedimentos cirúrgicos efetivamente realizados.

Falhas repetidas também impõem uma nova discussão sobre objetivos. A possibilidade de outra reconstrução deve ser confrontada com condição vascular residual, dor, tempo de reabilitação e expectativas informadas do paciente. Em algumas

circunstâncias, a amputação após tentativa de salvamento pode oferecer recuperação mais previsível, sem que isso invalide o esforço anterior. O sofrimento psicológico associado a sucessivas internações merece atenção específica. O momento da decisão não pode ser orientado apenas pela exaustão da equipe ou pela disponibilidade de uma técnica. Uma estratégia centrada no paciente reconhece a autonomia, fornece informações proporcionais sobre riscos e considera qualidade de vida como desfecho tão relevante quanto a imagem radiográfica.

25. QUALIDADE DOS DADOS E TRANSPARÊNCIA NA COMUNICAÇÃO CIENTÍFICA

A comparação científica entre estratégias cirúrgicas depende da definição explícita de populações e desfechos. Estudos que agrupam fraturas I, II e III podem apresentar taxas médias pouco informativas para casos com isquemia e perda muscular extensa. Da mesma forma, a expressão infecção pode abranger condições superficiais tratadas com antibióticos ou infecções profundas que demandam múltiplas operações. A seleção de critérios influencia fortemente a estimativa de benefício. O tempo de seguimento também é decisivo, porque determinados problemas surgem após meses, quando a união deveria estar progredindo ou o paciente inicia maior apoio. Por isso, percentuais apresentados em estudos distintos não são automaticamente comparáveis, mesmo quando possuem nomes semelhantes.

A comunicação acadêmica precisa distinguir recomendações de diretrizes, observações de coortes e conclusões de ensaios randomizados. O FLOW oferece informação experimental específica sobre irrigação; o METRC investigou antibiótico local em amostra

selecionada de fraturas tibiais de alto risco; e as metanálises de 2026 sintetizam sobretudo estudos comparativos de tempo de cobertura. A força de inferência não é idêntica. Recomendar uma prática pode ser razoável quando diferentes fontes convergem, mas afirmar causalidade ou eficácia universal exige evidência apropriada. Esta distinção protege a interpretação clínica de aparentes contradições, sobretudo quando a complexidade e a gravidade das lesões diferem entre estudos.

A transparência metodológica também inclui informar limitações do próprio artigo. Uma revisão narrativa deve explicitar que não testou hipóteses estatísticas nem executou avaliação exaustiva de toda a literatura. Ela pode oferecer síntese coerente de temas complexos, formular hipóteses e reconhecer lacunas, mas não deve apresentar novas frequências clínicas como se derivassem de pacientes avaliados pelos autores. A incorporação de referências recentes é útil somente quando autoria, ano, população e resultado são corretamente associados. O rigor editorial depende de coerência entre discussão e bibliografia, ausência de duplicações artificiais e exposição equilibrada de incertezas, elementos particularmente necessários em temas cirúrgicos de elevado risco.

26. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tratamento das fraturas expostas de alta energia dos membros inferiores depende da articulação entre controle inicial da contaminação, preservação da perfusão, debridamento adequado, estabilidade óssea e reconstrução tempestiva de partes moles. Antibioticoprofilaxia precoce e organização do cuidado são medidas estruturantes, mas não compensam necrose residual ou cobertura inadequada. A escolha entre fixação externa, interna ou em estágios

deve considerar o padrão da fratura, as condições do envoltório e a situação fisiológica do paciente. Nenhuma modalidade isolada resolve todas as dimensões da lesão.

As evidências favorecem integração ortoplástica e redução de atrasos evitáveis na cobertura, ao mesmo tempo em que exigem cautela com regras temporais inflexíveis e extrapolações de estudos observacionais. O ensaio FLOW sustenta a irrigação com solução salina e demonstra que maior pressão não necessariamente melhora o desfecho analisado. O diagnóstico precoce de complicações, a reconstrução de perdas segmentares e a reabilitação prolongada são componentes indispensáveis para preservar função. A qualidade do cuidado deve ser medida pela combinação de controle de infecção, consolidação, autonomia e recuperação social, e não por um único resultado cirúrgico.

Conclui-se que estratégias cirúrgicas efetivas precisam ser individualizadas e coordenadas desde o atendimento inicial até a reabilitação. Centros especializados e redes de transferência organizadas contribuem para tornar possíveis decisões oportunas e reconstrutivas. Persistem lacunas sobre subgrupos de extrema gravidade, métodos de cobertura e tratamentos complementares; por isso, futuras pesquisas devem utilizar desfechos consistentes e acompanhar função a longo prazo. O conhecimento disponível oferece fundamentos sólidos para melhorar processos de cuidado sem prometer resultados universais nem reduzir o tratamento a uma sequência rígida de procedimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN ACADEMY OF ORTHOPAEDIC SURGEONS (AAOS). Prevention of surgical site infections after major extremity trauma: clinical practice guideline. Rosemont: AAOS, 2022. Disponível em: https://www.aaos.org/SSITraumaCPG. Acesso em: 8 nov. 2026.

AZAD, A.; HACQUEBORD, J. H. Soft tissue coverage for IIIB fractures: from timing to coverage options. OTA International, v. 7, supl. 4, e317, 2024. DOI: 10.1097/OI9.0000000000000317.

BRITISH ORTHOPAEDIC ASSOCIATION (BOA). BOAST: open fractures. London: BOA, 2017. Disponível em: https://www.boa.ac.uk/resource/boast-4-pdf.html. Acesso em: 8 nov. 2026.

DEHNADI, M. et al. Timing of flap coverage in open fractures: a systematic review and meta-analysis. 2026. PMID: 42164206. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/42164206/. Acesso em: 8 nov. 2026.

EARLY ORTHOPLASTIC COVERAGE REDUCES FRACTURE-RELATED INFECTIONS IN GUSTILO III B/C TIBIAL FRACTURES: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS. 2026. PMID: 42029695. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/42029695/. Acesso em: 8 nov. 2026.

FLOW INVESTIGATORS. A trial of wound irrigation in the initial management of open fracture wounds. New England Journal of Medicine, v. 373, n. 27, p. 2629-2641, 2015. DOI: 10.1056/NEJMoa1508502.

MAJOR EXTREMITY TRAUMA RESEARCH CONSORTIUM (METRC). Effect of intrawound vancomycin powder in operatively treated

high-risk tibia fractures: a randomized clinical trial. JAMA Surgery, v. 156, n. 5, e207259, 2021. DOI: 10.1001/jamasurg.2020.7259.

PREP-IT INVESTIGATORS. Skin antisepsis before surgical fixation of extremity fractures. New England Journal of Medicine, v. 390, p. 409-420, 2024. DOI: 10.1056/NEJMoa2307679.

TIME TO INITIAL DEBRIDEMENT AND WOUND EXCISION (TIDE) IN SEVERE OPEN TIBIAL FRACTURES AND RELATED CLINICAL OUTCOME: A MULTI-CENTRE STUDY. 2018. PMID: 30082111. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30082111/. Acesso em: 8 nov. 2026.

---

[1] Médico general. Universidad Metropolitana, Colômbia. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail.

[2] Medicina. Universidad Metropolitana de Barranquilla, Colômbia. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail.

[3] Medicina. Institución Universitaria Visión de las Américas, Colômbia. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail.