



ORTOPEDIA ESSENCIAL

FUNDAMENTOS CLÍNICOS E PRÁTICA MODERNA

PETRÔNNIUS MÔNICO DE REZENDE

Ortopedia Essencial: Fundamentos Clínicos e Prática Moderna

Autor
Petrônnius Mônico de Rezende

**ORTOPEDIA ESSENCIAL: FUNDAMENTOS CLÍNICOS E PRÁTICA
MODERNA**



Copyright © Editora Humanize
Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação do copyright (Lei 5.988/73 e Lei 9.61/98)

Autor

Petrônnius Mônico De Rezende

Organizador

Petrônnius Mônico De Rezende

Diagramação e Editoração

Luis Filipe Oliveira Duran
Caroline Taiane Santos da Silva
Naiara Paula Ferreira Oliveira

Publicação

Editora Humanize

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
(Editora Humanize, BA, Salvador)**

P497o DE REZENDE, Petrônnius Mônico.
OM4433

Ortopedia Essencial: Fundamentos Clínicos E Prática Moderna- 1^aed. Bahia / BA: Editora Humanize, 2025
1 livro digital; ed. I; il.

ISBN: 978-65-5255-144-3

CDU 610

1. Ortopedia 2. Medicina 3. Trauma 4. Clínico
I. Título

Índice para catálogo sistemático

1. Medicina	40
2. Ortopedia	43
3. Trauma	47
4. Clínico	49

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	9
Fundamentos Anatômicos e Biomecânicos do Sistema Musculoesquelético	
1.1 Organização estrutural do esqueleto humano	9
1.2 Biomecânica óssea e adaptação ao estresse mecânico	10
1.3 Fisiologia muscular e controle do movimento	13
1.4 Integração articular e estabilidade funcional	14
CAPÍTULO 2.....	18
Bases Fisiopatológicas do Trauma Ortopédico	
2.1 Mecanismos de lesão no trauma musculoesquelético	18
2.2 Resposta inflamatória e processo de cicatrização.....	19
2.3 Consolidação óssea: fases e fatores interferentes	21
2.4 Complicações biológicas do trauma	23
CAPÍTULO 3.....	27
Diagnóstico em Ortopedia e Traumatologia	
3.1 Avaliação clínica ortopédica sistematizada.....	27
3.2 Radiografia convencional na prática ortopédica	29
3.3 Tomografia e ressonância magnética no trauma	31
3.4 Ultrassonografia musculoesquelética	33
CAPÍTULO 4.....	36
Classificação das Fraturas e Princípios de Tratamento.....	
4.1 Sistemas de classificação das fraturas	36
4.2 Fraturas fechadas e expostas: condutas iniciais.....	38
4.3 Critérios para tratamento conservador.....	40
4.4 Critérios para tratamento cirúrgico	42
CAPÍTULO 5.....	46
Fraturas do Membro Superior	
5.1 Fraturas do ombro.....	46
5.2 Fraturas do cotovelo e da cabeça do rádio	48
5.3 Fraturas do antebraço	49
5.4 Fraturas do punho e da mão.....	52
CAPÍTULO 6.....	56
Fraturas do Membro Inferior.....	
6.1 Fraturas do quadril e do colo do fêmur	56
6.2 Fraturas do joelho e da tibia	58
6.3 Fraturas do tornozelo	60
6.4 Fraturas do pé	62

 CAPÍTULO 7.....	66
Ortopedia em Populações Especiais.....	66
7.1 Ortopedia no idoso e fraturas por fragilidade	66
7.2 Ortopedia pediátrica e particularidades do crescimento.....	68
7.3 Trauma ortopédico no paciente politraumatizado	70
7.4 Desnutrição e impacto nos desfechos ortopédicos	72
 CAPÍTULO 8.....	75
Tratamento Cirúrgico em Ortopedia.....	75
8.1 Princípios da fixação interna	75
8.2 Fixação externa e indicações	77
8.3 Artroplastias no trauma e na degeneração	79
8.4 Substituições articulares em fraturas complexas.....	81
 CAPÍTULO 9.....	84
Reabilitação e Recuperação Funcional.....	84
9.1 Fisiatria e reabilitação musculoesquelética	84
9.2 Reabilitação pós-fratura.....	86
9.3 Reabilitação pós-artroplastia	88
9.4 Protocolos de retorno funcional.....	90
 CAPÍTULO 10.....	93
Inovação, Tecnologias e Diretrizes em Ortopedia	93
10.1 Biomateriais, órteses, próteses e OPME.....	93
10.2 Ortobiológicos e terapias regenerativas.....	95
10.3 Diretrizes clínicas nacionais e internacionais.....	97
10.4 O futuro da ortopedia: tendências e perspectivas	101
 CONSIDERAÇÕES FINAIS	105
 REFERÊNCIAS:.....	106

APRESENTAÇÃO

A ortopedia contemporânea se desenvolve em um cenário marcado pela convergência entre avanços tecnológicos, aprofundamento dos conhecimentos biomecânicos e ampliação das evidências científicas que orientam a prática clínica. *Ortopedia Essencial: Fundamentos Clínicos e Prática Moderna* nasce exatamente dessa confluência: a necessidade de integrar, em uma obra única, os fundamentos estruturantes do sistema musculoesquelético, a fisiopatologia do trauma, os métodos diagnósticos atuais, os princípios terapêuticos e as tendências que moldam o futuro da especialidade.

O livro foi concebido para oferecer ao leitor uma visão abrangente, didática e ao mesmo tempo profundamente analítica da ortopedia. Sua construção parte do entendimento de que o cuidado ao paciente traumático exige mais do que a descrição dos padrões de fratura: demanda compreensão integrada da biomecânica óssea, da resposta inflamatória, das particularidades das partes moles e do papel determinante de fatores sistêmicos, como idade, estado nutricional e reserva funcional. Essa perspectiva permite que o profissional reconheça precocemente riscos, antecipe complicações e estruture condutas mais seguras e eficazes.

A organização dos capítulos reflete essa lógica progressiva. Inicialmente, apresentam-se os fundamentos anatômicos, biomecânicos e fisiológicos que sustentam toda a prática ortopédica. Em seguida, discutem-se os mecanismos de lesão, a cicatrização óssea e as complicações biológicas do trauma, contextualizando a complexidade dos processos que determinam o prognóstico. Na sequência, são abordados os principais métodos diagnósticos: da radiografia aos exames avançados de imagem, enfatizando sua aplicação clínica e suas limitações na prática diária.

A obra avança, então, para a classificação das fraturas e os princípios terapêuticos, articulando critérios para tratamento conservador e cirúrgico, com especial atenção às nuances biomecânicas e funcionais de cada segmento corporal. Os capítulos dedicados às fraturas do membro superior e inferior seguem a mesma lógica integrativa, sempre articulando anatomia, mecanismos de trauma, implicações clínicas e decisões terapêuticas fundamentadas.

Reconhecendo a diversidade dos pacientes atendidos na ortopedia, o livro dedica um bloco específico às populações especiais: idosos, crianças e politraumatizados, destacando como fatores biológicos e sociais modulam o risco de complicações e influenciam diretamente o

tratamento. Também são contemplados temas contemporâneos como biomateriais, ortobiológicos, inovação tecnológica e diretrizes clínicas nacionais e internacionais, refletindo a rápida evolução da especialidade e a necessidade de constante atualização profissional.

A proposta deste livro não é apenas reunir conteúdos fundamentais, mas oferecer ao leitor uma obra de referência, capaz de apoiar a tomada de decisão clínica, orientar condutas baseadas em evidências e fomentar uma prática ortopédica mais segura, precisa e integrada. Cada capítulo foi elaborado para dialogar com a realidade dos serviços de saúde, reconhecendo desafios estruturais, a importância da reabilitação precoce e o papel estratégico de equipes multiprofissionais no cuidado ao paciente.

Assim, *Ortopedia Essencial: Fundamentos Clínicos e Prática Moderna* se apresenta como um instrumento de formação e aperfeiçoamento contínuo, voltado a estudantes, residentes, profissionais em atividade e especialistas que buscam aprofundar sua compreensão sobre o trauma musculoesquelético. Espera-se que sua leitura contribua para práticas mais qualificadas, para uma abordagem centrada no paciente e para a consolidação de um cuidado ortopédico verdadeiramente integral e contemporâneo.

SOBRE O AUTOR

DR. PETRÔNNIUS MÔNICO DE REZENDE

AUTOR E ORGANIZADOR DA OBRA

Especialização em Cirurgia do Ombro e Cotovelo pelo Hospital Madre Teresa.

Residência Médica em Ortopedia e Traumatologia pelo Hospital Madre Teresa.

Especialista em Cirurgia do Ombro e Cotovelo.

Especialista em Ortopedia e Traumatologia. Médico pela Fundação Severino Sombra.

Sociedades científicas: Membro Titular da Sociedade Brasileira de Cirurgia do Ombro e Cotovelo (SBCOC).

Membro Titular da Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia (SBOT).

Membro Titular da Sociedad Latinoamericana de Hombro y Codo (SLAHOC).

CAPÍTULO 1

Fundamentos Anatômicos e Biomecânicos do Sistema Musculoesquelético

1.1 Organização estrutural do esqueleto humano

O esqueleto humano constitui a base estrutural do sistema musculoesquelético, exercendo funções essenciais de sustentação, proteção dos órgãos vitais, alavancagem para o movimento, reserva mineral e produção de células sanguíneas. Do ponto de vista funcional, sua organização reflete uma arquitetura altamente especializada, ajustada às exigências biomecânicas impostas pelas diferentes atividades motoras e pelas cargas aplicadas ao longo da vida (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018).

Anatomicamente, o esqueleto é classificado em esqueleto axial e esqueleto apendicular. O esqueleto axial compreende o crânio, a coluna vertebral, as costelas e o esterno, sendo responsável principalmente pela proteção do sistema nervoso central e dos órgãos torácicos, além de participar diretamente da manutenção da postura. Já o esqueleto apendicular inclui os membros superiores e inferiores e suas cinturas de fixação, assumindo papel central na locomoção, manipulação e absorção de impactos (Auth, 2008; SBOT, 2011).

A organização microscópica do tecido ósseo revela dois grandes arranjos estruturais: o osso cortical (compacto) e o osso trabecular (esponjoso). O osso cortical confere rigidez e resistência às forças de torção e flexão, enquanto o osso trabecular atua na dissipação e distribuição das cargas mecânicas, especialmente nas extremidades articulares e nas metáfises. Essa combinação estrutural garante elevada eficiência biomecânica com economia de massa óssea (SBOT, 2018; WHO, 2024).

Do ponto de vista funcional, o tecido ósseo apresenta comportamento dinâmico e adaptativo, mantendo constante remodelação em resposta aos estímulos mecânicos. A sobrecarga funcional estimula a osteogênese, enquanto a inatividade prolongada favorece a reabsorção óssea, condição que se associa ao aumento do risco de fraturas por fragilidade, especialmente em idosos (World Health Organization, 2024; NICE, 2017). Esse fenômeno explica, em parte, a

elevada incidência de fraturas do colo do fêmur nessa população, cuja estrutura óssea sofre alterações quantitativas e qualitativas com o envelhecimento (Conitec, 2018; Aaos, 2021).

A resistência mecânica do esqueleto também está diretamente relacionada à qualidade nutricional e ao estado metabólico do indivíduo. Evidências demonstram que a desnutrição agrava os desfechos pós-operatórios em cirurgias ortopédicas, comprometendo a consolidação óssea e aumentando a taxa de complicações (Chung *et al.*, 2018). Assim, a integridade da arquitetura esquelética não depende apenas da anatomia, mas da interação entre fatores biológicos, metabólicos e mecânicos.

No campo da prática clínica, a compreensão da organização estrutural do esqueleto é indispensável para a adequada interpretação das fraturas e das deformidades. Regiões como a cabeça do rádio, o colo do fêmur e as extremidades distais dos ossos longos apresentam geometrias específicas que condicionam padrões típicos de fratura e determinam estratégias terapêuticas distintas (Harrison *et al.*, 2007; Yoon *et al.*, 2012; Al-Tawil; Arya, 2021).

Além disso, a organização do esqueleto fundamenta a aplicação racional de dispositivos de fixação, próteses, órteses e materiais especiais, cuja escolha deve respeitar não apenas o tipo de osso envolvido, mas também suas propriedades estruturais e sua função biomecânica no conjunto do sistema locomotor (Brasil, 2016; Wong; Beygi; Zheng, 2019).

Dessa forma, o esqueleto humano não deve ser compreendido como uma estrutura estática, mas como um sistema vivo, adaptativo e funcionalmente integrado, que sustenta toda a lógica da ortopedia moderna, tanto no trauma quanto nas doenças degenerativas e nas estratégias de reabilitação (Dillingham, 2002; Sbot, 2018).

1.2 Biomecânica óssea e adaptação ao estresse mecânico

A biomecânica óssea estuda a relação entre as propriedades físicas do tecido ósseo e as forças que atuam sobre ele, permitindo compreender como compressão, tração, cisalhamento e torção interferem na integridade estrutural do esqueleto. O osso apresenta comportamento viscoelástico, suportando deformações reversíveis dentro de limites fisiológicos, mas evoluindo para falha estrutural quando submetido a cargas superiores à sua capacidade adaptativa (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018).

Sob cargas habituais, o osso responde com deformação elástica e retorno à forma original após a retirada do estresse. No entanto, a exposição prolongada a sobrecargas repetitivas ou impactos de alta energia ultrapassa o limiar elástico, produzindo deformação plástica e, por fim, fraturas. Esse mecanismo explica tanto as fraturas agudas traumáticas quanto as fraturas por estresse, frequentes em contextos esportivos e ocupacionais (Nice, 2017; WHO, 2024).

Nesse contexto, a resposta do tecido ósseo ao estresse mecânico pode ser sintetizada da seguinte forma:

Quadro 1 – Resposta biomecânica do osso ao estresse mecânico e implicações clínicas

Tipo de estresse	Resposta do tecido ósseo	Consequência clínica	Exemplo ortopédico
Carga fisiológica moderada	Remodelação adaptativa com aumento local da densidade	Fortalecimento estrutural	Atividade física regular
Sobrecarga repetitiva	Fadiga óssea progressiva	Fraturas por estresse	Tíbia, metatarsos
Trauma de alta energia	Deformação plástica e ruptura	Fraturas cominutivas	Rádio, fêmur, pelve
Descarga prolongada	Reabsorção óssea acelerada	Osteopenia e fraturas por fragilidade	Idosos acamados

Fonte: adaptado de SBOT (2018), NICE (2017), WHO (2024).

O processo de adaptação óssea ao estresse é regulado pela remodelação, mediada pela ação coordenada de osteoblastos e osteoclastos. Regiões submetidas a maior solicitação mecânica tendem a apresentar incremento da densidade mineral, enquanto áreas submetidas à inatividade funcional sofrem perda progressiva de massa óssea. Esse mecanismo é central para a compreensão das fraturas por fragilidade, particularmente no colo do fêmur em idosos, cuja resistência estrutural diminui de forma significativa com o envelhecimento (Conitec, 2018; Aaos, 2021).

A distribuição das forças também condiciona padrões específicos de fratura. A cabeça do rádio, por exemplo, sofre impacto típico por transmissão axial em quedas com apoio da mão estendida, gerando fraturas com características diretamente relacionadas à intensidade da energia envolvida (Harrison *et al.*, 2007; Yoon *et al.*, 2012; Al-Tawil; Arya, 2021). Já no quadril, a energia dissipada concentra-se no colo femoral, região estruturalmente mais vulnerável no idoso (Nice, 2017; Aaos, 2021).

Essa lógica biomecânica é decisiva para a seleção dos dispositivos de fixação. Implantes devem respeitar a direção predominante das forças, assegurando adequada transferência de carga e

estabilidade do foco de fratura. A aplicação inadequada compromete a consolidação e aumenta o risco de falhas mecânicas (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011; Brasil, 2016).

A seguir, sintetizam-se as principais relações entre biomecânica, escolha de implantes e estabilidade ortopédica:

Quadro 2 – Relação entre biomecânica óssea, implantes e estabilidade mecânica

Tipo de osso	Predomínio de carga	Implante mais adequado	Risco biomecânico associado
Osso cortical	Flexão e torção	Placas e parafusos	Falha por fadiga
Osso trabecular	Compressão	Parafusos esponjosos	Acomodação secundária
Região metafisária	Carga mista	Fixadores híbridos	Instabilidade rotacional
Região diafisária	Tração e torção	Hastes intramedulares	Pseudartrose

Fonte: adaptado de SBOT (2011), Brasil (2016).

Além dos fatores mecânicos, aspectos metabólicos e nutricionais modulam diretamente a resposta do osso ao estresse. Evidências indicam que a desnutrição agrava os desfechos pós-operatórios em cirurgias ortopédicas, aumentando a taxa de complicações e retardando a consolidação, sobretudo em fraturas do quadril (Chung *et al.*, 2018).

No cenário contemporâneo, biomateriais e ortobiológicos vêm sendo incorporados às estratégias terapêuticas com o objetivo de potencializar simultaneamente a resistência mecânica e o estímulo biológico à regeneração óssea, como demonstrado em estudos sobre aspirado de medula óssea coagulado e biomateriais estruturais (Lana *et al.*, 2020; Christensen; Cox; Anz, 2019). Esses avanços dialogam diretamente com o desenvolvimento de materiais para próteses e órteses, cuja concepção depende do entendimento preciso da biomecânica do esqueleto (Wong; Beygi; Zheng, 2019).

Dessa forma, a biomecânica óssea sustenta a lógica da ortopedia moderna ao integrar trauma, envelhecimento, reabilitação, implantes e inovação tecnológica em uma única base explicativa (Dillingham, 2002).

1.3 Fisiologia muscular e controle do movimento

A fisiologia muscular constitui o eixo funcional do movimento humano, pois é a contração das fibras musculares que gera força, estabiliza as articulações e possibilita a locomoção. O músculo esquelético apresenta organização altamente especializada, composta por sarcômeros, cuja interação entre actina e miosina permite a transformação da energia química em energia mecânica (Auth, 2008; Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018).

O controle do movimento depende da integração entre sistema nervoso central, unidades motoras e estruturas articulares. A ativação do neurônio motor alfa desencadeia o potencial de ação que culmina na liberação de cálcio no retículo sarcoplasmático e na contração muscular. Esse processo explica tanto os movimentos voluntários quanto os reflexos posturais, essenciais para a estabilidade corporal e prevenção de quedas (Dillingham, 2002).

A função muscular não se resume à produção de movimento. Os músculos atuam como estabilizadores dinâmicos das articulações, absorvendo cargas e protegendo as estruturas ósseas contra forças excessivas. Quando essa função é comprometida por fadiga, descondicionamento ou lesão neuromuscular, há aumento direto do risco de fraturas, especialmente em idosos (World Health Organization, 2024; Nice, 2017).

Além disso, a eficiência contrátil do músculo está diretamente associada ao estado metabólico do organismo. Evidências demonstram que a desnutrição compromete a força muscular, reduz a capacidade funcional e agrava os desfechos pós-operatórios em pacientes submetidos à cirurgia ortopédica, principalmente em fraturas do quadril (Chung *et al.*, 2018; AAOS, 2021). Dessa forma, o controle do movimento não depende apenas da integridade neural, mas também da condição nutricional.

No contexto das lesões esportivas, o desequilíbrio entre grupos musculares agonistas e antagonistas é fator determinante para rupturas ligamentares e instabilidade articular. A lesão do ligamento cruzado anterior, por exemplo, está fortemente relacionada à falha no controle neuromuscular do joelho durante movimentos de desaceleração e mudança de direção (Logan *et al.*, 2019). Esse dado evidencia que o controle do movimento é um fenômeno funcional global, que ultrapassa a ação isolada de um único músculo.

Nesse sentido, a fisiologia muscular também orienta as estratégias de reabilitação, pois a restauração da força, da resistência e da coordenação é indispensável para o retorno funcional

após fraturas e cirurgias ortopédicas. As diretrizes modernas enfatizam que a reabilitação deve ser iniciada precocemente, respeitando a biomecânica do segmento acometido e a capacidade adaptativa do músculo ao esforço progressivo (AAOS, 2023; World Health Organization, 2023).

Nesse ponto do capítulo, a relação entre função muscular, controle do movimento e estabilidade articular pode ser sintetizada no quadro a seguir:

Quadro 3 – Relação entre fisiologia muscular, controle do movimento e implicações clínicas

Função muscular	Mecanismo fisiológico	Impacto no controle do movimento	Relevância ortopédica
Produção de força	Deslizamento actina-miosina	Geração do movimento voluntário	Marcha, preensão, locomoção
Estabilização articular	Ativação tônica muscular	Proteção contra deslocamentos	Prevenção de luxações
Absorção de impacto	Contração excêntrica	Redução da carga articular	Prevenção de fraturas
Controle neuromuscular	Integração sensório-motora	Coordenação e equilíbrio	Prevenção de quedas

Fonte: adaptado de Auth (2008), Dillingham (2002), Logan *et al.* (2019), Who (2023).

Os avanços tecnológicos também vêm influenciando a compreensão e o aprimoramento do controle do movimento. Materiais empregados em órteses, próteses e exoesqueletos visam reproduzir padrões funcionais da contração muscular, ampliando a capacidade de movimento em indivíduos com limitações neuromusculares (Wong; Beygi; Zheng, 2019). Esse campo reforça a centralidade da fisiologia muscular na interface entre biologia, engenharia e ortopedia.

Assim, a fisiologia muscular e o controle do movimento constituem pilares da ortopedia moderna, pois explicam tanto a gênese das lesões quanto os fundamentos da recuperação funcional, conectando trauma, reabilitação, envelhecimento e tecnologia de maneira integrada (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018; World Health Organization, 2023).

1.4 Integração articular e estabilidade funcional

A estabilidade articular resulta da integração entre estruturas passivas e ativas, envolvendo a conformação óssea, os ligamentos, a cápsula articular, os músculos e o controle neuromuscular. Essa organização permite que as articulações mantenham congruência durante o movimento,

mesmo sob elevadas cargas funcionais, assegurando mobilidade com proteção estrutural (Auth, 2008; Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018).

Os componentes passivos, como cápsulas e ligamentos, limitam os extremos de movimento e orientam a trajetória articular. Já os componentes ativos, especialmente os músculos periarticulares, promovem estabilização dinâmica por meio de contrações coordenadas. A falha em qualquer desses sistemas compromete a estabilidade e eleva o risco de entorses, luxações e fraturas associadas (Dillingham, 2002).

Do ponto de vista biomecânico, a estabilidade funcional depende da capacidade das articulações de distribuir as cargas de modo uniforme sobre as superfícies articulares. Quando esse equilíbrio se perde, concentrações anormais de estresse favorecem a degeneração cartilaginosa, a deformidade progressiva e a instabilidade crônica. Esse fenômeno é particularmente relevante no quadril e no joelho, articulações de sustentação sujeitas a elevadas forças compressivas durante a marcha (Nice, 2017; AAOS, 2021).

A instabilidade também exerce papel central na gênese das fraturas. Na cabeça do rádio, por exemplo, além do impacto axial, o desalinhamento articular e a perda da contenção ligamentar contribuem para padrões mais complexos de fratura e pior prognóstico funcional (Harrison *et al.*, 2007; Yoon *et al.*, 2012; Al-Tawil; Arya, 2021). Nessas situações, a restauração da estabilidade não depende apenas da fixação óssea, mas também da reconstituição do equilíbrio articular.

Em fraturas do quadril, especialmente no idoso, a instabilidade funcional está fortemente associada à fragilidade óssea, ao déficit muscular e às alterações do controle postural. Diretrizes nacionais e internacionais demonstram que a perda da estabilidade funcional é um dos principais fatores associados ao aumento da mortalidade, da dependência funcional e das reinternações após esse tipo de lesão (Conitec, 2018; Aaos, 2021; Who, 2024).

Nesse cenário, a reabilitação assume papel decisivo para a recuperação da estabilidade articular. Protocolos atuais enfatizam o fortalecimento muscular, o treinamento proprioceptivo e a reeducação da marcha como estratégias fundamentais para restabelecer o controle funcional e reduzir o risco de novas quedas e fraturas (AAOS, 2023; World Health Organization, 2023). A estabilidade passa, portanto, a ser compreendida não como condição exclusivamente estrutural, mas como fenômeno funcional adaptativo.

A escolha de implantes e dispositivos auxiliares também deve respeitar os princípios da estabilidade articular. Órteses, próteses e materiais de fixação precisam garantir alinhamento, congruência e adequada transferência de carga para promover a recuperação funcional e evitar falhas mecânicas precoces (Brasil, 2016; Wong; Beygi; Zheng, 2019). Em casos de fraturas complexas, a estabilidade proporcionada pela fixação é determinante para o sucesso da reabilitação.

Por fim, a integração articular e a estabilidade funcional constituem pilares da ortopedia contemporânea, pois articulam anatomia, fisiologia muscular, biomecânica, trauma e reabilitação em uma única lógica explicativa. A compreensão desse sistema integrado permite não apenas tratar fraturas e lesões articulares, mas também prevenir recidivas, otimizar a recuperação funcional e ampliar a autonomia do paciente ao longo do envelhecimento (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018; World Health Organization, 2024).

Figura 1. Representação biomecânica da estabilidade articular do joelho.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Ilustração tridimensional destacando a interação entre estruturas ósseas, ligamentares e musculares na manutenção do alinhamento e da congruência articular. Os vetores indicam forças que atuam de forma coordenada para preservar o equilíbrio dinâmico durante o movimento e a transmissão de cargas.

CAPÍTULO 2

| *Bases Fisiopatológicas do Trauma Ortopédico*

2.1 Mecanismos de lesão no trauma musculoesquelético

Os mecanismos de lesão no trauma musculoesquelético resultam da interação entre a energia aplicada ao corpo, as propriedades biomecânicas dos tecidos e as condições individuais do paciente. A compreensão desses mecanismos é fundamental para antecipar padrões de fratura, gravidade das lesões associadas e possíveis complicações sistêmicas. Em termos gerais, as lesões podem ser classificadas conforme a magnitude da energia envolvida em traumas de baixa e de alta energia (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011; Nice, 2016).

Os traumas de baixa energia, típicos de quedas da própria altura, são mais frequentes em idosos e estão intimamente relacionados à fragilidade óssea, à sarcopenia e ao déficit de equilíbrio. Nesses casos, pequenas forças são suficientes para gerar fraturas do colo do fêmur, rádio distal e vértebras, devido à redução da resistência estrutural do osso (Conitec, 2018; AAOS, 2021; World Health Organization, 2024). Esse padrão fisiopatológico explica por que a mesma queda pode não causar fratura em adultos jovens, mas resultar em lesões graves em pacientes idosos.

Em contraste, os traumas de alta energia decorrem de acidentes automobilísticos, quedas de grande altura, esmagamentos e impactos diretos intensos. Nessas situações, a grande quantidade de energia dissipada supera amplamente a capacidade elástica dos tecidos, produzindo fraturas complexas, cominutivas, lesões extensas de partes moles e, não raramente, associação com lesões vasculares e neurológicas (Nice, 2016; WHO, 2004). A magnitude do trauma determina não apenas a fratura em si, mas também o grau de instabilidade sistêmica do paciente.

Do ponto de vista biomecânico, as forças atuantes sobre o sistema musculoesquelético podem se manifestar sob a forma de compressão, tração, torção, cisalhamento ou combinações desses vetores. A predominância de cada tipo de força define o padrão da fratura. Impactos axiais, por exemplo, estão associados às fraturas da cabeça do rádio após queda com apoio da mão estendida, enquanto forças torcionais são comuns em fraturas espirais de ossos longos (Harrison *et al.*, 2007; Yoon *et al.*, 2012; Al-Tawil; Arya, 2021).

Além do osso, as partes moles desempenham papel central na fisiopatologia do trauma. O dano muscular, ligamentar e vascular intensifica a resposta inflamatória local, aumenta o risco de síndrome compartmental e compromete a cicatrização. Em fraturas expostas, a comunicação direta com o meio externo favorece a contaminação e eleva de forma expressiva a chance de infecção e falha de consolidação (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011; Brasil, 2023).

A resposta sistêmica ao trauma musculoesquelético também deve ser considerada. A liberação de mediadores inflamatórios, a dor intensa, a hipovolemia e as alterações metabólicas configuram um cenário de estresse fisiológico que pode agravar comorbidades pré-existentes. Esse fenômeno é particularmente relevante em pacientes idosos com fratura do quadril, nos quais a mortalidade está fortemente relacionada à resposta inflamatória sistêmica e às complicações clínicas associadas (AAOS, 2021; Chung *et al.*, 2018).

Outro aspecto relevante é a influência do estado nutricional e funcional prévio. Indivíduos desnutridos apresentam menor reserva proteica, pior resposta imunológica e maior risco de complicações infecciosas e atraso de consolidação. Esses fatores modulam diretamente a evolução das lesões traumáticas e ajudam a explicar diferenças significativas nos desfechos entre pacientes com mecanismos de trauma semelhantes (Chung *et al.*, 2018).

Por fim, a compreensão dos mecanismos de lesão não se limita ao diagnóstico inicial, mas orienta todo o planejamento terapêutico. A identificação correta do vetor de força, do padrão biomecânico da fratura e da extensão do dano às partes moles é determinante para a escolha entre tratamento conservador, fixação interna, fixação externa ou reconstruções mais complexas (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011; Brasil, 2016).

2.2 Resposta inflamatória e processo de cicatrização

A resposta inflamatória constitui o primeiro evento fisiopatológico desencadeado após o trauma musculoesquelético e representa um mecanismo indispensável para o início do processo de reparo tecidual. A lesão mecânica provoca ruptura celular, liberação de mediadores inflamatórios e ativação do sistema imune inato, resultando em vasodilatação, aumento da

permeabilidade capilar e recrutamento de células inflamatórias para o local da lesão (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011; Dillingham, 2002).

No tecido ósseo, a inflamação inicial promove a formação do hematoma fraturário, que atua como matriz biológica provisória para a migração de células-tronco, fibroblastos e osteoprogenitores. Esse ambiente é fundamental para a transição da fase inflamatória para a fase reparativa, na qual ocorre a formação do calo mole e, posteriormente, do calo ósseo mineralizado (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018).

Entretanto, a resposta inflamatória não se limita ao foco local da fratura. Em traumas de grande magnitude, há repercussão sistêmica com liberação de citocinas pró-inflamatórias, alteração do metabolismo basal, hipercatabolismo e disfunção orgânica. Essa condição agrava o prognóstico, especialmente em pacientes idosos com fraturas do quadril, nos quais a mortalidade está diretamente associada à intensidade da resposta inflamatória sistêmica (AAOS, 2021; World Health Organization, 2024).

Nesse contexto, o estado nutricional exerce influência direta sobre a cicatrização. Evidências demonstram que pacientes desnutridos apresentam maior risco de infecção, atraso de consolidação e aumento da mortalidade em cirurgias ortopédicas, sobretudo após fratura de quadril (Chung *et al.*, 2018). A deficiência proteica compromete a síntese de colágeno, a angiogênese e a resposta imunológica, interferindo negativamente em todas as fases do reparo tecidual.

A seguir, sintetizam-se as principais fases da resposta inflamatória e da cicatrização óssea e suas implicações clínicas:

Quadro 4 – Fases da resposta inflamatória e da cicatrização no trauma ortopédico

Fase biológica	Evento predominante	Estruturas envolvidas	Implicação clínica
Fase inflamatória	Formação do hematoma, liberação de citocinas	Osso, músculos, vasos	Dor, edema, instabilidade inicial
Fase reparativa	Formação do calo fibrocartilaginoso	Osteoblastos, fibroblastos	Início da estabilidade biológica
Fase de consolidação	Mineralização do calo	Osso trabecular	Recuperação progressiva da resistência
Fase de remodelação	Reorganização estrutural	Osso cortical e trabecular	Restabelecimento da anatomia funcional

Fonte: Adaptado de SBOT (2011; 2018), Dillingham (2002).

Além do osso, os tecidos moles desempenham papel decisivo na cicatrização. Lesões musculares extensas, danos vasculares e comprometimento cutâneo ampliam o tempo de reparo e elevam o risco de infecções, sobretudo nas fraturas expostas. Por esse motivo, protocolos nacionais enfatizam que a abordagem do trauma deve priorizar não apenas a estabilização óssea, mas também o manejo adequado das partes moles (Brasil, 2013a; Brasil, 2013b; Brasil, 2023).

No cenário contemporâneo, estratégias biológicas vêm sendo incorporadas com o objetivo de potencializar a cicatrização. O uso de aspirado de medula óssea coagulado e de ortobiológicos tem demonstrado capacidade de estimular a osteogênese, especialmente em casos de atraso de consolidação e pseudartrose (Lana *et al.*, 2020; Christensen; Cox; Anz, 2019). Tais recursos reforçam a compreensão de que a cicatrização depende da integração entre estímulos mecânicos e biológicos.

Por fim, a resposta inflamatória e o processo de cicatrização representam fenômenos centrais da fisiopatologia do trauma ortopédico, pois determinam a evolução clínica, o tempo de recuperação funcional e o risco de complicações. A adequada compreensão dessas etapas orienta tanto as condutas cirúrgicas quanto os protocolos de reabilitação, impactando diretamente os desfechos em curto e longo prazo (AAOS, 2023; World Health Organization, 2023).

2.3 Consolidação óssea: fases e fatores interferentes

A consolidação óssea representa a etapa biológica fundamental para a restauração da continuidade estrutural do osso após a fratura e resulta da integração entre processos celulares, estímulos mecânicos e condições sistêmicas do indivíduo. Trata-se de um fenômeno dinâmico, progressivo e dependente tanto da estabilidade do foco de fratura quanto da adequada perfusão tecidual e do equilíbrio metabólico (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011; Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018).

Após a fase inflamatória inicial, a consolidação progride por meio da diferenciação celular e da formação do calo ósseo, processo no qual células osteoprogenitoras passam a produzir matriz osteóide, posteriormente mineralizada. A estabilidade mecânica do foco de fratura é condição determinante para esse avanço, pois micromovimentos excessivos favorecem a formação de

tecido fibroso em detrimento do tecido ósseo, aumentando o risco de atraso de consolidação e pseudartrose (Auth, 2008).

Do ponto de vista biomecânico, a consolidação é altamente sensível ao tipo de fixação empregado. Fixações muito rígidas podem reduzir o estímulo mecânico necessário à ossificação endocondral, enquanto fixações instáveis comprometem a organização do calo. Por esse motivo, a escolha entre placas, hastes, parafusos ou fixadores externos deve considerar não apenas o traço da fratura, mas também o equilíbrio entre estabilidade e estímulo biológico (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011; Brasil, 2016).

A idade constitui importante fator interferente no processo de consolidação. Em idosos, a redução da densidade mineral óssea, a menor reserva celular e o comprometimento vascular retardam a formação e a maturação do calo ósseo. Esse fenômeno é particularmente relevante nas fraturas do colo do fêmur, nas quais o atraso de consolidação está diretamente relacionado ao aumento da morbimortalidade e da perda funcional (Conitec, 2018; AAOS, 2021; World Health Organization, 2024).

O estado nutricional também exerce influência decisiva sobre a consolidação. A deficiência proteica, energética e de micronutrientes compromete a síntese de colágeno, a angiogênese e a atividade osteoblástica. Evidências demonstram que pacientes com desnutrição apresentam maior risco de falha de consolidação, infecção e piores desfechos funcionais após fraturas, especialmente no contexto do trauma do quadril (Chung *et al.*, 2018).

A presença de lesões associadas das partes moles constitui outro fator crítico. O comprometimento muscular, vascular e cutâneo reduz a oferta de oxigênio e nutrientes ao foco de fratura, retardando o reparo e aumentando o risco de infecção. Em fraturas expostas, essas alterações são ainda mais expressivas, exigindo abordagem cirúrgica criteriosa e controle rigoroso do leito da ferida (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011; Brasil, 2023).

No cenário atual, recursos biológicos vêm sendo incorporados para potencializar a consolidação óssea em situações de alto risco. O uso de aspirado de medula óssea coagulado e de terapias ortobiológicas mostra-se promissor na estimulação da osteogênese, especialmente em casos de atraso de consolidação e pseudartrose (Lana *et al.*, 2020; Christensen; Cox; Anz, 2019). Esses

avanços reforçam a compreensão de que a consolidação não é um fenômeno exclusivamente mecânico, mas essencialmente biológico.

Além disso, a reabilitação precoce exerce papel modulador indireto sobre a consolidação. A mobilização controlada estimula a vascularização local, melhora o metabolismo ósseo e contribui para a reorganização estrutural do calo, desde que respeitados os limites mecânicos do implante e do foco de fratura (AAOS, 2023; World Health Organization, 2023).

Assim, a consolidação óssea resulta da interação entre fatores locais e sistêmicos, englobando estabilidade mecânica, perfusão tecidual, integridade das partes moles, estado nutricional e estímulos biológicos. A compreensão desses elementos permite ao ortopedista antecipar complicações, individualizar a conduta terapêutica e otimizar os desfechos funcionais no tratamento do trauma musculoesquelético (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018; World Health Organization, 2024).

2.4 Complicações biológicas do trauma

As complicações biológicas do trauma ortopédico resultam da interação entre a intensidade da agressão mecânica, a resposta inflamatória sistêmica, as condições locais das partes moles e o estado clínico do paciente. Essas complicações podem comprometer de forma significativa a consolidação óssea, prolongar a internação, ampliar a morbidade e reduzir os desfechos funcionais (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011; Brasil, 2023).

Entre as complicações locais, a infecção ocupa posição de destaque. Fraturas expostas, lesões extensas de partes moles e intervenções cirúrgicas repetidas aumentam de forma expressiva o risco infeccioso. O processo infeccioso interfere na formação do calo ósseo, intensifica a resposta inflamatória e pode evoluir para osteomielite, condição associada a altas taxas de falha terapêutica e necessidade de reoperações (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011).

A síndrome compartmental constitui outra complicaçāo biológica grave, caracterizada pelo aumento da pressão intracompartmental, redução da perfusão tecidual e risco de necrose muscular e neural. Sua evolução pode ser rápida, exigindo reconhecimento precoce e

intervenção cirúrgica imediata para evitar sequelas irreversíveis (Nice, 2016; World Health Organization, 2004).

O atraso de consolidação e a pseudartrose representam complicações diretamente relacionadas ao desequilíbrio entre estabilidade mecânica e estímulo biológico. Fatores como tabagismo, desnutrição, idade avançada e falhas na fixação comprometem a osteogênese e contribuem para a evolução desfavorável da fratura (Chung *et al.*, 2018; Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018).

Nos pacientes idosos, particularmente naqueles com fraturas do quadril, as complicações biológicas assumem proporções sistêmicas. Tromboembolismo venoso, infecções respiratórias, delirium, desnutrição e agravamento de comorbidades estão fortemente associados ao aumento da mortalidade e à perda definitiva da autonomia funcional (AAOS, 2021; World Health Organization, 2024). Por esse motivo, diretrizes atuais enfatizam a abordagem multiprofissional precoce e a reabilitação imediata.

A seguir, sintetizam-se as principais complicações biológicas do trauma ortopédico e suas repercussões clínicas:

Quadro 5 – Principais complicações biológicas do trauma ortopédico e implicações clínicas

Complicação	Mecanismo fisiopatológico	Fator de risco predominante	Consequência clínica
Infecção	Contaminação local, resposta inflamatória exacerbada	Fratura exposta, múltiplas cirurgias	Osteomielite, falha de consolidação
Síndrome compartimental	Isquemia por aumento de pressão intracompartimental	Trauma de alta energia	Necrose muscular, sequelas neurológicas
Atraso de consolidação	Baixa osteogênese, instabilidade mecânica	Idade, desnutrição	Prolongamento do tratamento
Pseudartrose	Falha definitiva da osteointegração	Tabagismo, infecção	Dor crônica, reoperação
Complicações sistêmicas	Resposta inflamatória generalizada	Idoso, comorbidades	Aumento da mortalidade

Fonte: adaptado de SBOT (2011; 2018), Nice (2016), Who (2004; 2024), AAOS (2021).

Além dos aspectos clínicos, a adequada gestão dos recursos materiais também influencia a prevenção das complicações. A utilização correta de órteses, próteses e materiais especiais, bem como a adesão a protocolos de boas práticas, reduz a incidência de falhas mecânicas, infecções e retrabalhos cirúrgicos (Brasil, 2016).

No cenário contemporâneo, estratégias biológicas e tecnológicas vêm sendo exploradas para reduzir complicações, destacando-se os ortobiológicos e os biomateriais empregados na modulação da resposta inflamatória e na estimulação da osteogênese (Christensen; Cox; Anz, 2019; Lana *et al.*, 2020). Esses recursos ampliam as possibilidades terapêuticas, especialmente nos casos de alto risco biológico.

Assim, as complicações biológicas do trauma constituem fator determinante para os desfechos em ortopedia, exigindo vigilância contínua, abordagem integrada e intervenções precoces. O manejo adequado dessas complicações não apenas reduz a morbidade, mas também otimiza a recuperação funcional e a sobrevida, especialmente nos grupos mais vulneráveis (AAOS, 2021; World Health Organization, 2024).

Figura 2. Representação biomecânica das complicações biológicas do trauma ortopédico.



Fonte: elaborado a partir da revisão de literatura.

A ilustração evidencia a interação entre dano ósseo, infecção local e resposta inflamatória exacerbada. O foco visual recai sobre a fratura e o processo infeccioso associado, representado por área purulenta e hiperemia circundante.

Os vetores coloridos ilustram a influência simultânea de forças mecânicas e fatores biológicos que interferem na consolidação, reforçando como a instabilidade, a inflamação e a agressão tecidual contribuem para evolução desfavorável, incluindo osteomielite, atraso de consolidação e pseudartrose.

CAPÍTULO 3

Diagnóstico em Ortopedia e Traumatologia

3.1 Avaliação clínica ortopédica sistematizada

A avaliação clínica ortopédica sistematizada constitui a etapa inicial e indispensável para o diagnóstico preciso das afecções musculoesqueléticas. Trata-se de um processo que integra anamnese detalhada, inspeção, palpação, avaliação da mobilidade, testes funcionais e correlação com os mecanismos de trauma. Esse encadeamento permite ao examinador formular hipóteses diagnósticas consistentes antes mesmo da solicitação de exames complementares (Auth, 2008; Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018).

A anamnese representa o primeiro eixo da avaliação clínica. Nela são investigados o mecanismo da lesão, o tempo de evolução do quadro, a presença de dor, limitação funcional, estalidos, instabilidade e sintomas associados. Em situações traumáticas, a identificação do vetor de força, da energia envolvida e da posição do segmento no momento do impacto orienta de forma decisiva a suspeita do tipo de fratura ou da lesão ligamentar associada (National Institute For Health and Care Excellence, 2016; Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011).

A inspeção permite a identificação de deformidades, edema, equimoses, alterações de alinhamento e assimetrias entre os segmentos corporais. Em fraturas evidentes, a deformidade pode ser imediatamente perceptível, enquanto em lesões ocultas a inspeção revela apenas sinais discretos, exigindo maior acurácia do examinador. No idoso, sinais clínicos podem ser atenuados, mesmo diante de fraturas graves, como ocorre frequentemente nas fraturas do colo do fêmur (Conitec, 2018; American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2021).

A palpação complementa a inspeção ao permitir a localização precisa do ponto doloroso, a identificação de crepitações ósseas, alterações de temperatura local e interrupções da continuidade anatômica. Esse exame deve ser realizado de forma criteriosa, respeitando os limites da dor, especialmente em fraturas instáveis e suspeitas de lesões vasculares associadas (World Health Organization, 2004).

A avaliação da mobilidade articular inclui a análise dos movimentos ativos e passivos, comparando sempre com o lado contralateral. A limitação do arco de movimento, a dor à mobilização e a presença de bloqueios mecânicos fornecem informações relevantes sobre comprometimento ósseo, cartilaginoso, ligamentar ou muscular. Em fraturas da cabeça do rádio, por exemplo, a limitação da pronação e da supinação é um achado clínico frequente (Harrison *et al.*, 2007; Yoon *et al.*, 2012; Al-Tawil; Arya, 2021).

Os testes funcionais e especiais permitem avaliar a integridade ligamentar, a estabilidade articular e o controle neuromuscular. Em lesões do joelho, testes como Lachman, pivot shift e gavetas anterior e posterior são fundamentais para o diagnóstico das lesões do ligamento cruzado anterior, cuja abordagem depende diretamente da acurácia da avaliação clínica inicial (Logan *et al.*, 2019).

No contexto do trauma, a avaliação clínica ortopédica não pode ser dissociada da avaliação sistêmica do paciente. Diretrizes internacionais enfatizam que o exame musculoesquelético deve ser integrado ao atendimento inicial do politraumatizado, respeitando a sequência de prioridades que visa preservar a vida antes da abordagem definitiva das fraturas (World Health Organization, 2004; National Institute For Health and Care Excellence, 2016).

Em nível ambulatorial e na atenção básica, protocolos nacionais orientam a sistematização da avaliação clínica como ferramenta para o adequado encaminhamento dos casos à atenção especializada. A correta triagem reduz atrasos diagnósticos, evita complicações e otimiza o fluxo assistencial na rede de saúde (Brasil, 2013; Brasil, 2017).

Além disso, fatores clínicos como idade, estado nutricional, comorbidades e capacidade funcional prévia devem ser incorporados à avaliação. Evidências demonstram que pacientes com desnutrição apresentam piores desfechos após fraturas, sobretudo do quadril, o que reforça a necessidade de uma abordagem clínica ampliada e integrada desde o primeiro atendimento (Chung *et al.*, 2018; American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2021).

Dessa forma, a avaliação clínica ortopédica sistematizada é mais do que uma etapa diagnóstica inicial: ela constitui a base para a tomada de decisão terapêutica, para a indicação adequada de exames de imagem, para o planejamento cirúrgico e para a definição de estratégias de reabilitação. Sua realização rigorosa impacta diretamente a segurança do paciente, a efetividade

do tratamento e os desfechos funcionais em curto e longo prazo (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018; World Health Organization, 2023).

3.2 Radiografia convencional na prática ortopédica

A radiografia convencional permanece como o exame de imagem inicial e mais utilizado na prática ortopédica, devido à sua ampla disponibilidade, baixo custo, rapidez de execução e elevada utilidade diagnóstica nas lesões musculoesqueléticas. Trata-se de um método fundamental para a identificação de fraturas, desalinhamentos articulares, alterações degenerativas, deformidades ósseas e corpos estranhos radio-opacos (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018).

No contexto do trauma, a radiografia é indispensável para a avaliação primária das fraturas, permitindo a análise do traço, do grau de desvio, da cominuição e da relação entre os fragmentos ósseos. Diretrizes internacionais recomendam que todo paciente com suspeita de fratura seja inicialmente submetido a radiografia na incidência adequada antes da definição da conduta terapêutica definitiva (World Health Organization, 2004; National Institute For Health and Care Excellence, 2016).

A correta solicitação das incidências radiográficas é determinante para a acurácia diagnóstica. Em geral, preconiza-se a realização de, no mínimo, duas incidências ortogonais para a avaliação completa do segmento acometido. Em fraturas da cabeça do rádio, por exemplo, as incidências anteroposterior e perfil do cotovelo, associadas à incidência oblíqua, são essenciais para a adequada visualização do traço fraturário e do grau de desvio (Harrison *et al.*, 2007; Yoon *et al.*, 2012; Al-Tawil; Arya, 2021).

Nas fraturas do rádio distal, a radiografia permite avaliar parâmetros fundamentais como inclinação radial, inclinação volar, encurtamento radial e congruência articular, elementos que orientam de forma objetiva a decisão entre tratamento conservador ou cirúrgico (American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2020). Da mesma forma, nas fraturas do quadril, a radiografia inicial define o local da fratura, o grau de desvio e a viabilidade de preservação da cabeça femoral, aspectos centrais para o planejamento cirúrgico (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2021; Nice, 2017).

Além do diagnóstico inicial, a radiografia desempenha papel essencial no acompanhamento da consolidação óssea. A progressão do calo ósseo, a manutenção da redução e a integridade dos implantes podem ser monitoradas de forma seriada, permitindo ajustes precoces de conduta quando identificadas falhas mecânicas ou atraso de consolidação (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011).

Na atenção básica e nos serviços de pronto atendimento, a radiografia também exerce função estratégica na organização do fluxo assistencial. Protocolos nacionais orientam seu uso racional como ferramenta de triagem para o adequado encaminhamento do paciente aos centros de referência em ortopedia e trauma, reduzindo atrasos diagnósticos e sobrecarga dos serviços especializados (BRASIL, 2013a; BRASIL, 2017).

Apesar de suas vantagens, a radiografia apresenta limitações importantes. Lesões osteocondrais, fraturas não desviadas, microfraturas por estresse e lesões de partes moles podem não ser detectadas nas radiografias iniciais. Nessas situações, a persistência de dor e limitação funcional impõe a necessidade de exames complementares mais sensíveis, como a tomografia computadorizada e a ressonância magnética (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018).

Outro aspecto relevante diz respeito à proteção radiológica. Mesmo sendo um método de baixa dose quando comparado a outras técnicas, a exposição cumulativa à radiação deve ser considerada, sobretudo em pacientes pediátricos e em indivíduos submetidos a múltiplos exames seriados. A adequada indicação clínica e a utilização de protocolos otimizados são fundamentais para a segurança do paciente (World Health Organization, 2004).

Dessa forma, a radiografia convencional permanece como pilar do diagnóstico ortopédico, sustentando decisões clínicas, fundamentando estratégias terapêuticas e orientando o seguimento dos pacientes. Seu uso integrado à avaliação clínica sistematizada garante maior precisão diagnóstica, menor risco de complicações e melhores desfechos funcionais no manejo das afecções musculoesqueléticas (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018; World Health Organization, 2023).

3.3 Tomografia e ressonância magnética no trauma

A tomografia computadorizada e a ressonância magnética constituem métodos de imagem fundamentais para a ampliação da acurácia diagnóstica no trauma ortopédico, especialmente nas situações em que a radiografia convencional não é suficiente para caracterizar com precisão a extensão das lesões. Esses exames permitem avaliação detalhada da anatomia óssea, das superfícies articulares e das partes moles, sendo decisivos no planejamento terapêutico em fraturas complexas (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018; National Institute For Health And Care Excellence, 2016).

A tomografia computadorizada apresenta elevada resolução espacial para o tecido ósseo, possibilitando a visualização precisa de traços fraturários, cominuições, desvios articulares e impactações. No trauma do cotovelo, por exemplo, a tomografia é essencial para a adequada classificação das fraturas da cabeça do rádio, permitindo distinguir fraturas simples de fraturas complexas, com implicações diretas na escolha entre osteossíntese, artroplastia parcial ou tratamento conservador (Harrison *et al.*, 2007; Yoon *et al.*, 2012; Al-Tawil; Arya, 2021; Bonnevialle, 2016).

Nas fraturas do rádio distal, a tomografia permite avaliar a extensão intra-articular, o grau de depressão das superfícies e a presença de fragmentos ocultos, aspectos que podem não ser completamente visualizados nas radiografias iniciais. Diretrizes internacionais recomendam seu uso sempre que houver dúvida quanto à congruência articular ou instabilidade potencial da fratura (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2020).

A ressonância magnética, por sua vez, destaca-se pela avaliação das partes moles, permitindo a identificação de lesões ligamentares, musculares, cartilaginosas e medulares. No trauma, seu uso é particularmente relevante nos casos em que há suspeita de lesão oculta, como fraturas por estresse, contusões ósseas e rupturas ligamentares sem alterações radiográficas evidentes (Logan *et al.*, 2019).

Nas fraturas do quadril, a ressonância magnética apresenta elevada sensibilidade para a detecção de fraturas ocultas do colo do fêmur, sobretudo em pacientes idosos com dor persistente e radiografias normais. A identificação precoce dessas lesões é decisiva para a prevenção de fraturas completas, deslocamentos secundários e complicações sistêmicas

associadas (Nice, 2017; American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2021; World Health Organization, 2024).

A escolha entre tomografia e ressonância deve considerar o tipo de tecido predominante a ser avaliado, a estabilidade clínica do paciente, a disponibilidade do método e a urgência terapêutica. No politraumatizado, a tomografia apresenta vantagem por sua rapidez e pela possibilidade de avaliação simultânea de múltiplos segmentos corporais, conforme preconizado por diretrizes internacionais de atendimento ao trauma (World Health Organization, 2004; National Institute for Health and Care Excellence, 2016).

A seguir, sintetizam-se as principais indicações, vantagens e limitações desses métodos no trauma ortopédico:

Quadro 6– Comparação entre tomografia computadorizada e ressonância magnética no trauma ortopédico

Método	Principal indicação	Estruturas melhor avaliadas	Limitação principal
Tomografia computadorizada	Fraturas complexas e articulares	Osso cortical, cominuições, impacto articular	Radiação ionizante
Ressonância magnética	Lesões ocultas e partes moles	Ligamentos, cartilagem, medula óssea, músculos	Alto custo e menor disponibilidade
Tomografia no politrauma	Avaliação rápida multisegmentar	Crânio, coluna, pelve, tórax	Menor avaliação de partes moles
Ressonância no trauma tardio	Dor persistente sem achado radiográfico	Fraturas ocultas e contusões ósseas	Tempo prolongado de exame

Fonte: adaptado de Nice (2016; 2017), AAOS (2020; 2021), SBOT (2018).

Além do aspecto diagnóstico, esses métodos exercem impacto direto no planejamento cirúrgico. A definição precisa da anatomia da fratura, da extensão do dano articular e da integridade das estruturas periarticulares permite ao cirurgião selecionar a técnica mais adequada, reduzir o tempo cirúrgico e minimizar complicações pós-operatórias (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011).

Por fim, a tomografia e a ressonância magnética ampliam a capacidade de individualização do tratamento ortopédico, ao integrarem dados anatômicos, biomecânicos e biológicos em uma única base diagnóstica. Seu uso racional contribui para maior precisão terapêutica, menor taxa de falhas e melhores desfechos funcionais no manejo do trauma musculoesquelético (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2021; World Health Organization, 2023).

3.4 Ultrassonografia musculoesquelética

A ultrassonografia musculoesquelética vem se consolidando como método complementar de grande utilidade na prática ortopédica, sobretudo pela sua capacidade de avaliação dinâmica, ausência de radiação ionizante, baixo custo relativo e possibilidade de uso à beira do leito. No contexto do trauma, esse método permite a análise em tempo real das estruturas de partes moles, como músculos, tendões, ligamentos e bursas, ampliando a acurácia diagnóstica em situações nas quais a radiografia não evidencia alterações significativas (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018).

Diferentemente da tomografia e da ressonância magnética, a ultrassonografia possibilita a avaliação funcional durante o movimento, permitindo identificar instabilidades dinâmicas, rupturas parciais e alterações no deslizamento tendíneo. Essa característica é particularmente relevante nas lesões do manguito rotador, nos traumas do tornozelo e nas contusões musculares, nas quais a correlação clínico-dinâmica é decisiva para o planejamento terapêutico (Auth, 2008).

No trauma agudo, a ultrassonografia também pode contribuir para a identificação de coleções líquidas, hematomas, lesões musculares extensas e rupturas tendíneas completas, auxiliando na tomada de decisão precoce quanto à necessidade de abordagem cirúrgica ou tratamento conservador. Em ambientes com recursos limitados, seu uso se mostra ainda mais estratégico, sobretudo no atendimento inicial ao politraumatizado (World Health Organization, 2004; National Institute for Health and Care Excellence, 2016).

Entretanto, assim como outros métodos de imagem, a ultrassonografia apresenta limitações importantes. A avaliação do tecido ósseo é restrita, não sendo adequada para a caracterização detalhada de fraturas. Além disso, trata-se de um método altamente dependente do operador, exigindo treinamento específico para garantir reproduzibilidade e confiabilidade dos achados (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018).

No acompanhamento pós-trauma, a ultrassonografia permite monitorar a organização de hematomas, a evolução da cicatrização muscular e a integridade de tendões reparados. Essa aplicação é especialmente útil na reabilitação, pois auxilia na progressão segura da carga funcional, reduzindo o risco de recidivas e relesões (World Health Organization, 2023).

No cenário contemporâneo, a ultrassonografia também vem sendo utilizada como método de apoio a procedimentos minimamente invasivos, como infiltrações guiadas e aspirações, aumentando a precisão terapêutica e reduzindo complicações associadas à punção às cegas. Essa integração entre diagnóstico e intervenção reforça o papel crescente do método na prática ortopédica moderna (Auth, 2008).

A seguir, sintetizam-se as principais aplicações, vantagens e limitações da ultrassonografia musculoesquelética no contexto ortopédico:

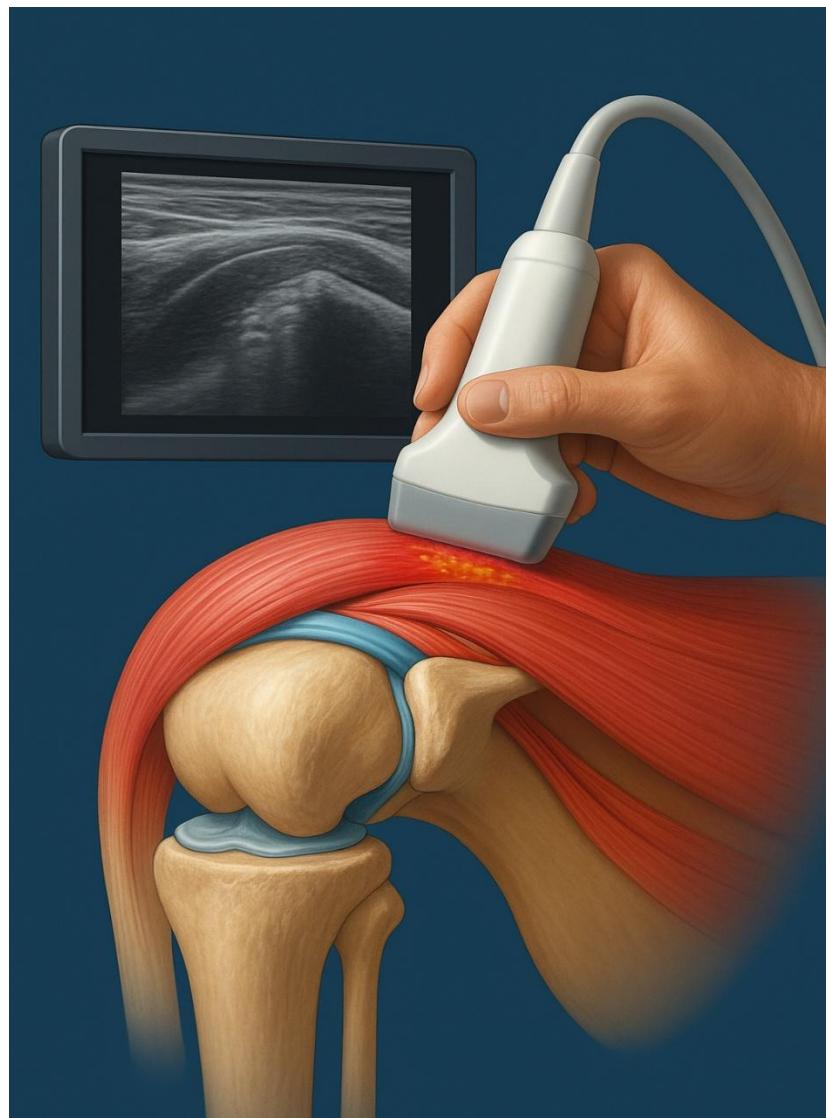
Quadro 7– Aplicações, vantagens e limitações da ultrassonografia musculoesquelética na ortopedia

Aplicação clínica	Estruturas avaliadas	Vantagem principal	Limitação
Lesões musculares	Músculos e fáscias	Avaliação dinâmica em tempo real	Dependência do operador
Rupturas tendíneas	Tendões e bainhas	Diagnóstico rápido à beira do leito	Baixa avaliação óssea
Hematomas e coleções	Tecidos moles e líquidos	Diferenciação entre edema e hematoma	Menor detalhamento anatômico
Procedimentos guiados	Tendões, bursas, planos musculares	Maior precisão terapêutica	Necessidade de treinamento

Fonte: adaptado de SBOT (2018), WHO (2004; 2023), AUTH (2008).

Dessa forma, a ultrassonografia musculoesquelética se consolida como método complementar de grande valor na ortopedia e traumatologia, especialmente na avaliação das partes moles, no acompanhamento pós-trauma e na reabilitação funcional. Seu uso integrado à radiografia, tomografia e ressonância magnética amplia a precisão diagnóstica, torna o atendimento mais resolutivo e contribui para melhores desfechos clínicos e funcionais (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018; World Health Organization, 2023).

Figura 3. Ultrassonografia musculoesquelética aplicada à avaliação dinâmica do ombro.



Fonte: elaborado a partir da revisão de literatura.

A imagem demonstra, em modelo tridimensional, a aplicação do transdutor de ultrassom sobre a região do manguito rotador, evidenciando a correlação entre anatomia real e o achado ultrassonográfico exibido no monitor. A composição destaca, com cores vivas, músculos, tendões e superfícies articulares, reforçando o papel do método na análise funcional em tempo real, na detecção de rupturas e no planejamento terapêutico das lesões de partes moles.

CAPÍTULO 4

Classificação das Fraturas e Princípios de Tratamento

4.1 Sistemas de classificação das fraturas

A classificação das fraturas consiste em ferramenta essencial para a prática ortopédica, pois organiza o raciocínio clínico, padroniza a comunicação entre profissionais, orienta a escolha terapêutica e permite a comparação de resultados em estudos científicos. Ao sistematizar as características da fratura quanto ao traço, localização, desvio, cominuição e envolvimento articular, os sistemas classificatórios tornam-se instrumentos decisivos para a tomada de decisão clínica (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011; Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018).

Do ponto de vista conceitual, as fraturas podem ser inicialmente classificadas quanto à integridade cutânea em fraturas fechadas e abertas. Essa distinção possui relevância direta no risco infeccioso, na abordagem cirúrgica e no prognóstico funcional, sendo amplamente utilizada nos protocolos de atendimento ao trauma (World Health Organization, 2004; Brasil, 2023).

Outro critério fundamental refere-se ao traço da fratura, que pode ser transversal, oblíquo, espiral, cominutivo ou segmentar. Essa classificação descreve o comportamento biomecânico da fratura e auxilia na previsão da estabilidade do foco fraturário, influenciando diretamente a escolha do método de fixação (Auth, 2008; Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018).

Nas fraturas articulares, a classificação assume papel ainda mais decisivo, pois a preservação da congruência articular está diretamente relacionada aos desfechos funcionais. Nas fraturas da cabeça do rádio, por exemplo, os sistemas classificatórios permitem diferenciar fraturas minimamente desviadas daquelas cominutivas e instáveis, orientando a escolha entre tratamento conservador, osteossíntese ou substituição protética (Harrison *et al.*, 2007; Yoon *et*

al., 2012; Al-Tawil; Arya, 2021; Bonnevialle, 2016; Surucu Et Al., 2023; Guzman, Ortega, 2023; Chaitow, 2023).

De modo semelhante, nas fraturas do rádio distal, a classificação considera parâmetros como desvio, impacto articular e instabilidade, aspectos que são decisivos para a indicação cirúrgica ou conservadora. Diretrizes internacionais reforçam que a correta estratificação dessas fraturas está diretamente associada à redução de complicações e à melhora dos resultados funcionais (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2020).

Nas fraturas do quadril, especialmente em idosos, os sistemas classificatórios distinguem fraturas intracapsulares e extracapsulares, com implicações terapêuticas diretas. Essa diferenciação orienta desde a escolha do tipo de fixação até a indicação de artroplastia parcial ou total, conforme preconizado por diretrizes nacionais e internacionais (Conitec, 2018; American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2021; National Institute For Health and Care Excellence, 2017; World Health Organization, 2024).

Além das características anatômicas da fratura, a classificação também deve considerar os fatores do paciente, como idade, densidade mineral óssea, estado nutricional e presença de comorbidades. Evidências demonstram que pacientes idosos e desnutridos apresentam maior risco de complicações e piores desfechos funcionais, mesmo em fraturas classificadas como de menor gravidade do ponto de vista mecânico (Chung *et al.*, 2018; World Health Organization, 2024).

No contexto dos sistemas de saúde, a utilização padronizada das classificações é igualmente relevante para a organização assistencial. Protocolos do Ministério da Saúde destacam que a correta estratificação das fraturas orienta o fluxo assistencial entre a atenção básica, os serviços de média complexidade e os centros de trauma, racionalizando recursos e reduzindo atrasos terapêuticos (Brasil, 2013a; Brasil, 2013b; Brasil, 2017; Brasil, 2023).

Dessa forma, os sistemas de classificação das fraturas não se limitam a um exercício descritivo, mas constituem instrumentos estruturantes do cuidado ortopédico. Ao integrarem dados anatômicos, biomecânicos e clínicos, essas classificações sustentam o planejamento terapêutico, a escolha da técnica cirúrgica, a previsão de complicações e a avaliação objetiva dos resultados, consolidando-se como eixo fundamental da prática em ortopedia e

traumatologia (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018; American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2021).

4.2 Fraturas fechadas e expostas: condutas iniciais

As fraturas fechadas e as fraturas expostas diferenciam-se essencialmente pela integridade do envoltório cutâneo e pelo grau de comunicação do foco fraturário com o meio externo, distinção que possui impacto direto nas condutas iniciais, no risco de infecção, no planejamento cirúrgico e no prognóstico funcional. Essa classificação inicial é uma das primeiras decisões clínicas no atendimento ao trauma ortopédico (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011; World Health Organization, 2004).

Nas fraturas fechadas, o osso permanece contido pelos tecidos moles, o que reduz de forma significativa o risco de contaminação bacteriana. A conduta inicial baseia-se no controle da dor, na imobilização adequada do segmento acometido, na avaliação neurovascular distal e na realização de exames de imagem para definição da estratégia terapêutica. A estabilização precoce reduz a dor, previne lesões secundárias e favorece melhores condições para a consolidação óssea (Auth, 2008).

Já nas fraturas expostas, a ruptura da pele e dos tecidos moles cria uma via direta de comunicação entre o foco fraturário e o ambiente externo, elevando de forma expressiva o risco de infecção, osteomielite e falha de consolidação. Nessas situações, a abordagem inicial deve ser imediata e sistematizada, priorizando antibioticoterapia precoce, cobertura do ferimento, estabilização do segmento e encaminhamento urgente para desbridamento cirúrgico (World Health Organization, 2004; Brasil, 2023).

A avaliação vascular e neurológica é mandatória em ambos os tipos de fratura. A presença de pulso ausente, déficit motor ou sensitivo indica possível lesão neurovascular associada, situação que agrava o prognóstico e exige abordagem cirúrgica imediata. Essa conduta é especialmente relevante em fraturas do antebraço, do fêmur e da pelve, nas quais o risco de sangramento oculto e de isquemia é elevado (Nice, 2016; World Health Organization, 2004).

A seguir, apresenta-se um quadro-síntese das principais diferenças entre as condutas iniciais nas fraturas fechadas e nas fraturas expostas:

Quadro 8– Condutas iniciais nas fraturas fechadas e expostas

Tipo de fratura	Conduta inicial prioritária	Risco infeccioso	Objetivo imediato
Fratura fechada	Imobilização, analgesia, exame neurovascular	Baixo	Estabilizar o segmento e controlar a dor
Fratura exposta	Antibioticoterapia precoce, cobertura do ferimento	Elevado	Reducir risco de infecção e necrose
Ambas	Avaliação vascular e neurológica	Variável	Preservar função e viabilidade do membro
Ambas	Exames de imagem iniciais	–	Definir padrão da fratura e estratégia terapêutica

Fonte: adaptado de SBOT (2011), Who (2004), Brasil (2023).

Além da abordagem local, as diretrizes nacionais e internacionais enfatizam que o atendimento ao paciente com fratura, sobretudo em contexto de politrauma, deve seguir protocolos sistematizados de suporte à vida. O controle das vias aéreas, da respiração e da circulação precede qualquer intervenção definitiva sobre a fratura, garantindo a segurança do paciente e reduzindo a mortalidade associada ao trauma (World Health Organization, 2004; National Institute for Health and Care Excellence, 2016).

No idoso, as fraturas decorrentes de traumas de baixa energia, especialmente as fraturas do quadril, exigem abordagem rápida e integrada. A imobilização adequada, o controle da dor e a programação cirúrgica precoce estão diretamente associados à redução das complicações clínicas, da mortalidade e da perda funcional (Conitec, 2018; American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2021).

Além disso, o estado nutricional e metabólico do paciente influencia diretamente a resposta ao trauma. Pacientes desnutridos apresentam maior risco de infecção, atraso de cicatrização e piores desfechos, tanto em fraturas fechadas quanto em fraturas expostas, o que impõe a necessidade de avaliação nutricional precoce na fase inicial do atendimento (Chung *et al.*, 2018).

No contexto da rede de atenção à saúde, protocolos do Ministério da Saúde orientam que a correta classificação inicial da fratura e a definição adequada da conduta imediata são fundamentais para o encaminhamento eficiente entre a atenção básica, os serviços de média complexidade e os centros de trauma, evitando atrasos terapêuticos e sobrecarga dos serviços especializados (Brasil, 2013; Brasil, 2017; Brasil, 2023).

Assim, as condutas iniciais nas fraturas fechadas e expostas representam um dos momentos mais críticos do cuidado ortopédico. A tomada de decisão correta nesse estágio influencia diretamente o risco de infecção, a viabilidade dos tecidos, o tempo de recuperação e o prognóstico funcional final do paciente (World Health Organization, 2023).

4.3 Critérios para tratamento conservador

O tratamento conservador das fraturas constitui uma opção terapêutica amplamente utilizada na ortopedia, desde que respeitados critérios rigorosos de indicação baseados na estabilidade da fratura, no grau de desvio, no envolvimento articular, nas condições clínicas do paciente e na capacidade de adesão ao seguimento. Diferentemente do tratamento cirúrgico, a abordagem conservadora busca a consolidação óssea por meio de imobilização externa e controle funcional, sem intervenção invasiva direta no foco fraturário (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018).

O primeiro critério essencial para a indicação do tratamento conservador é a estabilidade da fratura. Fraturas estáveis, com traço simples, sem desvio ou com desvio mínimo aceitável, apresentam elevada taxa de consolidação quando submetidas apenas à imobilização adequada. Nesses casos, a integridade das partes moles e a manutenção do alinhamento anatômico são determinantes para o sucesso terapêutico (Auth, 2008).

Outro critério decisivo refere-se ao envolvimento articular. Fraturas intra-articulares sem desvio significativo podem ser tratadas de forma conservadora, desde que a congruência articular seja preservada. Em contrapartida, fraturas articulares com degrau, impactação ou instabilidade apresentam maior risco de artrose pós-traumática quando tratadas sem correção cirúrgica, o que restringe a indicação do tratamento conservador (American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2020; Yoon *et al.*, 2012; Al-Tawil; Arya, 2021).

A idade e as condições clínicas do paciente também interferem diretamente na escolha terapêutica. Em pacientes idosos com elevado risco cirúrgico, fraturas estáveis podem ser conduzidas de forma conservadora como alternativa segura, desde que haja monitoramento rigoroso e reabilitação precoce. Entretanto, nas fraturas do quadril, as diretrizes nacionais e internacionais apontam que o tratamento conservador está associado a piores desfechos funcionais e maior mortalidade, sendo reservado apenas para situações excepcionais (Conitec,

2018; American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2021; National Institute for Health And Care Excellence, 2017; World Health Organization, 2024).

O estado nutricional também deve ser considerado como critério indireto de decisão. Pacientes com desnutrição apresentam maior risco de atraso de consolidação, complicações infecciosas e perda funcional, o que pode comprometer os resultados do tratamento conservador, especialmente quando este exige períodos prolongados de imobilização (Chung *et al.*, 2018).

A capacidade de adesão do paciente ao tratamento constitui outro fator determinante. O sucesso da abordagem conservadora depende do uso correto da imobilização, da restrição adequada de cargas e do seguimento clínico periódico por meio de exames de imagem. Pacientes com baixa adesão ao tratamento apresentam maior risco de desvio secundário, instabilidade e falha de consolidação (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011).

No caso específico das fraturas da cabeça do rádio, fraturas não desviadas ou minimamente desviadas, sem bloqueio mecânico da mobilidade do cotovelo, são classicamente tratadas de forma conservadora, com mobilização precoce e excelentes taxas de recuperação funcional. Em contrapartida, fraturas cominutivas e instáveis geralmente requerem abordagem cirúrgica (Harrison *et al.*, 2007; Yoon *et al.*, 2012; Al-Tawil; Arya, 2021; Surucu *et al.*, 2023; Bonnevialle, 2016).

De modo semelhante, nas fraturas do rádio distal, as diretrizes clínicas indicam o tratamento conservador para fraturas estáveis, sem colapso secundário e com parâmetros radiográficos dentro dos limites aceitáveis, com acompanhamento seriado para detecção precoce de desvios tardios (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2020).

A seguir, apresenta-se o quadro de síntese dos principais critérios para indicação do tratamento conservador:

Quadro 9– Critérios clínicos e radiográficos para indicação do tratamento conservador das fraturas

Critério	Condição favorável ao tratamento conservador	Risco quando não atendido
Estabilidade da fratura	Fratura estável, sem desvio	Desvio secundário, pseudartrose
Envolvimento articular	Sem degrau ou impacto da superfície	Artrose pós-traumática
Condições clínicas	Baixo risco cirúrgico ou contraindicação operatória	Aumento da morbidade

Estado nutricional	Adequado	Atraso de consolidação
Adesão ao tratamento	Boa compreensão e seguimento regular	Falha do tratamento

Fonte: adaptado de SBOT (2011; 2018), AAOS (2020; 2021), Conitec (2018).

Assim, os critérios para o tratamento conservador das fraturas devem ser analisados de forma integrada, considerando simultaneamente os aspectos biomecânicos da fratura, a condição clínica do paciente e o contexto funcional. A indicação inadequada desse método pode resultar em instabilidade crônica, deformidades secundárias, limitação funcional permanente e necessidade de cirurgia tardia, com pior prognóstico global (World Health Organization, 2024).

4.4 Critérios para tratamento cirúrgico

O tratamento cirúrgico das fraturas é indicado sempre que os objetivos biomecânicos e funcionais não podem ser alcançados por meio da abordagem conservadora. Seus principais propósitos são a restauração do alinhamento anatômico, a recuperação da congruência articular, a obtenção de estabilidade mecânica adequada e a possibilidade de reabilitação precoce. A indicação cirúrgica deve considerar, de forma integrada, as características da fratura, as condições clínicas do paciente e o impacto funcional esperado (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018).

O primeiro critério fundamental para a indicação cirúrgica é a instabilidade da fratura. Fraturas desviadas, cominutivas, segmentares ou com perda do alinhamento anatômico apresentam alto risco de consolidação viciosa quando tratadas de forma conservadora. Nesses casos, a fixação interna ou externa torna-se necessária para garantir alinhamento adequado e estabilidade suficiente para a formação do calo ósseo (Auth, 2008).

As fraturas intra-articulares representam indicação clássica de tratamento cirúrgico quando há degrau articular, impactação da superfície ou incongruência entre os fragmentos. A manutenção desses desvios está diretamente associada ao desenvolvimento de artrose pós-traumática, dor crônica e limitação funcional. Diretrizes internacionais reforçam que a redução anatômica das fraturas articulares é determinante para a preservação da função em médio e longo prazo (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2020; Yoon *et al.*, 2012; Al-Tawil; Arya, 2021).

Nas fraturas da cabeça do rádio, as indicações cirúrgicas incluem fraturas cominutivas, instáveis, com bloqueio mecânico da mobilidade do cotovelo e associação com instabilidade ligamentar. Nesses cenários, a osteossíntese ou a substituição protética parcial é frequentemente necessária para restaurar a estabilidade funcional do cotovelo (Harrison *et al.*, 2007; Bonnevialle, 2016; Surucu *et al.*, 2023).

Nas fraturas do rádio distal, a indicação cirúrgica está relacionada a parâmetros radiográficos fora dos limites aceitáveis, como grande encurtamento radial, perda acentuada da inclinação volar, incongruência articular e instabilidade após redução fechada. Diretrizes da AAOS indicam que a correção cirúrgica desses desvios está associada a melhores desfechos funcionais (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2020).

No contexto das fraturas do quadril em idosos, o tratamento cirúrgico é amplamente recomendado como conduta de primeira linha, uma vez que o tratamento conservador apresenta elevadas taxas de mortalidade, complicações clínicas e perda definitiva da autonomia. Diretrizes nacionais e internacionais apontam que a cirurgia precoce está associada à redução de complicações tromboembólicas, respiratórias e infecciosas, além de favorecer a reabilitação funcional (Conitec, 2018; American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2021; National Institute for Health And Care Excellence, 2017; World Health Organization, 2024).

Outro critério relevante para a indicação cirúrgica é a presença de fraturas expostas. A comunicação do foco fraturário com o meio externo eleva substancialmente o risco de infecção, tornando o desbridamento cirúrgico e a estabilização do osso medidas indispensáveis para o controle biológico da lesão (World Health Organization, 2004; Brasil, 2023).

As condições clínicas do paciente também influenciam a decisão cirúrgica. Pacientes jovens, ativos e com alta demanda funcional tendem a se beneficiar mais de abordagens cirúrgicas que permitam recuperação mais rápida e mais completa. Por outro lado, em indivíduos com alto risco cirúrgico, a decisão deve ser cuidadosamente ponderada entre o benefício funcional e o risco perioperatório (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018).

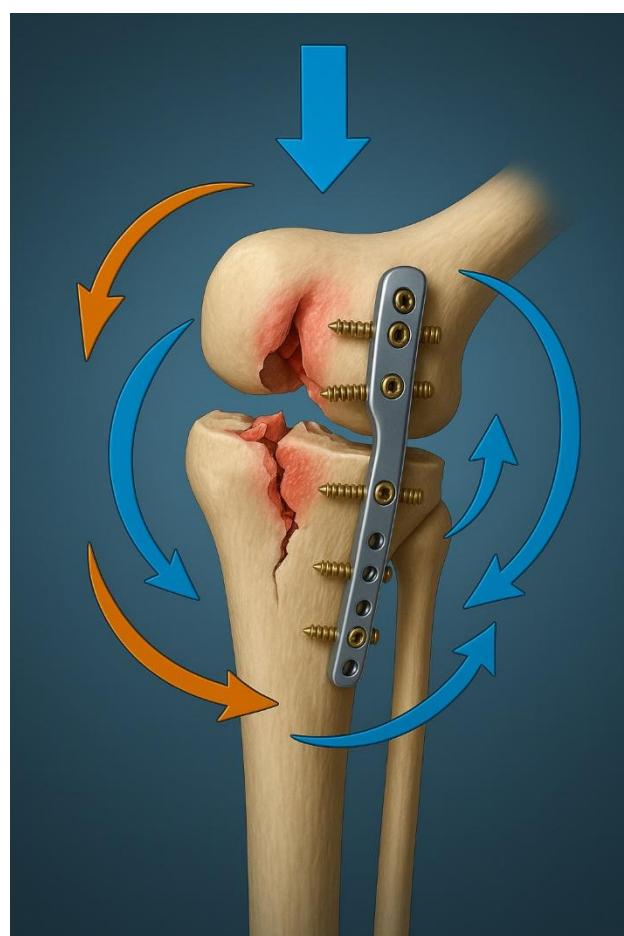
O estado nutricional é outro fator modulador importante. Evidências demonstram que a desnutrição está associada a maior taxa de complicações pós-operatórias, infecção e mortalidade, especialmente nas cirurgias para fraturas do quadril. Assim, a avaliação nutricional

deve integrar a tomada de decisão cirúrgica e o planejamento perioperatório (Chung *et al.*, 2018; American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2021).

No cenário contemporâneo, os avanços tecnológicos ampliaram as possibilidades da abordagem cirúrgica, com o uso de implantes mais estáveis, técnicas minimamente invasivas e recursos ortobiológicos que auxiliam a consolidação óssea, especialmente em fraturas complexas e em pacientes de alto risco (Christensen; Cox; Anz, 2019; Lana *et al.*, 2020).

Dessa forma, os critérios para o tratamento cirúrgico das fraturas devem ser analisados de modo individualizado, integrando instabilidade mecânica, comprometimento articular, condições clínicas, estado nutricional, risco biológico e expectativa funcional. A decisão bem fundamentada é determinante para a restauração da função, a redução das complicações e a obtenção de desfechos favoráveis no tratamento ortopédico (World Health Organization, 2024).

Figura 4. Critérios biomecânicos para indicação de tratamento cirúrgico das fraturas.



Fonte: elaborado a partir da revisão de literatura.

A ilustração representa, em modelo tridimensional, uma fratura instável tratada por meio de osteossíntese interna com placa e parafusos. O desvio significativo dos fragmentos, a cominuição e a incongruência articular são evidenciados visualmente, reforçando os critérios clássicos para indicação cirúrgica.

As setas coloridas demonstram as forças que atuam sobre o foco da fratura e que, quando não controladas, impedem a consolidação adequada. A presença da placa metálica simboliza a restauração do alinhamento anatômico, a estabilização mecânica e a otimização do ambiente biológico para a recuperação funcional.

CAPÍTULO 5

Fraturas do Membro Superior

5.1 Fraturas do ombro

As fraturas do ombro englobam, de forma geral, as fraturas da clavícula, da escápula e da extremidade proximal do úmero, representando um grupo de lesões de elevada relevância funcional, em razão do papel central dessa articulação na mobilidade do membro superior. O comprometimento do ombro repercute diretamente nas atividades de vida diária, no desempenho laboral e na autonomia do indivíduo, sobretudo em adultos ativos e idosos (World Health Organization, 2024).

As fraturas da extremidade proximal do úmero estão entre as mais frequentes nesse segmento, especialmente em idosos, estando fortemente associadas a mecanismos de baixa energia, como quedas da própria altura, em contexto de fragilidade óssea. Já em indivíduos jovens, essas fraturas costumam decorrer de traumas de alta energia, como acidentes automobilísticos e quedas de altura, frequentemente associadas a lesões concomitantes (Brasil, 2023).

Do ponto de vista clínico, o quadro típico inclui dor intensa, limitação funcional importante do membro superior, edema local, equimose e, em casos mais graves, deformidade visível. A avaliação inicial deve priorizar a inspeção do alinhamento do membro, a pesquisa de crepitação, a análise da amplitude de movimento e, sobretudo, a investigação de possíveis lesões neurovasculares associadas, em especial do nervo axilar (Auth, 2008).

A radiografia convencional, nas incidências anteroposterior, perfil escapular e axilar, constitui o método inicial de escolha para a avaliação das fraturas do ombro. Em situações de fraturas complexas, cominutivas ou com envolvimento articular duvidoso, a tomografia computadorizada é indicada para melhor definição do traço, do grau de desvio e do planejamento terapêutico (Nice, 2016).

O tratamento das fraturas do ombro pode ser conservador ou cirúrgico, conforme os critérios já estabelecidos no Capítulo 4. Fraturas minimamente desviadas, estáveis e sem

comprometimento significativo da congruência articular apresentam bons resultados com imobilização funcional e reabilitação precoce. Em contrapartida, fraturas cominutivas, instáveis, com desvio importante ou associadas a fraturas-luxações frequentemente demandam tratamento cirúrgico para restauração anatômica e funcional do ombro (Auth, 2008).

Nos pacientes idosos, as fraturas do ombro se inserem no contexto mais amplo das fraturas por fragilidade, fortemente associadas à osteoporose e a distúrbios do equilíbrio. A literatura evidencia que essas fraturas não devem ser analisadas de forma isolada, pois o risco de novas fraturas e de perda funcional progressiva é elevado quando não há abordagem global do paciente (World Health Organization, 2024).

Além disso, o estado nutricional exerce influência direta sobre a consolidação dessas fraturas. Pacientes desnutridos apresentam maior risco de atraso de consolidação, infecção e piores desfechos funcionais, o que torna indispensável a avaliação nutricional integrada ao plano terapêutico, sobretudo na população idosa (Chung *et al.*, 2018).

A reabilitação após fraturas do ombro deve ser iniciada de forma progressiva, respeitando a estabilidade alcançada pelo tratamento instituído. A mobilização precoce controlada é fundamental para prevenir rigidez articular, atrofia muscular e perda definitiva da função do membro superior (World Health Organization, 2023).

Do ponto de vista da organização dos serviços de saúde, diretrizes nacionais reforçam a necessidade de adequado encaminhamento dos pacientes com fraturas do ombro, a fim de garantir atendimento oportuno, evitar complicações e assegurar continuidade do cuidado na rede assistencial (Brasil, 2013; Brasil, 2017; Brasil, 2023).

Assim, as fraturas do ombro configuram um importante desafio clínico e funcional na ortopedia, exigindo abordagem integrada que considere o mecanismo de trauma, o padrão da fratura, as condições clínicas do paciente, o estado nutricional e as estratégias de reabilitação, para que se obtenha recuperação funcional satisfatória e redução do risco de sequelas permanentes (World Health Organization, 2024).

5.2 Fraturas do cotovelo e da cabeça do rádio

As fraturas do cotovelo constituem um grupo heterogêneo de lesões que envolvem o úmero distal, a ulna proximal e a cabeça do rádio, sendo esta última uma das estruturas mais frequentemente acometidas nesse segmento. Essas fraturas apresentam grande relevância funcional em razão do papel central do cotovelo nos movimentos de flexoextensão e prono-supinação do antebraço, comprometendo diretamente a função global do membro superior quando malconduzidas (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018).

As fraturas da cabeça do rádio representam aproximadamente um terço de todas as fraturas do cotovelo em adultos, sendo geralmente decorrentes de quedas com a mão espalmada em extensão. O mecanismo típico envolve transmissão de carga axial pelo rádio, associada a forças em valgo, resultando em impacto direto da cabeça radial contra o capítulo do úmero (Harrison *et al.*, 2007; Yoon *et al.*, 2012; Al-Tawil; Arya, 2021).

Do ponto de vista clínico, os pacientes apresentam dor lateral no cotovelo, limitação da prono-supinação, derrame articular e sensibilidade local à palpação. A presença de bloqueio mecânico da mobilidade sugere fratura com fragmento instável interposto na articulação, situação que altera diretamente a conduta terapêutica (Yoon *et al.*, 2012; Surucu *et al.*, 2023).

A radiografia convencional nas incidências anteroposterior e perfil é o método inicial de escolha para o diagnóstico. Em muitos casos, pode-se observar apenas o sinal do coxim adiposo posterior, indicativo indireto de hemartrose e fratura oculta. A tomografia computadorizada é indicada quando há dúvida quanto ao grau de cominuição, à instabilidade articular ou ao planejamento cirúrgico (Harrison *et al.*, 2007).

As fraturas da cabeça do rádio podem ser tratadas de forma conservadora ou cirúrgica, conforme o grau de desvio, a estabilidade e a presença de bloqueio mecânico. Fraturas não desviadas ou minimamente desviadas, sem limitação significativa da mobilidade, apresentam excelente evolução com tratamento conservador, baseado em imobilização por curto período e mobilização precoce (Yoon *et al.*, 2012; Al-Tawil; Arya, 2021).

Em contrapartida, fraturas cominutivas, instáveis, associadas a instabilidade ligamentar ou com bloqueio mecânico da articulação apresentam indicação cirúrgica. Nessas situações, as opções incluem a osteossíntese com parafusos, a ressecção parcial da cabeça do rádio ou a artroplastia radial, conforme a gravidade do quadro (Bonnevialle, 2016; Surucu *et al.*, 2023).

A artroplastia da cabeça do rádio tem papel bem estabelecido nas fraturas complexas irreconstruíveis, especialmente quando associadas à instabilidade do cotovelo. Estudos demonstram que a substituição protética, nesses casos, contribui para a restauração da estabilidade lateral do cotovelo e para melhores desfechos funcionais (Bonnevialle, 2016).

As fraturas do cotovelo, de modo geral, apresentam risco relevante de rigidez articular pós-traumática, sobretudo quando o período de imobilização é prolongado. Por esse motivo, tanto nos tratamentos conservadores quanto nos cirúrgicos, é fundamental que se priorize a mobilização precoce, respeitando a estabilidade obtida, como forma de prevenção da limitação funcional definitiva (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011; 2018).

No contexto da reabilitação, a abordagem deve ser progressiva, focada inicialmente na recuperação passiva da amplitude de movimento, seguida do fortalecimento muscular e da reeducação funcional. Protocolos internacionais de reabilitação musculoesquelética reforçam que a condução adequada dessa fase é determinante para a restauração da função do membro superior (World Health Organization, 2023).

Assim, as fraturas do cotovelo e da cabeça do rádio exigem avaliação clínica e radiológica minuciosa, estratificação adequada da gravidade e escolha criteriosa da conduta terapêutica. A decisão entre tratamento conservador e cirúrgico, quando bem fundamentada, impacta diretamente a estabilidade articular, a amplitude de movimento e a qualidade funcional final do paciente (Yoon *et al.*, 2012; Al-Tawil; Arya, 2021; Surucu *et al.*, 2023)..

5.3 Fraturas do antebraço

As fraturas do antebraço envolvem, de forma isolada ou associada, o rádio e a ulna, configurando-se como lesões de elevada complexidade funcional em razão do papel desses ossos na prono-supinação e na transmissão de cargas entre o cotovelo e o punho. A integração biomecânica entre rádio e ulna impõe que, mesmo quando apenas um dos ossos está fraturado, ambos devam ser cuidadosamente avaliados por risco de instabilidade global do segmento (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011; 2018).

Do ponto de vista epidemiológico, as fraturas do antebraço apresentam distribuição bimodal, acometendo principalmente crianças e idosos por mecanismos de baixa energia, como quedas

da própria altura, e adultos jovens em traumas de alta energia, especialmente acidentes automobilísticos e quedas de altura (World Health Organization, 2004; Brasil, 2023).

As fraturas da diáfise dos ossos do antebraço diferem das fraturas articulares por exigirem restauração anatômica extremamente precisa. Pequenos desvios angulares, encurtamentos ou rotações residuais comprometem de forma significativa a prono-supinação, resultando em limitação funcional permanente quando não adequadamente corrigidos (Auth, 2008).

As fraturas do rádio distal, por sua vez, representam uma das fraturas mais frequentes do membro superior, especialmente em idosos. A avaliação radiográfica desses casos deve contemplar parâmetros como inclinação radial, inclinação volar, comprimento radial e congruência articular, pois essas variáveis orientam diretamente a indicação do tratamento conservador ou cirúrgico (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2020).

No exame clínico, os sinais mais comuns incluem dor intensa, edema, deformidade visível, limitação de movimento e, em casos mais graves, alterações neurovasculares distais. A avaliação da perfusão, da sensibilidade e da motricidade distal é obrigatória, sobretudo nas fraturas desviadas e nas fraturas expostas (World Health Organization, 2004; Nice, 2016).

A radiografia em duas incidências ortogonais constitui o exame inicial padrão. Em fraturas articulares complexas ou quando há dúvida quanto à extensão do traço, a tomografia computadorizada é indicada para melhor planejamento terapêutico, especialmente no rádio distal e nas fraturas associadas à instabilidade do cotovelo (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2020).

O tratamento das fraturas do antebraço pode ser conservador ou cirúrgico. Fraturas estáveis, sem desvio significativo e sem comprometimento articular, apresentam bons resultados com imobilização adequada e acompanhamento radiográfico seriado. Em contrapartida, fraturas desviadas, instáveis, cominutivas, expostas ou associadas à perda da congruência articular apresentam indicação cirúrgica formal (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2020).

A seguir, apresenta-se um quadro-síntese dos principais padrões de fraturas do antebraço e suas implicações clínicas:

Quadro 10 – Padrões de fraturas do antebraço e implicações funcionais

Segmento acometido	Tipo de fratura	Principal repercussão funcional	Tendência terapêutica
Rádio distal	Extra-articular estável	Preservação parcial da mobilidade do punho	Tratamento conservador
Rádio distal	Intra-articular instável	Risco de artrose pós-traumática	Tratamento cirúrgico
Diáfise do rádio e ulna	Fratura isolada	Perda parcial da prono-supinação	Cirúrgico na maioria dos casos
Diáfise do rádio e ulna	Fratura associada	Perda significativa da prono-supinação	Tratamento cirúrgico

Fonte: adaptado de SBOT (2011; 2018) e AAOS (2020).

A reabilitação após as fraturas do antebraço deve equilibrar proteção e mobilização precoce progressiva. A imobilização prolongada está associada à rigidez articular, atrofia muscular e limitação definitiva da prono-supinação. Por esse motivo, protocolos contemporâneos enfatizam a mobilização orientada assim que a estabilidade mecânica da fratura permitir (World Health Organization, 2023).

Em pacientes idosos, as fraturas do antebraço frequentemente se inserem no contexto das fraturas por fragilidade, estando associadas a maior risco de novas fraturas e perda funcional progressiva quando não há abordagem global do estado ósseo e das condições clínicas do paciente (World Health Organization, 2024).

Do ponto de vista organizacional, diretrizes nacionais orientam que o adequado encaminhamento dos pacientes com fraturas do antebraço, sobretudo aqueles com necessidade de tratamento cirúrgico, é determinante para a redução de complicações, racionalização de recursos e continuidade do cuidado na rede assistencial (Brasil, 2013; Brasil, 2017; Brasil, 2023).

Assim, as fraturas do antebraço exigem abordagem diagnóstica precisa, restauração anatômica rigorosa e reabilitação funcional progressiva, sob pena de comprometimento permanente da função do membro superior e impacto direto na autonomia do paciente (World Health Organization, 2024).

5.4 Fraturas do punho e da mão

As fraturas do punho e da mão representam um conjunto de lesões de elevada incidência na prática ortopédica, com impacto direto sobre a função preensora, a coordenação motora fina e a capacidade laboral do paciente. Esse grupo de fraturas inclui principalmente as fraturas do rádio distal, dos ossos do carpo, dos metacarpos e das falanges, sendo frequentemente decorrentes de quedas com apoio da mão, traumas diretos e acidentes esportivos (World Health Organization, 2004).

As fraturas do rádio distal figuram entre as mais comuns do membro superior, especialmente em idosos, estando fortemente associadas aos mecanismos de baixa energia e às fraturas por fragilidade. Em adultos jovens, essas lesões tendem a ocorrer em contextos de alta energia, com maior índice de cominuição e instabilidade (American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2020; World Health Organization, 2024).

No exame clínico, o paciente normalmente apresenta dor intensa, edema, deformidade visível em “garfo de jantar”, limitação funcional do punho e, em casos mais graves, alterações neurovasculares. A avaliação da perfusão distal, da sensibilidade e da motricidade é obrigatória, sobretudo nas fraturas desviadas (Auth, 2008; World Health Organization, 2004).

A radiografia convencional em incidências posteroanterior e perfil constitui o exame inicial de escolha. Em fraturas articulares complexas, a tomografia computadorizada pode ser indicada para melhor avaliação da congruência articular e do planejamento cirúrgico (American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2020).

O tratamento das fraturas do punho pode ser conservador ou cirúrgico, conforme os critérios de estabilidade, desvio e envolvimento articular. Fraturas estáveis, extra-articulares e sem colapso secundário apresentam bons resultados com imobilização funcional e acompanhamento radiográfico seriado. Por outro lado, fraturas intra-articulares instáveis, com grande encurtamento radial ou perda da inclinação volar, apresentam indicação cirúrgica formal (American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2020).

As fraturas da mão englobam os metacarpos e as falanges, sendo extremamente frequentes em contextos de trauma direto, agressões, acidentes ocupacionais e esportivos. Embora muitas dessas fraturas apresentem baixo risco vital, seu potencial de gerar deformidades, rigidez

articular e perda funcional é elevado quando malconduzidas (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011).

A seguir, apresenta-se um quadro-síntese dos principais padrões de fraturas do punho e da mão e suas repercussões funcionais:

Quadro 11 – Principais fraturas do punho e da mão e implicações funcionais

Segmento acometido	Tipo de fratura	Repercussão funcional predominante	Tendência terapêutica
Rádio distal	Extra-articular estável	Limitação temporária da mobilidade do punho	Tratamento conservador
Rádio distal	Intra-articular instável	Alto risco de artrose pós-traumática	Tratamento cirúrgico
Metacarpos	Fratura do quinto metacarpo	Prejuízo da força de preensão	Conservador ou cirúrgico
Falanges	Fraturas articulares	Rigidez e deformidades digitais	Predominantemente cirúrgico

Fonte: adaptado de SBOT (2011; 2018) e AAOS (2020).

No contexto da mão, a restauração precisa do alinhamento e da rotação dos dedos é decisiva para a recuperação funcional. Pequenos desvios angulares ou rotacionais podem resultar em sobreposição digital, prejuízo da preensão e limitação permanente das atividades manuais (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011).

A reabilitação desempenha papel central no tratamento dessas fraturas. A mobilização precoce orientada, associada ao fortalecimento progressivo e à reeducação funcional da mão, é fundamental para prevenir rigidez, aderências tendíneas e perda da destreza manual (World Health Organization, 2023).

Em pacientes idosos, as fraturas do punho frequentemente se inserem no contexto das fraturas por fragilidade, sendo marcador importante de risco para novas fraturas e perda progressiva de autonomia quando não há abordagem global do estado ósseo e das condições clínicas associadas (World Health Organization, 2024).

No âmbito da organização da rede assistencial, diretrizes nacionais orientam que pacientes com fraturas do punho e da mão que apresentem critérios de instabilidade, comprometimento neurovascular ou necessidade cirúrgica sejam prontamente encaminhados aos serviços especializados, assegurando tratamento oportuno e redução de sequelas (Brasil, 2013; Brasil, 2017; Brasil, 2023).

Assim, as fraturas do punho e da mão exigem abordagem diagnóstica precisa, definição criteriosa da conduta terapêutica e reabilitação funcional estruturada, sob pena de comprometimento definitivo da destreza manual e da capacidade produtiva do paciente (World Health Organization, 2024).

Figura 5. Mecanismo de trauma e padrão típico das fraturas do punho.



Fonte: elaborado a partir da revisão de literatura.

A imagem demonstra, de forma simplificada e didática, o impacto axial direcionado à região do punho durante a queda com apoio da mão espalmada: mecanismo clássico associado às fraturas do rádio distal e das estruturas adjacentes. A seta vermelha indica a direção da força que provoca o colapso ósseo e o desvio característico, enquanto a ilustração anatômica evidencia o local habitual da fratura e a relação com os ossos do carpo. Essa composição reforça a correlação entre biomecânica do trauma e o padrão clínico observado na prática ortopédica.

CAPÍTULO 6

Fraturas do Membro Inferior

6.1 Fraturas do quadril e do colo do fêmur

As fraturas do quadril e, em especial, as fraturas do colo do fêmur configuram um dos eventos traumáticos de maior impacto clínico, funcional e social na ortopedia contemporânea. Sua elevada incidência em idosos, associada à fragilidade óssea, à sarcopenia e às alterações do equilíbrio, faz dessas lesões um importante problema de saúde pública, com repercussões expressivas sobre a mortalidade, a dependência funcional e os custos assistenciais (Conitec, 2018; American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2021; World Health Organization, 2024).

Do ponto de vista epidemiológico, essas fraturas estão predominantemente relacionadas a mecanismos de baixa energia, como quedas da própria altura, diferentemente do que ocorre nos adultos jovens, nos quais os traumas de alta energia, como acidentes automobilísticos e quedas de grande altura, assumem maior protagonismo. Essa distinção é fundamental para compreender não apenas o mecanismo de lesão, mas também o perfil de gravidade, as lesões associadas e os riscos sistêmicos envolvidos (World Health Organization, 2004; Brasil, 2023).

Clinicamente, o Paciente com Fratura do Colo do Fêmur Costuma apresentar dor intensa na região inguinal ou trocantérica, incapacidade de sustentação do peso corporal, encurtamento e rotação externa do membro acometido. Em idosos, esses sinais podem ser menos exuberantes, exigindo elevado grau de suspeição clínica, sobretudo diante de história de queda recente e worsening da capacidade de deambulação (AUTH, 2008).

A radiografia simples da bacia e do quadril, nas incidências anteroposterior e perfil, constitui o exame inicial de escolha para confirmação diagnóstica. Em situações de suspeita clínica persistente com radiografia normal, a tomografia computadorizada ou a ressonância magnética tornam-se indicadas para a detecção de fraturas ocultas, cuja identificação precoce é decisiva para a prevenção de deslocamentos secundários e complicações sistêmicas (National Institute for Health and Care Excellence, 2017; American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2021).

As fraturas do colo do fêmur são tradicionalmente classificadas em intracapsulares e extracapsulares, distinção que possui implicações diretas sobre a vascularização da cabeça femoral, o risco de necrose avascular e a escolha da técnica cirúrgica. Nas fraturas intracapsulares desviadas, a interrupção do suprimento sanguíneo eleva substancialmente a probabilidade de necrose e falha de consolidação, justificando a indicação frequente de artroplastia em pacientes idosos (Conitec, 2018; American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2021).

O tratamento dessas fraturas é predominantemente cirúrgico, sendo a abordagem conservadora restrita a situações excepcionais, em geral associadas a contraindicações clínicas graves. Evidências robustas demonstram que a cirurgia precoce está associada à redução de complicações tromboembólicas, infecciosas e respiratórias, além de favorecer a reabilitação funcional e reduzir a mortalidade (National Institute For Health and Care Excellence, 2017; American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2021; World Health Organization, 2024).

O estado nutricional do paciente exerce papel modulador decisivo nos desfechos dessas fraturas. Estudos demonstram que a desnutrição está associada a maior taxa de complicações pós-operatórias, infecções, atraso de recuperação e aumento da mortalidade em pacientes submetidos à cirurgia por fratura de quadril (Chung *et al.*, 2018). Dessa forma, a avaliação nutricional deve integrar obrigatoriamente o manejo inicial desses pacientes.

A reabilitação pós-operatória precoce constitui outro pilar fundamental do tratamento. Protocolos contemporâneos enfatizam a mobilização nas primeiras 24 a 48 horas após a cirurgia, sempre que as condições clínicas permitirem, como estratégia para redução de complicações, preservação da massa muscular e recuperação mais rápida da autonomia funcional (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2023; World Health Organization, 2023).

No âmbito da organização dos serviços de saúde, diretrizes nacionais definem que a fratura do quadril deve ser tratada como condição de urgência ortopédica, com fluxo assistencial prioritário desde a atenção básica até os centros de trauma. A agilidade no diagnóstico, no encaminhamento e na intervenção cirúrgica exerce impacto direto sobre a sobrevida e os desfechos funcionais (Brasil, 2013; Brasil, 2017; Brasil, 2023).

Assim, as fraturas do quadril e do colo do fêmur constituem lesões de alta gravidade funcional e sistêmica, cujo manejo adequado exige integração entre diagnóstico precoce, abordagem cirúrgica oportuna, suporte nutricional e reabilitação intensiva. A condução correta desses pacientes é determinante não apenas para a recuperação da marcha e da autonomia, mas também para a redução da mortalidade e da institucionalização prolongada no envelhecimento (Conitec, 2018; American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2021; World Health Organization, 2024).

6.2 Fraturas do joelho e da tíbia

As fraturas do joelho e da tíbia constituem um grupo de lesões de alta complexidade biomecânica, uma vez que comprometem estruturas diretamente envolvidas na sustentação do peso corporal, na estabilidade do membro inferior e na marcha. A tíbia, por sua posição subcutânea anteromedial, é o osso longo mais frequentemente envolvido em fraturas expostas, o que eleva substancialmente o risco de complicações infecciosas e falhas de consolidação (World Health Organization, 2004).

As fraturas do joelho englobam, principalmente, as fraturas da patela, do planalto tibial e da extremidade distal do fêmur. Entre essas, as fraturas do planalto tibial se destacam por seu impacto direto sobre a congruência articular, estando frequentemente associadas a lesões ligamentares, meniscais e instabilidade articular tardia quando não adequadamente tratadas (Nice, 2016).

Do ponto de vista epidemiológico, observa-se padrão bimodal semelhante ao das fraturas do quadril. Em idosos, predominam os mecanismos de baixa energia, relacionados a quedas da própria altura e fragilidade óssea. Em adultos jovens, os traumas de alta energia, como acidentes automobilísticos, atropelamentos e quedas de altura, concentram os casos mais graves, com maior índice de cominuições, fraturas expostas e lesões associadas (Brasil, 2023).

Clinicamente, as fraturas do joelho e da tíbia cursam com dor intensa, edema local importante, incapacidade de deambulação e, muitas vezes, deformidade evidente. Nas fraturas da tíbia, a avaliação da condição da pele e das partes moles assume caráter decisivo, pois a viabilidade cutânea influencia diretamente o momento e a estratégia da intervenção cirúrgica (Auth, 2008).

A investigação diagnóstica inicial baseia-se na radiografia em incidências ortogonais. No entanto, nas fraturas do planalto tibial e nas fraturas articulares complexas do joelho, a tomografia computadorizada é indispensável para a correta avaliação da depressão articular, da cominuição e do alinhamento, orientando com maior precisão a escolha da técnica cirúrgica (National Institute For Health And Care Excellence, 2016).

O tratamento das fraturas da tíbia e do joelho pode ser conservador ou cirúrgico, conforme o padrão da fratura, o grau de desvio, a estabilidade e o envolvimento articular. Fraturas estáveis, sem desvio significativo e sem comprometimento articular apresentam bons resultados com imobilização e acompanhamento radiográfico seriado. Em contrapartida, fraturas instáveis, articulares, expostas ou associadas a desalinhamento apresentam indicação cirúrgica formal (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011; 2018).

As fraturas do planalto tibial merecem destaque especial, pois a restauração anatômica da superfície articular é determinante para a preservação da função do joelho e para a prevenção da artrose pós-traumática. Reduções imprecisas, mesmo que discretas, estão associadas a dor crônica, limitação funcional e necessidade de procedimentos reconstrutivos tardios (Nice, 2016).

No caso das fraturas expostas da tíbia, a abordagem deve ser imediata e sistematizada, com antibioticoterapia precoce, desbridamento cirúrgico rigoroso e estabilização adequada. A literatura internacional reforça que a demora na abordagem inicial eleva drasticamente o risco de osteomielite, pseudartrose e amputações secundárias (World Health Organization, 2004; Brasil, 2023).

A reabilitação após fraturas do joelho e da tíbia deve ser cuidadosamente planejada, equilibrando proteção do foco fraturário e mobilização progressiva. A rigidez articular, a atrofia muscular e o déficit de marcha constituem complicações frequentes quando o processo de reabilitação é retardado ou inadequadamente conduzido (World Health Organization, 2023).

Em pacientes idosos, essas fraturas frequentemente se associam ao contexto das fraturas por fragilidade, implicando maior risco de novas quedas, perda da autonomia, institucionalização e aumento da mortalidade quando não há abordagem integrada da condição óssea e funcional (World Health Organization, 2024).

Do ponto de vista da organização dos serviços, diretrizes nacionais definem que pacientes com fraturas do joelho e da tibia com critérios de instabilidade, fraturas expostas ou comprometimento neurovascular devem ser encaminhados prioritariamente aos centros de trauma devidamente habilitados, garantindo tratamento oportuno e redução das complicações (Brasil, 2013; Brasil, 2017; Brasil, 2023).

Assim, as fraturas do joelho e da tibia configuram lesões de elevada complexidade clínica e funcional, cujo manejo adequado exige diagnóstico preciso, definição criteriosa da estratégia terapêutica, abordagem cuidadosa das partes moles e reabilitação estruturada, sob pena de comprometimento definitivo da capacidade de marcha e da independência funcional do paciente (World Health Organization, 2024).

6.3 Fraturas do tornozelo

As fraturas do tornozelo figuram entre as lesões mais frequentes do membro inferior, com impacto direto sobre a estabilidade da marcha, a sustentação do peso corporal e a autonomia funcional. Essas fraturas envolvem, de modo isolado ou associado, os maléolos medial, lateral e posterior, além da sindesmose tibiofibular, cuja integridade é determinante para a estabilidade articular (Sociedade Brasileira De Ortopedia E Traumatologia, 2018).

Do ponto de vista mecânico, as fraturas do tornozelo decorrem predominantemente de mecanismos torcionais, geralmente associados à inversão ou eversão do pé, com o corpo em carga. Em idosos, esses mecanismos estão frequentemente associados a quedas da própria altura, enquanto, em adultos jovens, são comuns nos acidentes esportivos, automobilísticos e em traumas de alta energia (World Health Organization, 2004; Brasil, 2023).

Clinicamente, o quadro é caracterizado por dor intensa, edema rápido e exuberante, incapacidade de apoio do membro acometido e, em muitos casos, deformidade visível da articulação. A avaliação inicial deve priorizar a inspeção da pele, a pesquisa de bolhas de fratura, a avaliação vascular e neurológica distal e a investigação de lesões associadas do pé e da perna (AUTH, 2008).

O exame radiográfico em incidências anteroposterior, perfil e mortise constitui a base do diagnóstico. A tomografia computadorizada é indicada nos casos de fraturas articulares

complexas, fraturas do maléolo posterior e na suspeita de incongruência articular não plenamente caracterizada pela radiografia simples (National Institute For Health And Care Excellence, 2016).

O tratamento das fraturas do tornozelo fundamenta-se essencialmente na avaliação da estabilidade articular. Fraturas unimaleares estáveis, sem desvio significativo e com sindesmose íntegra, podem ser tratadas de forma conservadora. Em contrapartida, fraturas bi e trimaleolares, fraturas com instabilidade da sindesmose e aquelas associadas a desvio articular apresentam indicação cirúrgica formal, com o objetivo de restaurar a congruência e a estabilidade da articulação (Sociedade Brasileira De Ortopedia E Traumatologia, 2018).

A seguir, apresenta-se um quadro-síntese das principais fraturas do tornozelo e suas implicações clínicas:

Quadro 12– Principais padrões de fraturas do tornozelo e implicações funcionais

Padrão de fratura	Estruturas acometidas	Repercussão funcional predominante	Tendência terapêutica
Unimaleolar estável	Um dos maléolos	Instabilidade leve, dor localizada	Tratamento conservador
Bimaleolar	Maléolos medial e lateral	Instabilidade articular importante	Tratamento cirúrgico
Trimaleolar	Dois maléolos + maléolo posterior	Alto risco de artrose pós-traumática	Tratamento cirúrgico
Fratura com lesão da sindesmose	Ligamentos tibiofibulares	Instabilidade grave do tornozelo	Tratamento cirúrgico

Fonte: adaptado de SBOT (2011; 2018) e NICE (2016).

O tempo de imobilização e o início da descarga de peso devem ser rigorosamente individualizados, conforme a estabilidade obtida pelo tratamento instituído. A descarga precoce em fraturas instáveis eleva expressivamente o risco de perda da redução, colapso articular e artrose pós-traumática (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018).

A reabilitação precoce, baseada em mobilização progressiva, fortalecimento muscular e treino de marcha, é determinante para a recuperação funcional do tornozelo. Protocolos internacionais enfatizam que atrasos na reabilitação estão diretamente associados à rigidez articular, perda de força e limitação funcional definitiva (World Health Organization, 2023).

Em idosos, as fraturas do tornozelo frequentemente se associam ao contexto das fraturas por fragilidade, sendo marcador de risco para novas quedas, perda de autonomia e

institucionalização quando não há abordagem global da condição óssea e funcional (World Health Organization, 2024).

No âmbito da organização assistencial, diretrizes nacionais orientam que pacientes com fraturas instáveis do tornozelo, fraturas expostas ou com comprometimento neurovascular sejam prontamente encaminhados a serviços especializados, reduzindo o risco de complicações e sequelas permanentes (Brasil, 2013; Brasil, 2017; Brasil, 2023).

Assim, as fraturas do tornozelo configuram um evento de impacto funcional significativo, cujo prognóstico depende diretamente da correta avaliação da estabilidade articular, da precisão da redução, da definição adequada da conduta terapêutica e da reabilitação estruturada (World Health Organization, 2024).

6.4 Fraturas do pé

As fraturas do pé compreendem um conjunto heterogêneo de lesões que acometem os ossos do tarso, metatarso e falanges, estruturas fundamentais para a sustentação do peso corporal, a propulsão durante a marcha e o equilíbrio estático e dinâmico. Embora muitas dessas fraturas sejam classificadas como de menor gravidade em termos sistêmicos, seu impacto funcional pode ser significativo quando não adequadamente tratadas, sobretudo em indivíduos idosos e atletas (World Health Organization, 2024).

Do ponto de vista biomecânico, o pé atua como uma unidade funcional complexa, responsável pela absorção de impacto, adaptação ao solo e transmissão eficiente das forças geradas durante a locomoção. Assim, fraturas nessa região, mesmo quando aparentemente simples, podem comprometer a arquitetura plantar, a distribuição de cargas e a mecânica da marcha, favorecendo dor crônica, instabilidade e deformidades secundárias (Auth, 2008).

Os mecanismos de trauma variam conforme o segmento acometido. As fraturas do tarso, especialmente do calcâneo e do tálus, estão mais frequentemente associadas a traumas de alta energia, como quedas de altura e acidentes automobilísticos. Já as fraturas dos metatarsos e das falanges tendem a ocorrer por trauma direto, torções do antepé ou sobrecarga repetitiva, sendo comuns tanto em atividades esportivas quanto em acidentes ocupacionais (World Health Organization, 2004; Brasil, 2023).

Clinicamente, o paciente apresenta dor localizada, edema, dificuldade ou impossibilidade de apoio, limitação funcional e, em alguns casos, deformidade visível. Nas fraturas do calcâneo, é frequente a presença de edema exuberante, equimoses plantares e dor intensa à compressão lateral do retropé. A avaliação neurovascular distal é obrigatória, sobretudo nas fraturas desviadas e expostas (Auth, 2008).

A radiografia convencional em múltiplas incidências constitui o exame inicial de escolha. Nas fraturas do calcâneo, do tálus e nas fraturas articulares complexas do mediopé, a tomografia computadorizada é considerada imprescindível para a correta avaliação do traço, do grau de cominuição e da congruência articular, orientando de forma decisiva a estratégia terapêutica (National Institute For Health And Care Excellence, 2016).

O tratamento das fraturas do pé depende do osso acometido, do grau de desvio, da estabilidade e do envolvimento articular. Fraturas estáveis, sem desvio significativo, especialmente das falanges e de alguns metatarsos, apresentam bons resultados com tratamento conservador, baseado em imobilização funcional, restrição temporária de carga e acompanhamento clínico-radiográfico. Em contrapartida, fraturas instáveis, desviadas, articulares ou associadas à perda do alinhamento apresentam indicação cirúrgica formal (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018).

A seguir, apresenta-se um quadro-síntese dos principais padrões de fraturas do pé e suas implicações funcionais:

Quadro 13 – Principais fraturas do pé e implicações clínicas

Segmento acometido	Tipo de fratura	Repercussão funcional predominante	Tendência terapêutica
Calcâneo	Fratura intra-articular	Dor crônica e alteração da marcha	Predominantemente cirúrgico
Tálus	Fratura do colo do tálus	Risco de necrose avascular	Tratamento cirúrgico
Metatarsos	Fraturas isoladas estáveis	Dificuldade transitória de apoio	Tratamento conservador
Falanges	Fraturas desviadas	Deformidades e rigidez digital	Conservador ou cirúrgico

Fonte: adaptado de SBOT (2011; 2018) e NICE (2016).

As fraturas do calcâneo merecem destaque especial, pois estão fortemente associadas a desfechos funcionais desfavoráveis quando há comprometimento da superfície articular

subtalar. Reduções imprecisas estão associadas à dor crônica, limitação da mobilidade do retropé e incapacidade laborativa persistente, mesmo após tratamento cirúrgico (World Health Organization, 2023).

As fraturas do tálus apresentam particular gravidade devido ao risco elevado de necrose avascular, em razão de sua vascularização precária. Nessas situações, o atraso no diagnóstico ou na redução adequada pode evoluir para colapso ósseo, artrose secundária e importante limitação funcional da articulação tibiotalar (Nice, 2016).

A reabilitação após fraturas do pé deve respeitar rigorosamente o tempo biológico de consolidação e o grau de estabilidade alcançado. A introdução precoce de carga inadequada eleva o risco de perda da redução, retardo de consolidação e deformidades secundárias. Por outro lado, a imobilização excessivamente prolongada favorece rigidez, atrofia muscular e prejuízo definitivo da marcha (World Health Organization, 2023).

Em idosos, as fraturas do pé frequentemente se inserem no contexto das fraturas por fragilidade, funcionando como marcadores de risco para novas quedas e fraturas subsequentes quando não há intervenção global sobre o estado ósseo, nutricional e funcional do paciente (World Health Organization, 2024).

No âmbito da organização da rede assistencial, as diretrizes nacionais orientam que fraturas instáveis do pé, fraturas expostas e aquelas associadas à perda de alinhamento ou comprometimento neurovascular sejam prontamente encaminhadas aos centros especializados, reduzindo o risco de sequelas permanentes (Brasil, 2013; Brasil, 2017; Brasil, 2023).

Assim, as fraturas do pé, embora muitas vezes subestimadas quanto à sua gravidade funcional, exigem abordagem diagnóstica minuciosa, definição criteriosa da estratégia terapêutica e reabilitação estruturada. A condução inadequada dessas lesões repercute diretamente na qualidade da marcha, na capacidade funcional e na autonomia do paciente a médio e longo prazo (World Health Organization, 2023; 2024).

Figura 6. Principais padrões de fraturas do pé e sua repercussão biomecânica.



Fonte: elaborado a partir da revisão de literatura.

A ilustração apresenta, em alta resolução, três pontos críticos de fratura no pé: o calcâneo, o tálus e uma falange distal. As setas destacam os locais típicos de ruptura e o sentido das forças que contribuem para a instabilidade óssea. A representação anatômica evidencia a complexidade estrutural do retropé, mediopé e antepé, ressaltando como lesões aparentemente isoladas podem alterar a arquitetura plantar, comprometer a distribuição de cargas e impactar diretamente a mecânica da marcha.

CAPÍTULO 7

Ortopedia em Populações Especiais

7.1 Ortopedia no idoso e fraturas por fragilidade

O envelhecimento populacional tem modificado de forma profunda o perfil epidemiológico das doenças musculoesqueléticas, tornando as fraturas por fragilidade um dos principais desafios contemporâneos da ortopedia. Essas fraturas resultam, predominantemente, da associação entre baixa densidade mineral óssea, alterações do equilíbrio, sarcopenia e mecanismos traumáticos de baixa energia, como quedas da própria altura, sendo marcadores importantes de vulnerabilidade clínica e funcional no idoso (World Health Organization, 2024).

As fraturas do quadril, do rádio distal, do úmero proximal e da coluna vertebral concentram a maior parte dos eventos por fragilidade. Entre essas, a fratura do colo do fêmur ocupa posição central, tanto pela sua elevada mortalidade associada quanto pelo impacto devastador sobre a autonomia funcional. Diretrizes brasileiras e internacionais reconhecem essas fraturas como condição de extrema gravidade clínica, exigindo manejo rápido, integrado e multiprofissional (Conitec, 2018; American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2021; National Institute For Health And Care Excellence, 2017).

Do ponto de vista fisiopatológico, a fratura por fragilidade decorre da combinação entre redução da resistência óssea e aumento do risco de quedas. A osteoporose reduz de forma significativa a capacidade de absorção de energia do osso, fazendo com que traumas mínimos sejam suficientes para produzir fraturas. Esse cenário é agravado por alterações visuais, distúrbios proprioceptivos, polifarmácia e doenças neurológicas, frequentes na população idosa (World Health Organization, 2024).

Clinicamente, o idoso com fratura por fragilidade apresenta elevado risco de complicações sistêmicas, como tromboembolismo venoso, infecções respiratórias, delirium, úlceras por pressão e desnutrição. Esses fatores explicam, em parte, as altas taxas de mortalidade observadas no primeiro ano após a fratura do quadril, mesmo quando o tratamento cirúrgico é

adequadamente realizado (American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2021; World Health Organization, 2024).

O estado nutricional assume papel central nesse contexto. Evidências demonstram que a gravidade da desnutrição está diretamente associada a piores desfechos clínicos após fraturas em idosos, incluindo maior mortalidade, aumento das complicações infecciosas e atraso significativo na recuperação funcional (Chung *et al.*, 2018). Dessa forma, a avaliação nutricional deve integrar obrigatoriamente o manejo inicial desses pacientes.

O tratamento das fraturas por fragilidade é predominantemente cirúrgico, sobretudo nas fraturas do quadril, nas quais a abordagem conservadora está associada a mortalidade significativamente superior e perda quase inevitável da autonomia. As diretrizes indicam que a cirurgia deve ser realizada o mais precocemente possível, idealmente nas primeiras 24 a 48 horas, desde que o paciente esteja clinicamente compensado (Conitec, 2018; American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2021; National Institute For Health And Care Excellence, 2017).

A reabilitação precoce constitui pilar essencial no cuidado ao idoso fraturado. Protocolos internacionais recomendam mobilização nas primeiras 48 horas, sempre que clinicamente viável, com progressão estruturada da carga, do fortalecimento muscular e do treino de marcha. O atraso na reabilitação está diretamente associado à perda funcional permanente, institucionalização prolongada e aumento da mortalidade (American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2023; World Health Organization, 2023).

Além do tratamento da fratura em si, a prevenção secundária assume relevância estratégica. A ocorrência de uma fratura por fragilidade aumenta de forma expressiva o risco de novos eventos fraturários nos anos subsequentes, especialmente quando não há intervenção sobre a densidade mineral óssea, o equilíbrio, a força muscular e os fatores ambientais de risco para quedas (World Health Organization, 2024).

No contexto da organização da rede de atenção à saúde, protocolos nacionais reforçam que o idoso com fratura deve ser tratado como paciente de alta prioridade assistencial, com fluxo ágil entre a atenção pré-hospitalar, os serviços de urgência, os centros de trauma e a reabilitação especializada. A fragmentação do cuidado está diretamente associada ao aumento de complicações e piores desfechos funcionais (Brasil, 2013; Brasil, 2017; Brasil, 2023).

Assim, a ortopedia no idoso demanda abordagem ampliada, que ultrapassa o tratamento isolado da fratura e incorpora, de forma integrada, avaliação nutricional, suporte clínico intensivo, reabilitação precoce e estratégias de prevenção secundária. A correta condução desses pacientes é determinante não apenas para a recuperação da mobilidade, mas também para a preservação da autonomia, da qualidade de vida e da própria sobrevida no envelhecimento (Conitec, 2018; American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2021; World Health Organization, 2023; 2024).

7.2 Ortopedia pediátrica e particularidades do crescimento

A ortopedia pediátrica apresenta especificidades próprias que a diferenciam de forma substancial da ortopedia do adulto, sobretudo em razão das características anatômicas, fisiológicas e biomecânicas do esqueleto em crescimento. A presença das cartilagens de crescimento, a maior elasticidade óssea, o potencial elevado de remodelação e a capacidade adaptativa do sistema musculoesquelético fazem com que as fraturas na infância possuam comportamento clínico e prognóstico distintos daqueles observados na população adulta (Sociedade Brasileira De Ortopedia E Traumatologia, 2011; 2018).

Do ponto de vista fisiológico, o osso infantil apresenta maior conteúdo orgânico, menor mineralização e elevada atividade metabólica. Essas características conferem maior capacidade de absorção de energia, o que explica a frequência de fraturas incompletas, como as fraturas em galho verde e as fraturas em torus. Ao mesmo tempo, essa alta atividade osteoblástica favorece consolidação mais rápida e potencial de remodelação mesmo após reduções imperfeitas, desde que respeitados os eixos de crescimento (Auth, 2008).

As cartilagens fisárias exercem papel central na ortopedia pediátrica. Lesões envolvendo a placa de crescimento impõem risco de distúrbios longitudinais, epifisiólises, deformidades angulares e encurtamentos segmentares. Dessa forma, fraturas fisárias exigem diagnóstico preciso, redução adequada e acompanhamento prolongado até o encerramento do crescimento esquelético, com o objetivo de prevenir sequelas tardias (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011).

Os mecanismos de trauma na infância diferem daqueles observados em adultos. Quedas durante atividades recreativas, esportes, acidentes domésticos e traumas escolares concentram a maior parte dos casos. Em adolescentes, os acidentes esportivos e os traumas de maior energia passam

a assumir maior relevância, aproximando-se progressivamente do padrão observado em adultos jovens (World Health Organization, 2004; Brasil, 2023).

Clinicamente, a criança com fratura pode apresentar sinais menos exuberantes de dor e deformidade, o que dificulta o diagnóstico precoce em algumas situações. A recusa ao uso do membro, o choro ao mobilizar o segmento e a limitação funcional sutil devem sempre ser valorizados como sinais indiretos de possível lesão óssea. A avaliação neurovascular é igualmente obrigatória, mesmo em fraturas aparentemente simples (Auth, 2008; Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018).

A radiografia convencional permanece como exame inicial de escolha. Contudo, a interpretação das imagens exige familiaridade com os centros de ossificação e com as variações anatômicas próprias da infância. Em fraturas articulares complexas, fraturas ocultas e suspeitas de lesão fisária, a tomografia computadorizada e a ressonância magnética podem ser utilizadas de forma complementar (National Institute For Health And Care Excellence, 2016).

O tratamento das fraturas na infância é predominantemente conservador, justamente pelo elevado potencial de consolidação e remodelação óssea. Imobilizações bem indicadas, reduções fechadas estáveis e acompanhamento seriado são suficientes para a maioria dos casos. Entretanto, fraturas instáveis, fraturas articulares, fraturas expostas e lesões fisárias deslocadas apresentam indicação cirúrgica formal, ainda que com técnicas menos invasivas sempre que possível (Sociedade Brasileira De Ortopedia E Traumatologia, 2011; 2018).

A reabilitação na criança deve respeitar as fases do desenvolvimento motor e o estágio de crescimento. A mobilização precoce, quando indicada, deve ser cuidadosamente dosada, a fim de evitar sobrecarga na cartilagem de crescimento e nos centros de ossificação ainda imaturos. Protocolos contemporâneos de reabilitação musculoesquelética destacam a importância da integração entre família, escola e equipe de saúde para o sucesso da recuperação funcional (World Health Organization, 2023).

Do ponto de vista prognóstico, a maioria das fraturas pediátricas evolui de forma favorável quando adequadamente tratada. Entretanto, as complicações relacionadas a lesões fisárias podem manifestar-se anos após o evento inicial, reforçando a necessidade de seguimento prolongado em determinadas situações (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011).

No âmbito da organização do cuidado, diretrizes nacionais reforçam que a criança com trauma ortopédico deve ser rapidamente encaminhada para serviços com capacidade técnica adequada, sobretudo quando existem sinais de fraturas instáveis, fraturas expostas ou comprometimento neurovascular, reduzindo o risco de sequelas permanentes (Brasil, 2013; Brasil, 2017; Brasil, 2023).

Assim, a ortopedia pediátrica exige abordagem altamente especializada, pautada no respeito às particularidades do crescimento, na proteção das cartilagens fisárias, na escolha criteriosa da conduta terapêutica e na reabilitação adaptada ao desenvolvimento infantil. A condução inadequada dessas fraturas pode comprometer de forma definitiva o crescimento, a função e a qualidade de vida futura da criança (World Health Organization, 2023).

7.3 Trauma ortopédico no paciente politraumatizado

O paciente politraumatizado representa uma das situações mais complexas da prática ortopédica, em virtude da coexistência de múltiplas lesões sistêmicas e musculoesqueléticas, frequentemente associadas a elevado risco de instabilidade hemodinâmica, falência orgânica e mortalidade. Nesse contexto, o trauma ortopédico deve ser compreendido como parte de uma síndrome traumática sistêmica, cuja abordagem exige integração rigorosa entre suporte vital, diagnóstico rápido e tomada de decisão cirúrgica estratégica (World Health Organization, 2004; National Institute For Health And Care Excellence, 2016).

Do ponto de vista conceitual, o politraumatismo caracteriza-se pela presença de duas ou mais lesões graves em diferentes sistemas orgânicos, com potencial de ameaça à vida. As fraturas de ossos longos, da pelve e da coluna vertebral assumem papel central nesse cenário, não apenas pelo dano local, mas também pela capacidade de desencadear resposta inflamatória sistêmica, embolia gordurosa, sangramento maciço e instabilidade metabólica (World Health Organization, 2004).

A abordagem inicial do paciente politraumatizado segue o princípio da priorização das funções vitais. As lesões ortopédicas não devem se sobrepor à garantia da via aérea, da ventilação eficaz e do controle hemodinâmico. Nesse sentido, fraturas instáveis de pelve e de ossos longos figuram como importantes fontes de sangramento oculto e devem ser estabilizadas precocemente como parte da estratégia de controle de danos (Nice, 2016; Brasil, 2023).

Nesse ponto, a organização das prioridades ortopédicas no politraumatizado pode ser sintetizada no quadro a seguir, que ilustra a lógica escalonada da intervenção clínica e cirúrgica:

Quadro 14 – Prioridades no trauma ortopédico do politraumatizado

Prioridade clínica	Objetivo principal	Estratégia ortopédica	Impacto sistêmico
Estabilização hemodinâmica	Manter perfusão e oxigenação	Imobilizações provisórias	Redução do choque
Controle de sangramento	Prevenir choque hemorrágico	Fixador externo, contenção pélvica	Redução da mortalidade
Prevenção de infecção	Reducir sepse e osteomielite	Antibioticoterapia precoce e desbridamento	Menor falência orgânica
Preservação funcional	Evitar sequelas permanentes	Estabilização adequada	Melhor reabilitação

A avaliação ortopédica do politraumatizado deve ser sistematizada e repetida em diferentes momentos da evolução clínica. Lesões inicialmente mascaradas pela instabilidade hemodinâmica, pelo nível de consciência reduzido ou pelo uso de sedação podem ser identificadas apenas em avaliações secundárias e terciárias, o que reforça a necessidade de vigilância contínua e protocolos estruturados de reavaliação (World Health Organization, 2004).

A tomografia computadorizada de corpo inteiro consolidou-se como ferramenta central no diagnóstico do politraumatizado, permitindo a identificação rápida e simultânea de lesões torácicas, abdominais, pélvicas, vertebrais e de extremidades. Nas fraturas articulares complexas e nas fraturas expostas, esse exame é decisivo para o planejamento da abordagem cirúrgica definitiva (Nice, 2016).

No tocante à estratégia terapêutica, consolidou-se o conceito de cirurgia de controle de danos ortopédicos. Esse modelo prioriza estabilizações provisórias rápidas, como fixadores externos, imobilizações e contenções pélvicas, com o objetivo de reduzir sangramento, dor, resposta inflamatória e risco de novas complicações sistêmicas. A reconstrução definitiva é postergada para momento de maior estabilidade clínica do paciente (World Health Organization, 2004).

As fraturas expostas no politraumatizado representam situação de extrema gravidade, exigindo antibioticoterapia imediata, desbridamento cirúrgico rigoroso e estabilização adequada do foco fraturário. A literatura demonstra de forma consistente que atrasos nessas etapas elevam substancialmente o risco de infecção profunda, osteomielite, pseudartrose e amputações secundárias (World Health Organization, 2004; Brasil, 2023).

Outro aspecto crítico envolve o risco tromboembólico, particularmente elevado em pacientes com fraturas de membros inferiores, pelve e múltiplas lesões associadas. A profilaxia de tromboembolismo venoso deve ser instituída de forma precoce, respeitando as condições hemodinâmicas e os riscos de sangramento, integrando obrigatoriamente o plano terapêutico do politraumatizado (Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2018).

A reabilitação no politraumatizado assume caráter progressivo e altamente individualizado, iniciando-se ainda durante a fase de internação em unidade de terapia intensiva. Protocolos de mobilização precoce, prevenção de rigidez articular, manutenção da força muscular e reeducação funcional são considerados essenciais para a redução das sequelas e para a recuperação da autonomia (World Health Organization, 2023).

No contexto do sistema de saúde, as diretrizes brasileiras estabelecem que o politraumatizado deve ser atendido em centros de trauma devidamente habilitados, dotados de recursos humanos, tecnológicos e logísticos capazes de garantir atendimento integrado e contínuo. A fragmentação do cuidado está diretamente associada ao aumento da mortalidade e das sequelas incapacitantes (Brasil, 2013; Brasil, 2017; Brasil, 2023).

Assim, o trauma ortopédico no paciente politraumatizado exige abordagem sistematizada, integrada e escalonada, na qual a prioridade é a preservação da vida, sem negligenciar o impacto funcional das lesões musculoesqueléticas. A adequada articulação entre estabilização inicial, controle de danos, reconstrução definitiva e reabilitação é determinante para a sobrevida e para a recuperação funcional desses pacientes.

7.4 Desnutrição e impacto nos desfechos ortopédicos

A desnutrição constitui um dos principais fatores modificadores negativos dos desfechos em ortopedia e traumatologia, especialmente em pacientes idosos, politraumatizados e naqueles submetidos a procedimentos cirúrgicos de grande porte. Sua presença compromete diretamente os processos de cicatrização dos tecidos, consolidação óssea, resposta imunológica e recuperação funcional, elevando significativamente os índices de complicações, tempo de internação, reinternações e mortalidade (World Health Organization, 2023; 2024).

No contexto do trauma ortopédico, a desnutrição frequentemente permanece subdiagnosticada na admissão hospitalar, apesar de sua forte associação com pior prognóstico. Pacientes desnutridos apresentam maior risco de infecção do sítio cirúrgico, osteomielite, atraso de consolidação, pseudartrose e falha de implantes, além de maior incidência de complicações sistêmicas, como sepse e tromboembolismo venoso (World Health Organization, 2023).

A evidência clínica mais robusta sobre esse tema é fornecida por estudos envolvendo pacientes submetidos à cirurgia por fratura do quadril. Os achados demonstram que a gravidade da desnutrição está diretamente associada ao aumento das complicações nos primeiros 30 dias, maior necessidade de internação em unidade de terapia intensiva e elevação expressiva da mortalidade precoce (Chung *et al.*, 2018).

Do ponto de vista fisiopatológico, a deficiência proteico-calórica compromete a síntese de colágeno, a atividade osteoblástica, a angiogênese local e a regulação adequada da resposta inflamatória, elementos fundamentais tanto para a cicatrização dos tecidos moles quanto para a formação do calo ósseo. Esse conjunto de alterações resulta em atraso de consolidação, fragilidade mecânica do foco de fratura e maior suscetibilidade a falhas de fixação e infecções profundas (World Health Organization, 2023).

Nesse contexto, os principais impactos clínicos da desnutrição sobre os desfechos ortopédicos podem ser sintetizados no quadro a seguir:

Quadro 15 – Impactos da desnutrição nos desfechos ortopédicos

Estado nutricional	Repercussão biológica	Desfecho ortopédico direto	Impacto sistêmico
Desnutrição leve	Redução discreta da síntese tecidual	Atraso leve de consolidação	Prolongamento da internação
Desnutrição moderada	Comprometimento da cicatrização	Infecção de ferida operatória	Aumento das complicações
Desnutrição grave	Falha da resposta inflamatória e da osteogênese	Pseudartrose, falha de implantes	Elevação da mortalidade
Sarcopenia associada	Perda acentuada de força muscular	Quedas recorrentes e refraturas	Perda funcional acelerada

Fonte: adaptado de Chung *et al.* (2018) e World Health Organization (2023; 2024).

A identificação precoce do estado nutricional deve integrar obrigatoriamente a avaliação inicial do paciente ortopédico hospitalizado. Instrumentos de triagem nutricional permitem a estratificação do risco e a introdução antecipada de suporte nutricional, reduzindo infecções,

tempo de internação, taxa de reoperações e mortalidade hospitalar (World Health Organization, 2023).

A suplementação nutricional exerce papel decisivo na recuperação do paciente fraturado. Nutrientes como proteína, vitamina D, cálcio, fósforo e zinco apresentam impacto direto sobre a consolidação óssea, a função muscular e a integridade da resposta imunológica. Sua reposição adequada está associada à redução de complicações infecciosas, menor tempo de imobilização e melhores desfechos funcionais (World Health Organization, 2023; 2024).

Em pacientes idosos, a associação entre desnutrição, sarcopenia e fragilidade óssea estabelece um ciclo negativo de difícil reversão, marcado por maior incidência de quedas, refraturas, perda progressiva da autonomia e institucionalização. Esse cenário reforça a necessidade de abordagem interdisciplinar, envolvendo ortopedia, nutrição, fisioterapia e Clínica Médica (World Health Organization, 2024).

No âmbito da organização dos serviços de saúde, diretrizes nacionais reconhecem que a ausência de suporte nutricional adequado durante a internação de pacientes ortopédicos está associada ao aumento de custos assistenciais, tempo de permanência hospitalar e sobrecarga da rede de reabilitação (Brasil, 2013; Brasil, 2017; Brasil, 2023).

Assim, a desnutrição exerce impacto direto, consistente e mensurável sobre os desfechos ortopédicos, interferindo negativamente na consolidação óssea, na estabilidade dos implantes, na resposta imunológica e na recuperação funcional. Sua identificação precoce e sua correção devem ser consideradas componentes essenciais do tratamento ortopédico moderno, especialmente em populações vulneráveis.

CAPÍTULO 8

Tratamento Cirúrgico em Ortopedia

8.1 Princípios da fixação interna

A fixação interna constitui um dos pilares centrais do tratamento cirúrgico em ortopedia, sendo definida como o conjunto de técnicas destinadas à estabilização das fraturas por meio da implantação de dispositivos metálicos ou biomateriais diretamente no foco fraturário. Seu objetivo fundamental é restabelecer a estabilidade mecânica necessária para a consolidação óssea, ao mesmo tempo em que preserva, na maior medida possível, a vascularização local e a biologia da fratura (Sociedade Brasileira De Ortopedia E Traumatologia, 2011; 2018).

Do ponto de vista biomecânico, a fixação interna deve prover equilíbrio entre estabilidade absoluta e estabilidade relativa, conforme o padrão da fratura e a estratégia terapêutica adotada. A estabilidade absoluta, obtida principalmente por meio de compressão interfragmentária, é indicada em fraturas articulares e traços simples, pois favorece consolidação direta sem formação de calo ósseo visível. Já a estabilidade relativa, típica das osteossínteses com pontes e sistemas flexíveis, permite micromovimentos controlados que estimulam a formação do calo ósseo, sendo indicada em fraturas cominutivas (Auth, 2008).

A escolha do implante depende de múltiplos fatores, incluindo padrão da fratura, osso acometido, qualidade óssea, presença de cominuição, condições das partes moles e perfil clínico do paciente. Placas, parafusos, hastes intramedulares e fios metálicos compõem os principais dispositivos utilizados na prática ortopédica contemporânea. A seleção inadequada do implante está diretamente associada a falhas de fixação, perdas de redução e pseudartrose (Sociedade Brasileira De Ortopedia E Traumatologia, 2011).

A preservação da biologia do foco fraturário representa princípio fundamental da fixação interna moderna. Técnicas minimamente invasivas, com menor descolamento periosteal e menor agressão às partes moles, demonstraram redução significativa das taxas de infecção, retardo de consolidação e falha de implantes. Esse conceito é particularmente relevante em

fraturas expostas, politraumatizados e pacientes com múltiplas comorbidades (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2004).

As diretrizes clínicas internacionais reforçam que a fixação interna adequada reduz o tempo de imobilização, permite mobilização precoce e exerce impacto direto sobre a recuperação funcional e a redução das complicações sistêmicas, como tromboembolismo venoso, infecções respiratórias e perda de massa muscular (American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2021; 2023; World Health Organization, 2023).

Em fraturas articulares, como as do rádio distal e da cabeça do rádio, a fixação interna precisa priorizar a restauração da congruência articular, da estabilidade e da mobilidade precoce. Evidências demonstram que reduções imprecisas nessas regiões estão associadas à artrose pós-traumática, rigidez e limitação funcional persistente (Yoon *et al.*, 2012; Al-Tawil; Arya, 2021; Bonnevialle, 2016; Surucu *et al.*, 2023; American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2020).

Outro princípio essencial diz respeito à fixação no osso osteoporótico, especialmente em idosos. A baixa densidade mineral compromete a ancoragem dos implantes e eleva o risco de soltura precoce. Nessas situações, recomenda-se o uso de dispositivos bloqueados, placas com parafusos angulados e técnicas que distribuem melhor as cargas ao longo do segmento ósseo (Conitec, 2018).

O controle rigoroso de infecção constitui diretriz obrigatória em qualquer procedimento de fixação interna. Fraturas expostas requerem antibioticoterapia precoce, desbridamento cirúrgico adequado e estabilização provisória ou definitiva conforme as condições locais e sistêmicas. A falha nesse processo eleva significativamente o risco de osteomielite, pseudartrose e perda do segmento (World Health Organization, 2004; Brasil, 2023).

No ambiente hospitalar, a gestão adequada dos materiais de osteossíntese também integra os princípios da fixação interna segura. Normativas nacionais estabelecem critérios rigorosos para aquisição, rastreabilidade, esterilização e controle dos implantes ortopédicos, visando reduzir eventos adversos, falhas de material e complicações infecciosas (Brasil, 2016).

Por fim, a fixação interna moderna deve ser compreendida como parte de uma estratégia terapêutica ampliada, que integra cirurgia, estabilização biomecânica adequada, suporte clínico, controle nutricional e reabilitação precoce. A estabilidade proporcionada pelos implantes

somente se traduz em bons desfechos quando associada a protocolos estruturados de mobilização e fortalecimento funcional (Dillingham, 2002; World Health Organization, 2023).

Assim, os princípios da fixação interna fundamentam-se na restauração da estabilidade mecânica, na preservação da biologia do foco fraturário, na seleção criteriosa dos implantes e na integração com estratégias de reabilitação precoce. O respeito a esses princípios exerce impacto direto sobre a consolidação óssea, a recuperação funcional e a redução de complicações em curto e longo prazo (World Health Organization, 2023).

8.2 Fixação externa e indicações

A fixação externa constitui método de estabilização óssea no qual a sustentação mecânica da fratura é realizada por meio de pinos ou fios transósseos conectados externamente por barras ou anéis. Diferentemente da fixação interna, os elementos estruturais permanecem fora do foco fraturário, o que confere a essa técnica características próprias, especialmente no manejo de fraturas complexas, fraturas expostas e pacientes hemodinamicamente instáveis (World Health Organization, 2004).

No contexto do trauma, a principal indicação da fixação externa reside no conceito de estabilização provisória dentro da estratégia da cirurgia de controle de danos ortopédicos. Em pacientes politraumatizados, a aplicação rápida de um fixador externo permite alinhar o segmento, reduzir sangramento, controlar a dor e minimizar a resposta inflamatória sistêmica, criando condições mais seguras para a estabilização clínica antes da reconstrução definitiva (National Institute For Health And Care Excellence, 2016; Brasil, 2023).

As fraturas expostas representam uma das indicações clássicas da fixação externa. Nesses casos, o método permite acesso amplo às partes moles para procedimentos seriados de desbridamento, controle de infecção e cobertura cutânea, sem a introdução imediata de implantes definitivos no foco contaminado, reduzindo o risco de osteomielite e falha de consolidação (World Health Organization, 2004).

A fixação externa também apresenta papel relevante nas fraturas instáveis da pelve, nas fraturas cominutivas dos ossos longos e nas fraturas associadas a grande comprometimento das partes moles. Nessas situações, o método proporciona estabilização rápida, redução do volume

hemorrágico e melhora da condição hemodinâmica, atuando diretamente na redução da mortalidade precoce (Nice, 2016; Brasil, 2023).

Outro campo importante de aplicação da fixação externa encontra-se nas correções gradativas de deformidades, nos alongamentos ósseos e no tratamento de pseudartroses infectadas. Sistemas circulares permitem ajustes progressivos do alinhamento, compressão dinâmica do foco de pseudartrose e controle rigoroso da estabilidade biomecânica ao longo do tratamento, especialmente em cenários de complicações infecciosas (Sociedade Brasileira De Ortopedia E Traumatologia, 2018).

Do ponto de vista biomecânico, a fixação externa oferece estabilidade relativa, permitindo micromovimentos controlados que estimulam a formação do calo ósseo. Contudo, sua rigidez pode ser modulada conforme a configuração do aparelho, o número de pinos, o diâmetro das barras e a distância do fixador em relação ao osso, o que exige planejamento técnico preciso (Auth, 2008).

Entre as limitações da fixação externa destacam-se o risco de infecção nos trajetos dos pinos, o desconforto para o paciente, a dificuldade de manejo domiciliar e o impacto psicológico associado ao uso prolongado do dispositivo. Além disso, quando utilizada como método definitivo em fraturas articulares, pode não oferecer a precisão de redução necessária para preservar a congruência articular (Sociedade Brasileira De Ortopedia E Traumatologia, 2011).

A decisão entre empregar a fixação externa como método provisório ou definitivo deve considerar o padrão da fratura, as condições das partes moles, o estado clínico do paciente e os recursos disponíveis. Em muitos casos, a estratégia ideal consiste na conversão em tempo oportuno para fixação interna definitiva após estabilização sistêmica e melhora das condições locais (World Health Organization, 2004; Brasil, 2023).

No ambiente hospitalar, a utilização segura da fixação externa está vinculada também à adequada gestão dos materiais e dispositivos utilizados. Normativas nacionais estabelecem critérios rigorosos para controle, rastreabilidade e processamento dos implantes e instrumentais, visando reduzir complicações infecciosas e falhas mecânicas (Brasil, 2016).

Assim, a fixação externa ocupa posição estratégica no arsenal terapêutico da ortopedia, especialmente no trauma de alta complexidade. Seu uso adequado, dentro de indicações bem estabelecidas, contribui de forma decisiva para a estabilização inicial do paciente, a proteção

das partes moles, o controle das complicações infecciosas e a preparação segura para a reconstrução definitiva do segmento ósseo.

8.3 Artroplastias no trauma e na degeneração

As artroplastias representam uma das mais importantes estratégias cirúrgicas para o tratamento das afecções articulares irreversíveis, sejam elas decorrentes de processos degenerativos avançados ou de fraturas complexas associadas à destruição da superfície articular. No contexto da ortopedia contemporânea, as substituições protéticas consolidaram-se como alternativa terapêutica eficaz para restaurar função, reduzir dor e promover reintegração funcional em diferentes perfis de pacientes, sobretudo idosos e indivíduos com baixa reserva biológica.

No cenário traumático, a principal indicação de artroplastia ocorre nas fraturas articulares irreparáveis, especialmente aquelas que acometem o quadril, o ombro e a cabeça do rádio. Nas fraturas desviadas do colo do fêmur em idosos, a escolha entre osteossíntese e artroplastia deve considerar idade, nível funcional prévio, padrão da fratura, comorbidades e expectativa de sobrevida. Diretrizes nacionais e internacionais apontam que, em fraturas instáveis do colo femoral, a artroplastia apresenta melhores desfechos funcionais e menor taxa de reoperações quando comparada à fixação interna.

No ombro, fraturas complexas da extremidade proximal do úmero, especialmente em pacientes idosos com osso osteoporótico, frequentemente evoluem com falha de fixação quando tratadas por osteossíntese. Nesse contexto, a artroplastia do ombro, incluindo as próteses reversas, passou a ocupar papel central na restauração da função, sobretudo nos casos em que há comprometimento do manguito rotador e perda da estabilidade biomecânica.

As fraturas da cabeça do rádio também configuram importante campo de aplicação das artroplastias no trauma. Em fraturas cominutivas irreconstruíveis, a artroplastia do rádio proximal permite restaurar a estabilidade do cotovelo, preservar a mobilidade e reduzir o risco de instabilidade tardia, particularmente quando essas fraturas estão associadas a lesões ligamentares.

Os principais cenários de indicação de artroplastia no trauma e na degeneração podem ser sintetizados no quadro a seguir, que organiza as situações clínicas mais frequentes, o tipo de articulação envolvida e o objetivo funcional da substituição protética:

Quadro 16– Principais indicações de artroplastia no trauma e na degeneração

Indicação clínica	Articulação acometida	Situação clínica	Tipo de artroplastia	Objetivo funcional
Fratura desviada do colo do fêmur	Quadril	Trauma em idoso com baixa reserva óssea	Artroplastia parcial ou total	Restaurar marcha e autonomia
Artrose avançada	Quadril	Dor crônica e limitação funcional grave	Artroplastia total	Redução da dor e melhora da mobilidade
Fratura cominutiva irreparável	Ombro	Comprometimento do manguito rotador	Artroplastia reversa	Recuperar elevação do membro
Fratura cominutiva irreconstruível	Cabeça do rádio	Instabilidade do cotovelo	Artroplastia do rádio	Preservar mobilidade e estabilidade
Artrose avançada	Joelho	Deformidade e limitação de marcha	Artroplastia total	Restabelecer alinhamento e função

Fonte: adaptado de American Academy of Orthopaedic Surgeons (2020; 2021; 2023), Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia (2018) e World Health Organization (2023).

No campo das doenças degenerativas, a artroplastia se estabelece como tratamento definitivo da artrose avançada do quadril, joelho e ombro. A destruição progressiva da cartilagem articular, associada à deformidade óssea, dor crônica e limitação funcional grave, configura indicação clássica para a substituição protética. Nesses casos, a artroplastia não apenas reduz a dor, como também melhora de forma significativa a qualidade de vida, a capacidade de marcha e a autonomia do paciente.

Do ponto de vista biomecânico, o sucesso das artroplastias depende da adequada restauração do eixo articular, do balanço ligamentar, da estabilidade da interface osso-implante e da correta seleção do tipo de prótese. Falhas nesses parâmetros estão diretamente associadas a complicações como luxações, soltura protética precoce, dor persistente e necessidade de revisões cirúrgicas.

A qualidade do osso do hospedeiro exerce influência direta sobre os resultados das artroplastias. Em pacientes com osteoporose, a fixação dos componentes protéticos pode ser comprometida,

exigindo a utilização de técnicas de cimentação ou implantes específicos que ampliem a área de contato e a distribuição das cargas, especialmente no contexto traumático.

As complicações associadas às artroplastias incluem infecção periprotética, tromboembolismo venoso, luxações, fraturas periprotéticas e falha mecânica dos componentes. A infecção permanece como uma das intercorrências mais graves, frequentemente exigindo múltiplas cirurgias, remoção do implante e longos períodos de antibioticoterapia, com elevado impacto funcional e sistêmico.

A reabilitação pós-artroplastia constitui etapa essencial para o sucesso do procedimento. A mobilização precoce, o controle adequado da dor, a prevenção de trombose, o fortalecimento muscular progressivo e o treinamento funcional são determinantes para a recuperação da autonomia e para a preservação da função a médio e longo prazo. Em pacientes submetidos à artroplastia por fratura, a reabilitação deve ser ainda mais cuidadosamente planejada, considerando o trauma associado, a perda funcional prévia e as comorbidades.

Assim, as artroplastias no trauma e na degeneração constituem procedimentos de alta complexidade técnica e impacto funcional expressivo, cuja indicação deve ser cuidadosamente individualizada. Quando corretamente indicadas e executadas dentro de protocolos bem estabelecidos, as substituições protéticas representam uma das intervenções mais eficazes da ortopedia moderna para a restauração da função articular e da qualidade de vida dos pacientes.

8.4 Substituição articulares em fraturas complexas

As fraturas complexas que acometem superfícies articulares representam um dos maiores desafios da ortopedia contemporânea, sobretudo quando envolvem cominuição extensa, osteoporose, comprometimento grave das partes moles e instabilidade articular irreversível. Nessas situações, a substituição articular ocupa papel estratégico como alternativa à osteossíntese convencional, especialmente quando a reconstrução anatômica não é capaz de garantir estabilidade biomecânica e recuperação funcional satisfatória.

No contexto do quadril, as fraturas desviadas do colo do fêmur e determinadas fraturas acetabulares altamente instáveis em idosos constituem as indicações mais consolidadas para substituição articular. Evidências demonstram que, em pacientes com baixa reserva óssea e

elevado risco de falha de síntese, a artroplastia permite mobilização mais precoce, menor taxa de reoperações e melhores desfechos funcionais quando comparada à fixação interna isolada (Conitec, 2018; American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2021; National Institute For Health And Care Excellence, 2017).

No ombro, fraturas complexas da extremidade proximal do úmero, especialmente em quatro partes e associadas à osteoporose, apresentam elevado risco de necrose avascular, soltura de implantes e rigidez grave quando tratadas por osteossíntese. Nesses cenários, a artroplastia reversa do ombro tem se consolidado como alternativa capaz de restaurar função, reduzir dor e permitir recuperação funcional mais previsível, mesmo na presença de lesões extensas do manguito rotador.

As fraturas cominutivas irreconstruíveis da cabeça do rádio configuram outra indicação relevante de substituição articular no trauma. A artroplastia do rádio proximal permite restaurar a estabilidade do cotovelo, particularmente nos casos associados à lesão ligamentar medial e à instabilidade complexa do cotovelo, reduzindo o risco de rigidez grave e instabilidade crônica (Al-Tawil; Arya, 2021; Bonnevialle, 2016; Surucu *et al.*, 2023; Yoon *et al.*, 2012).

Nesse contexto, os principais cenários clínicos de indicação de substituição articular em fraturas complexas podem ser sintetizados no quadro a seguir:

Quadro 17– Substituição articulares em fraturas complexas

Segmento acometido	Padrão de fratura	Perfil do paciente	Tipo de substituição	Objetivo funcional
Quadril	Fratura desviada do colo do fêmur	Idoso com osteoporose	Artroplastia parcial ou total	Mobilização precoce e restauração da marcha
Ombro	Fratura cominutiva em quatro partes	Idoso com lesão do manguito	Artroplastia reversa	Recuperar elevação e função do ombro
Cotovelo	Fratura irreconstruível da cabeça do rádio	Adulto com instabilidade ligamentar	Artroplastia do rádio proximal	Estabilidade e preservação da mobilidade
Joelho	Fratura articular complexa em osso osteoporótico	Idoso com baixa reserva óssea	Artroplastia de resgate	Recuperação da marcha e alinhamento

Fonte: adaptado de American Academy of Orthopaedic Surgeons (2021; 2023), Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia (2018) e Nice (2017).

Do ponto de vista biomecânico, a indicação da substituição articular em fraturas complexas baseia-se na impossibilidade de obtenção de estabilidade primária adequada por meio da fixação interna e na inviabilidade de preservação da congruência articular. A ausência desses parâmetros favorece artrose pós-traumática precoce, falhas de síntese, rigidez grave e dor crônica, tornando a artroplastia uma estratégia de salvamento funcional.

A decisão entre artroplastia parcial ou total depende de múltiplos fatores, incluindo idade, nível funcional prévio, padrão da fratura, viabilidade das superfícies articulares, condições musculotendíneas e expectativa de sobrevida. Em fraturas do quadril, por exemplo, pacientes mais ativos tendem a se beneficiar da artroplastia total, enquanto indivíduos com menor demanda funcional podem apresentar bons resultados com a artroplastia parcial.

As complicações associadas às substituições articulares em fraturas complexas são potencialmente mais frequentes do que nas artroplastias eletivas por artrose, em razão do trauma associado, das lesões das partes moles e da instabilidade inicial. Entre as principais intercorrências destacam-se infecção periprotética, luxações, fraturas periprotéticas, falha de implantes e tromboembolismo venoso.

A reabilitação após substituições articulares no trauma apresenta particularidades importantes. Embora a mobilização precoce seja desejável, ela deve respeitar a estabilidade protética, as condições das partes moles e o padrão da fratura original. Protocolos individualizados, com progressão segura da carga e do arco de movimento, são determinantes para a recuperação da autonomia funcional e para a prevenção de complicações secundárias (American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2023; World Health Organization, 2023).

Em pacientes idosos, as substituições articulares em fraturas complexas assumem papel ainda mais relevante, pois permitem recuperação funcional mais rápida, reduzem o tempo de imobilização e minimizam as complicações sistêmicas decorrentes do repouso prolongado, como trombose, infecções respiratórias, sarcopenia e declínio cognitivo (World Health Organization, 2024).

Assim, as substituições articulares em fraturas complexas representam estratégia terapêutica de alto impacto funcional, indicada de forma criteriosa quando a reconstrução anatômica não oferece condições biomecânicas adequadas para a consolidação e para a preservação da função.

CAPÍTULO 9

Reabilitação e Recuperação Funcional

9.1 Fisiatria e reabilitação musculoesquelética

A fisiatria, também denominada Medicina Física e Reabilitação, constitui o eixo estruturante da recuperação funcional em ortopedia e traumatologia. Seu papel transcende a simples restauração da mobilidade, envolvendo a recuperação global da capacidade funcional, a reintegração social e a autonomia do paciente após lesões musculoesqueléticas, procedimentos cirúrgicos e doenças degenerativas (Dillingham, 2002; World Health Organization, 2023).

No contexto ortopédico, a reabilitação musculoesquelética deve ser compreendida como processo contínuo, iniciado ainda na fase aguda do trauma ou no pós-operatório imediato. A literatura demonstra que o início precoce de protocolos de reabilitação está diretamente associado à redução de complicações, menor tempo de internação, diminuição da rigidez articular, preservação da força muscular e melhores desfechos funcionais a médio e longo prazo (American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2023; World Health Organization, 2023).

A atuação do médico fisiatra ocorre de forma integrada à equipe multiprofissional, envolvendo fisioterapeutas, terapeutas ocupacionais, nutricionistas, psicólogos e assistentes sociais. Essa abordagem interdisciplinar é essencial para a condução de pacientes com fraturas, artroplastias, politraumatismos, lesões ligamentares e doenças musculoesqueléticas crônicas, nas quais fatores físicos, emocionais e sociais interferem diretamente na recuperação funcional.

Do ponto de vista fisiológico, a reabilitação musculoesquelética fundamenta-se na aplicação progressiva de estímulos biomecânicos capazes de induzir adaptações neuromusculares, osteometabólicas e articulares. O estímulo adequado favorece a reorganização das fibras musculares, a recuperação da propriocepção, a prevenção da atrofia por desuso e a restauração progressiva da capacidade de carga e movimento (World Health Organization, 2023).

Nas fraturas e nos procedimentos de fixação interna e externa, a reabilitação deve respeitar criteriosamente os tempos biológicos de consolidação óssea. A mobilização excessivamente precoce pode comprometer a estabilidade da síntese, enquanto a imobilização prolongada

favorece rigidez articular, atrofia muscular, dor crônica e limitação funcional persistente. Dessa forma, os protocolos devem ser individualizados conforme a estabilidade obtida, o padrão da fratura e o perfil clínico do paciente (Sociedade Brasileira De Ortopedia E Traumatologia, 2011; 2018).

Nos pacientes submetidos a artroplastias, a fisioterapia assume papel ainda mais estratégico. A mobilização precoce, o controle da dor, a prevenção de tromboembolismo venoso, o fortalecimento muscular progressivo e o treino de marcha são pilares fundamentais da recuperação. Diretrizes internacionais ressaltam que a adesão adequada aos programas reabilitacionais após artroplastia do quadril e do joelho está diretamente associada à recuperação da autonomia e à redução da mortalidade, especialmente em idosos (American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2021; 2023; National Institute For Health And Care Excellence, 2017).

No trauma de alta energia e no paciente politraumatizado, a reabilitação inicia-se ainda em ambiente de terapia intensiva, com estratégias voltadas à prevenção de complicações respiratórias, manutenção da mobilidade passiva, prevenção de contraturas e preservação da função neuromuscular. À medida que ocorre a estabilização clínica, a reabilitação progride para atividades de sedestação, ortostatismo, marcha assistida e, posteriormente, treino funcional mais complexo (World Health Organization, 2023).

Outro aspecto central da fisioterapia em ortopedia reside na abordagem da dor musculoesquelética. A dor persistente após fraturas, cirurgias e doenças degenerativas constitui importante fator limitador da reabilitação. Estratégias farmacológicas, recursos físicos, exercícios terapêuticos e intervenções educativas devem ser integrados de forma articulada para o adequado controle do quadro álgico.

A reabilitação musculoesquelética também se relaciona diretamente com a prevenção de novos agravos. A recuperação da força, do equilíbrio, da coordenação e da propriocepção reduz significativamente o risco de quedas, especialmente em indivíduos idosos e em pacientes com histórico prévio de fraturas por fragilidade (World Health Organization, 2024).

No âmbito do sistema de saúde, as diretrizes brasileiras orientam que a reabilitação ortopédica seja integrada às Redes de Atenção à Saúde, de modo articulado entre os níveis de atenção

básica, especializada e hospitalar. A fragmentação do cuidado reabilitacional compromete os resultados funcionais e eleva os custos assistenciais (Brasil, 2013; Brasil, 2017; Brasil, 2023).

Assim, a fisioterapia e a reabilitação musculoesquelética constituem componentes indissociáveis do tratamento ortopédico moderno. Sua atuação precoce, estruturada e interdisciplinar é determinante para a restauração da função, a redução de sequelas, a reintegração social e a melhoria sustentada da qualidade de vida dos pacientes ao longo do processo de recuperação.

9.2 Reabilitação pós-fratura

A reabilitação pós-fratura constitui etapa decisiva no restabelecimento da função musculoesquelética, exercendo papel determinante na prevenção de sequelas, na recuperação da autonomia e na redução das complicações associadas à imobilização prolongada. Esse processo deve ser entendido como contínuo, iniciando-se ainda na fase aguda do trauma e estendendo-se até a completa reintegração funcional do paciente às atividades cotidianas e laborais (World Health Organization, 2023).

Após a ocorrência da fratura, o organismo atravessa um ciclo biológico composto pelas fases inflamatória, reparativa, de consolidação e de remodelação óssea. A reabilitação deve ser rigorosamente ajustada a essas etapas, respeitando os limites biomecânicos da estrutura óssea em cicatrização. Intervenções precoces, quando mal indicadas, podem comprometer a estabilidade da fratura e retardar a consolidação, enquanto a imobilização excessiva favorece rigidez articular, atrofia muscular, dor crônica e perda funcional persistente (Sociedade Brasileira De Ortopedia E Traumatologia, 2011; 2018).

Na fase inicial, a reabilitação concentra-se na manutenção da mobilidade das articulações não envolvidas, no controle da dor, no manejo do edema e na prevenção de complicações sistêmicas, como trombose venosa profunda, infecções respiratórias e úlceras por pressão. Mesmo na presença de imobilização rígida, exercícios isométricos, mobilizações passivas e estímulos circulatórios são essenciais para preservar a integridade funcional do sistema musculoesquelético.

À medida que a estabilidade biológica da fratura se estabelece, a reabilitação progride gradativamente para exercícios ativos assistidos, fortalecimento muscular leve e ampliação

progressiva do arco de movimento. O estímulo mecânico adequadamente controlado favorece a osteogênese, a reorganização do calo ósseo e a recuperação da função articular, desde que respeitados os limites impostos pelo tipo de fratura, pelo método de fixação e pelo perfil clínico do paciente.

A recuperação da força muscular desempenha papel central no processo reabilitacional pós-fratura. A atrofia decorrente do desuso instala-se precocemente e compromete significativamente a estabilidade articular, o padrão de marcha e a capacidade funcional global. Protocolos específicos de fortalecimento devem ser introduzidos de forma progressiva, priorizando grupos musculares estabilizadores e cadeias cinéticas diretamente relacionadas ao segmento acometido.

No âmbito da marcha, a reeducação postural e o treino de descarga de peso representam fases críticas da reabilitação, especialmente nas fraturas do membro inferior. A progressão da carga deve obedecer rigorosamente às orientações médicas, baseadas na estabilidade da fratura e no grau de consolidação. A sobrecarga precoce está associada a falhas de síntese, atraso de consolidação e pseudartrose (American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2021; 2023).

Em pacientes idosos, a reabilitação pós-fratura assume complexidade adicional. A presença de comorbidades, osteoporose, sarcopenia e fragilidade aumenta o risco de complicações, reinternações e quedas recorrentes. Nessa população, a reabilitação deve associar fortalecimento muscular, treino de equilíbrio, adaptação ambiental e intervenções nutricionais, visando reduzir o risco de novas fraturas por fragilidade (World Health Organization, 2024; Chung *et al.*, 2018).

No contexto das fraturas tratadas cirurgicamente, a reabilitação deve ser cuidadosamente integrada ao tipo de implante utilizado. Fixações internas estáveis permitem mobilização mais precoce quando comparadas a métodos conservadores. Já nas fixações externas, a presença do fixador impõe restrições específicas ao arco de movimento e à progressão da carga, exigindo vigilância rigorosa para evitar falhas mecânicas e infecções nos pinos.

A dor pós-fratura constitui um dos principais fatores limitadores da reabilitação. Seu controle adequado é condição indispensável para a adesão do paciente às atividades terapêuticas. Estratégias farmacológicas, recursos físicos, técnicas manuais e exercícios terapêuticos devem ser empregados de forma integrada, respeitando as condições clínicas individuais.

A adesão do paciente ao programa reabilitacional exerce impacto direto sobre os desfechos funcionais. A compreensão do processo de recuperação, das restrições temporárias e dos objetivos progressivos da reabilitação é essencial para o engajamento ativo no tratamento. A baixa adesão está associada ao aumento da rigidez, à perda de força, ao atraso funcional e à insatisfação com os resultados.

Do ponto de vista assistencial, as diretrizes brasileiras preconizam que a reabilitação pós-fratura seja organizada em rede, articulando a atenção hospitalar, ambulatorial e a atenção básica, de modo a garantir continuidade do cuidado e prevenir desfechos desfavoráveis (Brasil, 2013; Brasil, 2017; Brasil, 2023).

Dessa forma, a reabilitação pós-fratura configura-se como componente indissociável do tratamento ortopédico. Seu planejamento adequado, individualizado e progressivo é decisivo para a recuperação funcional, a prevenção de incapacidades permanentes e a restauração da autonomia dos pacientes.

9.3 Reabilitação pós-artroplastia

A reabilitação pós-artroplastia constitui uma das etapas mais determinantes para o sucesso funcional das substituições articulares, tanto no contexto traumático quanto nas artroplastias realizadas por processos degenerativos avançados. A recuperação funcional não depende exclusivamente do ato cirúrgico, mas da integração entre estabilidade protética, controle clínico adequado e reabilitação estruturada e progressiva (American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2021; 2023; World Health Organization, 2023).

A mobilização precoce representa um dos princípios centrais da reabilitação após artroplastia. Em artroplastias do quadril e do joelho, a deambulação assistida deve ser iniciada, sempre que possível, nas primeiras 24 a 48 horas após a cirurgia, respeitando a estabilidade do implante e as condições clínicas do paciente. Essa estratégia está associada à redução do risco de tromboembolismo venoso, infecções respiratórias, perda de massa muscular, delirium em idosos e tempo de internação prolongado (National Institute For Health And Care Excellence, 2017; American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2023).

Do ponto de vista biomecânico, a reabilitação pós-artroplastia deve priorizar a restauração progressiva da amplitude de movimento, do controle neuromuscular e da força dos grupos musculares estabilizadores da articulação operada. A deficiência desses elementos compromete a marcha, o equilíbrio, a função do membro operado e aumenta o risco de quedas e de falha funcional da prótese.

A condução da reabilitação ocorre de forma faseada, conforme a resposta clínica do paciente, a estabilidade do implante e a complexidade do procedimento realizado. As principais fases da reabilitação pós-artroplastia, com seus objetivos e riscos associados, podem ser sintetizadas no quadro a seguir:

Quadro 18– Fases da reabilitação pós-artroplastia

Fase da reabilitação	Objetivo principal	Intervenções predominantes	Risco quando inadequada	Impacto funcional
Imediata (0–48h)	Controle da dor e início da mobilização	Deambulação assistida, exercícios respiratórios	Tromboembolismo, rigidez	Segurança clínica inicial
Precoce (2–14 dias)	Recuperação do movimento e da força	Exercícios ativos, treino de marcha	Instabilidade, atraso funcional	Retorno às atividades de vida diária
Intermediária (2–6 semanas)	Fortalecimento progressivo	Resistência muscular, treino de equilíbrio	Fraqueza persistente	Marcha independente
Tardia (6–12 semanas)	Reintegração funcional plena	Treino funcional e propriocepção	Quedas, dor crônica	Retorno social e laboral

Fonte: Adaptado de American Academy of Orthopaedic Surgeons (2021; 2023), National Institute for Health and Care Excellence (2017) e World Health Organization (2023).

Na fase imediata, o foco concentra-se no controle da dor, prevenção de complicações respiratórias, estimulação circulatória e início da mobilização assistida. Já na fase precoce, a ênfase desloca-se para a recuperação progressiva do arco de movimento, fortalecimento inicial e retomada gradativa da marcha funcional.

Durante a fase intermediária, o fortalecimento muscular assume papel central, buscando restaurar estabilidade articular, equilíbrio e resistência. Essa etapa é decisiva para a transição da marcha assistida para a marcha independente, sendo também o período em que se observa maior risco de atrasos funcionais quando os protocolos não são adequadamente seguidos.

Na fase tardia, a reabilitação volta-se para a reintegração plena do paciente às atividades sociais, ocupacionais e de lazer. Exercícios de propriocepção, coordenação e condicionamento

funcional são fundamentais para reduzir o risco de quedas, recidivas de dor e limitações persistentes.

Em pacientes idosos, a reabilitação pós-artroplastia assume complexidade adicional, em razão da associação entre osteoporose, sarcopenia, fragilidade e comorbidades cardiovasculares e metabólicas. Nessa população, a reabilitação deve ser integrada a estratégias nutricionais e de prevenção de quedas, sob pena de aumento significativo das taxas de reinternação e refratura (World Health Organization, 2024; Chung *et al.*, 2018).

Nos casos de artroplastias realizadas no contexto do trauma, a reabilitação deve ainda considerar as lesões associadas de partes moles, a instabilidade inicial e o impacto sistêmico do trauma de alta energia. Nesses cenários, a progressão funcional deve ser ainda mais cuidadosamente individualizada.

Do ponto de vista assistencial, diretrizes nacionais e internacionais apontam que a organização de serviços de reabilitação estruturados para pacientes submetidos a artroplastia está diretamente associada à redução de complicações, do tempo de internação e da mortalidade hospitalar (Brasil, 2013; Brasil, 2017; Brasil, 2023; American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2023).

Assim, a reabilitação pós-artroplastia representa componente essencial do tratamento ortopédico moderno, sendo determinante para a preservação da função protética, a recuperação da autonomia e a melhoria sustentável da qualidade de vida dos pacientes.

9.4 Protocolos de retorno funcional

O retorno funcional após lesões ortopédicas, fraturas e procedimentos cirúrgicos não deve ser compreendido como um evento isolado, mas como a etapa final de um processo progressivo de reabilitação, fundamentado na consolidação biológica, na recuperação neuromuscular e na restauração da capacidade funcional global. Protocolos bem estruturados de retorno funcional são determinantes para prevenir recidivas, reduzir o risco de novas lesões e assegurar a reintegração segura do paciente às atividades de vida diária, ao trabalho e ao esporte (World Health Organization, 2023).

A definição do momento adequado para o retorno funcional depende de múltiplos fatores, incluindo o tipo de lesão, o método de tratamento empregado, a estabilidade biomecânica obtida, o perfil clínico do paciente, a presença de comorbidades e o nível de demanda funcional esperado. O retorno precoce, quando conduzido de forma inadequada, está associado ao aumento da taxa de falhas de síntese, recidiva da dor, instabilidade articular e novas fraturas por sobrecarga (American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2021; 2023).

No contexto das fraturas, o retorno funcional deve respeitar rigorosamente os tempos biológicos de consolidação óssea. A progressão das cargas mecânicas sobre o segmento acometido precisa ser cuidadosamente modulada, considerando o padrão da fratura, o tipo de fixação e a resposta individual à reabilitação. A sobrecarga precoce compromete a formação do calo ósseo e favorece atrasos de consolidação e pseudartrose (Sociedade Brasileira De Ortopedia E Traumatologia, 2018).

Após artroplastias, os protocolos de retorno funcional apresentam particularidades próprias. Embora a mobilização precoce seja fortemente estimulada, o retorno às atividades deve respeitar os limites impostos pela estabilidade protética, pela cicatrização dos tecidos periarticulares e pelo equilíbrio neuromuscular. Movimentos de risco, sobrecargas rotacionais e impactos repetitivos precoces aumentam significativamente a chance de luxações, falhas mecânicas e soltura protética (National Institute For Health And Care Excellence, 2017; American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2023).

No âmbito ocupacional, o retorno ao trabalho deve ser conduzido de forma gradativa, com adaptações temporárias das atividades, redução de cargas físicas e adequação ergonômica. A ausência dessas medidas está associada a maior incidência de dor crônica, afastamentos prolongados e incapacidade funcional persistente.

Os protocolos de retorno funcional podem ser organizados em etapas progressivas, conforme a recuperação clínica e funcional do paciente, conforme sintetizado no quadro a seguir:

Quadro 19 – Etapas dos protocolos de retorno funcional

Etapa do retorno	Critério clínico predominante	Tipo de atividade permitida	Objetivo funcional	Risco quando antecipada
Retorno básico	Consolidação inicial e dor controlada	Atividades de vida diária leves	Recuperar autonomia básica	Falha de síntese, dor persistente

Retorno intermediário	Força e equilíbrio parciais restaurados	Trabalho leve, marcha sem auxílio	Estabilidade funcional	Instabilidade articular
Retorno avançado	Força, coordenação e resistência adequadas	Trabalho moderado, atividades recreativas	Condicionamento funcional	Reinjúrias por sobrecarga
Retorno pleno	Função neuromuscular completa	Trabalho pesado, esporte	Restauração total da capacidade	Nova lesão por impacto

Fonte: Adaptado de World Health Organization (2023; 2024), American Academy of Orthopaedic Surgeons (2021; 2023) e Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia (2018).

O componente neuromuscular assume papel central nos protocolos de retorno funcional. A reeducação proprioceptiva, o treino de equilíbrio, a coordenação motora e a resistência muscular são fundamentais para reduzir o risco de quedas, entorses, falhas de movimento e recidivas de lesões, especialmente em pacientes idosos e em indivíduos submetidos a cirurgias articulares complexas (World Health Organization, 2024).

Em pacientes idosos, os protocolos devem ser ainda mais cautelosos, considerando a associação frequente entre osteoporose, sarcopenia, fragilidade e comorbidades cardiovasculares. O retorno funcional nessa população deve priorizar segurança, prevenção de quedas, preservação da autonomia e manutenção da qualidade de vida, evitando metas excessivamente agressivas (World Health Organization, 2024; Chung *et al.*, 2018).

No contexto esportivo, o retorno ao esporte exige critérios ainda mais rigorosos, envolvendo testes funcionais, avaliação cinética e cinemática, análise de força muscular comparativa e controle neuromuscular. A liberação precoce sem o cumprimento desses critérios está associada a altas taxas de recidiva de lesões ligamentares e musculares (Logan *et al.*, 2019).

Do ponto de vista assistencial, as diretrizes brasileiras orientam que os protocolos de retorno funcional sejam integrados às Redes de Atenção à Saúde, garantindo continuidade do cuidado entre a atenção hospitalar, a reabilitação ambulatorial e a atenção básica, evitando a interrupção precoce do acompanhamento funcional (Brasil, 2013; Brasil, 2017; Brasil, 2023).

Assim, os protocolos de retorno funcional constituem a etapa final e decisiva do processo de reabilitação ortopédica. Quando conduzidos de forma estruturada, progressiva e individualizada, permitem reduzir recidivas, prevenir incapacidades permanentes e assegurar a recuperação segura da autonomia, da capacidade laboral e da participação social dos pacientes.

CAPÍTULO 10

Inovação, Tecnologias e Diretrizes em Ortopedia

10.1 Biomateriais, órteses, próteses e OPME

A incorporação de biomateriais, órteses, próteses e materiais especiais de osteossíntese representa um dos eixos centrais da inovação em ortopedia contemporânea. Esses recursos exercem impacto direto sobre a estabilidade biomecânica, a recuperação funcional, a longevidade dos implantes e a qualidade de vida dos pacientes submetidos a tratamentos cirúrgicos e conservadores. A adequada seleção desses materiais deve considerar propriedades mecânicas, biocompatibilidade, resistência à fadiga, integração óssea e perfil clínico do paciente (BRASIL, 2016).

Os biomateriais utilizados em ortopedia incluem ligas metálicas, polímeros, cerâmicas e compósitos, empregados na confecção de implantes de fixação, próteses articulares, espaçadores e dispositivos auxiliares. Esses materiais devem apresentar elevada resistência mecânica, baixa citotoxicidade e capacidade de interação segura com os tecidos biológicos, reduzindo o risco de rejeição, infecção e falhas estruturais ao longo do tempo (WONG; BEYGI; ZHENG, 2019).

As órteses desempenham papel fundamental na estabilização, proteção articular, correção de deformidades e auxílio funcional durante o processo de reabilitação. São amplamente utilizadas no pós-fratura, em patologias degenerativas, em instabilidades ligamentares e em programas de retorno funcional, permitindo controle do movimento, redistribuição de cargas e prevenção de recidivas.

As próteses, por sua vez, representam a substituição definitiva de segmentos articulares ou anatômicos comprometidos. As artroplastias de quadril, joelho, ombro e cotovelo constituem exemplos clássicos dessa aplicação, sendo indicadas tanto em doenças degenerativas avançadas quanto em fraturas complexas irreconstruíveis (AMERICAN ACADEMY OF ORTHOPAEDIC SURGEONS, 2020; 2021; 2023).

No contexto do sistema de saúde brasileiro, os materiais classificados como OPME (órteses, próteses e materiais especiais) são objeto de rigorosa regulamentação quanto à aquisição, rastreabilidade, esterilização, uso e descarte. O Manual de Boas Práticas de Gestão das OPME estabelece critérios técnicos para reduzir eventos adversos, fraudes, falhas de implantes e complicações assistenciais (BRASIL, 2016).

Nesse cenário, os principais tipos de biomateriais e dispositivos utilizados em ortopedia, suas aplicações e implicações clínicas podem ser sintetizados no quadro a seguir:

Quadro 19 – Biomateriais, órteses, próteses e OPME na prática ortopédica

Tipo de material	Exemplo de aplicação	Finalidade clínica	Vantagem principal	Limitação
Ligas metálicas	Placas, parafusos, hastes	Fixação de fraturas	Alta resistência mecânica	Suscetibilidade à fadiga
Polímeros	Espaçadores, componentes protéticos	Substituição temporária	Leveza e moldabilidade	Menor resistência estrutural
Cerâmicas	Componentes protéticos articulares	Substituição definitiva	Alta biocompatibilidade	Fragilidade ao impacto
Órteses	Imobilizadores, talas, joelheiras	Estabilização e proteção	Controle do movimento	Dependência do uso correto
Próteses	Quadril, joelho, ombro	Substituição articular	Restauração funcional	Risco de soltura e infecção

Fonte: adaptado de Wong, Beygi e Zheng (2019), Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia (2018) e Brasil (2016).

A evolução tecnológica dos biomateriais permitiu o desenvolvimento de superfícies porosas, revestimentos bioativos e implantes com maior capacidade de osteointegração, reduzindo o risco de soltura precoce e aumentando a sobrevida das próteses. Esses avanços são particularmente relevantes em pacientes idosos, osteoporóticos e politraumatizados.

Outro aspecto relevante envolve a personalização dos dispositivos por meio de modelagem tridimensional e impressão 3D, permitindo adaptação anatômica mais precisa, redução do tempo cirúrgico e melhor alinhamento biomecânico, especialmente em cirurgias reconstrutivas complexas.

Do ponto de vista assistencial, a seleção inadequada de OPME está diretamente associada ao aumento das taxas de falha mecânica, infecção, necessidade de revisões cirúrgicas e elevação dos custos hospitalares. Por esse motivo, protocolos institucionais de avaliação, comissões

técnicas e auditorias tornaram-se instrumentos essenciais na gestão desses materiais (Brasil, 2016).

Assim, biomateriais, órteses, próteses e OPME constituem pilares estruturantes da ortopedia moderna, sendo indissociáveis das estratégias terapêuticas atuais. Sua adequada escolha, utilização e gestão interferem diretamente na segurança do paciente, na recuperação funcional e na sustentabilidade dos sistemas de saúde.

10.2 Ortobiológicos e terapias regenerativas

As terapias regenerativas e os ortobiológicos representam um dos campos de maior expansão na ortopedia contemporânea, ao integrar biologia tecidual, engenharia de tecidos e medicina translacional. Esses recursos têm como objetivo potencializar os processos naturais de cicatrização, regeneração óssea e reparo das estruturas musculoesqueléticas, especialmente em cenários de fraturas complexas, falhas de consolidação, lesões cartilaginosas e degeneração articular (Christensen; Cox; Anz, 2019; Lana *et al.*, 2020).

Os ortobiológicos compreendem um conjunto heterogêneo de substâncias biológicas utilizadas para estimular a regeneração tecidual, incluindo concentrados de plaquetas, aspirado de medula óssea, enxertos autólogos, substitutos ósseos e biomateriais bioativos. O uso dessas terapias tem crescido principalmente no tratamento de fraturas de difícil consolidação, pseudartroses, lesões ligamentares, cartilaginosas e em contextos de revisões cirúrgicas (Lana *et al.*, 2020).

Entre as estratégias mais estudadas destaca-se o coágulo de aspirado de medula óssea, que reúne células mesenquimais, fatores de crescimento e matriz biológica favorável à osteogênese. Evidências apontam sua viabilidade clínica como alternativa biológica em fraturas com atraso de consolidação e em defeitos ósseos críticos (Lana *et al.*, 2020).

Do ponto de vista da aplicação clínica, o uso de ortobiológicos encontra suporte principalmente em situações nas quais os mecanismos fisiológicos naturais de reparo encontram-se comprometidos, como em pacientes idosos, desnutridos, portadores de doenças crônicas, tabagistas e politraumatizados. Nesses cenários, a biologia da consolidação óssea encontra-se reduzida, justificando a introdução de terapias adjuvantes regenerativas (Chung *et al.*, 2018; World Health Organization, 2024).

O avanço dessas tecnologias também impôs novos desafios à formação profissional em ortopedia. A incorporação segura de terapias regenerativas exige não apenas domínio técnico-operatório, mas também sólida formação científica, entendimento regulatório e capacidade de análise crítica da evidência disponível. Nesse sentido, a literatura aponta a crescente necessidade de integração entre educação médica, inovação tecnológica e prática clínica baseada em evidências (Althausen; Lybrand, 2018).

Além da regeneração óssea, as terapias ortobiológicas vêm sendo exploradas no tratamento de lesões ligamentares, tendíneas e cartilaginosas, com destaque para o ligamento cruzado anterior, no qual protocolos biológicos associados à reconstrução cirúrgica vêm sendo investigados como estratégia para acelerar integração enxerto-osso e reduzir taxas de falha (Logan *et al.*, 2019).

Por outro lado, a literatura também alerta para a necessidade de cautela na indicação indiscriminada dessas terapias. Apesar do potencial promissor, muitas aplicações ainda carecem de padronização de protocolos, definição precisa de doses, controle de variáveis biológicas e acompanhamento de longo prazo para consolidação das evidências clínicas (Christensen; Cox; Anz, 2019).

No contexto da gestão em saúde, a incorporação dessas tecnologias deve obedecer aos princípios de avaliação de custo-efetividade, segurança assistencial e impacto orçamentário, especialmente nos sistemas públicos. No Brasil, a incorporação de novas tecnologias terapêuticas passa por avaliação da Comissão Nacional de Incorporação de Tecnologias no SUS, buscando equilibrar inovação com sustentabilidade do sistema (Brasil, 2018).

As principais aplicações clínicas das terapias regenerativas em ortopedia podem ser sintetizadas no quadro a seguir:

Quadro 20 – Aplicações clínicas dos ortobiológicos e terapias regenerativas

Tipo de terapia	Principal aplicação	Estrutura tratada	Objetivo biológico	Limitação atual
Concentrado plaquetário	Lesões musculares e tendíneas	Músculos e tendões	Estimular reparo tecidual	Variabilidade dos protocolos
Aspirado de medula óssea	Fraturas com atraso de consolidação	Osso	Estimular osteogênese	Evidência ainda em consolidação
Substitutos ósseos bioativos	Defeitos ósseos	Osso	Preencher e induzir regeneração	Custo elevado

Biomateriais regenerativos	Reconstruções complexas	Osso e partes moles	Integração biológico-mecânica	Necessidade de validação a longo prazo
----------------------------	-------------------------	---------------------	-------------------------------	--

Fonte: adaptado de Christensen, Cox e Anz (2019) e Lana *et al.* (2020).

As perspectivas futuras indicam integração crescente entre ortobiológicos, biomateriais avançados, impressão tridimensional e terapias celulares, ampliando significativamente as possibilidades de reconstrução ortopédica personalizada. Esse movimento acompanha a projeção de que a ortopedia do futuro será cada vez mais regenerativa, menos invasiva e fortemente orientada por tecnologia (Bennett Wilke; Dowdle, 2024).

Assim, os ortobiológicos e as terapias regenerativas configuram-se como eixo estruturante da inovação ortopédica contemporânea, exigindo do profissional não apenas atualização técnica contínua, mas também postura crítica frente às evidências, às diretrizes regulatórias e às repercussões éticas e econômicas envolvidas na sua aplicação clínica.

10.3 Diretrizes clínicas nacionais e internacionais

A prática ortopédica contemporânea tem se estruturado cada vez mais em torno de diretrizes clínicas baseadas em evidências, que organizam fluxos assistenciais, orientam escolhas terapêuticas e padronizam critérios de reabilitação. No campo do trauma musculoesquelético, essas recomendações articulam a fase aguda do atendimento, a decisão cirúrgica, o uso de tecnologias como implantes e ortobiológicos e o seguimento funcional em médio e longo prazos. Nesse cenário, o ortopedista precisa transitar com familiaridade entre documentos nacionais e internacionais, integrando-os à realidade de cada serviço, sem perder de vista as especificidades epidemiológicas e organizacionais do sistema de saúde em que atua.

No Brasil, o Ministério da Saúde, a Conitec e a Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia constituem os principais referenciais normativos para a organização do cuidado ortopédico e traumático.

As portarias que instituem linhas de cuidado e mecanismos de financiamento, como a Portaria nº 880/2013 e a Portaria nº 1.365/2013, estabelecem a base regulatória para a atenção em traumatologia, definindo responsabilidades de cada nível de atenção e critérios para habilitação de serviços de maior complexidade (Brasil, 2013a; Brasil, 2013b).

Esses atos normativos dialogam com documentos técnicos, como o Manual de boas práticas de gestão das órteses, próteses e materiais especiais, que orienta a incorporação e o uso racional de OPME em procedimentos ortopédicos, com ênfase na transparência, rastreabilidade e segurança do paciente (Brasil, 2016).

Ainda no âmbito da atenção especializada, os Protocolos de encaminhamento da atenção básica para a atenção especializada em reumatologia e ortopedia contribuem para ordenar o fluxo de pacientes, especificando critérios de gravidade, tempo de evolução e sinais de alerta que justificam avaliação ortopédica em níveis secundário e terciário (Brasil, 2017).

Em paralelo, o Manual de habilitação dos centros de trauma no SUS sistematiza requisitos estruturais, de processo e de resultados para serviços que atendem trauma de alta complexidade, incluindo lesões ortopédicas extensas, politrauma e fraturas de alta energia (Brasil, 2023). Esses instrumentos conferem organicidade à rede assistencial e ajudam a reduzir variabilidade injustificada entre serviços.

No campo das fraturas em idosos, a Conitec publicou diretrizes específicas para o tratamento da fratura do colo do fêmur, consolidando recomendações sobre indicação cirúrgica precoce, escolha entre osteossíntese e artroplastia, abordagem da fragilidade óssea e organização de protocolos de reabilitação (Brasil, 2018).

O documento enfatiza a articulação entre intervenção ortopédica, manejo clínico de comorbidades e prevenção secundária de novas fraturas por fragilidade, aproximando-se de orientações internacionais sobre o tema. Essa convergência facilita a comparação de resultados entre países e reforça a necessidade de programas institucionais de fratura por fragilidade.

Do ponto de vista internacional, as diretrizes da American Academy of Orthopaedic Surgeons representam um dos principais referenciais para o tratamento de fraturas e para a estruturação da reabilitação ortopédica. Nas fraturas do rádio distal, a AAOS sistematiza critérios de escolha entre tratamento conservador e cirúrgico, detalha indicações para fixação interna e uso de fixador externo e discute desfechos funcionais associados a diferentes abordagens (American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2020).

Para as fraturas de quadril em idosos, as recomendações enfatizam a importância da intervenção cirúrgica em tempo oportuno, do controle rigoroso de comorbidades e da reabilitação precoce, incluindo critérios de indicação para artroplastia total ou parcial e osteossíntese (American

Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2021). Complementarmente, os critérios de uso apropriado para reabilitação pós-operatória em fraturas de quadril organizam algoritmos que combinam perfil do paciente, tipo de fratura, técnica cirúrgica e metas funcionais (American Academy Of Orthopaedic Surgeons, 2023).

As recomendações do National Institute for Health and Care Excellence constituem outro pilar de orientação para o manejo de fraturas e do trauma maior. A diretriz sobre fratura de quadril detalha desde o manejo analgésico inicial até a escolha do implante, além de definir metas de tempo porta-cirurgia, protocolos de mobilização precoce e parâmetros para alta hospitalar segura (National Institute For Health And Care Excellence, 2017).

Já a diretriz sobre trauma maior aborda organização de sistemas regionais de trauma, triagem pré-hospitalar, fluxos de transferência para centros de referência e prioridades na avaliação inicial, com repercussões diretas sobre o manejo ortopédico de lesões extensas de ossos longos, pelve e coluna (National Institute For Health And Care Excellence, 2016).

A aproximação entre essas orientações e os manuais brasileiros de trauma permite ao ortopedista alinhar a prática local a padrões internacionais sem perder de vista a estruturação própria do SUS.

No âmbito global, a Organização Mundial da Saúde propõe um conjunto de recomendações que ajudam a estruturar a atenção ao trauma e à reabilitação musculoesquelética, especialmente em países com recursos limitados. As Guidelines for essential trauma care descrevem padrões mínimos de organização de serviços, equipamentos necessários, competências da equipe e estratégias de implantação progressiva de sistemas de trauma (World Health Organization, 2004).

Mais recentemente, o módulo sobre condições musculoesqueléticas do Package of interventions for rehabilitation aprofunda recomendações específicas para reabilitação de fraturas, lesões ligamentares e doenças degenerativas, enfatizando planejamento individualizado, metas funcionais e integração entre ortopedia, fisiatra e fisioterapia (World Health Organization, 2023).

Em documento adicional, a OMS sintetiza dados sobre fraturas por fragilidade, reforçando a necessidade de programas coordenados de prevenção, diagnóstico e tratamento, que dialogam

diretamente com as diretrizes sobre fratura de quadril em idosos (World Health Organization, 2024).

As diretrizes da Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia cumprem papel importante de ponte entre a evidência internacional e a realidade assistencial brasileira. O Manual de trauma ortopédico organiza condutas para as principais lesões musculoesqueléticas traumáticas, com recomendações sobre avaliação inicial, exames de imagem, indicações operatórias e cuidados pós-operatórios (Sociedade Brasileira De Ortopedia E Traumatologia, 2011).

O Manual básico de ortopedia, por sua vez, oferece sínteses atualizadas para quadros frequentes na prática, servindo tanto como base formativa quanto como referência rápida para decisões de rotina (Sociedade Brasileira De Ortopedia E Traumatologia, 2018). Em conjunto, esses documentos favorecem a padronização de condutas e a formação de residentes e profissionais em diferentes cenários de cuidado.

No campo específico das terapias regenerativas e dos ortobiológicos, ainda há distância entre a velocidade de inovação tecnológica e a existência de diretrizes formais amplamente consolidadas.

Revisões recentes discutem técnicas emergentes, como o uso de concentrados plaquetários, aspirado de medula óssea e biomateriais bioativos, destacando seu potencial, mas também as limitações decorrentes de heterogeneidade metodológica e ausência de ensaios de longo prazo com amostras robustas (Christensen; Cox; Anz, 2019; Lana *et al.*, 2020).

Nesse contexto, as recomendações de sociedades e órgãos reguladores tendem a ser mais conservadoras, estimulando o uso dessas terapias em protocolos bem definidos, com seguimento rigoroso e registro sistemático de desfechos clínicos e funcionais. A incorporação responsável dessas tecnologias pressupõe, portanto, diálogo permanente entre diretrizes consolidadas para o tratamento de fraturas e lesões ligamentares e o corpo crescente de evidências em ortobiologia.

Por fim, as diretrizes nacionais e internacionais apresentam orientações complementares, por vezes sobrepostas, e em outros momentos tensionadas por diferenças metodológicas, contextuais e organizacionais.

Para o ortopedista, o desafio não reside na adoção acrítica de recomendações, mas na leitura analítica de cada documento, considerando o nível de evidência, os limites de aplicabilidade e as condições estruturais do serviço. A prática clínica exige, portanto, capacidade de discernimento para adaptar protocolos ao perfil do paciente, às comorbidades, ao tempo de acesso à cirurgia e às possibilidades reais de reabilitação.

A próxima seção do livro retoma esses fundamentos sob a perspectiva organizacional, discutindo como diretrizes podem ser operacionalizadas em rotinas assistenciais consistentes, auditáveis e efetivamente orientadas à recuperação funcional.

10.4 O futuro da ortopedia: tendências e perspectivas

A ortopedia atravessa um processo de transformação estrutural impulsionado por avanços tecnológicos, reconfigurações demográficas e mudanças nos modelos de organização dos sistemas de saúde.

O envelhecimento populacional, associado ao aumento da incidência de fraturas por fragilidade, lesões degenerativas e demandas por reabilitação prolongada, tem exigido respostas terapêuticas mais integradas, sustentadas por evidências robustas e por soluções tecnológicas capazes de ampliar eficiência, precisão e segurança assistencial (World Health Organization, 2024; AAOS, 2021).

Ao mesmo tempo, a incorporação de inovações biomédicas impõe novos desafios éticos, regulatórios e formativos à prática ortopédica.

No campo das tecnologias emergentes, os ortobiológicos representam uma das frentes mais promissoras e, simultaneamente, mais debatidas da ortopedia contemporânea.

Técnicas como o uso de concentrado plaquetário, aspirado de medula óssea e coágulos osteogênicos vêm sendo estudadas como adjuvantes na reparação de cartilagem, tendões, ligamentos e tecido ósseo, com potencial de reduzir tempo de reabilitação e ampliar qualidade funcional dos resultados (Christensen; Cox; Anz, 2019; Lana *et al.*, 2020).

Contudo, a literatura aponta forte heterogeneidade metodológica, variação nos protocolos e escassez de estudos prospectivos de longo prazo, o que impõe cautela na adoção indiscriminada dessas terapias.

O futuro desse campo dependerá da consolidação de ensaios clínicos bem desenhados, capazes de estabelecer indicações precisas, doses, técnicas de aplicação e perfis de pacientes mais responsivos às terapias regenerativas.

Outro eixo estruturante do futuro da ortopedia está na integração entre engenharia biomédica, ciência dos materiais e prática clínica, sobretudo no desenvolvimento de próteses, implantes inteligentes e sistemas exoesqueléticos.

Avanços no design de biomateriais vêm ampliando a durabilidade, a biocompatibilidade e a performance mecânica de próteses ortopédicas, ao mesmo tempo em que permitem o desenvolvimento de dispositivos mais leves e responsivos para suporte funcional em reabilitação neuromusculoesquelética (Wong; Beygi; Zheng, 2019).

A tendência é que esses dispositivos passem a incorporar sensores, inteligência embarcada e sistemas de monitoramento remoto, expandindo o acompanhamento funcional para além do ambiente hospitalar.

A **reabilitação ortopédica** também passa por um processo de ressignificação. A Organização Mundial da Saúde tem enfatizado a reabilitação como componente essencial e contínuo do cuidado em condições musculoesqueléticas, integrando planejamento terapêutico individualizado, metas funcionais mensuráveis e inserção progressiva do paciente nas atividades de vida diária (World Health Organization, 2023).

Esse movimento desloca a reabilitação de um papel secundário para uma posição central no projeto terapêutico, exigindo maior articulação entre ortopedia, fisiatria, fisioterapia, terapia ocupacional e demais áreas da saúde.

No cenário cirúrgico, a tendência é o refinamento progressivo das técnicas minimamente invasivas, com ampliação do uso de artroscopia, navegação cirúrgica, guias personalizados por impressão tridimensional e planejamento virtual pré-operatório.

Essas estratégias têm sido associadas à redução do trauma tecidual, menor tempo de internação e recuperação funcional mais rápida, especialmente em fraturas articulares complexas e reconstruções ligamentares (Logan *et al.*, 2019; Surucu *et al.*, 2023).

No entanto, a incorporação dessas tecnologias exige investimentos significativos em infraestrutura, treinamento especializado e manutenção de equipamentos, o que tensiona a equidade de acesso, sobretudo em sistemas públicos de saúde.

A formação do ortopedista também se projeta como um campo de profundas mudanças. O domínio técnico-cirúrgico permanece central, mas passa a ser insuficiente diante da complexidade da gestão em saúde, da necessidade de liderança de equipes multiprofissionais e da sustentabilidade econômico-organizacional dos serviços.

Nesse contexto, tem ganhado espaço a inserção de conteúdos de educação em gestão, tomada de decisão, economia da saúde e governança clínica na formação ortopédica, como apontam Althausen e Lybrand (2018). O ortopedista do futuro tende a atuar não apenas como cirurgião, mas como gestor do cuidado, articulador de processos assistenciais e agente de inovação.

Do ponto de vista epidemiológico, as fraturas do idoso consolidam-se como um dos maiores desafios estruturais da ortopedia nas próximas décadas. A elevação da expectativa de vida, associada ao aumento da prevalência de osteoporose, impõe a necessidade de modelos integrados de cuidado que articulem intervenção cirúrgica oportuna, manejo clínico das comorbidades, nutrição adequada e programas sistematizados de prevenção secundária (Chung *et al.*, 2018; AAOS, 2021; World Health Organization, 2024).

A ausência dessa integração repercute diretamente em maiores taxas de mortalidade, institucionalização e perda de autonomia funcional.

Em paralelo, a organização dos sistemas de trauma tende a se tornar cada vez mais regionalizada e hierarquizada, com fortalecimento de centros de referência, protocolos de regulação mais precisos e maior integração entre pré-hospitalar, emergência, centro cirúrgico e reabilitação.

As diretrizes internacionais e nacionais para trauma têm enfatizado que a sobrevida e a funcionalidade do paciente dependem menos de atos isolados e mais da eficiência do sistema como um todo (Nice, 2016; Brasil, 2023; Who, 2004). Nesse cenário, a ortopedia passa a ocupar posição estratégica dentro das redes de atenção, especialmente no manejo do politraumatizado.

Sob uma perspectiva mais ampla, imaginar a ortopedia do futuro implica reconhecer que ciência, tecnologia, organização do trabalho e valores éticos caminham de forma indissociável. Bennett Wilke e Dowdle (2024) argumentam que o horizonte da ortopedia não se limita ao aperfeiçoamento técnico, mas envolve a construção de um campo capaz de responder a demandas sociais complexas, como envelhecimento, deficiência, altas expectativas funcionais e sustentabilidade dos sistemas de saúde.

Assim, o futuro da ortopedia não será apenas mais tecnológico, mas também mais interdisciplinar, mais regulado e mais orientado por indicadores de desfecho funcional e qualidade de vida.

Dessa forma, as tendências apontam para uma ortopedia que se desloca progressivamente de um modelo centrado no procedimento para um modelo centrado no trajeto assistencial completo do paciente, desde a prevenção até a reinserção funcional.

Esse movimento exige novas competências, novas formas de organização do cuidado e uma postura crítica permanente diante das inovações, de modo que o avanço tecnológico esteja sempre subordinado à segurança, à efetividade clínica e ao valor produzido para o paciente e para a sociedade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este livro construiu, de forma progressiva e integrada, uma compreensão ampla e fundamentada da ortopedia, partindo dos fundamentos anatômicos, biomecânicos e fisiológicos do sistema musculoesquelético, avançando pela fisiopatologia do trauma, pelos métodos diagnósticos, pela classificação das fraturas, pelos critérios terapêuticos, pelas especificidades dos diferentes segmentos corporais, pela reabilitação funcional e, por fim, pelas inovações tecnológicas e diretrizes clínicas.

Essa trajetória evidenciou que a prática ortopédica não se sustenta em decisões isoladas, mas em um encadeamento articulado entre biologia, mecânica, clínica, tecnologia e organização dos sistemas de cuidado.

Ao longo da obra, ficou demonstrado que as fraturas e as lesões musculoesqueléticas expressam não apenas eventos traumáticos pontuais, mas também a interação entre envelhecimento, fragilidade óssea, estado nutricional, condições metabólicas e fatores ambientais.

Nesse sentido, a ortopedia é apresentada como campo necessariamente interdisciplinar, no qual a estabilização cirúrgica, a reabilitação, a prevenção de complicações e a recuperação funcional constituem dimensões indissociáveis do mesmo processo terapêutico.

As diretrizes clínicas, os protocolos assistenciais e as tecnologias emergentes analisadas ao final do livro reforçam que a evolução da ortopedia exige não apenas incorporação de novos materiais e técnicas, mas também capacidade crítica de adaptação à realidade dos serviços de saúde, às desigualdades de acesso e às demandas crescentes de uma população progressivamente mais idosa e funcionalmente vulnerável. Assim, o avanço técnico precisa caminhar em paralelo à qualificação dos fluxos assistenciais, à formação profissional e ao cuidado centrado no paciente.

Dessa forma, esta obra se propõe não apenas como um compêndio técnico, mas como instrumento de reflexão clínica, organização do raciocínio ortopédico e apoio à tomada de decisão baseada em fundamentos científicos, experiência assistencial e responsabilidade social. Ao integrar teoria, prática e perspectivas futuras, o livro reafirma que a ortopedia contemporânea é, antes de tudo, um campo de cuidado funcional, cujo objetivo final é restaurar movimento, autonomia e qualidade de vida.

Referências:

- AL-TAWIL, K.; ARYA, A. **Radial head fractures.** *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, v. 20, p. 101497, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2021.101497>. Acesso em: 3 dez. 2025.
- ALTHAUSEN, P. L.; LYBRAND, K. E. **The role of business education in the orthopedic curriculum.** *Orthopedic Clinics of North America*, v. 49, n. 4, p. 445–453, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2018.05.006>. Acesso em: 3 dez. 2025.
- AMERICAN ACADEMY OF ORTHOPAEDIC SURGEONS. **Management of distal radius fractures: evidence-based clinical practice guideline.** Rosemont: AAOS, 2020. Disponível em: <https://www.aaos.org/globalassets/quality-and-practice-resources/distal-radius/drfcpg.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2025.
- AMERICAN ACADEMY OF ORTHOPAEDIC SURGEONS. **Management of hip fractures in older adults: evidence-based clinical practice guideline.** Rosemont: AAOS, 2021. Disponível em: <https://www.aaos.org/globalassets/quality-and-practice-resources/hip-fractures-in-the-elderly/hipfxcpg.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2025.
- AMERICAN ACADEMY OF ORTHOPAEDIC SURGEONS. **Appropriate use criteria for postoperative rehabilitation of low-energy hip fractures in older adults.** Rosemont: AAOS, 2023. Disponível em: https://www.aaos.org/globalassets/quality-and-practice-resources/hip-fractures-in-the-elderly/hip-fx-auc_treatment_reapproval.pdf. Acesso em: 3 dez. 2025.
- AUTH, P. C. **Orthopedics.** In: BALLWEG, R. et al. (ed.). *Physician assistant*. 4. ed. Philadelphia: W. B. Saunders, 2008. p. 474–491. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-141604485-7.50028-7>. Acesso em: 3 dez. 2025.
- BENNETT WILKE, C. L.; DOWDLE, B. M. **The future of orthopedics: imagining orthopedics in the year 2100.** *Physician Assistant Clinics*, v. 9, n. 1, p. 149–153, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cpha.2023.09.002>. Acesso em: 3 dez. 2025.
- BONNEVIALLE, N. **Radial head replacement in adults with recent fractures.** *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, v. 102, n. 1, supl., p. S69–S79, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2015.06.026>. Acesso em: 3 dez. 2025.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 880, de 16 de maio de 2013.** Diário Oficial da União, Brasília, 2013. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2013/prt0880_16_05_2013.html. Acesso em: 3 dez. 2025.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 1.365, de 8 de julho de 2013.** Diário Oficial da União, Brasília, 2013. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2013/prt1365_08_07_2013.html. Acesso em: 3 dez. 2025.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de boas práticas de gestão das órteses, próteses e materiais especiais (OPME).** Brasília, 2016. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_praticas_gestao_proteses_materiais_especiais.pdf. Acesso em: 3 dez. 2025.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Protocolos de encaminhamento da atenção básica para a atenção especializada: reumatologia e ortopedia.** Brasília, 2017. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protocolos_atencao_basica_reumatologia_ortopedia_v_III.pdf. Acesso em: 3 dez. 2025.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de habilitação dos centros de trauma no SUS.** Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/saes/saips/manuais/manuais-cegae/manual-saips-cuidado-trauma-i-ii-ii.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2025.

BRASIL. Comissão Nacional de Incorporação de Tecnologias no SUS. **Diretrizes brasileiras para o tratamento de fratura do colo do fêmur em idosos**. Brasília: CONITEC, 2018. Disponível em: https://www.gov.br/conitec/pt-br/midias/relatorios/2018/relatorio_diretrizes_fraturacolofemuridoso.pdf. Acesso em: 3 dez. 2025.

CHAITOW, L. **Foreword**. In: LOWE, W. (ed.). *Orthopedic massage*. St. Louis: Mosby, 2003. p. vii–viii. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-072343226-5.50001-0>. Acesso em: 3 dez. 2025.

CHRISTENSEN, K.; COX, B.; ANZ, A. **Emerging orthobiologic techniques and the future**. *Clinics in Sports Medicine*, v. 38, n. 1, p. 143–161, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.csm.2018.08.007>. Acesso em: 3 dez. 2025.

CHUNG, A. S. et al. **Increasing severity of malnutrition is associated with poorer 30-day outcomes in patients undergoing hip fracture surgery**. *Journal of Orthopaedic Trauma*, v. 32, n. 4, p. 155–160, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001081>. Acesso em: 3 dez. 2025.

DILLINGHAM, T. R. **Physiatry, physical medicine, and rehabilitation: historical development and military roles**. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, v. 13, n. 1, p. 1–16, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1047-9651\(03\)00069-X](https://doi.org/10.1016/S1047-9651(03)00069-X). Acesso em: 3 dez. 2025.

GUZMAN, L. F. C.; ORTEGA, D. Y. G. **Perioperative care of the surgical patient: bone and soft tissue tumors**. In: HAGBERG, C. et al. (ed.). *Perioperative care of the cancer patient*. Amsterdã: Elsevier, 2023. p. 351–355. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-69584-8.00031-1>. Acesso em: 3 dez. 2025.

HARRISON, J. W. K. et al. **Radial head fractures in adults**. *Current Orthopaedics*, v. 21, n. 1, p. 59–64, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cuor.2006.10.003>. Acesso em: 3 dez. 2025.

LANA, J. F. S. D. et al. **Bone marrow aspirate clot: a feasible orthobiologic**. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, v. 11, supl. 5, p. S789–S794, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2020.07.003>. Acesso em: 3 dez. 2025.

LOGAN, C. A. et al. **Anterior cruciate ligament injury: diagnosis, management, and prevention**. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, v. 101, n. 8, 2019. Disponível em: https://journals.lww.com/jbjssjournal/Abstract/2019/04170/Anterior_Cruciate_Ligament_Injury__Diagnosis.1.aspx. Acesso em: 3 dez. 2025.

NATIONAL INSTITUTE FOR HEALTH AND CARE EXCELLENCE. **Hip fracture: management (CG124)**. London: NICE, 2017. Disponível em: <https://www.nice.org.uk/guidance/cg124>. Acesso em: 3 dez. 2025.

NATIONAL INSTITUTE FOR HEALTH AND CARE EXCELLENCE. **Major trauma: assessment and initial management (NG40)**. London: NICE, 2016. Disponível em: <https://www.nice.org.uk/guidance/ng40>. Acesso em: 3 dez. 2025.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ORTOPEDIA E TRAUMATOLOGIA. **Manual de trauma ortopédico**. São Paulo, 2011. Disponível em: https://sbot.org.br/wp-content/uploads/2018/09/MANUAL_TRAUMA_ORTOPEDICO.pdf. Acesso em: 3 dez. 2025.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ORTOPEDIA E TRAUMATOLOGIA. **Manual básico de ortopedia**. São Paulo, 2018. Disponível em: <https://sbot.org.br/manual-basico-da-ortopedia>. Acesso em: 3 dez. 2025.

SURUCU, S. et al. **Decision-making in the treatment of radial head fractures: Delphi methodology**. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, v. 32, n. 2, p. 364–373, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jse.2022.10.002>. Acesso em: 3 dez. 2025.

WONG, M. S.; BEYGI, B. H.; ZHENG, Y. **Materials for exoskeletal orthotic and prosthetic systems**. In: NARAYAN, R. (ed.). *Encyclopedia of biomedical engineering*. Amsterdam: Elsevier, 2019. p. 352–367. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.11040-2>. Acesso em: 3 dez. 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for essential trauma care**. Genebra, 2004. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/guidelines-for-essential-trauma-care>. Acesso em: 3 dez. 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Package of interventions for rehabilitation: module 2 — musculoskeletal conditions**. Genebra, 2023. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240071100>. Acesso em: 3 dez. 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Fragility fractures**. Genebra, 2024. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/fragility-fractures>. Acesso em: 3 dez. 2025.

YOON, A.; ATHWAL, G. S.; FABER, K. J.; KING, G. J. W. **Radial head fractures**. *The Journal of Hand Surgery*, v. 37, n. 12, p. 2626–2634, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2012.10.001>. Acesso em: 3 dez. 2025.