

PRINCÍPIOS GERAIS DE OSTEOSSÍNTESE



+ CONTEÚDO DIGITAL ▲

// Alexandre de Bustamante Pallottino // Thiago Lopes Lima

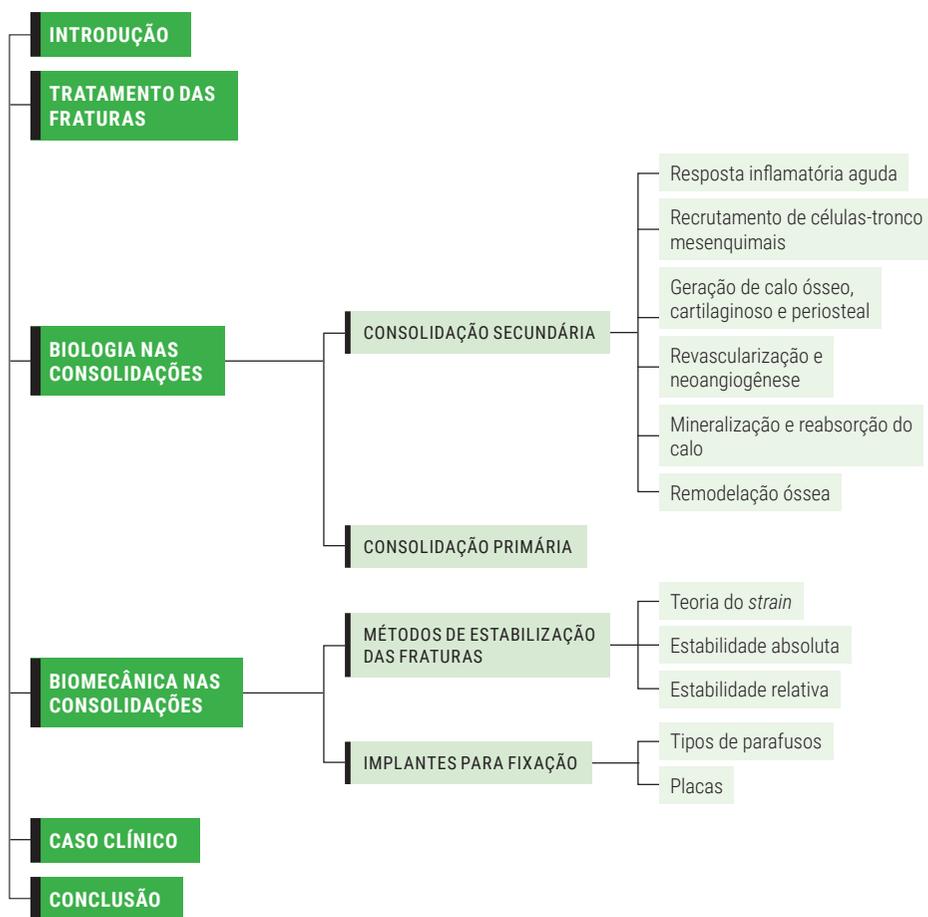
// Sávio Manhães Chami // Breno Jorge Braga Scorza // José Sérgio Franco

➤ OBJETIVOS

Após a leitura deste capítulo, o leitor será capaz de

- reconhecer os princípios fundamentais e os métodos de osteossíntese;
- indicar a osteossíntese para os padrões específicos de fratura;
- escolher o melhor implante para cada tratamento de osteossíntese e para cada tipo de consolidação e suas implicações gerais nos resultados.

» ESQUEMA CONCEITUAL



➤➤ INTRODUÇÃO

A osteossíntese é um procedimento necessário diante do insucesso do tratamento conservador ou de sua impossibilidade. A abordagem mal indicada, com técnicas mal aplicadas, pode levar o paciente a anormalidades anatômicas ou funcionais e frequentemente leva a sequelas como rigidez, atrofia e incapacidade funcional, requerendo um longo período de recuperação.

O conhecimento dos princípios e dos métodos de osteossíntese é um pilar importante na formação ortopédica, sendo a base que fundamenta as decisões tomadas no momento do planejamento do tratamento operatório das fraturas, visto que proporciona aos cirurgiões mais confiança quanto à segurança das soluções técnicas que propõe na busca do melhor resultado para os pacientes e à excelência de seus procedimentos operatórios. Começa-se a identificar uma mudança de conduta em relação a procedimentos que no passado eram considerados satisfatórios, quando começaram a ter seus resultados comparados com técnicas atuais e a evidenciar piores resultados.

Para se definir o estado atual da osteossíntese, deve-se dizer que está passando por um renascimento, tanto em termos de técnicas como em suas aplicações.

Reconhece-se o papel essencial desempenhado pelos modernizadores da osteossíntese, especialmente os de Sir Arboutnot Lane e de Albin Lambotte. Assim como a Fundação AO foi e é fundamental na investigação de novas técnicas e de suas aplicações e no desenvolvimento de novas tecnologias. Assim, eles estabeleceram vários princípios e métodos de osteossíntese, desenvolveram uma série de “regras” que serviram como base e permanecem em evolução e aperfeiçoamento.

➤➤ TRATAMENTO DAS FRATURAS

Ao se deparar com uma fratura, os objetivos iniciais são restauração da anatomia, fixação estável, preservação do suprimento sanguíneo e mobilização precoce do membro.



Com a necessidade de abordagem cirúrgica para tratar uma fratura, a incisão cirúrgica deve ser planejada da forma mais cautelosa possível, respeitando as partes moles e os objetivos do tratamento. As técnicas de osteossíntese não podem ser improvisadas, o planejamento cirúrgico é essencial. Antes de iniciar a cirurgia, é vital certificar-se de que quaisquer dificuldades potenciais, e eventos adversos devem ser antecipados.



Nos casos de osteossíntese, deve-se procurar harmonizar a estabilidade necessária com a mobilidade do membro, para minimizar as sequelas e diminuir o tempo de inatividade; mas isso deve ser feito na proporção certa, para que a magnitude das cargas estáticas e dinâmicas não excedam a resistência dos pontos de ancoragem, o que pode levar à falha do sistema de fixação e pseudoartrose secundária.

Não há um procedimento geral de osteossíntese que seja melhor do que outros, mas sim o que exige cada tipo de fratura, dentro da região anatômica em que se encontra, que deve ser tratada de acordo com suas características mecânicas e biológicas.

No cerne dos conceitos AO, as fraturas diafisárias e articulares tinham necessidades distintas quanto ao tratamento. As **fraturas diafisárias simples de ossos longos** têm como padrão-ouro de tratamento o princípio da estabilidade relativa, respeitando o alinhamento anatômico e a biologia local – para conseguir isso, será utilizado o método do tutor, que tem como objetivo tuturar a fratura até sua consolidação.

Os tutores podem ser internos intra e extramedulares, ou externos, como, por exemplo, os fixadores externos. Os **tutores internos intramedulares** são as hastes intramedulares, que podem ser de vários tipos, já os **tutores internos extramedulares** são as placas-pontes, que podem ser feitas de maneira percutânea minimamente invasivas.

As **fraturas articulares** exigem estabilidade absoluta, que pode ser conseguida com compressão interfragmentar por meio de vários métodos, como parafusos de tração, compressão axial pela placa ou banda de tensão, lembrando que a mobilidade precoce e a consolidação da fratura são sempre os objetivos finais.



Os dispositivos de fixação têm apenas uma função temporária, não se destinando a substituir permanentemente a osteointegração. Na verdade, o objetivo final é a cicatrização óssea, então, sempre que possível, dispositivos de osteossíntese devem ser implantados de forma a ser facilmente extraídos quando não mais necessários.

»» BIOLOGIA NAS CONSOLIDAÇÕES

A compreensão da consolidação de fraturas evoluiu rapidamente. Sabe-se que o osso é um dos poucos tecidos que podem cicatrizar sem formar uma cicatriz fibrosa. Apesar da capacidade regenerativa do tecido esquelético, esse processo biológico às vezes falha, e as fraturas podem cicatrizar em posições anatômicas desfavoráveis, apresentar retardo de consolidação ou pseudoartrose.¹

➤ CONSOLIDAÇÃO SECUNDÁRIA

A consolidação secundária das fraturas é a forma mais comum de consolidação de fraturas e consiste na consolidação óssea endocondral e intramembranosa.² Não requer redução anatômica ou condições rigidamente estáveis. Pelo contrário, é reforçada por micromovimentos e suporte de peso.

No entanto, sabe-se que muito movimento e/ou carga pode(m) resultar em retardo de consolidação ou mesmo na não união dos ossos.³ A consolidação óssea secundária ocorre no tratamento não cirúrgico de fraturas ou tratamentos cirúrgicos nos quais ocorre alguma mobilidade no foco fraturário, como nas hastes intramedulares, na fixação externa ou na fixação interna em fraturas cominutivas.^{4,5}

➤➤ RESPOSTA INFLAMATÓRIA AGUDA



Imediatamente após o trauma, um hematoma é gerado e consiste em células do sangue periférico e intramedular, além de células da medula óssea. A lesão inicia uma resposta inflamatória que é necessária para o progresso de consolidação. A resposta faz com que o hematoma coagule ao redor das extremidades da fratura e dentro da medula, formando um molde para a formação do calo.⁵ A resposta inflamatória aguda atinge o pico nas primeiras 24 horas e está completa após 7 dias, embora as moléculas pró-inflamatórias também desempenhem um papel importante mais tarde na regeneração.⁶

Acredita-se que a interleucina 1 (IL-1) e a interleucina 6 (IL-6) sejam as mais importantes para a consolidação das fraturas. A expressão de IL-1 é produzida pelos macrófagos na fase aguda da inflamação e induz a produção de IL-6 nos osteoblastos, promove a produção do calo cartilaginoso primário e também a angiogênese no local, lesado pela ativação de 1 de seus 2 receptores, IL-1RI ou IL-1RII.⁷⁻⁹ Já a IL-6 é produzida apenas na fase aguda e estimula a angiogênese, a produção do fator de crescimento endotelial vascular e a diferenciação de osteoblastos e osteoclastos.¹⁰

➤➤ RECRUTAMENTO DE CÉLULAS-TRONCO MESENQUIMAIS

LEMBRAR



Para que o osso se regenere, células-tronco mesenquimais específicas precisam ser recrutadas, proliferar e se diferenciar em células osteogênicas. Ainda não é clara a origem dessas células, embora os dados indiquem que são derivadas de tecidos moles circundantes e da medula óssea.

Os dados atuais sugerem que o **fator-1 derivado de células estromais (SDF-1)** e seu receptor acoplado à proteína G (CXCR-4) formam um eixo (SDF-1/CXCR-4) que é um regulador-chave do recrutamento das células mesenquimais específicas ao local do trauma. Assim, a expressão de SDF-1 está aumentada no local da fratura e especialmente no periósteo nas bordas da fratura. O SDF-1 tem um papel específico no recrutamento de células tronco mesenquimais, expressando CXCR-4 para o local lesionado durante a cicatrização da fratura endocondral.¹¹⁻¹³

»» GERAÇÃO DE CALO ÓSSEO, CARTILAGINOSO E PERIOSTEAL

Embora a consolidação indireta da fratura consista em ossificação intramembranosa e endocondral, a formação de um **calo cartilaginoso** que posteriormente sofre mineralização, reabsorção e então é substituído por osso, é a principal característica desse processo. Após a formação do hematoma primário, forma-se um **tecido de granulação rico em fibrina**.¹⁴ Nesse tecido, a formação endocondral ocorre entre as extremidades da fratura e externamente aos sítios periosteais. Essas regiões também são mecanicamente menos estáveis, e o tecido cartilaginoso forma um **calo mole** que dá à fratura uma estrutura estável.¹⁵

Ao mesmo tempo, ocorre uma resposta de ossificação intramembranosa subperiostealmente diretamente adjacente às extremidades distal e proximal da fratura, gerando um **calo duro**. É a ponte final desse calo duro central que, em última análise, fornece à fratura uma estrutura semirrígida que permite o suporte de peso.²

A geração desses tecidos mais rígidos é dependente do recrutamento de células-tronco mesenquimais dos tecidos moles circundantes, do córtex, do periósteo e da medula óssea, bem como da mobilização sistêmica de células-tronco no sangue periférico de locais hematopoiéticos remotos. Uma vez recrutada, uma cascata molecular envolve a produção de colágeno-I e colágeno-II e a participação de várias moléculas de sinalização peptídica.

»» REVASCULARIZAÇÃO E NEOANGIOGÊNESE

A consolidação das fraturas requer suprimento sanguíneo e revascularização. Na consolidação endocondrais, isso envolve não apenas vias angiogênicas, mas também apoptose de condrócitos e degradação cartilaginosa, pois a remoção de células e matrizes extracelulares são necessárias para permitir surgimento de novos vasos no local de reparo.¹⁶

Uma vez alcançado esse padrão estrutural, o processo de vascularização é regulado principalmente por duas vias moleculares, uma via dependente de angiopoietina e uma via dependente de fator de crescimento endotelial vascular (VEFG), o qual promove tanto a vasculogênese (agregação e proliferação de células-tronco mesenquimais endoteliais em um plexo vascular) como a angiogênese (crescimento de novos vasos a partir de vasos já existentes).¹⁷

»» MINERALIZAÇÃO E REABSORÇÃO DO CALO

Para que a regeneração óssea progrida, o calo cartilaginoso mole primário precisa ser reabsorvido e substituído por um calo ósseo duro. À medida que os condrócitos do calo proliferam, tornam-se hipertróficos e a matriz extracelular torna-se calcificada.

O mecanismo de calcificação envolve o papel das mitocôndrias, que acumulam grânulos contendo cálcio criados no ambiente da fratura hipóxica. Após a elaboração no citoplasma dos condrócitos do calo fraturado, os grânulos de cálcio são transportados para a matriz extracelular, onde precipitam com fosfato e formam depósitos minerais iniciais. Esses depósitos de cálcio e fosfato tornam-se o foco para a nucleação homogênea e a formação de cristais de apatita.¹⁸



O pico da formação de calo duro é geralmente alcançado no 14º dia em modelos animais. À medida que a formação do calo duro progride e a cartilagem calcificada é substituída por tecido ósseo, o calo torna-se mais sólido e mecanicamente rígido.²

»» REMODELAÇÃO ÓSSEA

Embora o calo duro seja uma estrutura rígida que proporciona estabilidade biomecânica, ele não restaura totalmente as propriedades biomecânicas do osso normal. Para isso, a cascata de consolidação da fratura inicia uma segunda fase de reabsorção, dessa vez para remodelar o calo duro em uma estrutura óssea lamelar, com uma cavidade medular central.⁵

O processo de remodelação é realizado por um equilíbrio entre a reabsorção do calo duro pelos osteoclastos e a deposição de osso lamelar pelos osteoblastos. Embora o processo seja iniciado em 3 a 4 semanas em modelos animais e humanos, a remodelação pode levar anos para ser concluída para se obter uma estrutura óssea totalmente regenerada.¹⁹ A remodelação óssea mostrou ser resultado da produção de polaridade elétrica criada quando a pressão é aplicada em um ambiente cristalino e atividade osteoblástica, respectivamente. Por essas ações, o calo externo é gradualmente substituído por uma estrutura óssea lamelar, enquanto a remodelação do calo interno restabelece uma cavidade medular característica de um osso diafisário.²⁰



Para que a remodelação óssea seja bem-sucedida, um suprimento sanguíneo adequado e um aumento gradual da estabilidade mecânica são cruciais.²¹ Isso é claramente demonstrado nos casos em que nenhuma delas é alcançada, resultando no desenvolvimento de uma pseudoartrose fibrosa atrófica. No entanto, nos casos em que há boa vascularização, mas fixação instável, o processo de cicatrização progride para formar um calo cartilaginoso, mas resulta em uma pseudoartrose hipertrófica.²²

➤ CONSOLIDAÇÃO PRIMÁRIA

A consolidação direta não ocorre comumente no processo natural de consolidação da fratura, isso por exigir uma correta redução anatômica das extremidades da fratura, sem formação de *gap* e uma fixação estável. Esse tipo de cicatrização é frequentemente o objetivo principal a ser alcançado após a redução aberta e a fixação interna, resultando em uma fixação rígida e em uma diminuição substancial da tensão interfragmentária. Quando esses requisitos são alcançados, a consolidação óssea direta pode ocorrer por remodelação direta do osso lamelar, dos canais de Havers e dos vasos sanguíneos. Ambos os processos envolvem uma tentativa de restabelecer diretamente uma estrutura óssea lamelar anatomicamente correta e biomecanicamente competente.

LEMBRAR



O osso de um lado do córtex deve se unir ao osso do outro lado do córtex para restabelecer a continuidade mecânica. Se a distância entre as extremidades ósseas for menor que 0,01mm e a deformação interfragmentar for menor que 2%, a fratura se une pela chamada consolidação de contato.²³ Nessas condições, cones cortantes são formados nas extremidades dos ósteons mais próximos do local da fratura.²⁴

As pontas dos cones cortantes consistem em osteoclastos que cruzam a linha de fratura, gerando cavidades longitudinais a uma taxa de 50 a 100µm/dia. Essas cavidades são posteriormente preenchidas por osso produzido por osteoblastos que residem na parte traseira do cone de corte. Isso resulta na geração simultânea de uma união óssea e na restauração de sistemas de Havers formados em uma direção axial.^{14,25} Os sistemas de Havers restabelecidos permitem a penetração de vasos sanguíneos que transportam precursores osteoblásticos.^{26,27} Os ósteons em ponte amadurecem posteriormente por remodelação direta no osso lamelar, resultando na consolidação da fratura sem a formação de calo periosteal.



ATIVIDADES

1. Leia as afirmativas a seguir sobre a osteossíntese.
 - I. As técnicas de osteossíntese não podem ser improvisadas, sendo o planejamento cirúrgico essencial.
 - II. Deve-se procurar harmonizar a estabilidade necessária com a mobilidade do membro, para minimizar as sequelas e diminuir o tempo de inatividade.
 - III. Os dispositivos de fixação têm função permanente, substituindo permanentemente a osteointegração.

▼ Quais estão corretas? >> Resposta no final do capítulo

- | | |
|--|---|
| <input type="radio"/> A) Apenas a I e a II. | <input type="radio"/> C) Apenas a II e a III. |
| <input type="radio"/> B) Apenas a I e a III. | <input type="radio"/> D) A I, a II e a III. |

2. Analise as afirmativas a seguir sobre a consolidação secundária das fraturas.

- I. Faz-se necessária a redução anatômica da fratura.
- II. A IL-6 é produzida apenas na fase aguda e estimula a angiogênese, a produção do VEGF e a diferenciação de osteoblastos e osteoclastos.
- III. O hematoma é gerado e consiste em células do sangue periférico e intramedular e em células da medula óssea.
- IV. A resposta inflamatória aguda atinge o pico nas primeiras 24 horas e está completa após 7 dias.

▼ Quais estão corretas? >> *Resposta no final do capítulo*

- (A) Apenas a I e a II.
- (B) Apenas a III e a IV.
- (C) Apenas a II, a III e a IV.
- (D) A I, a II, a III e a IV.

3. Analise as afirmativas a seguir sobre a consolidação primária das fraturas.

- I. No processo natural de consolidação da fratura, ocorre a consolidação direta.
- II. A consolidação óssea direta pode ocorrer por remodelação direta do osso lamelar, dos canais de Havers e dos vasos sanguíneos.
- III. Se a distância entre as extremidades ósseas for menor que 0,01mm e a deformação interfragmentar for menor que 2%, a fratura se une pela chamada consolidação de contato.

▼ Quais estão corretas? >> *Resposta no final do capítulo*

- (A) Apenas a I e a II.
- (B) Apenas a II e a III.
- (C) Apenas a I e a III.
- (D) A I, a II e a III.

>> BIOMECÂNICA NAS CONSOLIDAÇÕES

A seguir, será abordado o aspecto biomecânico da consolidação das fraturas.

> MÉTODOS DE ESTABILIZAÇÃO DAS FRATURAS

Uma fratura estável é aquela que não se desvia sob carga fisiológica. Seu objetivo é manter o alinhamento do membro, proporcionar analgesia e recuperar a função. Na estabilidade absoluta, não há qualquer quantidade de micromovimento no foco fraturário, não ocorrendo, assim, a produção de calo ósseo. Com a estabilidade relativa, ocorre estimulação mecânica para formação de calo ósseo e reparo da fratura. Esse desvio deve ser elástico, reversível, e não permanente.

»» TEORIA DO STRAIN

Strain é a designação da deformação relativa ou alongamento relativo (*strain*) de tecido de regeneração em relação a seu tamanho inicial. É o que acontece, por exemplo, na formação do calo ósseo, quando se nota o aumento do espaço interfragmentar de fratura em relação a seu tamanho inicial. Esse fato é representado matematicamente pela fórmula a seguir.

$$\varepsilon = \Delta L / L$$

Onde ε é o *strain*, ΔL avariação do espaço interfragmentar e L é o espaço inicial.

Portanto, quanto maior o espaço inicial (denominador), menor o *strain*, ou, quanto menor a variação desse espaço (numerador), menor o *strain*. O *strain* determina a tolerância dos tecidos de reparação a variações de tamanho quando submetidos, por exemplo, a solicitações mecânicas; nenhum tecido pode formar-se sob condições de *strain* que excedam o valor de alongamento a que esse tecido resiste antes de romper-se (capacidade de alongamento até a ruptura).

Acima desse valor crítico, o alongamento vai destruir o tecido ou impedir sua formação, o que significa que, em uma fratura de traço simples, como as transversas, na qual o espaço entre os fragmentos após a osteossíntese seja muito pequeno, qualquer mobilidade nesse local representa um *strain* muito grande, o que impede a formação de tecido ósseo. Por outro lado, se o espaço entre os fragmentos for maior, como em fraturas multifragmentares, um grau de instabilidade igual ao considerado no exemplo anterior da fratura transversa irá causar um *strain* menor e não impedir a formação do tecido ósseo.



Considerando que o *strain* para o tecido ósseo é de 2%, compreende-se por que instabilidades aparentemente pequenas em defeitos mínimos são tão graves do ponto de vista biomecânico. O *strain* é a razão e a explicação biológica da existência de alterações da consolidação em fraturas de traços simples que parecem, do ponto de vista mecânico, adequadamente estabilizadas.

É, também, a razão da inexistência de grandes problemas em fraturas multifragmentares, cuja fixação, por ser difícil, muitas vezes não é “perfeita” do ponto de vista mecânico, sendo a evolução para a cura favorável. As fraturas de traços simples são muito mais exigentes, do ponto de vista mecânico, do que as fraturas multifragmentares, desde que a vascularização dos fragmentos seja preservada.

Agora que tais conceitos são reconhecidos, consegue-se explicar, sem muita dificuldade, o porquê de certos resultados favoráveis inesperados, como a consolidação rápida em fraturas cominutivas fixadas com hastes intramedulares bloqueadas ou com placas em ponte (que são placas bloqueadas do ponto de vista biomecânico) ou mesmo com placas em onda. Tudo se resume em fornecer aos tecidos de regeneração (granulação, fibroso, cartilaginoso e ósseo) a possibilidade de suportarem a deformação dentro de valores que não impeçam sua formação, variável para cada tecido, conforme seu valor crítico de tolerância, e, ao mesmo tempo, preservar ao máximo a vascularização. Assim, a consolidação pode ser alcançada rapidamente e sem dificuldades maiores, mesmo em fraturas complexas.

O fator crucial e mais importante para que tal processo se estabeleça sem dificuldades é a **vitalidade dos tecidos**. Isso significa que a biologia é mais importante do que a mecânica (a manipulação cuidadosa dos tecidos, procurando não prejudicar sua vitalidade, é mais importante do que uma redução anatômica).

» ESTABILIDADE ABSOLUTA

A estabilidade absoluta busca a obtenção da redução anatômica e a compressão interfragmentária com ausência de micromovimento da fratura sob carga fisiológica. Na fixação com estabilidade absoluta, obtém-se a **cura sem formação de calo e consolidação óssea primária**. Esse é um processo mais lento, e é preferencialmente o tipo de estabilidade escolhida para as fraturas articulares e para as fraturas simples da diáfise da extremidade superior.²⁸

Kojimaa e Pires, em trabalho recente,²⁸ ampliam esse conceito para as fraturas articulares tratadas com placa bloqueada, advogando que o implante, apesar de reduzir a fratura por contato, mas não pela compressão do parafuso de bloqueio, forneceria rigidez suficiente para permitir a cicatrização óssea sem formação de calo. Além disso, a redução anatômica pode ser obtida com fixação provisória da fratura utilizando pinças resistentes e miniplacas nas fraturas articulares, metafisárias complexas ou diafisárias antes de uma fixação mais rígida.

Seguem as formas de obtenção de estabilidade absoluta:

- parafusos de tração;
- parafusos de autocompressão;
- placas.

PARAFUSO DE TRAÇÃO

As **fraturas articulares e justa-articulares** habitualmente necessitam de redução anatômica e de estabilidade absoluta para obter congruência perfeita da articulação. Nessa região, a fixação com parafuso de tração é o procedimento dominante.

O parafuso de tração é uma ferramenta muito eficiente de fixação de uma fratura por compressão interfragmentar direta, ou por meio de um dispositivo de imobilização como uma placa, uma haste ou um fixador ao osso. Não devem receber muito torque, pois podem falhar permanentemente com pouco estresse.

Em geral, os parafusos de tração são associados a placas de neutralização para bloqueio de movimentos rotacionais (a compressão aplicada afeta uma área pequena do osso, assim, um único parafuso não se opõe à rotação dos fragmentos ósseos em seu eixo).

A força axial produzida por um parafuso resulta da rotação horária deste, de tal forma que as superfícies inclinadas de suas roscas deslizam ao longo da superfície correspondente no osso. A inclinação da rosca deve ser pequena o suficiente para prover o "autobloqueio" do parafuso, ou seja, evitar que o parafuso vire e solte-se.

Dois componentes de força estão em atividade, um junto à circunferência da rosca e um junto ao eixo do parafuso. O primeiro resulta do torque ao apertar, o segundo produz tensão axial. Um parafuso de tração com rosca completa pode ser utilizado como um parafuso de tração, desde que a rosca não seja encaixada dentro da cortical perto da rosca do parafuso (cortical cis = proximal). Isso é feito ao se perfurar, dentro da cortical cis, um espaço ou um orifício de deslizamento com diâmetro levemente maior que o diâmetro externo da rosca do parafuso, o "túnel liso".

Assim, o parafuso de tração cortical é aplicado com um orifício-piloto menor ou rosqueado na cortical trans (cortical mais afastada) e um orifício de saída ou deslizamento maior dentro da cortical cis. O torque de 2.000 a 3.000N de compressão axial diminui lentamente com o passar dos meses, induzido pelo micromovimento na interface entre a rosca e o osso.

O parafuso produz melhor eficiência quando estiver orientado perpendicularmente em relação à superfície da fratura (Figuras 1A a C). Podem falhar por causa de arrancamento axial, forças de flexão ou ambos.

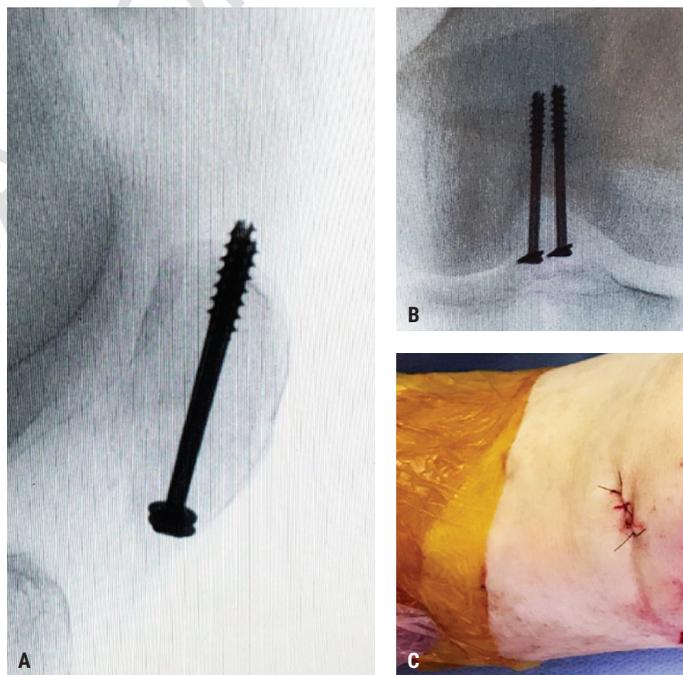


FIGURA 1: **A)** Raio X em perfil. **B)** Raio X em anteroposterior (AP) de parafusos de compressão colocados de forma percutânea **(C)** em fratura da patela. // Fonte: Arquivo de imagem dos autores.



Um parafuso não deve ser apertado até os limites de força ou ductibilidade, para permitir a resistência a qualquer carregamento adicional.

PARAFUSOS DE AUTOCOMPRESSÃO

Os parafusos de autocompressão possuem seção de rosca que intercala passos mais estreitos e mais longos com alma lisa entre eles, o que possibilita a redução da fratura e avançada compressão interfragmentária, com haste central lisa, ao realizar a fixação (Figuras 2A e B). É necessário um implante perpendicular à linha de fratura. Não possui cabeça, ficando enterrado no osso.

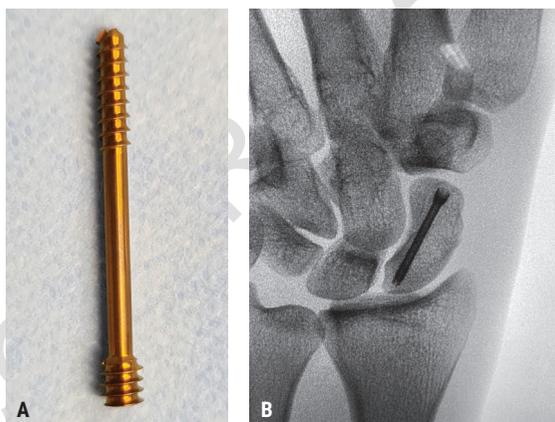


FIGURA 2: **A)** Parafuso de dupla compressão com roscas proximais e distais e segmento intermediário liso. **B)** Parafuso de autocompressão em fratura do escafoide.

// Fonte: Arquivo de imagem dos autores.

PLACAS

A osteossíntese com placas fornece fixação rígida e tem um lugar sólido no tratamento de fraturas. As **fraturas com envolvimento articular** são mais bem abordadas com fixação interna rígida. Nessas fraturas, a redução anatômica é essencial, e a formação de calo não é desejável.

Após a osteossíntese estável, é provável que a consolidação óssea, sobretudo na região diretamente sob uma placa comum, leve mais tempo do que outras técnicas, pela compressão da vasculatura superficial do osso, promovendo modelação e revascularização óssea e lenta, porosidade do osso cortical, espelhando as impressões da placa.



A estabilidade absoluta das fraturas tratadas com placas depende da compressão interfragmentar, que pode ser estabelecida por meio de parafusos de tração, de compressão axial por placa ou de ambos.

A compressão estática entre dois fragmentos é mantida durante várias semanas e não incrementa a reabsorção ou necrose óssea. A compressão interfragmentar leva a uma estabilidade aumentada mediante fricção, mas não tem influência direta sobre a biologia óssea ou sobre a consolidação da fratura. A estabilidade é mantida pela força de fricção na interface placa-osso.

LEMBRAR



A fim de alcançar estabilidade absoluta (mínima formação de calo – importante nos traços articulares e nas fraturas com traço transversal), a compressão sobre toda a seção transversal de uma fratura deve ser suficientemente alta para neutralizar todas as forças (inclinação, distração, cisalhamento e rotação).

Há cinco maneiras de obter compressão interfragmentar:

- **parafuso de tração e placa de neutralização:** a função da placa é neutralizar as forças de angulação, principalmente nas fraturas diafisárias simples: uso de parafusos de tração combinados com uma placa de neutralização (Figuras 3A e B). Nas fraturas longitudinais metaepifisárias, a fixação com parafuso de tração frequentemente precisa ser combinada com uma placa de suporte, para proteger os parafusos das forças de cisalhamento.
- **placa de suporte (em estabilidade absoluta):** na fratura metafisária/epifisária de cisalhamento ou separação, a fixação somente com parafusos de tração pode não ser suficiente. Um parafuso de tração deve, então, ser combinado com uma placa com função de suporte ou antideslizante (Figura 4). Em placas com orifícios DCP, os parafusos devem ser inseridos na posição de neutralização;
- **compressão com o compressor:** em fraturas transversas ou oblíquas curtas da diáfise, nem sempre é possível colocar um parafuso de tração. A maioria dessas fraturas é, de fato, mais bem tratada com fixação intramedular, exceto no antebraço. Quando a utilização do tutor intramedular não é possível ou não estiver indicado, deverá ser usada uma placa de compressão. O compressor removível foi desenvolvido para alcançar compressão adequada (Figura 5);
- **compressão por pré-tensionamento:** se uma placa reta for tensionada em um osso reto, o braço transversal de fratura irá abrir-se por causa das forças que agem excêntrica. Se a placa for levemente pré-tensionada antes da aplicação, o espaço na cortical oposta irá desaparecer com o aumento da compressão, de forma que, por fim, toda fratura será firmemente fechada e comprimida (Figura 6);
- **compressão axial pela placa:** utiliza os parafusos ovais, com inclinação para deslizar o osso sobre a placa e provocar compressão do foco de fratura (Figuras 7A e B). A fratura tem de ser traço simples, além de usar o princípio do pré-tensionamento da placa. Devem ser colocados um parafuso central em um fragmento e um parafuso excêntrico no outro fragmento, que irá provocar a compressão das partes (Figuras 8A e B). Pode-se conseguir mais compressão com os demais orifícios excêntricos (não se deve exagerar, pois pode provocar necrose no foco).

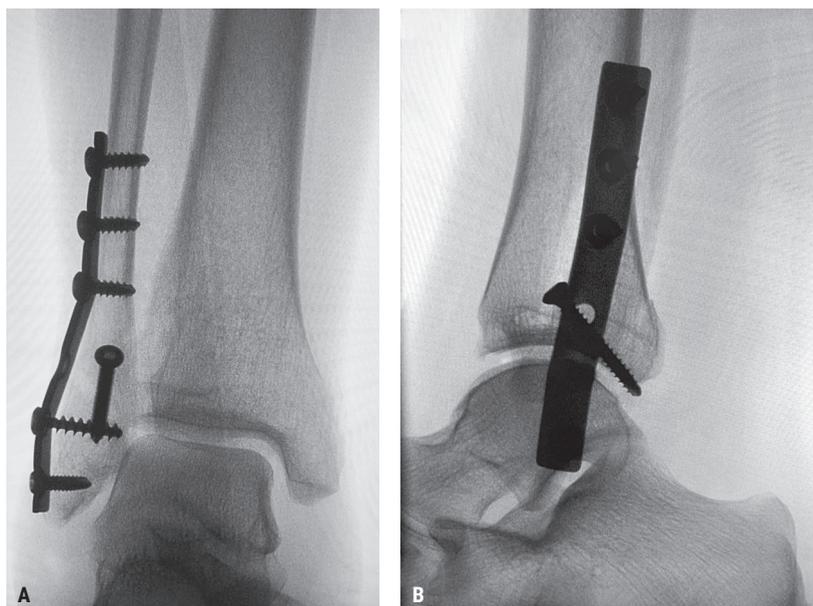


FIGURA 3: A e B) AP e perfil de fratura do maléolo lateral tratada com parafuso interfragmentário e placa de neutralização. // Fonte: Arquivo de imagem dos autores.



FIGURA 4: Placa 1/3 tubular posterior com função de suporte no maléolo posterior. // Fonte: Arquivo de imagem dos autores.

CÓPIA CÔPIA



FIGURA 5: Compressor removível, onde B representa o "gancho" fixo à placa; C representa o local onde um orifício excêntrico e preso a um parafuso; e A, o parafuso que aproximará B de C, fornecendo compressão. // Fonte: Arquivo de imagem dos autores.



FIGURA 6: Placa DCP na ulna com pré-tensionamento de 1mm para não ampliar o gap da cortical trans. // Fonte: Arquivo de imagem dos autores.

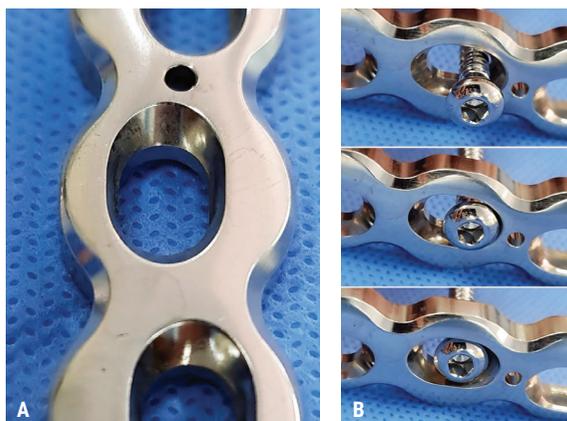


FIGURA 7: **A)** Visão do orifício oval com inclinação em "rampa" por onde o parafuso corre fazendo compressão axial conforme é comprimido. **B)** Esquema da evolução dinâmica do parafuso conforme compressão. // Fonte: Arquivo de imagem dos autores.

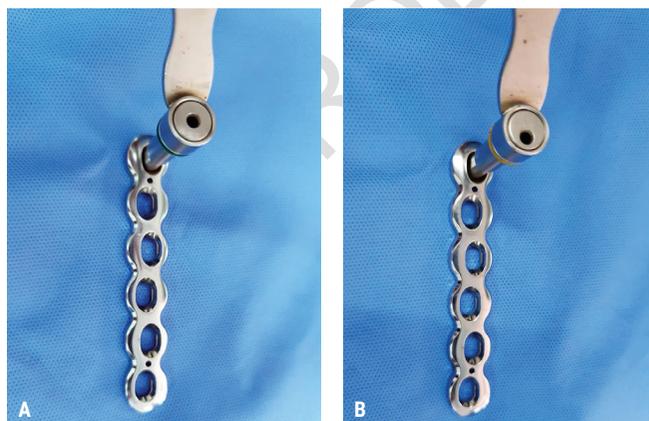


FIGURA 8: Inserção de parafuso com guia na posição central **(A)** e na posição excêntrica **(B)**. // Fonte: Arquivo de imagem dos autores.

BANDA DE TENSÃO

Pauwels²¹ observou que uma estrutura curva e tubular sob carga axial sempre tem um lado de compressão e um lado de tensão. A partir dessas observações, desenvolveu-se o princípio da banda de tensão, que descreve como forças de tensão são convertidas em forças de compressão aplicando-se dispositivo excêntrico no lado convexo de um tubo curvado ou no osso.

Qualquer implante interno ou externo deve ser aplicado no lado de tensão para neutralizar essas forças. A união óssea irá, então, ocorrer com bastante consistência. Isso demonstra que, além das alças de fios, tanto arames e materiais de sutura absorvíveis como uma placa podem preencher a função de uma banda de tensão (Figura 9).

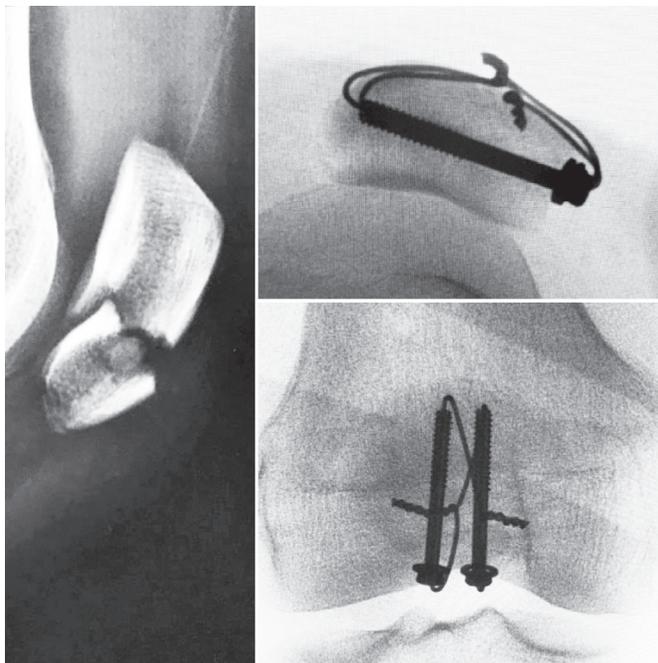


FIGURA 9: Fratura de patela à esquerda, com banda de tensão com 2 parafusos canulados com arruela e cerclagem com cabo de aço à direita. // Fonte: Arquivo de imagem dos autores.

A aplicação de uma banda de tensão irá neutralizar essas forças, e até mesmo convertê-las em compressão, quando a articulação for flexionada. Além de todo benefício biomecânico, apresenta a vantagem de permitir movimentação imediata. Alguns requisitos são necessários para a banda de tensão: uma fratura que permite suportar compressão, cortical oposta intacta e fixação sólida para resistir forças de tensão.

Uma banda de tensão que produza compressão no momento da aplicação, como, por exemplo, no maléolo medial, é chamada de **banda de tensão estática**, já que as forças no local da fratura permanecem relativamente constantes durante o movimento do tornozelo. Entretanto, quando as forças de compressão aumentam com o movimento, como, por exemplo, na patela, com a flexão do joelho, a **banda de tensão** é chamada de **dinâmica**.

As placas também podem ser utilizadas como **banda de tensão**, conforme os critérios apresentados a seguir.

- o osso fraturado deve ser excentricamente carregado, como, por exemplo, o fêmur;
- a placa deve ser colocada no lado de tensão;
- a placa deve ser capaz de suportar as forças de tensão.

O osso deve ser capaz de suportar a força compressiva que resulta da conversão das forças de distração pela placa. Deve haver uma escora óssea em oposição à placa, para evitar o arqueamento cíclico.

» ESTABILIDADE RELATIVA

Na modalidade de estabilidade relativa, pretende-se a obtenção de redução funcional (correção de alinhamento, rotação e comprimento), além do controle de movimento dos fragmentos fraturados sob carga fisiológica. A estabilidade se dará com formação de calo ósseo.



A estabilidade relativa é indicada em fraturas diafisárias dos membros inferiores (com haste intramedular) e nas regiões metafisárias ou fraturas multifragmentares diafisárias com haste ou placa.

Seguem os tipos de fixação com estabilidade relativa.

TUTORES INTERNOS INTRAMEDULARES — HASTE INTRAMEDULAR BLOQUEADA

A haste intramedular é a primeira escolha nas **fraturas diafisárias dos membros inferiores** e com possibilidade nas **fraturas diafisárias ou metadiafisárias do úmero proximal** (Figuras 10A e B).

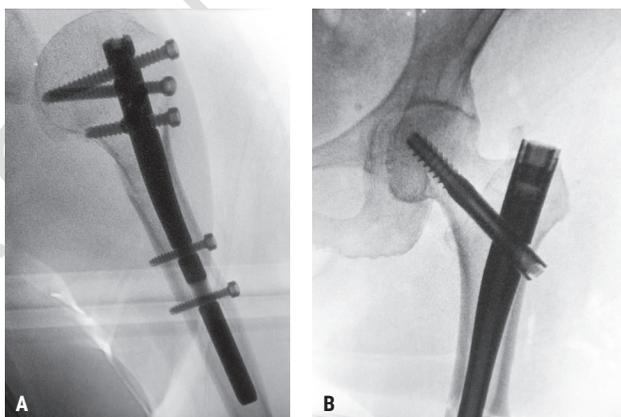


FIGURA 10: A) Haste intramedular de úmero para fratura diafisária. **B)** Haste intramedular do fêmur para tratamento de fratura diafisária. // Fonte: Arquivo de imagem dos autores.

A adição de parafusos de bloqueio à haste melhorou as propriedades mecânicas do implante intramedular e ampliou o leque de indicações a fraturas até mais proximais ou distais, bem como a padrões mais complexos e instáveis. Os parafusos de bloqueio evitam o encurtamento também. A fresagem da cavidade medular causa lesão ao suprimento sanguíneo cortical interno, o qual mostrou-se reversível dentro de 8 a 12 semanas.

Apresenta, porém, risco aumentado de infecção, embolia pulmonar, alterações do sistema de coagulação relacionadas com a temperatura e com reações humorais, neurais e inflamatórias. Nos pacientes com canal medular estreito, a inserção da haste sem fresagem apresenta menor produção de calor e menos distúrbios do suprimento sanguíneo endosteal, menor necrose óssea e menor infecção.

TUTORES EXTERNOS — FIXAÇÃO EXTERNA

A fixação externa (Figura 11) é realizada por intermédio de dispositivo colocado por fora da pele que estabiliza os fragmentos do osso através de fios de Steimann ou de pinos de Schanz conectados a uma ou mais barras/tubos longitudinais. É muito útil no controle do dano nos pacientes politraumatizados, nas fraturas com extensa lesão de partes moles, promovendo também menos lesões ao suprimento sanguíneo do osso sem que se perca a rigidez de fixação ajustável sem cirurgia.



FIGURA 11: Fixador externo transarticular bilateral para tratamento de fratura do pilão sem condições de partes moles para abordagem definitiva. // Fonte: Arquivo de imagem dos autores.



A fixação externa é uma boa opção em situações de infecção.

A fixação externa apresenta como inconveniente pino e fios penetrando em partes moles, o que gera incomodo nem sempre tolerado, complicações (principalmente de caráter infeccioso) no trajeto do pino e movimento articular restringido quando a formação é transarticular.

A rigidez da moldura do fixador depende dos seguintes fatores:

- distância dos pinos de Schanz (mais estável quanto mais próximos da linha);
- distância da proximidade da barra longitudinal de conexão do osso;
- maior número de barras.



A fixação externa insuficientemente estável pode retardar a consolidação da fratura e levar ao afrouxamento dos pinos. Entretanto, o excesso de rigidez da montagem pode levar à consolidação retardada da fratura, especialmente nos casos de fraturas expostas.

TUTORES INTERNOS

Para abolir os efeitos ruins de qualquer placa em contato com o osso, foi escolhida uma abordagem completamente diferente. Com a introdução de parafusos ou pinos que se bloqueiam rigidamente dentro do orifício da placa quando parafusados, a placa não é mais pressionada contra o osso subjacente. De forma similar ao fixador externo, essa técnica de aplicar uma placa foi denominada sistema de fixador interno, já que o implante funciona mais como um fixador do que como uma placa, enquanto todo o conjunto está coberto por partes moles e por pele. Oferecem **maior resistência contra infecção e contra outras complicações**.

As placas LCP (placas bloqueadas) consistem em uma placa cujos parafusos são autotrefinantes, possuindo grandes e pequenos fragmentos. A cabeça do parafuso bloqueia-se firmemente no orifício da placa com uma rosca fina. Existem placas com ângulo variável de bloqueio, principalmente úteis nas fraturas do rádio distal.

A fixação com implantes bloqueados preserva a vascularização do osso de uma forma ideal e tem uma resistência melhor a infecção do que as placas convencionais, e esses implantes podem ser projetados para serem inseridos de uma forma minimamente invasiva (LISS e outras placas especiais). Formam um dispositivo de parafuso-placa, consistindo em dois componentes para fácil aplicação em fraturas e são, devido à natureza autotrefinante, parafusos unicorticais (atualmente, melhor utilizar bicortical), fácil e rapidamente aplicados a uma fratura reduzida.

As LCPs são placas com orifícios híbridos que possuem a configuração oval com inclinação para proporcionar compressão e porção rosqueada para bloqueio dos parafusos. É preciso lembrar que se deve usar primeiro o princípio de compressão interfragmentar, com parafusos corticais. Após, deve-se bloquear a placa com os parafusos bloqueados nas porções especiais do orifício híbrido ou separado de algumas placas (idealmente, deve-se substituir os parafusos corticais por bloqueados).

O LISS (sistema de estabilização menos invasivo) foi concebido precisamente para as regiões metadiafisárias. Seu formato adapta-se aos contornos anatômicos da área específica do osso, de forma que implantes separados são necessários para os lados direito e esquerdo.

PLACA COMO TUTOR INTERNO EXTRAMEDULAR

Os bloqueios das cabeças dos parafusos nos orifícios da placa transmitem a força sobre a placa, reduzindo a necessidade de fricção e compressão placa-osso proporcionada pela pega (tração) do parafuso no osso. Minimiza a lesão vascular periosteal e aumenta a estabilidade, mesmo em ossos frágeis (Figura 12).



FIGURA 12: Osteossíntese com placa DCP bloqueada como fixador externo para tratamento de fratura diafisária de fêmur em paciente portador de osteogênese imperfecta com fêmur curvo.

// Fonte: Arquivo de imagem dos autores.

CÓPIA CONTROLADA

PLACA EM PONTE

A fim de respeitar a biologia de uma fratura multifragmentar complexa e minimizar qualquer lesão adicional de partes moles, é defendida atualmente a chamada placa em ponte, que é fixada somente aos dois principais fragmentos, deixando a zona de fratura intocada (Figura 13), com uma área de trabalho aumentada (distância entre os parafusos).



FIGURA 13: Na parte de cima da imagem, observam-se fratura diafisária do úmero e AP da osteossíntese. Na parte de baixo, observam-se perfil da osteossíntese do úmero com placa ponte e incisão minimamente invasiva. // Fonte: Arquivo de imagem dos autores.



ATIVIDADES

4. Correlacione a primeira e a segunda colunas a respeito do tipo de estabilidade necessário para cada tipo de fratura.

- | | |
|---------------------------|--|
| ▶ 1 Estabilidade absoluta | — Fraturas diafisárias dos membros inferiores. |
| ▶ 2 Estabilidade relativa | — Fraturas simples da diáfise da extremidade superior. |
| | — Fraturas multifragmentares diafisárias com haste ou placa. |
| | — Fraturas articulares. |

▼ Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta. >> *Resposta no final do capítulo*

- | | |
|-------------------|-------------------|
| (A) 2 – 1 – 1 – 2 | (C) 1 – 2 – 2 – 1 |
| (B) 2 – 1 – 2 – 1 | (D) 1 – 2 – 2 – 2 |

5. As alternativas a seguir apresentam critérios necessários para a estabilidade na osteossíntese com banda de tensão com fios de Kirchner e fio de aço.

- I. Fratura articular.
- II. Fratura que permita compressão.
- III. Cortical oposta intacta.
- IV. Fixação sólida.

▼ Quais estão corretas? >> *Resposta no final do capítulo*

- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| (A) Apenas a I e a II. | (C) Apenas a II, a III e a IV. |
| (B) Apenas a III e a IV. | (D) A I, a II, a III e a IV. |

6. Assinale a alternativa que apresenta o objetivo do pré-tensionamento da placa na estabilidade absoluta. >> *Resposta no final do capítulo*

- (A) Facilitar a divergência dos parafusos reduzindo a força de arrancamento.
- (B) Reduzir o dano vascular periosteal.
- (C) Reduzir a fenda na cortical trans após a compressão dos parafusos.
- (D) Não há necessidade de pré-tensionar a placa.

7. Assinale a alternativa correta quanto ao princípio da placa de neutralização com parafuso interfragmentário. >> *Resposta no final do capítulo*

- (A) Estabilidade absoluta.
- (B) Estabilidade relativa.
- (C) Estabilidade relativa proximal e absoluta no foco fraturário.
- (D) Depende da disposição dos parafusos.

8. Analise as afirmativas a seguir com relação à fresagem intramedular do osso na utilização das hastes.

- I. Os danos vasculares são revertidos de 8 a 12 semanas.
- II. Pode promover necrose óssea.
- III. Está associada a embolia.
- IV. Os danos vasculares são irreversíveis, mas agregam enxerto ao foco de fratura.

▼ Quais estão corretas? >> *Resposta no final do capítulo*

- (A) Apenas a I e a II.
- (B) Apenas a III e a IV.
- (C) Apenas a I, a II e a III.
- (D) A I, a II, a III e a IV.

➤ IMPLANTES PARA FIXAÇÃO

Os materiais escolhidos para implante para a fixação devem oferecer algumas características, como rigidez, resistência do material, ductilidade, resistência a corrosão e biocompatibilidade (Quadro 1).

QUADRO 1

CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS ESCOLHIDOS PARA IMPLANTE PARA FIXAÇÃO

Rigidez	É a capacidade do material de tolerar a deformidade (carga aplicada/ deformidade elástica resultante), seu módulo de elasticidade. A osteossíntese restaura a rigidez óssea até que a consolidação assuma essa função.
Resistência do material	É a capacidade de resistir a forças sem deformar, determinando a quantidade de carga às quais este pode ser submetido antes de quebrar ou perder sua forma original (deformidade plástica). A resistência do implante ao número de ciclos de carga antes de fadigar é algo importante a se entender na escolha do material.
Ductilidade	É o grau de perder a deformidade plástica antes da falha do material.
Resistência à corrosão	É a degradação estrutural da superfície do implante com liberação de debris. O titânio tem inércia química extrema, por uma liga de óxido passivo formada muito rapidamente em sua superfície. As ligas de cromo-cobalto, em contato com o aço cirúrgico, têm alto efeito corrosivo. A principal forma de corrosão é a fricção. Os detritos estimulam o recrutamento de fagócitos com efeitos líticos no segmento ósseo acometido.
Biocompatibilidade	A diferença entre aço e titânio em uma placa é maior em um sistema multicomponente do que nas hastes, tendo a infecção uma incidência maior nos implantes de aço do que nos de titânio.

» TIPOS DE PARAFUSOS

ESPONJOSOS

Os parafusos esponjosos têm um diâmetro externo maior, uma rosca mais profunda e um passo maior que os parafusos corticais e têm suas aplicações no osso metafisário ou epifisário. Podem possuir rosca em toda sua extensão ou apenas parcialmente (Figura 14).



FIGURA 14: Parafusos esponjosos, rosca total à esquerda e rosca parcial à direita.

// Fonte: Arquivo de imagem dos autores.

CORTICAIS

Os parafusos corticais são feitos para diáfise e são utilizados na fixação de placas e na compressão interfragmentária, para estabilização de fraturas em ossos longos. São submetidos a um momento torcional ou torque.²⁰ Esse torque é, aparentemente, responsável pela ancoragem do parafuso ao osso (Figura 15).



FIGURA 15: Parafuso cortical. // Fonte: Arquivo de imagem dos autores.

CANULADO

Os parafusos canulados podem ser corticais ou esponjosos. Têm um orifício na haste, que serve para fixações percutâneas, pois oferece passagem para um fio-guia, que é passado na fratura após a redução da fratura, e serve como guia para a colocação do parafuso de fixação (Figura 16).



FIGURA 16: Parafuso canulado com fio-guia dentro e arruela superior. // Fonte: Arquivo de imagem dos autores.

BLOQUEADOS

Os parafusos bloqueados, princípio de fixadores internos, têm suas cabeças bloqueadas nos orifícios da placa, o que confere, além da fixação ao osso, o bloqueio na placa, induzindo imobilidade nessa interface, aumentando a força de arrancamento. Podem ser corticais ou esponjosos.



FIGURA 17: Parafuso bloqueado com rosca até sua cabeça, onde ocorre o travamento na placa.

// Fonte: Arquivo de imagem dos autores.

» PLACAS

As placas podem ser utilizadas para proteção, compressão, banda de tensão, ponte ou suporte.

PLACA DE COMPRESSÃO DINÂMICA 3,5 E 4,5

As placas de compressão dinâmica (DCP) 3,5 e 4,5 apresentam um desenho dos orifícios “em rampa”, permitindo compressão axial por inserção excêntrica do parafuso. A placa funciona de modos diferentes: compressão, neutralização (usada para evitar estresse sobre parafusos de compressão), banda de tensão (colocada no lado de tensão do osso), ponte (manutenção do alinhamento) ou como suporte.

A DCP está disponível em três tamanhos, para ossos grandes e pequenos:

- DCP 4,5 larga: para fraturas do fêmur e, excepcionalmente, do úmero, a qual utiliza parafusos corticais de 4,5mm, com parafusos de haste lise de 4,5mm e com parafusos esponjosos de 6,5mm;
- DCP 4,5 estreita: para fraturas da tíbia e do úmero, que utiliza os mesmos parafusos da DCP larga;
- DCP 3,5: para as fraturas do antebraço, da fíbula, da pelve e da clavícula (Figura 18), usada com parafusos corticais de 3,5mm, com parafusos de haste lisa de 3,5mm e com parafusos esponjosos de 4,0 mm.



FIGURA 18: Placa DCP 3,5mm.

// Fonte: Arquivo de imagem dos autores.

PLACA DE COMPRESSÃO DINÂMICA DE CONTATO LIMITADO 3,5 E 4,5

As placas de compressão dinâmica de contato limitado (LCP) 3,5 e 4,5 são a evolução da DCP (Figura 19). A área de contato placa-osso da LCP está grandemente reduzida, comprometendo menos a rede capilar do perióstio e levando a uma melhora relativa da perfusão cortical (reduz as alterações poróticas sob a placa).



FIGURA 19: Placa LCP com baixa área de contato ósseo, reduzindo a lesão vascular superficial.

// Fonte: Arquivo de imagem dos autores.

PLACAS TUBULARES

A placa de um terço de tubo existe somente na versão 3,5. Por ter somente 1mm de espessura, sua capacidade de conferir estabilidade é um pouco limitada; porém, confere utilidade em áreas de cobertura mínima de partes moles (Figura 20).



FIGURA 20: Placa 1/3 tubular de titânio.
 // Fonte: Arquivo de imagem dos autores.

PLACA DE RECONSTRUÇÃO 3,5 E 4,5

As placas de reconstrução 3,5 e 4,5 são caracterizadas por sulcos profundos entre os orifícios, o que permite a moldagem acurada da parte achatada, bem como a dobra clássica da placa (Figura 21). Os orifícios são ovais para permitir a compressão dinâmica. São úteis nas fraturas de ossos com geometria tridimensional complexa, como as encontradas na pelve e no acetábulo, no úmero distal e na clavícula.



FIGURA 21: Placa de reconstrução modelada como placa-mola para fixar fratura do rebordo posterior do acetábulo. // Fonte: Arquivo de imagem dos autores.

CÓPIA

PLACAS BLOQUEADAS

As placas bloqueadas são utilizadas com o princípio de fixador interno, juntamente com os parafusos bloqueados (Figura 22). A teoria da vantagem mecânica desse tipo de implante é a de que se consegue estabilidade suficiente sem o contato osso-placa, o que era necessário no uso de placas convencionais.¹⁸ Essa estabilidade se daria por meio dos parafusos bloqueados, levando a melhores resultados no osso osteoporótico.¹⁹

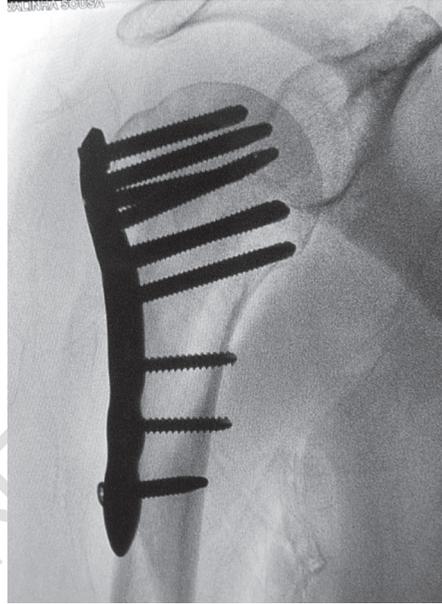


FIGURA 22: Placa anatômica bloqueada de úmero proximal. //Fonte: Arquivo de imagens dos autores.



ATIVIDADES

9. “Com relação às características dos materiais escolhidos para implante para a fixação, a _____ é o grau de perder a deformidade plástica antes da falha do material.” Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas. >> *Resposta no final do capítulo*

- (A) ductilidade
- (B) resistência do material
- (C) resistência a corrosão
- (D) rigidez

10. Assinale a alternativa que apresenta o que determina a ductilidade do material.

>> Resposta no final do capítulo

- (A) A capacidade de tolerar deformidade mecânica.
- (B) O grau de perder a deformidade plástica antes de falhar.
- (C) A resistência a corrosão mesmo quando associado com outros tipos de material.
- (D) A resistência a forças sem deformar.

11. Observe a figura a seguir que mostra uma radiografia em perfil de pós-operatório de osteossíntese de olecrano com banda de tensão com fios de Kirschner e cabo de aço e responda: a osteossíntese com banda de tensão utiliza qual tipo de estabilidade?

>> Resposta no final do capítulo



// Fonte: Arquivo de imagens dos autores.

- (A) Absoluta.
- (B) Relativa.
- (C) As duas.
- (D) Depende do material a ser utilizado.

CÓPIA

CASO CLÍNICO



Paciente do sexo masculino, 24 anos de idade, *motoboy*, vítima de colisão entre moto e carro evolui com fratura da tíbia esquerda. Só procurou atendimento médico 24 horas após o acidente e chegou na unidade com flictenas mediais e laterais ao redor da perna (Figuras 23A a C).

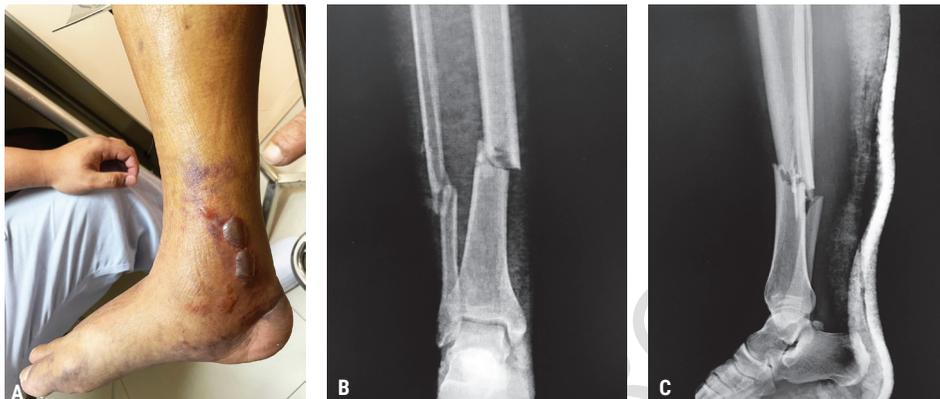


FIGURA 23: **A)** Flictenas na face medial da perna direita. **B e C)** Radiografias em AP e perfil da perna direita. // Fonte: Arquivo de imagem dos autores



12. Assinale a alternativa que apresenta a melhor abordagem inicial para o paciente do caso clínico. >> *Resposta no final do capítulo*

- A)** Tratamento conservador com tala-bota e depois gesso.
- B)** Fixador externo transarticular.
- C)** Haste intramedular bloqueada.
- D)** Placa anatômica em ponte.

13. Analise as afirmativas a seguir a respeito do que confere maior rigidez à fixação externa.

- I. Menor distância entre as barras e o osso.
- II. Maior diâmetro do pino.
- III. Maior distância entre os pinos.
- IV. Menor distância entre as barras.

▼ Quais estão corretas? >> *Resposta no final do capítulo*

- A)** Apenas a I e a II.
- B)** Apenas a III e a IV.
- C)** Apenas a I, a III e a IV.
- D)** A I, a II, a III e a IV.

14. Após 14 dias de fixação externa, optou-se pela fixação com placa anatômica em ponte da tíbia. Em se pensando em infecção, ela é >> *Resposta no final do capítulo*

- (A) igual nos implantes de aço e de titânio.
- (B) mais frequente nos implantes de titânio.
- (C) mais frequente nos implantes de aço.
- (D) mais frequente na associação de aço e titânio.

>> CONCLUSÃO

A verdade inegável é que a osteossíntese sobreviveu a todas as críticas que lhe foram feitas e superou sua crise, e os princípios AO surgiram com a meta de melhorar o desfecho funcional. O cuidado das fraturas tem se tornado um processo estruturado, com base na ciência, na tecnologia avançada e na pesquisa com estudos clínicos. Essa é a razão pela qual foi dito que estava passando por um renascimento.

Como resultado dos desenvolvimentos recentes, as técnicas cirúrgicas melhoraram e já não se pensa que um único método ou técnica geral possa ser aplicado a todos os casos; pelo contrário, as soluções mecânicas mais adequadas vão sendo desenvolvidas para cada região anatômica e para cada padrão de fratura, sempre de acordo com as características biológicas, com a particularidade e a função do segmento esquelético envolvido.

No que diz respeito à osteossíntese, deve-se enfatizar o mais energicamente possível que o sucesso e o prognóstico são realizados com base na capacidade de harmonizar os princípios mecânicos (derivados da forma da fratura e de seus fragmentos) e os princípios biológicos (derivados da vitalidade do osso e de seus caminhos nutricionais). Assim, mesmo com esses avanços, os princípios AO permanecem tão válidos hoje quanto eram há quase 50 anos, quando o grupo foi formado, sustentando-se como princípios fundamentais dos cuidados das fraturas.

➤➤ ATIVIDADES: RESPOSTAS

ATIVIDADE 1 // RESPOSTA: A

► Comentário: Os dispositivos de fixação têm apenas uma função temporária, não se destinando a substituir permanentemente a osteointegração.

ATIVIDADE 2 // RESPOSTA: C

► Comentário: A consolidação secundária é a forma mais comum de consolidação de fraturas e consiste na consolidação óssea endocondral e intramembranosa. Não requer redução anatômica ou condições rigidamente estáveis.

ATIVIDADE 3 // RESPOSTA: B

► Comentário: A consolidação direta não ocorre comumente no processo natural de consolidação da fratura, porque exige uma correta redução anatômica das extremidades da fratura, sem formação de *gap* e uma fixação estável.

ATIVIDADE 4 // RESPOSTA: B

► Comentário: A estabilidade absoluta é preferencialmente o tipo de estabilidade escolhida para as fraturas articulares e para as fraturas simples da diáfise da extremidade superior. A estabilidade relativa é indicada em fraturas diafisárias dos membros inferiores (com haste intramedular) e nas regiões metafisárias ou fraturas multifragmentares diafisárias com haste ou placa.

ATIVIDADE 5 // RESPOSTA: C

► Comentário: As fraturas articulares são uma das indicações para a osteossíntese com banda de tensão, devido ao princípio da estabilidade absoluta, porém, os critérios de estabilidade são fraturas que permitem suportar compressão cortical oposta intacta e fixação sólida para resistir a forças de tensão.

ATIVIDADE 6 // RESPOSTA: C

► Comentário: Se a placa for levemente pré-tensionada antes da aplicação, o espaço na cortical oposta irá desaparecer com o aumento da compressão, de forma que, por fim, toda fratura será firmemente fechada e comprimida.

ATIVIDADE 7 // RESPOSTA: A

► Comentário: O parafuso interfragmentário promove estabilidade absoluta, e a placa de neutralização, como o próprio nome já diz, anula as forças de cisalhamento.

ATIVIDADE 8 // RESPOSTA: C

► Comentário: A fresagem da cavidade medular causa lesão ao suprimento sanguíneo cortical interno, o qual mostrou-se reversível dentro de 8 a 12 semanas.

ATIVIDADE 9 // RESPOSTA: A

► Comentário: A ductilidade é o grau de perder a deformidade plástica antes da falha do material. Para as demais características, ver Quadro 1.

**ATIVIDADE 10 // RESPOSTA: B**

► Comentário: A ductilidade é o grau de perder a deformidade plástica antes da falha do material.

ATIVIDADE 11 // RESPOSTA: A

► Comentário: A banda de tensão irá neutralizar forças, e até mesmo convertê-las em compressão, quando a articulação for flexionada, conferindo, assim, estabilidade absoluta.

ATIVIDADE 12 // RESPOSTA: B

► Comentário: Devido à lesão extensa das partes moles, a melhor abordagem inicial desse paciente é a fixação provisória com fixador externo.

ATIVIDADE 13 // RESPOSTA: D

► Comentário: Quanto menor a distância entre as barras, maior é a fixação da montagem.

ATIVIDADE 14 // RESPOSTA: C

► Comentário: A infecção é uma incidência maior nos implantes de aço que nos de titânio.

CÓPIA CONTROLADA

➤➤ REFERÊNCIAS

- Marsell R, Einhorn TA. Emerging bone healing therapies. *J Orthop Trauma*. 2010 Mar;24(Suppl 1):S4–8. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e3181ca3fab>
- Gerstenfeld LC, Alkhiary YM, Krall EA, Nicholls FH, Stapleton SN, Fitch JL, et al. Three-dimensional reconstruction of fracture callus morphogenesis. *J Histochem Cytochem*. 2006 Nov;54(11):1215–28. <https://doi.org/10.1369/jhc.6A6959.2006>
- Pape HC, Giannoudis PV, Grimme K, van Griensven M, Krettek C. Effects of intramedullary femoral fracture fixation: what is the impact of experimental studies in regards to the clinical knowledge? *Shock*. 2002 Oct;18(4):291–300. <https://doi.org/10.1097/00024382-200210000-00001>
- Perren SM. Evolution of the internal fixation of long bone fractures. The scientific basis of biological internal fixation: choosing a new balance between stability and biology. *J Bone Joint Surg Br*. 2002 Nov;84(8):1093–110. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.84b8.13752>
- Gerstenfeld LC, Cullinane DM, Barnes GL, Graves DT, Einhorn TA. Fracture healing as a post-natal developmental process: molecular, spatial, and temporal aspects of its regulation. *J Cell Biochem*. 2003 Apr;88(5):873–84. <https://doi.org/10.1002/jcb.10435>
- Breur GJ, VanEnkevort BA, Farnum CE, Wilsman NJ. Linear relationship between the volume of hypertrophic chondrocytes and the rate of longitudinal bone growth in growth plates. *J Orthop Res*. 1991 May;9(3):348–59. <https://doi.org/10.1002/jor.1100090306>
- Kon T, Cho TJ, Aizawa T, Yamazaki M, Nooh N, Graves D, et al. Expression of osteoprotegerin, receptor activator of NF-kappaB ligand (osteoprotegerin ligand) and related proinflammatory cytokines during fracture healing. *J Bone Miner Res*. 2001 Jun;16(6):1004–14. <https://doi.org/10.1359/jbmr.2001.16.6.1004>
- Lee SK, Lorenzo J. Cytokines regulating osteoclast formation and function. *Curr Opin Rheumatol*. 2006 Jul;18(4):411–8. <https://doi.org/10.1097/01.bor.0000231911.42666.78>
- Sfeir C, Ho L, Doll BA, Azari K, Hollinger JO. Fracture repair. In: Lieberman JR, Friedlaender GE, editors. *Bone regeneration and repair*. Totowa: Humana; 2005. p. 21–44.
- Yang X, Ricciardi BF, Hernandez-Soria A, Shi Y, Pleshko Camacho N, et al. Callus mineralization and maturation are delayed during fracture healing in interleukin-6 knockout mice. *Bone*. 2007 Dec;41(6):928–36. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2007.07.022>
- Granero-Moltó F, Weis JA, Miga MI, Landis B, Myers TJ, O'Rear L, et al. Regenerative effects of transplanted mesenchymal stem cells in fracture healing. *Stem Cells*. 2009 Aug;27(8):1887–98. <https://doi.org/10.1002/stem.103>
- Kitaori T, Ito H, Schwarz EM, Tsutsumi R, Yoshitomi H, Oishi S, et al. Stromal cell-derived factor 1/CXCR4 signaling is critical for the recruitment of mesenchymal stem cells to the fracture site during skeletal repair in a mouse model. *Arthritis Rheum*. 2009 Mar;60(3):813–23. <https://doi.org/10.1002/art.24330>
- Ma J, Ge J, Zhang S, Sun A, Shen J, Chen L, et al. Time course of myocardial stromal cell-derived factor 1 expression and beneficial effects of intravenously administered bone marrow stem cells in rats with experimental myocardial infarction. *Basic Res Cardiol*. 2005 May;100(3):217–23. <https://doi.org/10.1007/s00395-005-0521-z>
- Rahn BA. Bone healing: histologic and physiologic concepts. In: Fackelman GE, editor. *Bone in clinical orthopedics*. Stuttgart: Thieme; 2002. p. 287–326.
- Dimitriou R, Tsiridis E, Giannoudis PV. Current concepts of molecular aspects of bone healing. *Injury*. 2005 Dec;36(12):1392–404. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2005.07.019>
- Ai-Aql ZS, Alagl AS, Graves DT, Gerstenfeld LC, Einhorn TA. Molecular mechanisms controlling bone formation during fracture healing and distraction osteogenesis. *J Dent Res*. 2008 Feb;87(2):107–18. <https://doi.org/10.1177/154405910808700215>
- Kanczler JM, Oreffo RO. Osteogenesis and angiogenesis: the potential for engineering bone. *Eur Cell Mater*. 2008 May;15:100–14. <https://doi.org/10.22203/ecm.v015a08>

18. Ketenjian AY, Arsenis C. Morphological and biochemical studies during differentiation and calcification of fracture callus cartilage. *Clin Orthop Relat Res.* 1975;(107):266–73. <https://doi.org/10.1097/00003086-197503000-00031>
19. Wendeberg B. Mineral metabolism of fractures of the tibia in man studied with external counting of Sr85. *Acta Orthop Scand Suppl.* 1961;52:1–79.
20. Bassett CAL. Biophysical principles affecting bone structure. In: Bourne GH, editor. *Biochemistry and physiology of bone.* 2nd ed. New York: Academic Press; 1971. p. 341–76.
21. Pauwels F. Biomechanics of fracture healing. In: Pauwels F. *Biomechanics of the locomotor apparatus: contributions on the functional anatomy of the locomotor apparatus.* Berlin: Springer; 1980. https://doi.org/10.1007/978-3-642-67138-8_2
22. Green E, Lubahn JD, Evans J. Risk factors, treatment, and outcomes associated with nonunion of the midshaft humerus fracture. *J Surg Orthop Adv.* 2005;14(2):64–72.
23. Shapiro F. Cortical bone repair. The relationship of the lacunar-canalicular system and intercellular gap junctions to the repair process. *J Bone Joint Surg Am.* 1988 Aug;70(7):1067–81.
24. Hulse D, Hyman B. Fracture biology and biomechanics. In: Slatter D, editor. *Textbook of small animal surgery.* Philadelphia: WB Saunders; 1993. p. 1595–603.
25. Kaderly RE. Primary bone healing. *Semin Vet Med Surg Small Anim.* 1991 Feb;6(1):21–5.
26. Greenbaum MA, Kanat IO. Current concepts in bone healing. Review of the literature. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1993 Mar;83(3):123–9. <https://doi.org/10.7547/87507315-83-3>
27. Einhorn TA. The cell and molecular biology of fracture healing. *Clin Orthop Relat Res.* 1998 Oct;(355 Suppl):S7–21. <https://doi.org/10.1097/00003086-199810001-00003>
28. Kojima KE, Pires RES. Absolute and relative stabilities for fracture fixation: the concept revisited. *Injury.* 2017 Oct;48(Suppl 4):S1. [https://doi.org/10.1016/S0020-1383\(17\)30766-0](https://doi.org/10.1016/S0020-1383(17)30766-0)

➤ COMO CITAR ESTE DOCUMENTO

Pallottino AB, Lima TL, Chami SM, Scorza BJB, Franco JS. Princípios gerais de osteossíntese. In: Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia; Comissão de Educação Continuada, Comissão de Ensino e Treinamento, organizadores. PROATO Programa de Atualização em Traumatologia e Ortopedia: Ciclo 19. Porto Alegre: Artmed Panamericana; 2023. p. 117–55. (Sistema de Educação Continuada a Distância, v. 4). <https://doi.org/10.5935/978-85-514-1167-4.C0005>

CÓPIA