Fractures of the appendicular skeleton and criteria for their surgical management: pictorial essay

Lucas Kenzo Miyahara¹,LET, Leticia dos Reis Morimoto¹,LET, Victor Cavalcante Schussel¹,LET, Mauricio Pandini Monteiro de Barros¹,LET, Adham do Amaral e Castro¹,LET

¹. Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo (EPM-Unifesp), São Paulo, SP, Brasil.

Correspondência: Dr. Lucas Kenzo Miyahara. Departamento de Diagnóstico por Imagem – EPM-Unifesp. Rua Napoleão de Barros, 800, Vila Clementino. São Paulo, SP, Brasil. 04024-002. E-mail: lkenzomiya@gmail.com.

Received for publication on 17/2/2021. Accepted, after revision, on 15/4/2021.

Como citar este artigo: Miyahara LK, Morimoto LR, Schussel VC, Barros MPM, Castro AA. Fraturas do esqueleto apendicular e critérios de manejo cirúrgico: ensaio iconográfico. Radiol Bras. 2022 Mar/Abr;55(2):120–127.

Resumo
A elevada prevalência de fraturas e o importante papel dos exames de imagem nesse contexto requerem que o radiologista esteja familiarizado com seus principais padrões, especialmente as fraturas com manejo essencialmente cirúrgico. Este estudo apresenta uma série de casos ilustrativos e uma breve revisão da literatura, com o objetivo de demonstrar algumas das principais fraturas do esqueleto apendicular com manejo cirúrgico, agrupadas didaticamente por articulação. Foram selecionadas radiografias e tomografias computadorizadas de casos didáticos ilustrativos do arquivo de imagens do nosso serviço.

Unitermos: Fractures ósseas/diagnóstico por imagem; Fractures ósseas/cirurgia; Esqueleto/lesões; Osso e ossos/lesões; Articulações/lesões.

Abstract
The high prevalence of fractures and the essential role that imaging examinations play in this scenario require the radiologist to be familiar with their main patterns, especially those of fractures for which the management is essentially surgical. This pictorial essay presents a series of illustrative cases and a brief review of the literature, the aim being to demonstrate some of the main fractures of the appendicular skeleton that require surgical management, grouped, didactically, by the joint affected. Radiographic and computed tomography studies of illustrative cases were selected from the imaging archives of our facility.

Keywords: Fractures, bone/diagnostic imaging; Fractures, bone/surgery; Skeleton/Injuries; Bone and bones/Injuries; Joints/Injuries.

INTRODUÇÃO
A realização de exames de imagem no contexto de trauma para o diagnóstico de fraturas é extremamente prevalente na prática do radiologista, e este tem papel essencial, já que auxilia não só no diagnóstico, mas também na classificação dessas lesões. Os exames de imagem habitualmente realizados nesse contexto são a radiografia convencional e a tomografia computadorizada. A primeira é usada como método de imagem inicial, já que apresenta boa demonstração de estruturas ósseas, ampla disponibilidade e baixo custo, enquanto a segunda possibilita reconstruções tridimensionais, visualização das estruturas em outros planos (permitindo uma avaliação mais satisfatória de fraturas complexas) e melhor avaliação de partes moles, como as vasculares. A avaliação desses exames de imagem, às vezes, pode ser uma tarefa desafiadora, especialmente em casos de fraturas com manejo essencialmente cirúrgico, nas quais o atraso diagnóstico pode trazer consequências catastróficas, como no caso das diversas fraturas abordadas neste estudo. Assim, é primordial o reconhecimento dos principais padrões de fraturas e seus mecanismos de trauma, bem como de achados de imagem que por si só denotam maior necessidade de tratamento cirúrgico⁴¹.

O presente estudo apresenta casos ilustrativos das principais fraturas com tratamento cirúrgico do esqueleto apendicular, agrupando-as didaticamente por articulação, com ênfase na radiografia e tomografia computadorizada, métodos de imagem mais comumente utilizados no contexto de urgência.

MEMBROS SUPERIORES
Fratura do úmero proximal

Constitui uma das fraturas mais comuns do esqueleto apendicular (4,0–5,7%), podendo ocorrer em traumas de baixa ou alta energia, como em queda de idosos ou em acidentes automobilísticos em jovens. Utiliza-se a classificação de Neer para avaliar e determinar diretrizes para o tratamento dessas fraturas (classificada como de uma a quatro partes): cabeça umeral, tuberosidade maior, tuberosidade menor e diáfise. Considera-se que há desvio entre as partes quando a distância entre elas for > 1,0 cm ou a angulação for > 45°⁴¹,⁴² (Figura 1).
Tríade terrível do cotovelo

Caracterizada pela luxação posterior do cotovelo em associação a fratura do processo coronoide e cabeça do rádio, a tríade terrível do cotovelo tem como principal mecanismo de trauma a queda com a mão espalmada. Comumente, está associada a extensa lesão ligamentar e, se tratada inadequadamente, pode evoluir para instabilidade crônica e osteoartrite\(^1\).\(^3\). Por este motivo, frente a uma luxação posterior do cotovelo com fratura da cabeça do rádio, o estudo tomográfico é recomendado, com o intuito de melhorar a acurácia diagnóstica. Seu tratamento é essencialmente cirúrgico, visando a restaurar a congruência e a estabilidade articular\(^1\).\(^3\) (Figura 2).

Fratura-luxação de Monteggia

Consiste na fratura da diáfise ulnar com luxação associada da cabeça do rádio, sendo o principal mecanismo de trauma a queda com a mão espalmada. Esta fratura-luxação é mais comum em crianças, com pico de incidência entre 4 e 10 anos de idade. Utiliza-se a classificação de Bado, que a subdivide em quatro tipos, a depender da direção do deslocamento da cabeça do rádio: tipo I, quando há fratura da diáfise da ulna com angulação anterior do foco de fratura e luxação anterolateral da cabeça do rádio; tipo II, quando há fratura da diáfise da ulna com angulação posterior do foco de fratura e luxação posterolateral da cabeça do rádio; tipo III, quando há fratura da diáfise da ulna com luxação lateral ou anterolateral da cabeça do rádio; e tipo IV, em casos de fratura do terço proximal do rádio e da ulna, com luxação anterior da cabeça do rádio. Na avaliação radiográfica, a fratura da diáfise ulnar costuma ser facilmente reconhecida, sendo necessária a pesquisa da luxação da cabeça do rádio\(^1\).\(^3\) (Figura 3).
Fratura-luxação de Galeazzi

Frequentemente mal diagnosticada, a fratura-luxação de Galeazzi, também chamada de “fratura de necessidade”, representa a fratura da diáfise distal do rádio associada à lesão da articulação radioulnar distal. Ela corresponde a menos de 3% das fraturas do antebraço em crianças e menos de 7% nos adultos e habitualmente ocorre em queda com a mão espalmada com o cotovelo em flexão. A avaliação da articulação radioulnar distal é essencial, e na radiografia os sinais de lesão incluem: fratura do processo estiloide da ulna, diástase da articulação radioulnar distal na radiografia anteroposterior, encurtamento radial ≥ 5,0 mm, deslocamento volar ou dorsal na radiografia em perfil1,4 (Figura 4).

Fratura de Barton

Definida como fratura articular parcial do rádio distal no plano sagital, é mais comum em mulheres e tem distribuição bimodal, ocorrendo em traumas de alta energia em jovens e quedas nos idosos. Seu manejo é essencialmente cirúrgico, podendo ser subdividida em volar ou dorsal a depender da direção do fragmento desviado1,5 (Figura 5).

Fratura do escafoide

É a fratura mais comum do carpo, ocorrendo predominantemente em homens ativos, com pico de incidência...
Fraturas do esqueleto apendicular e critérios cirúrgicos

Miyahara LK, et al. / Fraturas do esqueleto apendicular e critérios cirúrgicos

Radiol Bras. 2022 Mar/Abr;55(2):120–127

Tabela 1—Fraturas do membro superior e seus respectivos mecanismos de trauma, achados que indicam tratamento cirúrgico e principal tratamento cirúrgico adotado.

| Fratura                  | Segmento                      | Mecanismo de trauma                      | Achados que indicam tratamento cirúrgico                                                                 | Principal tratamento cirúrgico adotado                                                                 |
|-------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Úmero proximal          | Úmero proximal                | Idosos: quedas; jovens: traumas de alta energia | Desvio em varo ou valgo importante; fratura da tuberosidade maior ou menor desviada; fratura-luxação; partição da cabeça do úmero | Redução aberta com fixação interna com placa e parafuso; redução fechada e fixação com fios ou parafusos percutâneos; haste intramedular; artroplastia |
| Cotovelo (tríade terrível do cotovelo) | Rádio e ulna proximal          | Queda com a mão espalmada                | Perda da congruência articular (tanto umerorradial quanto umeroulnar); fratura da cabeça com bloqueio da pronossupinação; fratura > 50% da altura do processo coronoide | Fixador externo; redução aberta com fixação interna; reparo dos ligamentos; excisão da cabeça do rádio; artroplastia da cabeça do rádio |
| Antebraço (fratura-luxação de Monteggia, fratura-luxação de Galeazzi) | Diáfise do rádio e ulna         | Queda com a mão espalmada                | Fraturas-luxações de Monteggia ou de Galeazzi são essencialmente cirúrgicas, exceto se condições clínicas não permitirem. Sinais de lesão da articulação radioulnar proximal: quebra na linha radiocapitelar | Redução aberta com fixação interna do osso fraturado e avaliar a estabilidade articular acometida |
| Rádio distal (fratura de Barton) | Rádio distal                  | Queda com a mão espalmada                | Fraturas de Barton são eminentemente cirúrgicas pela instabilidade e cisalhamento do fragmento. Demais lesões: degrau articular > 2,0 mm; encerramento radial > 3,0 mm; angulação dorsal > 10° ou > 20° em relação ao contralateral. Lesões associadas: ligamentar ou esisteíde unlar, por exemplo | Redução aberta com fixação interna; fixação externa; redução fechada e fixação percutânea |
| Escafoide               | Carpo                         | Queda com a mão espalmada                | Fratura do polo proximal; deslocamento > 1,0 mm; ângulo intraescafoide > 35°; fraturas cominutivas; instabilidade carpal associada | Fixação percutânea; redução aberta com fixação interna; redução e fixação assistida por artroscopia |

MEMBROS INFERIORES
Fratura do anel pélvico

Tipicamente, são decorrentes de traumas contusos de alta energia, como acidentes automobilísticos, e têm elevada mortalidade, chegando a até 50% em fraturas expostas, sendo a hemorragia a principal causa de morte. Essas fraturas assumem padrões de acordo com o mecanismo de trauma (compressão anteroposterior, compressão lateral e cisalhamento vertical), sendo inclusive utilizadas para classificá-las. A avaliação radiológica inicia-se com radiografias nas incidências anteroposterior, oblíquas, inlet e outlet, e a complementação com tomografia computadorizada é feita de rotina, devendo-se atentar à integridade da sinfise pública, das articulações sacroilíacas, dos ramos púbicos, do osso ilíaco e do sacro(1,7) (Figura 7).

Fratura intertrocantérica

São fraturas extracapsulares que envolvem os trocanteres maior ou menor. Sua incidência é maior nos idosos e na segunda e terceira décadas, sendo em sua maioria decorrentes de quedas com a mão espalmada com extensão forçada do punho. O atraso diagnóstico é um problema frequente quando se trata dessa lesão, e o tratamento inadequado pode resultar em complicações que incluem pseudoartrose e necrose avascular(1,6) (Figura 6).

Um resumo dos achados, classificações e indicações ao manejo cirúrgico das fraturas dos membros superiores descritas é apresentado na Tabela 1.

Figura 6. Homem, 53 anos, com história de queda de dois metros, evoluindo com dor, edema e restrição de movimentação no punho esquerdo. Radiografia em anteroposterior do punho revela fratura do colo do escafoide (seta grossa), além de densificação e aumento de partes moles da face lateral do punho, com obliteração do coxim gorduroso escafóide (seta).
Miyahara LK, et al. / Fraturas do esqueleto apendicular e critérios cirúrgicos

no sexo feminino, tendo íntima relação com a osteoporose. Usualmente, ocorrem após queda com impacto lateral do trocanter maior. Destaca-se a alta mortalidade associada a essas fraturas, alcançando 30% no primeiro ano. A cirurgia, em conjunto com a reabilitação precoce, reduzem a morbimortalidade desses pacientes\(^{(1,8)}\) (Figura 8).

Fratura do colo femoral

É mais comum em idosos, no sexo feminino, e possui alta taxa de mortalidade, alcançando cerca de 25% no primeiro ano. Seu mecanismo de trauma depende da idade e do estado funcional do paciente, ocorrendo em quedas laterais de baixa energia, com impacto do trocanter maior nos pacientes mais idosos e em traumas de alta energia em pacientes jovens. A classificação mais utilizada é a de Garden, que descreve quatro categorias: incompleta ou impactada em valgo (estágio 1); completa, mas não deslocada/desviada (estágio 2); completa e parcialmente deslocada (estágio 3); e completa e totalmente deslocada (estágio 4). Em razão da irrigação retrógrada da cabeça femoral, duas complicações são temidas: a osteonecrose e a pseudoartrose\(^{(1,8)}\) (Figura 9).

Figura 7. A: Radiografia da bacia em anteroposterior de homem, 39 anos, com trauma axial por queda de cerca de três metros de altura, demonstra acentuada diástase da sínfise pública (seta fina), diástase da articulação sacroiliaca esquerda (seta grossa) e luxação anterior do quadril esquerdo (círculo tracejado). B: Radiografia da bacia em anteroposterior de homem, 25 anos, vítima de trauma moto versus auto, mostra fraturas do ramo isquiopúbico direito (cabeça de seta), do osso púbico bilateral (setas pretas) e diástase da articulação sacroiliaca esquerda (seta branca).

Figura 8. Mulher, 63 anos, com história de queda da cama. Radiografia do quadril direito em anteroposterior revela acentuada redução da densidade óssea com fratura completa (seta fina) acometendo os trocanteres maior e menor, destacando-se acometimento da cortical posteromedial (seta grossa), determinando instabilidade da fratura.

Figura 9. Homem, 83 anos, história de queda da própria altura. Radiografia em anteroposterior do quadril esquerdo mostra fratura do colo femoral (seta). As trabéculas da cabeça do fêmur e do acetábulo estão paralelas, caracterizando fratura completa e desviada do colo femoral.
Fraturas do esqueleto apendicular e critérios cirúrgicos

Miyahara LK, et al. / Fraturas do esqueleto apendicular e critérios cirúrgicos

125
Radiol Bras. 2022 Mar/Abr;55(2):120–127

São traumas com vetor de força axial, por exemplo, quedas de grandes alturas. A classificação de Schatzker é classicamente utilizada, dividindo-as em seis tipos a depender do côndilo acometido e da presença de depressão articular, cisalhamento ou da associação entre estes dois padrões. Os três primeiros tipos (I – cisalhamento do platô lateral; II – cisalhamento e depressão do platô lateral; e III – depressão isolada do platô lateral) são fraturas puras do platô tibial, em geral associadas a mecanismo de baixa energia. Os três tipos restantes (IV – cisalhamento e/ou afundimento do platô medial; V – articular total bicondiliana; e VI – articular total com extensão metafisária) são mais graves e associadas a danos importantes de partes moles (1,9) (Figura 10).

**Fratura do tornozelo**

São fraturas comuns, ocorrendo principalmente nos entorses, seja em inversão ou eversão. As indicações de tratamento cirúrgico incluem perda da congruência articular, fratura desviada do maléolo medial, fratura do maléolo lateral com encurtamento ou desvio, fratura bimalolar, ou fraturas expostas. Deve-se atentar à lesão da sindesmose tibiofibular, que é caracterizada pela redução da sobreposição tibiofibular nas radiografias de frente e Mortise (Figura 11).

**Fratura-luxação de Lisfranc**

A lesão ligamentar de Lisfranc é caracterizada pela disjunção traumática da articulação do cuneiforme medial.
e a base do segundo metatarso; já a fratura-luxação de Lisfranc é uma perda da estabilidade osteoligamentar parcial ou completa ao nível da articulação tarso-metatarsiana. Esta lesão é incomum, sendo responsável por 0,2% de todas as fraturas. Acomete mais homens da terceira década de vida, oriunda de forças rotacionais indiretas e carga axial com o antepé flexionado, ocorrendo em acidentes automobilísticos, quedas e na prática esportiva. É subdividida em homolateral, divergente ou isolada, a depender da direção do deslocamento dos metatarsos, sendo a homolateral caracterizada pelo deslocamento lateral do primeiro ao quinto metatarsos ou deslocamento lateral do segundo ao quinto metatarsos, com persistência da congruença articular do primeiro; a divergente ocorre quando há deslocamento lateral do segundo ao quinto metatarsos e deslocamento medial do primeiro; e a isolada quando há poucos metatarsos deslocados dorsalmente. O principal achado de imagem é o desalinhamento da segunda articulação tarsometatarsiana, caracterizado pelo deslocamento lateral da base do segundo metatarso na incidência anteroposterior e/ou desalinhamento vertical na incidência perfil¹,¹⁰ (Figura 12).

Um resumo dos achados, classificações e indicações ao manejo cirúrgico das fraturas dos membros inferiores descritas é apresentado na Tabela 2.

### Tabela 2 – Fraturas do membro inferior e seus respectivos mecanismos de trauma, achados que indicam tratamento cirúrgico e principal tratamento cirúrgico adotado.

| Fratura                  | Segmento         | Mecanismo de trauma                  | Achados que indicam tratamento cirúrgico                                                                 | Principal tratamento cirúrgico adotado                        |
|--------------------------|------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Anel pélvico (open book) | Bacia            | Trauma contuso de alta energia       | Diástase da sínfise pública > 25,0 mm; deslocamento da articulação sacroilíaca; lesão posterior (sacro ou sacroilíaca) associada a lesão anterior (fratura dos ramos ou abertura da sínfise pública) – com exceção a cisalhamento lateral tipo 1 | Fixação externa; redução aberta com fixação interna              |
| Intertrocantérica         | Fêmur proximal   | Idosos: quedas; jovens: traumas de alta energia | Cirúrgica, exceto por: condições clínicas que contraindiquem a cirurgia; fratura isolada do trocanter maior ou menor | Redução aberta com fixação interna; redução fechada com fixação interna |
| Colo femoral              | Fêmur proximal   | Idosos: quedas; jovens: traumas de alta energia | Cirúrgica, podendo ser conservador se: fraturas sem desvio ou impactadas em valgo (controverso); condições clínicas que contraindiquem a cirurgia | Fixação interna; artroplastia                                   |
| Plató tibial              | Tíbia proximal   | Traumas com vetor de força axial      | Degrau articular > 2–3 mm (incluindo depressão ou cisalhamento); alteração do eixo do membro (varo ou valgo); alargamento do planalto (diástase condilar > 5 mm); fraturas desviadas | Redução aberta com fixação interna; fixação externa             |
| Tornozelo                 | Tíbia e fíbula distal | Entorse do tornozelo                 | Perda da congruença articular; fratura unimaleolar com desvio > 2,0 mm; fratura do maléolo lateral com lesão ligamentar (lesão do ligamento deltoide: espaço claro medial > 4,0 mm; lesão da sindesmose: sobreposição tibiofibular < 10,0 mm no anteposterior e < 1,0 mm no anteposterior verdadeiro/Mortise); fratura bimaléolar ou trimaleolar | Redução aberta com fixação interna                              |
| Lesões tarsometatarsais   | Tarsometatarsal  | Acidentes automobilísticos, esmagamentos, quedas de locais elevados, prática esportiva | Desvio > 1,0 mm; incongruência articular > 2,0 mm; instabilidade ou diástase na radiografia com carga; síndrome compartimental; fratura exposta | Redução aberta com fixação interna; redução fechada e fixação percutânea |

Figura 12. Mulher, 27 anos, vítima de acidente moto versus auto, evoluindo com dor e edema no pé direito. Radiografia do pé direito em anteroposterior mostra fratura-luxação de Lisfranc homolateral. Observa-se, ainda, aumento da distância entre o primeiro e segundos metatarsos (seta), sinal diagnóstico da lesão de Lisfranc.
CONCLUSÃO

Fraturas são achados comuns na prática do radiologista no contexto de urgências, sendo importante a familiarização com os principais mecanismos de trauma e os achados de imagem que determinam a conduta cirúrgica do ortopedista.

REFERÊNCIAS
1. Tornetta P III, Ricci W, Court-Brown CM, et al. Rockwood and Green’s fractures in adults. 9th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2020.
2. Sandstrom CK, Kennedy SA, Gross JA. Acute shoulder trauma: what the surgeon wants to know. Radiographics. 2015;35:475–92.
3. Sheehan SE, Dyer GS, Sodickson AD, et al. Traumatic elbow injuries: what the orthopedic surgeon wants to know. Radiographics. 2013;33:869–88.
4. Atesok KI, Jupiter JB, Weiss AC. Galeazzi fracture. J Am Acad Orthop Surg. 2011;19:623–33.
5. Goldfarb CA, Yin Y, Gilula LA, et al. Wrist fractures: what the clinician wants to know. Radiology. 2001;219:11–28.
6. Kaewlai R, Avery LL, Asrani AV, et al. Multidetector CT of carpal injuries: anatomy, fractures, and fracture-dislocations. Radiographics. 2008;28:1771–84.
7. Khurana B, Sheehan SE, Sodickson AD, et al. Pelvic ring fractures: what the orthopedic surgeon wants to know. Radiographics. 2014;34:1317–33.
8. Sheehan SE, Shyu JY, Weaver MJ, et al. Proximal femoral fractures: what the orthopedic surgeon wants to know. Radiographics. 2015;35:1563–84.
9. Markhardt BK, Gross JM, Monu JU. Schatzker classification of tibial plateau fractures: use of CT and MR imaging improves assessment. Radiographics. 2009;29:585–97.
10. Crim J. MR imaging evaluation of subtle Lisfranc injuries: the midfoot sprain. Magn Reson Imaging Clin N Am. 2008;16:19–27.