



Sono sempre prevedibili i fallimenti nel trattamento delle fratture del polso?

Are treatment failures in distal radius fractures always predictable?

Rampoldi Michele ¹ (foto), Sulpasso Angela ^{1,2}

¹ UOC Chirurgia Ricostruttiva della Mano, Ospedale CTO A. Alesini, Roma, ASL Roma 2; ² Università degli Studi di Roma Tor Vergata

Riassunto

Il fallimento nel trattamento delle fratture del radio distale può derivare da cause meccaniche, biologiche e funzionali. La perdita di riduzione, il mancato controllo di frammenti critici come il volar lunate facet, il dorsal lunate fragment e i piccoli frammenti marginali, le fratture articolari AO/OTA C3, i traumi ad alta energia e le fratture esposte rappresentano condizioni a maggiore rischio di insuccesso. A questi fattori si aggiungono osteoporosi, comorbidità, infezione, lesioni associate della TFCC, instabilità radioulnare distale e lesioni capsulo-legamentose non riconosciute. Una corretta pianificazione preoperatoria, l'utilizzo della TC, la scelta dell'accesso chirurgico più adeguato e l'impiego di tecniche di fissazione supplementare consentono di ridurre il rischio di fallimento e di personalizzare il trattamento in base alla morfologia della frattura e alle caratteristiche del paziente.

Parole chiave: fratture di radio distale, fallimento osteosintesi, osteosintesi frammento-specifica

Summary

Failure in the treatment of distal radius fractures may result from mechanical, biological and functional causes. Loss of reduction, inadequate control of critical fragments such as the volar lunate facet, the dorsal lunate fragment and small marginal fragments, AO/OTA type C3 articular fractures, high-energy injuries and open fractures are associated with a higher risk of failure. Additional factors include osteoporosis, comorbidities, infection, associated TFCC injuries, distal radioulnar joint instability and unrecognized capsuloligamentous lesions. Accurate preoperative planning, CT assessment, appropriate choice of surgical approach and the use of supplemental fixation techniques may reduce the risk of failure and allow treatment to be tailored to fracture morphology and patient-related factors.

Key words: distal radius fractures, fixation failure, fragment-specific fixation

Corrispondenza:

Michele Rampoldi

E-mail: michele.rampoldi@aslroma2.it

Conflitto di interessi

Gli Autori dichiarano di non avere alcun conflitto di interesse con l'argomento trattato nell'articolo.

Come citare questo articolo: Rampoldi M, Sulpasso A. Sono sempre prevedibili i fallimenti nel trattamento delle fratture del polso? Rivista Italiana di Chirurgia della Mano 2026;63:25-31. <https://doi.org/10.53239/2784-9651-2026-5>

© Copyright by Pacini Editore Srl



OPEN ACCESS

L'articolo è OPEN ACCESS e divulgato sulla base della licenza CC BY-NC-ND (Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Non opere derivate 4.0 Internazionale). L'articolo può essere usato indicando la menzione di paternità adeguata e la licenza; solo a scopi non commerciali; solo in originale. Per ulteriori informazioni: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.it>

Introduzione

L'obiettivo nel trattamento mediante osteosintesi delle fratture del radio distale è la guarigione della frattura con ripristino dell'anatomia, della stabilità e della funzione. Il mancato raggiungimento di questi obiettivi porta all'insuccesso che può essere di tipo meccanico (perdita di riduzione, malunion, mobilizzazione o rottura dei mezzi di sintesi), biologico (ritardo o mancata consolidazione, infezione, lesione dei tessuti molli) e funzionale (dolore, rigidità, perdita di forza).¹

Le cause che possono portare all'insuccesso sono varie e spesso sovrapponibili, alcune legate al paziente altre alla qualità dell'osso, alla tipologia della frattura, alla severità del trauma, ad errori di tecnica chirurgica, ad aspetti organizzativi e di timing chirurgico. Comprendere le più frequenti fonti di errore nelle osteosintesi delle fratture distali di radio, con particolare attenzione ai fattori predisponenti, agli errori chirurgici più comuni e alle situazioni a maggior rischio di complicanze rappresenta un aspetto centrale nella moderna chirurgia delle fratture distali di radio^{1,2}.

Caratteristiche del paziente e qualità ossea

Le caratteristiche del paziente influenzano in maniera determinante il rischio di fallimento dell'osteosintesi: comorbidità e abitudini voluttuarie quali alcolismo e tabagismo possono compromettere il processo di guarigione biologica e aumentare il rischio di complicanze postoperatorie. Anche il BMI, le richieste funzionali del paziente e la compliance al trattamento rivestono un ruolo importante nel risultato finale³. Tra i fattori paziente-correlati, la qualità dell'osso rappresenta uno dei principali determinanti della stabilità della sintesi. Osteoporosi e osteopenia riducono la capacità dell'impianto di contrastare le forze assiali e rotazionali, aumentando il rischio di perdita di riduzione, malunion, mobilizzazione dei mezzi di sintesi, necessità di revisione chirurgica e complicanze infettive^{4,5}.

Un ulteriore elemento prognostico fondamentale è rappresentato dalla tipologia del trauma⁶. Traumi ad alta energia determinano frequentemente fratture altamente comminute associate a lesioni capsulo-legamentose e instabilità carpale, con conseguente aumento del rischio di fallimento della sintesi⁷.

In questo contesto, l'età emerge come uno dei principali fattori predittivi di instabilità non tanto come variabile indipendente, quanto perché strettamente correlata alle caratteristiche biologiche e meccaniche della lesione. Gli outcome peggiori si osservano infatti soprattutto nei pazienti sopra i 65 anni e sotto i 40 anni: nei pazienti anziani il rischio è principalmente legato all'osteoporosi, alla ridotta qualità ossea e alla maggiore tendenza alla scomposizione secondaria,

mentre nei pazienti più giovani è più frequentemente conseguenza di traumi ad alta energia e pattern di frattura più complessi e instabili^{5,6,7}.

Tipologia di frattura

La corretta classificazione della frattura rappresenta uno degli aspetti più importanti nella pianificazione del trattamento e nella prevenzione del fallimento dell'osteosintesi. L'incompleta comprensione del pattern di frattura può infatti determinare errori nella scelta dell'accesso, dell'impianto e della strategia di stabilizzazione, aumentando significativamente il rischio di perdita di riduzione e complicanze postoperatorie. Particolare attenzione deve essere riservata alle fratture AO tipo C3, caratterizzate da severa comminuzione articolare e metafisaria. Queste fratture presentano un'elevata instabilità intrinseca e rappresentano uno dei pattern a maggior rischio di fallimento della sintesi, soprattutto in presenza di osso osteoporotico o trauma ad alta energia⁸. La complessità della ricostruzione articolare e la difficoltà nel controllo dei piccoli frammenti rendono spesso necessario l'utilizzo di strategie di fissazione più aggressive o combinazioni di impianti⁹. In questi casi lo studio TC della frattura appare indispensabile per comprendere correttamente la configurazione della frattura, identificare eventuali frammenti marginali instabili e pianificare adeguatamente la strategia chirurgica¹⁰. Delle fratture articolari è ben nota la facilità alla perdita di riduzione delle fratture marginali che devono essere considerate un complesso osteolegamentoso altamente instabile¹¹. In queste fratture il rischio di perdita di riduzione può arrivare fino al 30%¹². In questi casi il rispetto della watershed line è un concetto che va superato; la stabilità del frammento è assicurata solo dalla corretta copertura del frammento da parte della placca¹³.

Anche le fratture esposte rappresentano una categoria particolarmente complessa, non solo per il maggiore danno osseo e la comminuzione frequentemente associata, ma anche per l'elevato rischio biologico legato alle lesioni dei tessuti molli e alle complicanze infettive¹⁴.

La presenza di una frattura associata dell'ulna distale può ulteriormente compromettere la stabilità del polso e aumentare il rischio di instabilità residua della radio-ulnare distale¹⁵. Allo stesso modo, le lesioni del TFCC e le associate lesioni capsulo-legamentose devono essere accuratamente ricercate e trattate, poiché il mancato riconoscimento dell'instabilità legamentosa può determinare dolore persistente, instabilità carpale e fallimento funzionale anche in presenza di una sintesi ossea apparentemente corretta^{16,17}. In alcune tipologie di frattura l'associazione di lesioni capsulo-legamentose appare particolarmente frequente ed in queste

vanno sempre sospettate e ricercate utilizzando esami complementari (RMN, artro-TC, ecografia) o associando un tempo artroscopico alla sintesi ^{17,18}.

Errori di tecnica chirurgica

La via d'accesso

Negli ultimi anni, la diffusione delle placche volari ha portato alla tendenza a trattare la maggior parte delle fratture mediante accesso volare; tuttavia, non tutti i pattern di frattura possono essere adeguatamente controllati con questo accesso. In particolare, le fratture con scomposizione dorsale richiedono pressoché obbligatoriamente una osteosintesi per via dorsale, poiché la sintesi volare può risultare insufficiente a controllare i frammenti dorsali e la traslazione del carpo spesso associata ¹⁹. In tali situazioni, l'accesso dorsale consente una migliore visualizzazione della rima articolare e un più efficace controllo biomeccanico dei frammenti instabili. L'accesso dorsale è inoltre indicato in presenza di lesioni associate del legamento scafo-lunato e dalle fratture del polo prossimale

dello scafoide consentendo anche la gestione contestuale delle lesioni carpali associate, fondamentali per il ripristino della stabilità del polso. Utilizzare una via volare per fratture che richiedono un accesso dorsale rappresenta uno degli errori più comuni ^{19,20} (Fig. 1). Oltre all'errore nella scelta dell'accesso, un ruolo altrettanto importante è rappresentato dagli errori di esposizione del sito di frattura. È fondamentale ricordare che non si può operare quello che non si vede: una riduzione anatomica e una fissazione stabile richiedono infatti una corretta visualizzazione dei frammenti articolari e un'esposizione insufficiente può determinare un'incompleta comprensione della frattura, una riduzione non anatomica e un inadeguato posizionamento dei mezzi di sintesi. Particolare attenzione deve essere rivolta al cosiddetto "key fragment", corrispondente al volar lunate facet fragment: questo piccolo frammento rappresenta uno degli elementi biomeccanicamente più importanti per la stabilità radiocarpica, ma al tempo stesso uno dei più difficili da esporre e controllare chirurgicamente ^{19,20}. La difficoltà nella sua visualizzazione e stabilizzazione rappresenta una delle principali cause di perdita di riduzione e fallimento della sintesi nelle fratture articolari complesse del radio distale ^{21,22} (Fig. 2).



Figura 1. Frattura articolare del radio distale con scomposizione dorsale trattata mediante accesso volare. L'inadeguata scelta della via d'accesso non consente un corretto controllo dei frammenti dorsali, con conseguente fallimento dell'osteosintesi e scomposizione secondaria.

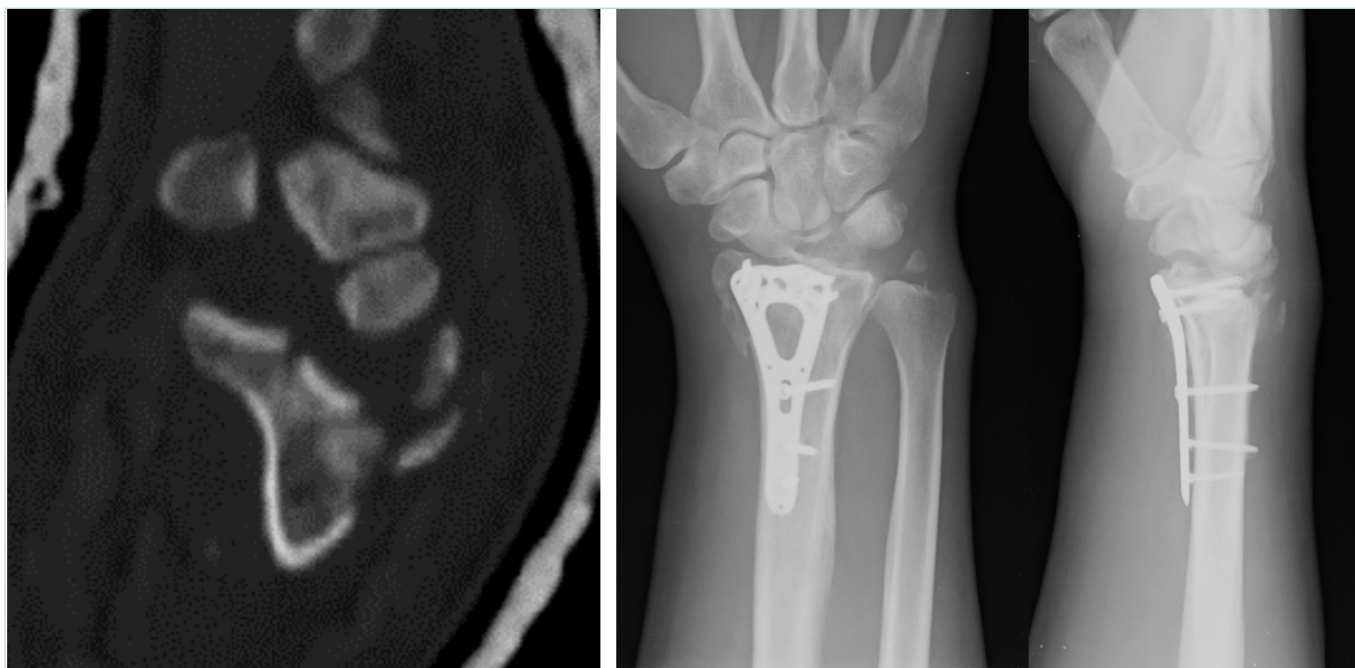


Figura 2. A: fallimento della sintesi con lussazione volare del carpo per inadeguato sostegno al frammento volare ulnare. B: Immagine TC di frattura articolare del radio distale con coinvolgimento del key fragment.

Posizionamento e lunghezza delle viti

Il corretto posizionamento risulta fondamentale per prevenire la perdita di riduzione, soprattutto nelle fratture articolari complesse e nei pattern con frammenti dorsali instabili. Particolare importanza riveste il controllo del dorsal lunate fragment, ovvero il frammento dorsale della fossetta per il semilunare, che rappresenta una delle aree più critiche dal punto di vista biomeccanico²³. Un insufficiente supporto di questo frammento può determinare collasso articolare e traslazione carpale secondaria anche in presenza di una sintesi che inizialmente appariva corretta. Wall et al. (2012) hanno dimostrato che, nelle fratture metafisarie una vite distale unicorticale con lunghezza pari ad almeno il 75% dello spessore del radio distale fosse biomeccanicamente equivalente a una vite bicorticale, consentendo di ottenere un adeguato supporto subcondrale riducendo al tempo stesso il rischio di protrusione dorsale e di complicanze tendinee²⁴. Tuttavia, studi più recenti hanno evidenziato come tale concetto non possa valere nelle fratture articolari altamente comminute e instabili dimostrando che una lunghezza del 75% può non essere sufficiente a garantire un controllo stabile in particolare del frammento dorso-ulnare²⁵ (Fig. 3). Sebbene il displacement di questo frammento non determini necessariamente il fallimento dell'intero costruito di sintesi, esso può comunque avere importanti implicazioni funzionali, in particolare alterando la cinematica della radio-ulnare distale

e influenzando la prono-supinazione dell'avambraccio²³. Per questo motivo, alcuni Autori suggeriscono, in questi specifici pattern di frattura, l'utilizzo di viti unicorticali con lunghezza prossima al 100% dello spessore del radio distale, al fine di

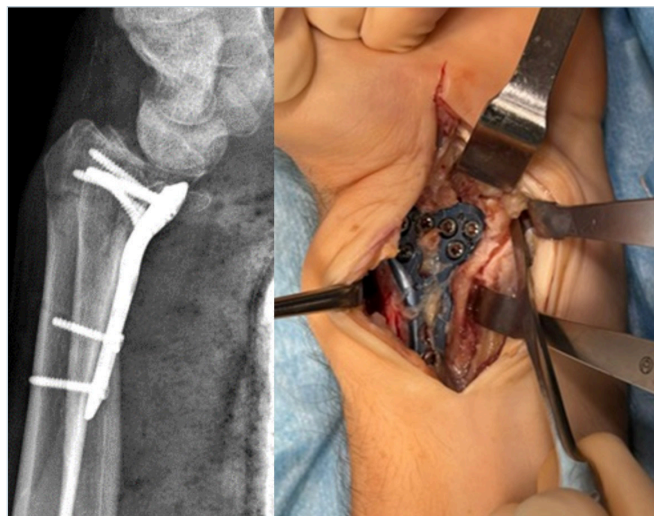


Figura 3 a-b. A: Scomposizione secondaria con perdita di controllo del dorsal lunate fragment e conseguente traslazione del carpo dovuta a insufficiente lunghezza delle viti. B: Immagine intraoperatoria.

migliorare il supporto subcondrale e il controllo del frammento senza ricorrere necessariamente a viti bicorticali ²⁵.

Tipologia e posizione della placca

La scelta della placca e il suo corretto posizionamento rappresentano elementi fondamentali nella prevenzione del fallimento dell'osteosintesi delle fratture distali di radio. In particolare, nelle fratture articolari con coinvolgimento del key fragment, il mantenimento della riduzione dipende in larga parte dalla capacità dell'impianto di fornire un adeguato effetto di sostegno al frammento marginale instabile. Numerosi studi hanno dimostrato come il principale fattore predittivo di perdita di riduzione nelle fratture volari instabili sia rappresentato dalla insufficiente copertura del key fragment da parte della placca ^{12,13,21}. Una placca posizionata troppo prossimalmente non riesce infatti a contrastare le forze di traslazione del carpo, determinando collasso articolare e perdita secondaria della riduzione (Figg. 4 a,b). È stato inoltre dimostrato che in fratture marginali B3.3 con meno di 15 mm di superficie della faccetta per il semilunare disponibile per la fissazione, oppure con scivolamento/collasso/cedimento iniziale del semilunare superiore a 5 mm, presentano un elevato rischio di fallimento anche in presenza di una placca volare correttamente posizionata ²¹. In questi casi, il semplice utilizzo di una placca volare standard non è sufficiente e diventa necessario ricorrere a sistemi di fissazione aggiuntiva per mantenere la riduzione del piccolo frammento volare. Tra le possibili strategie supplementari

rientrano fili di Kirschner, pin, mini-viti, fili di sutura o altre tecniche volte a migliorare il controllo del frammento marginale instabile ^{21,26}.

Aspetti organizzativi

Il contesto organizzativo in cui si opera rappresenta un fattore non secondario per il raggiungimento degli obiettivi. La disponibilità di tecnologie adeguate, la possibilità di avere a disposizione più mezzi di sintesi da adattare alla singola tipologia di frattura, un adeguato numero di casi trattati che possa fornire al chirurgo l'esperienza necessaria sono aspetti fondamentali per affrontare le fratture più complesse ¹.

Il timing chirurgico gioca un ruolo cruciale soprattutto nelle fratture articolari complesse. Le fratture instabili AO tipo C2 e C3, le fratture marginali e le lesioni associate a instabilità carpale dovrebbero essere trattate il prima possibile, poiché il ritardo chirurgico aumenta progressivamente la difficoltà della riduzione, la rigidità capsulare, la retrazione dei tessuti molli e il rischio di consolidazione viziosa iniziale ^{27,28}. Nelle fratture articolari complesse, il tentativo prolungato di trattamento conservativo può risultare controproducente. Una riduzione incruenta apparentemente soddisfacente spesso non è in grado di controllare la comminuzione metafisaria e i frammenti marginali instabili, determinando successiva perdita di riduzione e rendendo più difficile l'eventuale trattamento chirurgico secondario ²⁹.



Figura 4 a-b. A: perdita secondaria della riduzione dopo osteosintesi con placca volare posizionata troppo prossimalmente e insufficiente copertura del frammento marginale. B: osteosintesi di frattura articolare del radio distale con placca volare specifica (volar rim), in grado di garantire copertura e sostegno del frammento marginale volare.

Diversa è invece il caso delle fratture extra-articolari o delle fratture articolari semplici, nelle quali un eventuale trattamento differito sembra influenzare meno significativamente la prognosi finale. In tali casi, un iniziale tentativo di trattamento incruento può essere ragionevole senza compromettere necessariamente il risultato definitivo³⁰.

Discussione

Il fallimento dell'osteosintesi nelle fratture distali di radio è il risultato dell'interazione tra fattori legati al paziente, alla tipologia della frattura, alla tecnica chirurgica e all'organizzazione del trattamento, più che della sola esecuzione tecnica dell'intervento. Tra i fattori predisponenti l'insuccesso, età e qualità dell'osso rivestono un ruolo centrale. Gli outcome peggiori si osservano soprattutto nei pazienti sopra i 65 anni e sotto i 40 anni: nei primi il rischio è principalmente legato all'osteoporosi, alla ridotta qualità ossea e alla maggiore tendenza alla scomposizione secondaria, mentre nei secondi è più frequentemente conseguenza di traumi ad alta energia e pattern di frattura più complessi e instabili^{5,6,7}. La qualità ossea influenza direttamente la capacità dell'impianto di mantenere la riduzione, soprattutto quando associata a severa comminuzione articolare^{4,5}.

La corretta comprensione della morfologia della frattura rappresenta un altro elemento determinante. Fratture AO tipo C3, fratture esposte, lesioni associate dell'ulna distale, del TFCC e delle strutture capsulo-legamentose presentano un rischio intrinseco maggiore di fallimento e richiedono una pianificazione accurata. In questo contesto, lo studio TC preoperatorio assume un ruolo essenziale per identificare frammenti instabili, comprendere la reale estensione della lesione e guidare la scelta dell'accesso e dell'impianto¹⁰.

Dal punto di vista tecnico, il rischio di insuccesso aumenta quando il trattamento viene standardizzato senza adattarlo alla tipologia di frattura. La scelta dell'accesso, il corretto controllo dei frammenti articolari, il posizionamento della placca e delle viti e il supporto del key fragment rappresentano elementi decisivi per il mantenimento della riduzione. Anche il concetto tradizionale di fissazione standardizzata con viti unicorticali al 75% appare oggi da interpretare in funzione del pattern di frattura e della stabilità richiesta^{24,25}. Un ulteriore aspetto spesso sottovalutato è rappresentato dall'esperienza del chirurgo e dal contesto organizzativo in cui opera. Un basso volume di fratture trattate è stato associato a un maggior rischio di complicanze correlate alla sintesi, probabilmente per una minore familiarità con i pattern complessi e con le tecniche di fissazione avanzata¹. Allo stesso modo, la disponibilità di mezzi di sintesi adeguati e di impianti dedicati può influenzare significativamente il risultato finale: l'assenza di sistemi fragment-specific, di placche

dedicate o di opzioni di fissazione supplementare può limitare la possibilità di adattare il trattamento alle caratteristiche della frattura.

Infine, il timing chirurgico mantiene un ruolo fondamentale: le fratture articolari complesse beneficiano di un trattamento precoce, mentre il ritardo chirurgico e il prolungamento del trattamento conservativo possono aumentare il rischio di perdita di riduzione e rendere più difficile il trattamento secondario^{27,28}.

Conclusioni

Il fallimento dell'osteosintesi nelle fratture distali di radio rappresenta un fenomeno multifattoriale nel quale fattori biologici, caratteristiche della frattura e tecnica chirurgica. Molti insuccessi possono essere evitati attraverso un accurato studio preoperatorio, una corretta comprensione della morfologia della frattura, un'appropriata scelta della via di accesso e dell'impianto, nonché mediante un corretto timing chirurgico. Tuttavia, alcune fratture mantengono un rischio intrinseco elevato di perdita di riduzione e fallimento anche in presenza di una sintesi tecnicamente corretta.

Le fratture articolari altamente comminute, i frammenti marginali instabili, l'osteoporosi e i traumi ad alta energia continuano a rappresentare una sfida significativa anche per i chirurghi più esperti. Per questo motivo, il concetto di insuccesso non dovrebbe essere interpretato esclusivamente come conseguenza di un errore tecnico, ma piuttosto come il risultato della complessa interazione tra instabilità biologica e biomeccanica della lesione.

La capacità di identificare precocemente le situazioni ad alto rischio di fallimento rappresenta oggi il principale strumento per migliorare i risultati clinici e ridurre il numero di revisioni chirurgiche nelle fratture distali di radio.

Bibliografia

- 1 Sirniö K, Flinkkilä T, Vähäkuopus M, Hurskainen A, Ohtonen P, Leppilahti J. Risk factors for complications after volar plate fixation of distal radial fractures. *J Hand Surg Eur Vol.* 2019;44(5):456-461. <https://doi.org/10.1177/1753193418811559>;
- 2 Ikpeze TC, Smith HC, Lee DJ, Elfar JC. Distal Radius Fracture Outcomes and Rehabilitation. *Geriatr Orthop Surg Rehabil.* 2016 Dec;7(4):202-205. <https://doi.org/10.1177/2151458516669202>. Epub 2016 Sep 22. PMID: 27847680; PMCID: PMC5098688.
- 3 Nesbitt KS, Failla JM, Les C. Assessment of instability factors in adult distal radius fractures. *J Hand Surg Am.* 2004;29(6):1128-1138. <https://doi.org/10.1016/j.jhsg.2004.06.008>;
- 4 Tuaño KR, Fisher MH, Lee N, et al. Analysis of Postoperative Distal Radius Fracture Outcomes in the Setting of Osteopenia and Osteoporosis for Patients with Comorbid Conditions. *J Hand Surg Glob Online.* 2023;5(5):601-605. Published 2023 May 20. <https://doi.org/10.1016/j.jhsg.2023.04.005>.

- ⁵ Fitzpatrick SK, Casemyr NE, Zurakowski D, Day CS, Rozental TD. The effect of osteoporosis on outcomes of operatively treated distal radius fractures. *J Hand Surg Am.* 2012;37(10):2027-2034. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2012.06.025>
- ⁶ van der Vliet QMJ, Sweet AAR, Bhashyam AR, et al. Polytrauma and High-energy Injury Mechanisms are Associated with Worse Patient-reported Outcomes After Distal Radius Fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 2019;477(10):2267-2275. <https://doi.org/10.1097/CORR.0000000000000757>;
- ⁷ He JJ, Blazar P. Management of High Energy Distal Radius Injuries. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2019 Sep;12(3):379-385. <https://doi.org/10.1007/s12178-019-09555-5>. Epub 2019 Jul 13. PMID: 31302860; PMCID: PMC6684690;
- ⁸ Yoon JO, You SL, Kim JK. Intra-articular comminution worsens outcomes of distal radial fractures treated by open reduction and palmar locking plate fixation. *J Hand Surg Eur Vol.* 2017;42(3):260-265. <https://doi.org/10.1177/1753193416682943>
- ⁹ Heifner JJ, Halpern AL, Gomez O, Mercer DM, Orbay JL. Evaluation of the Distal Extent of Visualization Using Volar Approaches for Fixation of Distal Radius Fractures. *J Hand Surg Am.* 2024;49(11):1144.e1-1144.e6. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2023.03.006>;
- ¹⁰ Hintringer W, Rosenauer R, Pezzeri C, et al. Biomechanical considerations on a CT-based treatment-oriented classification in radius fractures. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2020;140(5):595-609. <https://doi.org/10.1007/s00402-020-03405-7>
- ¹¹ Orbay JL, Fernandez DL. Volar fixed-angle plate fixation for unstable distal radius fractures in the elderly patient. *J Hand Surg Am.* 2004;29(1):96-102. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2003.09.015>.
- ¹² Izawa Y, Tsuchida Y, Futamura K, Ochi H, Baba T. Plate coverage predicts failure for volarly unstable distal radius fractures with volar lunate facet fragments. *SICOT J.* 2020;6:29. <https://doi.org/10.1051/sicotj/2020026>.
- ¹³ Naito K, Sugiyama Y, Kinoshita M, et al. Functional Outcomes in Volar-Displaced Distal Radius Fractures Patients with Marginal Rim Fragment Treated by Volar Distal Locking Plates. *J Hand Microsurg.* 2019;11(2):100-105. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1675245>.
- ¹⁴ Kurylo JC, Axelrad TW, Tornetta P 3rd, Jawa A. Open fractures of the distal radius: the effects of delayed debridement and immediate internal fixation on infection rates and the need for secondary procedures. *J Hand Surg Am.* 2011;36(7):1131-1134. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2011.04.014>
- ¹⁵ Lutsky KF, Lucenti L, Beredjiklian PK. Outcomes of Distal Ulna Fractures Associated With Operatively Treated Distal Radius Fractures. *Hand (N Y).* 2020;15(3):418-421. <https://doi.org/10.1177/1558944718812134>
- ¹⁶ Kasapinova K, Kamiloski V. Outcomes of surgically treated distal radial fractures with associated triangular fibrocartilage complex injury. *J Hand Ther.* 2019;32(1):57-63. <https://doi.org/10.1016/j.jht.2017.09.002>
- ¹⁷ Kim BS, Cho CH, Lee KJ, Lee SW, Byun SH. Pathomechanism of Triangular Fibrocartilage Complex Injuries in Patients with Distal-Radius Fractures: A Magnetic-Resonance Imaging Study. *J Clin Med.* 2022 Oct 19;11(20):6168. <https://doi.org/10.3390/jcm11206168>. PMID: 36294489; PMCID: PMC9604910.
- ¹⁸ Kastenberger T, Kaiser P, Schmidle G, Schwendinger P, Gabl M, Arora R. Arthroscopic assisted treatment of distal radius fractures and concomitant injuries. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2020;140(5):623-638. <https://doi.org/10.1007/s00402-020-03373-y>.
- ¹⁹ Ghafoor H, Haefeli M, Steiger R, Honigsmann P. Dorsal Plate Osteosynthesis in Simple and Complex Fractures of the Distal Radius: A Radiological Analysis of 166 Cases. *J Wrist Surg.* 2021 Oct 1;11(2):134-144. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1735839>. PMID: 35478945; PMCID: PMC9038308.
- ²⁰ Abe Y, Tokunaga S, Moriya T. Management of Intra-Articular Distal Radius Fractures: Volar or Dorsal Locking Plate-Which Has Fewer Complications? *Hand (N Y).* 2017 Nov;12(6):561-567. <https://doi.org/10.1177/1558944716675129>. Epub 2016 Oct 28. PMID: 29091491; PMCID: PMC5669324.
- ²¹ Beck JD, Harness NG, Spencer HT. Volar plate fixation failure for volar shearing distal radius fractures with small lunate facet fragments. *J Hand Surg Am.* 2014;39(4):670-678. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2014.01.006>
- ²² Orbay MC, Orbay JL. Classification and Management of Failed Fixation of the Volar Marginal Fragment in Distal Radius Fractures. *J Wrist Surg.* 2021;11(3):219-223. Published 2021 Dec 13. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1735885>
- ²³ Shapiro LM, Zhou J, Shah K, Frey C, Chan C, Kamal RN. Is There a Critical Dorsal Lunate Facet Size in Distal Radius Fractures That Leads to Dorsal Carpal Subluxation? A Biomechanical Study of the Dorsal Critical Corner. *J Hand Surg Am.* 2025;50(2):240.e1-240.e6. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2023.07.001>.
- ²⁴ Wall LB, Brodt MD, Silva MJ, Boyer MI, Calfee RP. The effects of screw length on stability of simulated osteoporotic distal radius fractures fixed with volar locking plates. *J Hand Surg Am.* 2012;37(3):446-453. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2011.12.013>.
- ²⁵ Hong TS, Lee DJ, Jahani B, et al. Effect of Screw Length in Volar Plating for Intra-Articular Distal Radius Fractures: A Biomechanical Study. *J Hand Surg Am.* 2024;49(12):1186-1195. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2024.07.019>.
- ²⁶ Moore AM, Dennison DG. Distal radius fractures and the volar lunate facet fragment: Kirschner wire fixation in addition to volar-locked plating. *Hand (N Y).* 2014 Jun;9(2):230-6. <https://doi.org/10.1007/s11552-013-9585-7>. PMID: 24839427; PMCID: PMC4022945.
- ²⁷ Weil YA, Mosheiff R, Firman S, Liebergall M, Khoury A. Outcome of delayed primary internal fixation of distal radius fractures: a comparative study. *Injury.* 2014;45(6):960-964. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2014.02.011>.
- ²⁸ Ashdown T, Morris J, Mckeen S, Clough OT, Little M, Anakwe RE. Surgical fixation of fractures of the distal radius within 2 weeks reduces postoperative finger stiffness. *J Hand Surg Eur Vol.* 2021;46(1):64-68. <https://doi.org/10.1177/1753193420936591>
- ²⁹ Luangjarmekorn P, Nitayavardhana S, Kuptniratsaikul V, Pat-aradool K, Kitidumrongsook P. Effect of delayed distal radius fracture fixation on the difficulty of surgical operation. *Heliyon.* 2022;8(11):e11772. Published 2022 Nov 24. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11772>
- ³⁰ Makhni EC, Ewald TJ, Kelly S, Day CS. Effect of patient age on the radiographic outcomes of distal radius fractures subject to nonoperative treatment. *J Hand Surg Am.* 2008;33(8):1301-1308. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2008.04.031>