



SICM
Società Italiana
di Chirurgia della Mano

Volume **63**

1 2026

Rivista Italiana di

CHIRURGIA della MANO

Chirurgia e riabilitazione della mano dell'arto superiore e microchirurgia

Organo ufficiale della
**Società Italiana
di Chirurgia
della Mano**

► Editoriale

L'analisi degli errori e delle complicanze, un metodo per crescere e migliorare
P. Tos

► Articolo originale

Transfer di ramo del radiale di ECRL pro ramo motore del muscolo Radial
M. Maurina, A. Crosio, S. Ferrandi, P. Titolo

► Reviews

Le lesioni traumatiche dell'arto superiore più frequenti in ambito pediatrico
C. Arrigoni, N. Catena, R. Sartore, G. Cassero, M. Corain, N. Bini, C. Baroni, A. Aprato, C. Parolo, V. Fasoli, R. Pagliaro, G. Pajardi, F. M. Senes

Le viti endomidollari in chirurgia della mano. Tips and tricks: prevenzione degli errori e ottimizzazione della tecnica
A. Poggetti, S. De Santis, A. Fagetti, P. P. Borelli, F. Smeraglia

Sono sempre prevedibili i fallimenti nel trattamento delle fratture del polso?
M. Rampoldi, A. Sulpasso

Fisioterapia

► Articolo originale

Possibile causa di riduzione del movimento in flessione della IFD, dopo il traumatismo recente della IFP
P. Boccolari

► Caso clinico

Valutazione osservazionale del comportamento della falange prossimale nell'ortesi statica progressiva: un caso clinico
P. Boccolari, D. Giuriati, F. Pantaleoni, P. Arcuri, R. Tedeschi, F. Gherardini, D. Donati

**PACINI
EDITORE
MEDICINA**

<https://www.rivista-chirurgia-mano.it>

Rivista Italiana di

Organo ufficiale della
**Società Italiana di
Chirurgia della Mano**

CHIRURGIA della MANO

Chirurgia e riabilitazione della mano dell'arto superiore e microchirurgia

Comitato di Redazione

Direttore Responsabile

Michele Riccio

Responsabile Redazione Scientifica

Andrea Poggetti

Comitato di Redazione

Federico Amadei

Teresa Benigno

Enrico Carità

Michele Rosario Colonna

Francesco De Francesco

Riccardo Luchetti

Letizia Marengi

Pierluigi Tos

Italian Scientific Board

Roberto Adani

Franco Bassetto

Bruno Battiston

Massimo Corain

Michele D'Arienzo

Augusto Marcuzzi

Giorgio Pajardi

Sandra Pfanner

Pierluigi Tos

International Scientific Board

C. Dumontier, Francia

R. Giunta, Germania

M. Wustner, Germania

C. Leclercq, Francia

A.V. Georgescu, Romania

T. Stamate, Romania

P.C. Amadio, Stati Uniti

M. Rizzo, Stati Uniti

D. Warwick, Gran Bretagna

D. Lalonde, Canada

M. Merle, Lussemburgo

Società Italiana di Chirurgia della Mano

Presidente

Sandra Pfanner

Vice Presidente

Nicola Felici

Past President

Michele Riccio

Consiglieri

Giancarlo Caruso

Nunzio Catena

Davide Ciclamini

Rocco De Vitis

Guglielmo Lanni

Luciana Marzella

Andrea Poggetti

Pierluigi Tos

Delegati

Andrea Atzei I.F.S.S.H.

Massimo Corain F.E.S.S.H.

Segretario

Andrea Leti Acciaro

Tesoriere

Ignazio Marcoccio

Segretario alla presidenza

Anna Rosa Rizzo

Probiviri

Maddalena Bertolini

Alberto De Mas

Andrea Passaretti

Revisori dei Conti

Francesco Giacalone

Simonetta Odella

Maria Carolina Fra

Copyright by Pacini Editore srl

Edizione

Pacini Editore Srl

Via Gherardesca 1 • 56121 Pisa

Tel. 050 313011 • Fax 050 3130300

Info@pacineditore.it

Divisione Pacini Editore Medicina

Fabio Poponcini

Sales Manager

Office: 050 3130218

Mail: fpoponcini@pacineditore.it

Alessandra Crosato

Sales Manager

Office: 050 3130239

Mail: acrosato@pacineditore.it

Manuela Mori

Digital Publishing & Media Manager

Office: 050 3130217

Mail: mmori@pacineditore.it

Segreteria Scientifica e Redazione

Mara Di Stefano

Office: 050 3130223

Mail: mdistefano@pacineditore.it

Grafica e impaginazione

Massimo Arcidiacono

Office: 050 3130231

Mail: marcidiacono@pacineditore.it

Variazione in corso presso il Tribunale di Padova

ISSN: 2784-9651 (digitale)

Edizione Luglio 2026. L'editore resta a disposizione degli aventi diritto con i quali non è stato possibile comunicare e per le eventuali omissioni. Le fotocopie per uso personale del lettore (per propri scopi di lettura, studio, consultazione) possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico, escluse le pagine pubblicitarie, dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dalla Legge n. 633 del 1941 e a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da CLEARedi: <https://www.clearedi.org/topmenu/HOME.aspx>. Si prega di prendere visione della Privacy Policy al seguente link: www.pacinimedica.it/privacy-policy-informativa-privacy. Per comunicazioni/informazioni: privacy@pacineditore.it

Volume **63** - 1 2026

<https://www.rivista-chirurgia-mano.it>



SICM
Società Italiana
di Chirurgia della Mano



EDITORIALE

- 1 L'analisi degli errori e delle complicanze, un metodo per crescere e migliorare
Pierluigi Tos

ARTICOLO ORIGINALE

- 3 Transfer di ramo del radiale di ECRL pro ramo motore del muscolo brachiale: uno studio anatomico
Radial Nerve Branch to the Extensor Carpi Radialis Longus (ECRL) Transfer to the Motor Branch of the Brachialis Muscle: An Anatomical Study
Monica Maurina, Alessandro Crosio, Silvia Ferrandi, Paolo Titolo

REVIEWS

- 9 Le lesioni traumatiche dell'arto superiore più frequenti in ambito pediatrico
The most frequent traumatic injuries of the upper limb in pediatrics
Chiara Arrigoni, Nunzio Catena, Roberta Sartore, Greta Cassero, Massimo Corain, Nathalie Bini, Chiara Baroni, Alessandro Aprato, Chiara Parolo, Veronica Fasoli, Rossella Pagliaro, Giorgio Pajardi, Filippo Maria Senes
- 18 Le viti endomidollari in chirurgia della mano. Tips and tricks: prevenzione degli errori e ottimizzazione della tecnica
Intramedullary screws in hand surgery: tips and tricks to prevent pitfalls and optimize surgical technique
Andrea Poggetti, Sergio De Santis, Alessandro Fagetti, Pier Paolo Borelli, Francesco Smeraglia
- 25 Sono sempre prevedibili i fallimenti nel trattamento delle fratture del polso?
Are treatment failures in distal radius fractures always predictable?
Rampoldi Michele, Sulpasso Angela

FISIOTERAPIA

ARTICOLO ORIGINALE

- 32 Possibile causa di riduzione del movimento in flessione della IFD, dopo il traumatismo recente della IFP
Possible mechanism underlying reduced distal interphalangeal joint flexion after recent proximal interphalangeal joint trauma
Paolo Bocolari

CASO CLINICO

- 36 Valutazione osservazionale del comportamento della falange prossimale nell'ortesi statica progressiva: un caso clinico
Observational Evaluation of Proximal Phalanx Behavior in Static Progressive Splinting: A Case Report
Paolo Bocolari, Damiano Giuriati, Filippo Pantaleoni, Pasquale Arcuri, Roberto Tedeschi, Ingegnere Francesco Gherardini, Danilo Donati



L'analisi degli errori e delle complicanze, un metodo per crescere e migliorare

Pierluigi Tos

*Direttore UOC Chirurgia della mano e Microchirurgia Ricostruttiva, ASST
Gaetano Pini, CTO, Milano*

Sono a congedarmi dai soci della SICM come responsabile della commissione editoriale, sono estremamente onorato di aver potuto servire la Società Italiana durante questi 6 anni. La nostra rivista si è trasformata in formato digitale con l'aiuto della Pacini Editore che ci ha permesso di creare una Rivista nuova, molto piacevole da sfogliare che rispetta l'ecologia e ci permette una rapida consultazione.

Ringrazio tutti i colleghi della commissione editoriale che negli anni si sono succeduti, grazie è stato bello lavorare con voi e con tutti i soci!

"Complicanze e insuccessi in Chirurgia della Mano - prevenirli, trattarli e trarne insegnamento": questo il tema scelto per il 63° Congresso nazionale della SICM a Milano 2025 che ho avuto l'onore di presiedere insieme ai colleghi Alberto Lazzerini e Giorgio Pajardi. Questo anche l'argomento che avevo scelto di inserire sempre, come rubrica fissa, in ogni numero della rivista dopo il mio insediamento. La pubblicazione degli insuccessi è spesso sottovalutata e poco rappresentata nella letteratura internazionale. Questo rappresenta una grande "mancanza" nella nostra produzione scientifica, perché si tende a favorire lavori sempre nuovi, con risultati buoni, con poche complicanze o problematiche... purtroppo la guarigione in seguito alle nostre procedure chirurgiche dovrebbe essere la norma... ma quando non va come vorremmo... ecco che nasce la necessità di superare le difficoltà, trovare soluzioni e crescere.

Molti uomini saggi nel tempo hanno detto che il fallimento porta alla crescita. Riconoscere e accettare l'errore richiede coraggio. E questo è particolarmente vero quando lo si affronta con i pazienti. Sebbene si tratti di un risultato clinico per il medico, per il paziente è un'esperienza profondamente personale. Il chirurgo deve sempre mostrare empatia ed essere onesto con il paziente. I medici devono essere chiari riguardo alle aspettative del paziente, avvertirlo delle possibili complicazioni e, infine, essere diretti nella gestione e nella comunicazione del risultato imprevisto.

Non è mai facile ammettere e parlare di un insuccesso, poiché ci è stato insegnato a non fallire e abbiamo persino assistito a casi di stigmatizzazione. Ma se si vuole imparare dagli errori, il primo passo è ammettere a se stessi di aver sbagliato. Solo allora si può iniziare a pensare a cosa è andato storto o quali fattori sono stati trascurati. È così che possiamo usare questi ostacoli per crescere.

Aprire un piccolo forum per discutere e identificare le cause che potrebbero aver portato all'insuccesso è un esempio da seguire. Comprendere e fornire una soluzione al problema può essere la strada verso nuove intuizioni. È necessario sentirsi a proprio agio nel condividere il problema, accettare critiche costruttive e, soprattutto, imparare dagli sbagli. Questa esperienza renderà più umili, farà

Corrispondenza:

Pierluigi Tos

E-mail: pierluigi.tos@unito.it

© 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>

capire che c'è sempre un modo migliore e aiuterà a rimanere sulla strada giusta per risolvere e affrontare casi difficili.

Il vero fallimento è quando ci si scoraggia, si perde interesse, si evitano questi casi difficili e, soprattutto, si finisce per abbandonare il campo. Ho visto alcuni chirurghi percorrere questa strada, dove invece di accettare la prova, prendono una deviazione e abbandonano la sfida, la crescita, il miglioramento. Il fallimento chirurgico è difficile da affrontare per ognuno di noi. Ma, ironicamente, per evitare errori futuri, dobbiamo continuare a commettere sbagli e imparare da essi. È così che si evolve il campo della medicina.

Costruite un ambiente in cui sia possibile condividere fallimenti ed errori. Questo non solo aiuterà la crescita individuale, ma sarete testimoni della maturazione come reparto o unità. L'insuccesso arriverà involontariamente, ma scegliere di crescere dagli errori può essere fatto solo intenzionalmente. Questa credo sia la strada per diventare maestri per noi stessi e per gli altri.

Il fallimento è realmente tale solo se da esso non si riesce a trovare la causa e quindi il modo di crescere imparando qualcosa!



Transfer di ramo del radiale di ECRL pro ramo motore del muscolo brachiale: uno studio anatomico

Radial Nerve Branch to the Extensor Carpi Radialis Longus (ECRL) Transfer to the Motor Branch of the Brachialis Muscle: An Anatomical Study

Monica Maurina, Alessandro Crosio, Silvia Ferrandi (foto), Paolo Titolo

Unità di Microchirurgia Ricostruttiva, Dipartimento di Ortopedia, C.T.O., Università di Torino, Torino

Corrispondenza:

Silvia Ferrandi

E-mail: silvia.ferrandi@unipr.it

Conflitto di interessi

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

Come citare questo articolo: Maurina M, Crosio A, Ferrandi S, Titolo P. Transfer di ramo del radiale di ECRL pro ramo motore del muscolo brachiale: uno studio anatomico. Rivista Italiana di Chirurgia della Mano 2026;63:3-8. <https://doi.org/10.53239/2784-9651-2026-4>

© 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>

Riassunto

Il ripristino della flessione del gomito è un obiettivo primario nella ricostruzione del plesso brachiale e nervi donatori alternativi possono essere utili quando le opzioni standard non sono disponibili. Questo studio su cadavere mira a (1) determinare la prevalenza e le caratteristiche anatomiche del ramo del nervo radiale per il muscolo brachiale, (2) valutare se sia realizzabile una coaptazione termino-terminale senza tensione con il ramo del nervo radiale per l'estensore radiale lungo del carpo (ERLC) e (3) confrontare i nostri risultati con la letteratura per valutare, applicando i criteri del transfer nervoso, se questa ricostruzione possa rappresentare un'opzione chirurgica praticabile. Sono stati sezionati sei arti superiori di cadaveri freschi: il ramo radiale per il brachiale era presente in tutti i campioni (100%); in tutti i casi, il ramo per l'ECRL poteva essere mobilizzato a sufficienza per consentire una sutura senza tensione senza innesti, con diametri grossolanamente compatibili. Sebbene anatomicamente fattibile, questo trasferimento non sembra offrire vantaggi rispetto alle tecniche consolidate per ripristinare la flessione del gomito e dovrebbe essere considerato solo come opzione ausiliaria o come procedura di salvataggio.

Parole chiave nervo radiale, flessione del gomito, transfer nervoso, estensore ulnare lungo del carpo, muscolo brachiale

Summary

Restoration of elbow flexion is a primary goal in brachial plexus reconstruction, and alternative donor nerves may be valuable when standard options are unavailable. This cadaveric study aimed to (1) determine the prevalence and anatomical characteristics of the radial nerve branch to the brachialis muscle, (2) assess the feasibility of a tension-free end-to-end coaptation with the radial nerve branch to the extensor carpi radialis longus (ECRL), and (3) compare our findings with the existing literature to evaluate, according to the principles of nerve transfer surgery, whether this reconstruction could represent a viable surgical option. Six fresh-frozen upper limbs were dissected. The radial nerve branch to the brachialis muscle was identified in all specimens (100%). In every case, the ECRL branch could be sufficiently mobilized to allow tension-free coaptation without the need for nerve grafts, and the donor and recipient nerve diameters were grossly compatible. Although anatomically

feasible, this nerve transfer does not appear to offer advantages over established techniques for restoring elbow flexion and should be considered only as an adjunctive option or as a salvage procedure.

Key words: radial nerve, elbow flexion, nerve transfer, extensor carpi radialis longus (ECRL), brachialis muscle

Introduzione

Il ripristino della flessione del gomito rimane un obiettivo centrale nel trattamento della paralisi del plesso brachiale superiore e di altre lesioni complesse dei nervi periferici, poiché è necessario per quasi tutte le attività. L'estensione del gomito è facilitata dalla gravità ed è quindi più facile da ottenere. I principali muscoli coinvolti nella flessione del gomito sono il bicipite brachiale, il brachiale (considerato componente principale in termini di forza) e il brachioradiale. Il brachiale è generalmente innervato da due nervi: il muscolo-cutaneo, che è ritenuto il suo principale nervo motore, e il nervo radiale, che innerva una porzione laterale variabile del muscolo.

Diversi transfer nervosi, come quelli di fasci del nervo mediano al ramo motore per il brachiale, fasci del nervo ulnare per il ramo motore del bicipite, trasferimenti di nervi intercostali ed i transfer del nervo spinale accessorio, hanno dimostrato risultati affidabili e sono diventati opzioni ricostruttive standard¹.

Tuttavia, determinati scenari clinici o quadri lesionali atipici possono richiedere l'impiego di nervi donatori meno convenzionali. Il nervo radiale, a livello del braccio, fornisce molteplici branche motorie sacrificabili, tra cui il ramo destinato al muscolo estensore radiale lungo del carpo (ECRL).

Il nervo radiale attraversa il setto intermuscolare laterale circa 7,5 cm prossimalmente alla superficie articolare; decorre quindi tra il muscolo brachiale e il brachioradiale (anteriormente all'epicondilo laterale), dove solitamente origina la branca motoria per l'ERLC prima della sua biforcazione nel ramo sensitivo superficiale e nel ramo profondo (nervo interosseo posteriore).

Inoltre, è stata documentata, con prevalenza variabile, una duplice innervazione del muscolo brachiale da parte del nervo muscolo-cutaneo (C5-C7) e del nervo radiale (C5-C8 e T1), fattore che ha destato crescente interesse verso le strategie di trasferimento nervoso dal nervo radiale al brachiale. In particolare, il muscolo brachiale risulta innervato dalle radici nervose spinali C5-C7, mentre l'ERLC da C6 e C7. La comprensione dell'anatomia è essenziale per la valutazione della potenziale compatibilità ricevente-donatore.

Gli obiettivi del presente studio sono stati i seguenti: (1) determinare la prevalenza e le caratteristiche anatomiche del ramo del nervo radiale per il muscolo brachiale in arti superiori di cadavere; (2) valutare la fattibilità di una coaptazione

termino-terminale senza tensione tra il ramo motorio per l'estensore radiale lungo del carpo (ERLC) e il ramo motorio per il muscolo brachiale, senza uso di innesti; (3) confrontare i risultati ottenuti con i dati presenti in letteratura al fine di verificare, sulla base di criteri consolidati per il trasferimento nervoso, se tale ricostruzione possa rappresentare un'opzione chirurgica praticabile.

Materiali e metodi

In primo luogo, è stata condotta una revisione strutturata della letteratura finalizzata al raggiungimento di tre obiettivi specifici:

(1) identificare i parametri chiave ritenuti essenziali per il successo dei trasferimenti nervosi – quali la ridondanza del donatore, la compatibilità dei tipi di fibre, la sinergia, il conteggio assonale, la distanza dal ricevente e la variabilità anatomica – al fine di valutare la validità della nostra proposta di *nerve transfer*;

(2) valutare la prevalenza e la variabilità anatomica riportate in letteratura relativamente alle branche motorie del radiale per il muscolo brachiale;

(3) individuare le tecniche di trasferimento nervoso attualmente impiegate per il ripristino della flessione del gomito e, infine, confrontare tali metodiche con il potenziale ruolo del trasferimento della branca motoria dell'ECRL (*Extensor Carpi Radialis Longus*) verso la branca motoria del brachiale, oggetto del presente studio.

Le ricerche sono state effettuate tramite le banche dati PubMed e Scopus, utilizzando termini di ricerca quali: *brachialis innervation, radial nerve branch, ECRL nerve, nerve transfer elbow flexion e cadaveric study brachialis*. Gli articoli clinici, anatomici e su cadavere di rilevanza scientifica sono stati inclusi e confrontati con i risultati del presente studio.

Nel corso dello studio anatomico, sono stati sottoposti a dissezione sei arti superiori provenienti da cadaveri adulti freschi. Non sono state riscontrate alterazioni traumatiche o chirurgiche visibili nella regione del braccio.

Tecnica di dissezione: è stata eseguita un'incisione longitudinale lungo la faccia antero-laterale del braccio. Il nervo radiale è stato esposto sviluppando il piano tra i muscoli brachiale e brachioradiale, al fine di identificare e isolare la branca motoria del nervo radiale per il muscolo brachiale, la

branca motoria del nervo radiale per il muscolo brachioradiale e la branca motoria del nervo radiale per l'ECRL. Per ogni preparato sono stati registrati: la presenza o assenza della branca motoria del radiale per il brachiale e la possibilità di ottenere una coaptazione priva di tensione (*tension-free*) tra la branca donatrice (ECRL) e quella ricevente (brachiale). È stata inoltre effettuata la massima mobilizzazione prossimale e distale per determinare la fattibilità di una sutura diretta *end-to-end* senza l'impiego di innesti.

Risultati

Per ottenere una reinnervazione muscolare ottimale, la letteratura identifica i seguenti capisaldi nei trasferimenti nervosi motori: prossimità del nervo donatore alle placche motorie bersaglio, al fine di minimizzare la distanza e i tempi di rigenerazione; sacrificabilità del donatore (principio della ridondanza); natura motoria pura del nervo donatore (compatibilità del tipo di fibre); corrispondenza di calibro tra donatore e ricevente; sinergia funzionale tra donatore e ricevente per facilitare la riabilitazione post-operatoria ^{14,15}. Secondo la letteratura, i donatori attualmente più impiegati per il ripristino della flessione del gomito includono, in ordine decrescente di preferenza: fascicoli dei nervi ulnare e mediano (tecnica di Oberlin modificata, doppio trasferimento fascicolare ai muscoli bicipite brachiale e brachiale), rami del nervo pettorale mediale, nervo toracodorsale, porzione distale del nervo accessorio e nervi intercostali. Tali tecniche sono associate a risultati da buoni a eccellenti, in particolare il doppio trasferimento di Oberlin e il transfer di due nervi intercostali (che appaiono significativamente correlati a maggiori probabilità di raggiungere un grado > M4). Inoltre, il doppio trasferimento di Oberlin risulta associato a una minore variabilità degli esiti ¹. Precedenti studi cadaverici riportano una prevalenza variabile del ramo del nervo radiale per il muscolo brachiale, con percentuali comprese tra il 41% e il 100% in base all'etnia della popolazione studiata ²⁻¹¹. Tale nervo presenta inoltre un'elevata variabilità nel numero di rami diretti al muscolo brachiale, oscillante da 1 a 3 (Tab. I). Gaur et al. hanno documentato nel loro studio una lunghezza media del ramo del nervo radiale per il brachiale pari a 9,17 mm. La distanza media dal sito di emergenza all'epicondilo laterale dell'omero è risultata essere di 6,54 cm in direzione prossimale ⁵. Ilayperuma et al. hanno riscontrato l'innervazione del muscolo brachiale da parte del nervo radiale in 191 su 240 arti superiori (83,33%) ma fornendo innervazione esclusivamente alla porzione profonda, perforando il muscolo nel suo terzo inferiore nell'82% dei campioni ⁶. Durante la dissezione anatomica, la branca del nervo radiale diretta al muscolo brachiale è stata identificata in tutti i

Tabella I. dati della letteratura della prevalenza del ramo dal nervo radiale al muscolo brachiale.

Cadaveric studies	Nr. arms dissected	Nationality of cadavers	Prevalence of radial nerve branch to brachialis
J. Yan et al. 1998	16	Japanese	100%
Kumari J et al. 2009	50	Indian	72%
Gaur NL et al. 2020	62	Indian	87%
Blackburn SC et al. 2007	42	UK Caucasian	67%
Sawyer FK et al. 2020	35	North American	60%
Chiarapattanakom P. 1998	56	Thai	65%
Leonello DT et al. 2007	32	North American	62%
Bertelli JA. 2024	34	South American	41%
Ilayperuma et al. 2019	240	Sri Lankan	83.3%

sei arti superiori esaminati (100%) con un'origine costante, prossimale alla linea intercondiloidea dell'omero, nel piano compreso tra i muscoli brachiale e brachioradiale, e sempre prossimale rispetto alle branche del nervo radiale destinate al brachioradiale e all'estensore radiale lungo del carpo (ECRL). In nessun preparato è stata riscontrata l'assenza del ramo o pattern di ramificazione anomali che potessero ostacolare l'identificazione o la mobilizzazione. Anche la branca donatrice dall'ECRL è risultata presente in tutti i campioni. In seguito a una neurolisi completa in senso prossimale e distale, in ogni preparato è stato possibile eseguire una coaptazione termino-terminale diretta tra le due branche, senza tensione e senza necessità di innesti nervosi. I diametri macroscopici sono apparsi compatibili in tutti i casi; inoltre, non sono state rilevate strutture compressive, vincoli anatomici o distanze eccessive che impedissero l'approssimazione dei capi nervosi. Rispetto ai transfer nervosi già consolidati per il ripristino della flessione del gomito, il trasferimento ECRL pro brachiale appare anatomicamente fattibile, sebbene il suo ruolo possa essere considerato supplementare piuttosto che primario.

Discussione

Il ramo per il muscolo brachiale è stato identificato in tutti

i sei campioni, confermandone la presenza statisticamente rilevante nel nostro studio; tuttavia, precedenti studi anatomici presenti in letteratura riportano un intervallo di prevalenza molto ampio, con valori minimi del 41% e una notevole variabilità nel numero di rami, compresi tra uno e tre. Inoltre, il ramo del radiale innerva tipicamente solo una porzione minore del muscolo brachiale, fattore che influenza significativamente l'esito funzionale atteso di un transfer nervoso motorio basato su questo ramo. In sostanza, l'eterogeneità anatomica riportata in letteratura ne riduce l'affidabilità come tecnica riproducibile.

Sebbene la coaptazione sia risultata tecnicamente fattibile e realizzabile in assenza di tensione in tutti i preparati cadaverici, la fattibilità tecnica non implica necessariamente l'idoneità clinica. Nella valutazione di un potenziale trasferimento nervoso, devono essere considerati molteplici parametri, tra cui la sinergia tra donatore e ricevente, il carico assonale, la compatibilità motorio-sensoriale, la corrispondenza del diametro nervoso, la distanza tra il sito di coaptazione e il muscolo target, la variabilità anatomica e la ridondanza del nervo donatore.

Il transfer del nervo per il muscolo estensore radiale lungo del carpo (ECRL) al ramo del radiale per il brachiale soddisfa alcuni di questi criteri (distanza e sacrificabilità del donatore), ma presenta al contempo diverse limitazioni. Il calibro ridotto e il limitato contributo motorio del ramo ricevente suggeriscono che il trasferimento garantirebbe probabilmente la reinnervazione di una porzione ristretta del brachiale; ciò potrebbe determinare un recupero della flessione del gomito subottimale rispetto a procedure consolidate, quali i trasferimenti fascicolari dal nervo ulnare o mediano, i trasferimenti dei nervi intercostali o la tecnica di Oberlin. Inoltre, il muscolo donatore non è sinergico, il che comporta un percorso riabilitativo più complesso e prolungato.

Ciononostante, questo trasferimento potrebbe rappresentare un'opzione ausiliaria in casi selezionati, ad esempio qualora i donatori motori primari non fossero disponibili. Da questo punto di vista, il nostro studio ha mostrato risultati incoraggianti. In particolare, tale tecnica potrebbe rivelarsi utile nei casi in cui gli estensori del polso siano preservati a fronte di un indebolimento dei flessori, evitando così di compromettere ulteriormente la flessione del polso. Inoltre, lo studio apre la strada a ulteriori ipotesi: si potrebbe configurare, ad esempio, una variante procedurale che preveda il trasferimento nervoso diretto dall'ECRL al brachiale con decorso profondo rispetto al bicipite. Qualora futuri studi anatomici ne confermassero l'affidabilità, il trasferimento ECRL-brachiale potrebbe essere preso in considerazione nell'ambito di procedure di salvataggio.



Figura 1. Dissezione arto superior 1. Sono evidenziate le branche per il brachiale, brachioradiale e ECRL.



Figura 2. Dissezione arto superior 2. Sono evidenziate le branche per il brachiale, brachioradiale e ECRL.

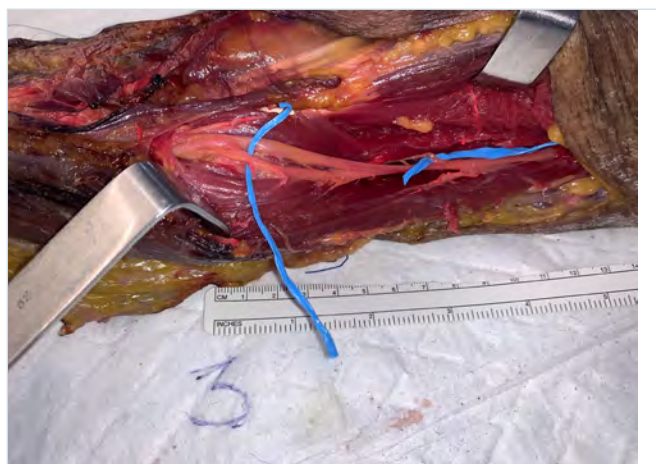


Figura 3. Dissezione arto superior 3. Evidenziate le branche per il brachiale e ECRL.



Figura 4. Dissezione arto superior 4. Evidenziate le branche per il brachiale, brachioradiale e ECRL.

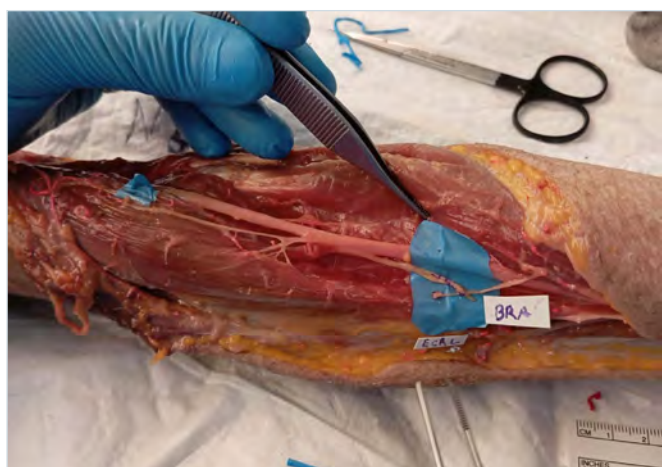


Figura 5. Dissezione arto superior 5. Evidenziate le branche per il brachiale e ECRL approssimate senza tensione.



Figura 6. Dissezioze arto superior 6. Evidenziate le branche per il brachiale e ECRL approssimate senza tensione.

Conclusioni

Il trasferimento del ramo del nervo radiale dal muscolo estensore radiale lungo del carpo (ECRL) al muscolo brachiale risulta anatomicamente realizzabile e attuabile in assenza di tensione su preparati cadaverici. Tuttavia, a causa delle ridotte dimensioni e della prevalenza variabile del ramo per il muscolo brachiale, del suo verosimile apporto limitato alla funzione motoria e delle caratteristiche subottimali se valutato secondo i criteri standard per il trasferimento nervoso, tale procedura non deve essere considerata un'opzione di prima linea per il ripristino della flessione del gomito. Al contrario, essa può rivestire un valore come tecnica complementare o di salvataggio in contesti clinici accuratamente selezionati.

Nel complesso, il presente lavoro evidenzia come la competenza microchirurgica, coniugata a una profonda conoscenza anatomica e al rispetto dei principi fondamentali dei trasferimenti nervosi, offra un'ampia flessibilità nella pianificazione ricostruttiva. Anche rami anatomicamente modesti possono ampliare l'armamentario chirurgico qualora i nervi donatori convenzionali risultino insufficienti o non disponibili.

Bibliografia

- 1 Lee CYV, Cochrane E, Chew M, et al. The effectiveness of different nerve transfers in the restoration of elbow flexion in adults following brachial plexus injury: a systematic review and meta-analysis. *J Hand Surg Am.* 2023;48(3):236-244. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2022.11.013>
- 2 Sawyer FK, Stefanik JJ, Lufner RS. The branching and innervation pattern of the radial nerve in the forearm: clarifying the literature and understanding variations and their clinical implications. *Diagnostics (Basel).* 2020;10(6):366.
- 3 Prakash, Kumari J, Singh N, et al. A cadaveric study in the Indian population of the brachialis muscle innervation by the radial nerve. *Rom J Morphol Embryol.* 2009;50(1):111-114.
- 4 Blackburn SC, Wood CP, Evans DJ, et al. Radial nerve contribution to brachialis in the UK Caucasian population: position is predictable based on surface landmarks. *Clin Anat.* 2007;20(1):64-67.
- 5 Gaur NL, Soni JS, Gaur S. The innervation of brachialis muscle by radial nerve in Gujarat region: a human cadaveric study. *Int J Anat Res.* 2020;8(1.2):7328-7332. <https://doi.org/10.16965/ijar.2019.369>
- 6 Ilayperuma I, Uluwitiya SM, Nanayakkara BG, et al. Re-visiting the brachialis muscle: morphology, morphometry, gender diversity, and innervation. *Surg Radiol Anat.* 2019;41(4):393-400. <https://doi.org/10.1007/s00276-019-02182-2>
- 7 Chiarapattanakom P, Leechavengvongs S, Witoonchart K, et al. Anatomy and internal topography of the radial nerve: a study of 56 cadavers. *Anat Rec.* 1998;251(4):653-660. [https://doi.org/10.1016/S0363-5023\(98\)80122-6](https://doi.org/10.1016/S0363-5023(98)80122-6)
- 8 Leonello DT, Galley IJ, Bain GI, et al. Brachialis muscle anatomy:

- a study in cadavers. *Clin Anat.* 2007;20(7):815-820. <https://doi.org/10.1002/ca.20519>
- ⁹ Yan J, Aizawa Y, Honma S, et al. Re-evaluation of the human brachialis muscle by fiber analysis of supply nerves. *Kaibogaku Zasshi.* 1998;73(3):247-258.
- ¹⁰ Bertelli JA, Tacca CP, Mira J, et al. Fresh cadaver study on the innervation of human brachialis muscle: revisiting musculocutaneous nerve branch predominance and analyzing myelinated fiber counts. *Clin Anat.* 2024;37(2):214-223.
- ¹¹ Bertelli JA, Mira J, Ghizoni MF. Myelinated fiber counts of motor branches to radial nerve targets: brachialis, brachioradialis, and extensor carpi radialis longus. *Neurosurgery.* 2024.
- ¹² Abrams RA, Ziets RJ, Lieber RL, et al. Anatomy of the radial nerve motor branches in the forearm. *J Hand Surg Am.* 1997;22(2):232-237.
- ¹³ Martinez Collado P, Tarnawski Español GJ, Fornieles Espine A. Anatomic study of the innervation of extensor carpi radialis longus and extensor carpi radialis brevis: interest in nerve transfers. 2022. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1883284/v1>
- ¹⁴ Abdelsalam AE, Ghaith MA, Alqathafi AM, et al. Principles of tendon transfer and neurotization in radial nerve palsy: review article. *Egypt J Hosp Med.* 2023;90(2):3323-3326. <https://doi.org/10.21608/ejhm.2023.291350>
- ¹⁵ Tung TH, Mackinnon SE. Nerve transfers: indications, techniques, and outcomes. *J Hand Surg Am.* 2010;35(2):332-341. <https://doi.org/10.1016/j.jhssa.2009.12.002>



Le lesioni traumatiche dell'arto superiore più frequenti in ambito pediatrico

The most frequent traumatic injuries of the upper limb in pediatrics

Chiara Arrigoni¹ (foto), Nunzio Catena¹, Roberta Sartore², Greta Cassero², Massimo Corain², Nathalie Bini³, Chiara Baroni³, Alessandro Aprato³, Chiara Parolo⁴, Veronica Fasoli⁴, Rossella Pagliaro⁴, Giorgio Pajardi⁴, Filippo Maria Senes⁴

¹ UOSD Chirurgia della Mano e Microchirurgia Ricostruttiva, IRCCS Istituto Gaslini, Genova; ² UOC Chirurgia della Mano, Azienda Ospedaliera Universitaria Integrata, Verona; ³ SSD Ortopedia, Ospedale Regina Margherita, Torino; ⁴ UOC Chirurgia della Mano, Ospedale San Giuseppe, IRCCS MultiMedica, Milano

Riassunto

Oggigiorno è diffuso nel mondo medico, italiano e straniero, il concetto che il bambino non vada trattato come un piccolo adulto; questo deriva da alcune specifiche caratteristiche dell'apparato muscolo-scheletrico in fase di crescita, come la presenza delle cartilagini di coniugazione e di tessuti maggiormente vitali, che permettono una maggior versatilità nella scelta del trattamento che deve però sempre mirare alla minor aggressività possibile.

Se da un lato può esser intrapreso un trattamento conservativo, grazie alla maggior tolleranza di eventuali scomposizioni e una maggiore reattività nella riparazione delle lesioni tissutali, bisogna comunque considerare che la biologia dell'osso e dei tessuti molli preveda determinati tempi tecnici di guarigione che vanno inclusi nella scelta dell'indirizzo terapeutico. Con queste considerazioni alle spalle, presentiamo le lesioni traumatiche dell'arto superiore più frequenti in ambito pediatrico, al fine di suggerire, ai colleghi meno esperti, un corretto iter diagnostico terapeutico.

Parole chiave: fratture sovracondiloidee del gomito, fratture del radio distale, fratture di metacarpi e falangi, tendini flessori, età pediatrica

Summary

Today, the medical world, both in Italy and abroad, has widely held the view that children should not be treated like small adults. This stems from specific characteristics of the growing musculoskeletal system, such as the presence of growth plates and more vital tissues, which allow for greater versatility in treatment choices, which must always aim for the least aggressive approach possible.

While it can be chosen a conservative treatment, thanks to its greater tolerance for fractures dislocation and faster healing of tissue injuries, it must be considered that the biology of bone and soft tissues has specific healing times that must be included in the choice of therapeutic approach. With these considerations in mind, we present the most common traumatic injuries of the upper limb in pediatrics, to suggest the correct diagnostic and therapeutic approach to less experienced colleagues.

Key words: supracondylar humerus fractures, distal radius fractures, metacarpal and phalangeal fractures, flexor tendon injuries, pediatric patients

Corrispondenza:

Arrigoni Chiara

E-mail: chiaraarrigoni@gaslini.org

Conflitto di interessi

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

Come citare questo articolo: Arrigoni C, Catena N, Sartore R, et al. Le lesioni traumatiche dell'arto superiore più frequenti in ambito pediatrico. Rivista Italiana di Chirurgia della Mano 2026;63:9-17. <https://doi.org/10.53239/2784-9651-2026-1>

© 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

Con il progredire delle competenze mediche si è osservato come l'apparato muscolo-scheletrico in fase di crescita abbia un potenziale di adattamento ai traumatismi diverso da quello adulto tale da considerare il bambino un'entità a sé stante.

Questo deriva da alcune specifiche caratteristiche come la presenza delle cartilagini di crescita e di tessuti maggiormente vitali che permettono una maggior versatilità nella scelta del trattamento che deve, comunque, sempre mirare alla minor aggressività possibile.

Se da un lato si può scegliere un trattamento conservativo, contando su una più ampia tolleranza ad eventuali scomposizioni e una migliore reattività nella riparazione delle lesioni tissutali, bisogna considerare che la biologia dell'osso e dei tessuti molli preveda determinati tempi tecnici di guarigione, specifici per ogni segmento e dettati dalle caratteristiche dello stesso (vascolarizzazione, vicinanza alla fisi, porosità ossea, ...) che vanno inclusi nella scelta dell'indirizzo terapeutico. Dopo queste considerazioni generali, lo scopo di questo articolo è di presentare le lesioni traumatiche dell'arto superiore più frequenti in ambito pediatrico, al fine di suggerire, ai colleghi meno esperti, un corretto iter diagnostico terapeutico nel rispetto sia della biologia sia dell'età dei pazienti.

Fratture sovracondiloidee dell'omero distale

Le fratture sovracondiloidee sono tra le fratture degli arti superiori più frequenti in ambito pediatrico, seconde solamente alle fratture del radio distale; nel 95-98% dei casi si verificano in seguito ad una caduta sulla mano con il gomito in iper-estensione mentre, solo in meno del 2-5% dei casi, si verificano per trauma diretto sul gomito in flessione¹. Tendono ad interessare maggiormente la fascia d'età compresa tra i 5 e i 7 anni, in letteratura sono maggiormente descritte nel sesso maschile e a sinistra².

Clinicamente, nelle forme maggiormente scomposte, esistono due segni caratteristici: il segno di Kirmisson¹, ovvero l'ematoma nella piega cubitale, e la plicatura, senza interruzione della cute, da parte del moncone prossimale dell'omero che perfora il muscolo brachiale e si ancora nel tessuto sottocutaneo³.

Parte fondamentale dell'esame obiettivo dev'esser la valutazione della perfusione periferica e la valutazione dell'integrità dei nervi periferici che possono esser interessati³.

L'indagine radiografica è necessaria per far diagnosi, capire l'entità della scomposizione e impostare il trattamento chirurgico purché venga fatta in due proiezioni ortogonali tra loro.

In assenza di franche scomposizioni, è necessario comunque escludere le fratture composte che, a volte, possono esser individuate solo con dei segni radiologici indiretti tra cui l'evidenza del cuscinetto adiposo posteriore, di solito non visualizzabile, o il sollevamento di quello anteriore, da ematoma sottostante³.

La classificazione di Gartland è la più diffusa: tipo I frattura composta, tipo II frattura scomposta anteriormente ma con integrità della corticale e, soprattutto, del periostio posteriore, tipo III frattura scomposta (in direzione postero-mediale o postero-laterale) in assenza di contatto tra i monconi. Ne esiste una versione modificata in cui è stato aggiunto un IV sottotipo che denota un'instabilità in flessione-estensione che si riscontra solo durante le manovre riduttive in sala operatoria⁴.

Una volta compresa l'entità della lesione si può stabilire il trattamento che, nelle fratture di tipo I prevede un'immobilizzazione brachio-metacarpale da mantenere dalle 3 alle 6 settimane in relazione all'età del paziente².

Negli ultimi anni sta aumentando sempre di più la tendenza a ricorrere al trattamento chirurgico a partire dalle fratture di tipo II. Il tipo III e il tipo IV richiedono un trattamento chirurgico di riduzione in sala operatoria e una sintesi che viene effettuata, nella maggior parte dei casi, in modo percutaneo con il posizionamento di fili di Kirschner (K) e completata da un'immobilizzazione post-operatoria brachio-metacarpale¹⁻³ (Fig. 1). Questi possono esser mantenuti in sede per 3-4 settimane a seconda dell'entità della lesione, dell'età del paziente e dalle indicazioni del chirurgo operatore, con rimozione di entrambi in ambulatorio senza necessità di ulteriore sedazione. Alla rimozione non è indicato un inizio precoce di fisioterapia, che si è vista aumentare il rischio di ossificazioni eterotopiche, e che potrà successivamente esser consigliata qualora il paziente avesse delle difficoltà nel recupero spontaneo dell'articolazione completa dopo un paio di mesi³.

Nel 2018 la Società italiana di Ortopedia Pediatrica ha pubblicato, sul GIOT (Giornale italiano di Ortopedia e Traumatologia), delle linee guida sulla gestione di queste fratture, analizzando alcuni punti dibattuti ancora oggi¹.

Per quanto riguarda il tempo di trattamento è emerso che, nel paziente con Gartland III senza evidenti compromissioni vascolari, effettuare l'intervento chirurgico entro le 12 ore dal trauma sia un tempo ragionevole in termini di bilancio tra rischi e i benefici. Oltre sembra aumentare la necessità di riduzione cruenta, il cui accesso chirurgico deve dipendere dalla sede della scomposizione e delle strutture anatomiche nobili da esplorare.

In attesa dell'intervento, per scongiurare una sindrome compartimentale, l'immobilizzazione dell'arto dev'esser effettuata con una doccia di posizione brachio-metacarpale nella posizione in cui si trova spontaneamente l'arto mentre, l'utilizzo della trazione transscheletrica olecranica, quasi



Figura 1. Esempio di frattura sovracondiloidea Gartland 3 trattata con pinning.

desueta, più esser necessaria in caso non sia possibile un approccio chirurgico in tempi ragionevoli in gomiti estremamente tumefatti.

Il decubito del paziente in sala operatoria (prono o supino) è a discrezione del chirurgo, consapevole che in posizione prona, ad una teorica maggior facilità di riduzione per l'aiuto della gravità, si può associare un peggior controllo delle vie aeree da parte dell'anestesista e una maggior difficoltà, in caso di necessità di riduzione cruenta, ad esplorare i monconi di frattura e le strutture vascolari in sede cubitale; inoltre è contro-indicato nelle fratture in flessione in cui può ostacolare la riduzione.

Le tecniche di sintesi più utilizzate prevedono il pinning con due o tre fili di K laterali divergenti o con due fili incrociati (da laterale e da mediale); la scelta dovrebbe ricadere sulla sede di scomposizione e sulla stabilità intra-operatoria; viene consigliato comunque, in caso di necessità di applicare il filo ulnare, di effettuare una mini-incisione a livello dell'epitroclea, per ridurre il rischio di pinzamento del nervo ulnare ed evitando l'iperflessione del gomito.

Nel 12% dei casi, le tipo III possono esser associate a lesioni vascolari che vanno sospettate già nella valutazione clinica iniziale; in questi casi è necessario procedere con la riduzione e la sintesi della frattura quanto prima; se dopo la procedura il refill capillare si normalizza ($< 2''$, consideran-

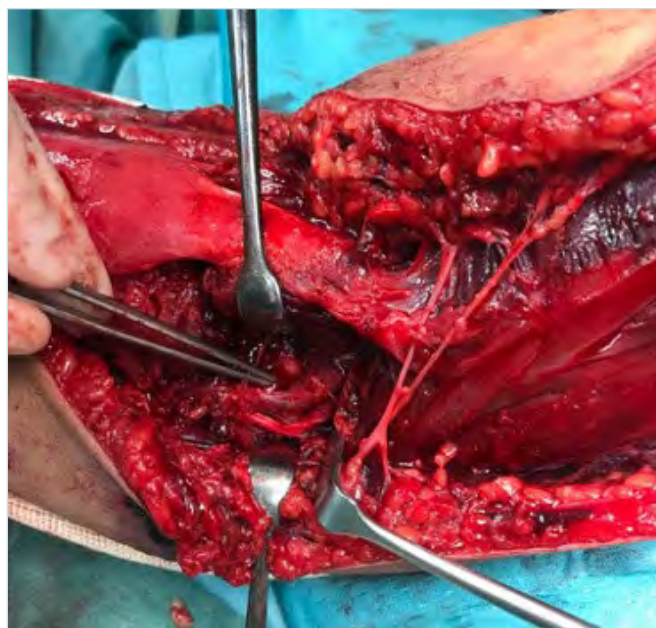


Figura 2. Frattura sovracondiloidea Gartland 3, trattata con riduzione e sintesi. Mano fredda dopo la sintesi con successiva sindrome compartimentale su base ischemica. All'esplorazione pinzamento con kinking della tonaca avventizia dell'arteria brachiale e del perinevrio del mediano da parte del moncone prossimale

do un tempo massimo di attesa di 10-15 min) allora si può procedere con una strategia di monitoraggio per almeno 48 ore dopo il trauma², qualora invece non accadesse viene consigliata l'esplorazione chirurgica del focolaio di frattura (Fig. 2).

Sono abbastanza frequenti, per la particolare anatomia della zona (3-22%), le lesioni nervose; in particolare il nervo mediano e il nervo interosseo anteriore, oltre che il nervo radiale, sono più frequentemente interessati nelle Gartland 3 in estensione, mentre il nervo ulnare in quelle rare forme in flessione oppure, come complicanza post-operatoria, dopo infissione del filo di K ulnare⁵. Ad esclusione dell'ultima condizione, sono tendenzialmente neuroaprassie transitorie che recuperano in un tempo variabile tra i 3 e i 6 mesi dal trauma.

In caso di mancati segni di recupero, oltre le 4-6 settimane dal trauma, si può procedere con uno studio elettromiografico e l'eventuale esplorazione con riparazione, da non effettuarsi prima di un periodo di osservazione di mancato recupero di almeno 6 mesi dal trauma.

Fratture del radio distale

Le fratture di radio distale rappresentano le fratture più frequenti in età pediatrica, costituendo dal 25% al 43% di tutte le fratture. Interessano più spesso il sesso maschile e il picco si registra nei mesi primaverili. Per la maggioranza sono secondarie a cadute ad alta energia o a traumi sportivi, riconoscendo come meccanismo traumatico più comune quello di impatto sulla mano a polso esteso. Pur in assenza di una classificazione standardizzata, quattro sono i pattern fratturativi che ricorrono negli algoritmi di trattamento^{6,7}.

Le fratture tipo Torus sono fratture metafisarie incomplete e costituiscono circa il 50% delle lesioni di polso nel bambino. La biomeccanica del tessuto osseo immaturo fa sì che le forze in flessione agiscano determinando una deformità in compressione. L'angolazione è minima o non misurabile e sono intrinsecamente stabili, per cui è sempre sufficiente un trattamento di immobilizzazione, con gesso o tutore, senza necessità di follow-up radiologico^{8,9}.

Le tipo Greenstick o a legno verde, fratture metafisarie incomplete, si verificano tipicamente nei bambini di età inferiore ai 10 anni e, per definizione, presentano una minore stabilità intrinseca rispetto alle fratture tipo Torus. Per tal motivo, il gesso è il mezzo di immobilizzazione più indicato, eventualmente preceduto da manovra di riduzione.

Nelle fratture metafisarie complete è sempre indicata la valutazione clinica del gomito, così come andrebbe sempre verificato l'allineamento radio-ulnare distale in proiezione laterale (esclusione di frattura-lussazione di Galeazzi).

I parametri che definiscono un'angolazione "accettabile", che

pertanto non richieda procedure di riduzione, sono definiti sulla base della crescita residua e appaiono ad oggi ancora molto dibattuti. I valori di angolazione tollerabili più comunemente accettati sono compresi tra 20 e 25 gradi sul piano sagittale e 15 gradi sul piano coronale¹⁰. Lynch et al hanno proposto maggiore tolleranza per quanto riguarda il piano coronale, suggerendo accettabile un'angolazione entro i 24 gradi¹¹. La tollerabilità dei gradi proposti è vincolata alla presenza di una crescita residua di almeno 2 anni. Sebbene la capacità di rimodellamento non differisca tra scomposizione volare o dorsale, si osserva tuttavia una perdita di supinazione nelle fratture a frammento volare¹². Anche fratture con overlapping e accorciamento < 1 cm possono essere ritenute accettabili purché con angolazione < 15 gradi; la malrotazione invece non ha potenziale di rimodellamento, per cui va sempre trattata¹³. Jeroense et al. hanno dimostrato che la velocità di rimodellamento si riduce a mano a mano che la frattura si rimodella, essendo correlata al valore iniziale di angolazione¹⁴. Il rimodellamento porta ad una correzione di circa 2 gradi al mese per i primi 6-9 mesi, proseguendo a velocità decrescente fino a 30 mesi dopo il trauma^{11,14,15}.

La procedura di riduzione incruenta, che può essere applicata in narcosi o in hematoma block, prevede la conoscenza di tecniche specifiche quali, ad esempio, la manovra di Pilcher, utilizzata nei casi con overlapping¹⁰. Nel confezionamento del gesso, un'eccessiva flessione del polso è controindicata a causa del rischio di neuropatia del nervo mediano, mentre non vi è accordo sul grado di prono-supinazione, che andrebbe valutato caso per caso¹⁶. La scomposizione secondaria, i cui criteri di definizione sono angolazione $\geq 10^\circ$, traslazione ≥ 2 mm e scomposizione $\geq 20\%$ rispetto al controllo post-riduzione, presenta un'incidenza variabile dal 21% al 39%, a seconda degli studi¹⁷. Andrebbe evitato un secondo tentativo di riduzione, dal momento che una manipolazione tardiva può causare un arresto iatrogeno della crescita a livello della cartilagine di accrescimento¹⁸.

L'indicazione al trattamento chirurgico è certa nei traumi con esposizione, nelle fratture irriducibili con manovre esterne, nei traumi con compromissione neurovascolare e nelle fratture dell'adolescente con restanti meno di due anni di crescita^{13,19}. Resta invece dibattuta l'indicazione chirurgica nei casi con allineamento non "accettabile" e nei casi di scomposizione secondaria. La scelta del trattamento chirurgico tra tecniche percutanee (fil di K o chiodi endomidollari elastici) e riduzione cruenta con sintesi interna (ORIF) dipende dalla stabilità richiesta, dalla sede della frattura e dall'età ossea del paziente. Negli esiti consolidati di malrotazioni le tecniche si basano su osteomie correttive talvolta associate a innesti ossei²⁰.

Secondo una review di Brandon et al, nella scelta tra ORIF e immobilizzazione con gesso, nessuno dei due metodi risulta chiaramente superiore per risultati a lungo termine²¹.

Circa il 15% delle fratture di radio distale coinvolgono la fisi, con predominanza del tipo II secondo Salter-Harris (SH). Benché la fisi distale contribuisca per il 75% alla crescita longitudinale del radio, garantendo quindi un ampio potenziale di rimodellamento, le fratture tipo SH II si verificano frequentemente in bambini che si avvicinano alla maturità scheletrica¹⁸. Le alterazioni della crescita ossea sono comuni in presenza di queste lesioni, ma potrebbero non essere clinicamente rilevanti a meno di un arresto completo della fisi che determini un accorciamento superiore a 1 cm o una crescita impari delle colonne metafisarie del radio. Poiché non sono note le caratteristiche della frattura associate all'arresto della crescita epifisaria, si raccomanda un attento follow-up radiologico per almeno 1 anno.

Fratture di metacarpi e falangi

Fratture delle falangi

Le fratture delle falangi rappresentano una quota significativa della traumatologia della mano in età pediatrica. Si osservano più frequentemente nei maschi, soprattutto oltre i 10 anni di età, e coinvolgono più comunemente le falangi medie, seguite dalle falangi prossimali. Nella grande maggioranza dei casi (circa il 90%) il trattamento è conservativo²².

La presenza della cartilagine di accrescimento condiziona sia il pattern di frattura sia il comportamento biologico della lesione. È fondamentale distinguere le fratture che coinvolgono la fisi (SH) dalle fratture giustafisarie (juxta-epiphyseal), localizzate a 1-2 mm dalla cartilagine di accrescimento che presentano un comportamento diverso in termini di stabilità e capacità di guarigione.

La corretta identificazione del tipo di frattura è cruciale per impostare il trattamento e prevedere il potenziale di rimodellamento che è tanto più efficace quanto maggiore è il potenziale di crescita residua (idealmente almeno due anni). Le fratture alla base delle falangi presentano una maggiore capacità di correzione spontanea rispetto a quelle del collo. Inoltre, il rimodellamento è più efficace sul piano antero-posteriore rispetto al laterale, mentre le deformità trasversali hanno minore possibilità di correzione spontanea. Il grado di scomposizione tollerabile, quindi, varia in base all'età e al piano della deformità. Nei bambini di 10-12 anni sono generalmente accettabili angolazioni fino a 30°-20° sul piano antero-posteriore e 15°-10° sul piano laterale, con margini maggiori nei pazienti più piccoli.

È tuttavia fondamentale sottolineare che il rimodellamento non corregge le deformità rotazionali: queste risultano clinicamente significative e richiedono una correzione anatomica.

Frattura di Seymour

La frattura di Seymour può essere una frattura juxta-fisaria o

una SH I-II della falange distale associata a lesione del letto ungueale. Si tratta di una frattura esposta, spesso sottovalutata, caratterizzata radiograficamente dall'apertura della fisi visibile nella radiografia in proiezione laterale^{23, 24}. È indispensabile un trattamento chirurgico precoce che consiste nella toeletta e nell'accurata gestione del letto ungueale, data l'elevata incidenza di infezione e complicanze se non trattata adeguatamente (Fig. 3).



Figura 3. Esempio di lesione di Seymour.

Mallet finger pediatrico

Nel bambino il cosiddetto "mallet finger" può corrispondere ad una Salter-Harris III. Anche in questo caso la corretta diagnosi radiografica è essenziale per evitare esiti funzionali permanenti. L'indicazione chirurgica è solitamente riservata ai frammenti ossei superiori al 50%.

Fratture della falange prossimale e media

Le fratture della base sono frequentemente di tipo SH II o juxta-fisaria. Le fratture del collo rappresentano un capitolo a parte: sono a rischio di mancata diagnosi, spesso a causa di proiezioni radiografiche inadeguate. È pertanto fondamentale ripetere le radiografie qualora vi sia dubbio clinico.

Secondo la classificazione proposta da Al-Qattan, le fratture di tipo I possono essere trattate conservativamente, mentre i tipi II e III, instabili, richiedono spesso stabilizzazione con fili di K²⁵.

Le fratture del collo possono determinare dislocazione dorsale con limitazione della flessione e deficit articolari, in particolare a carico dell'articolazione interfalangea prossimale, più che della distale. Le dislocazioni sul piano sagittale possiedono una maggiore capacità di rimodellamento rispetto ad altre deformità.

Fratture dei condili e della base

Le fratture condiloidee sono particolarmente delicate per il rischio di incongruenza articolare. Le fratture della base interessano frequentemente il quinto dito, dando luogo al quadro noto come "extra-ottava" (che può essere iuxtafisaria o essere una SH II). In generale sono stabili o ben riducibili se il periostio è integro su almeno un lato. È fondamentale verificare la presenza di deviazione in adduzione e valutare eventuale interposizione di tendini flessori o tessuti molli (Fig. 4). Nei casi di comminuzione severa o lesione dei legamenti collaterali può essere necessario un trattamento chirurgico a cielo aperto.



Figura 4. Esempi di fratture tipo «extra-ottava».

Fratture dei metacarpi

Le fratture dei metacarpi rappresentano il 10-30% delle fratture della mano nel bambino, con maggiore incidenza oltre i 13 anni ²⁶. Nei bambini più piccoli è frequente il meccanismo da schiacciamento della testa metacarpale. Le fratture extrafisarie sono relativamente protette dalla stabilità conferita dai legamenti collaterali, mentre la fisi metacarpale contribuisce solo per il 10% alla crescita longitudinale, limitando il potenziale di rimodellamento.

I limiti di accettabilità dell'angolazione aumentano dal secondo al quinto dito: rispettivamente 10°, 20°, 30° e 40°. Tuttavia, come già sottolineato, la rotazione non è mai accettabile. Anche le lussazioni metacarpofalangee sono rare, mentre quelle carpometacarpali sono eccezionali. In caso di dubbio è necessario controllare attentamente le proiezioni radiografiche; l'accesso dorsale è generalmente preferito nel trattamento chirurgico.

Tabella I. Protocollo riabilitativo per una riparazione del FP con la tecnica pull-out.

- Inizio del movimento a 3-5 giorni post-operatori
- Tutore dorsale di protezione da indossare di notte e nelle attività a rischio per 6 settimane
- Dar priorità al ripristino della flessione digitale passiva completa
- Iniziare il movimento attivo delle dita in tutti i gradi di flessione
- Incoraggiare gli esercizi di estensione digitale attiva
- Stimolare l'uso del dito nelle attività quotidiane
- Rimozione del pull-out a 6 settimane
- A 6 settimane allungamento e tutorizzazione di un'eventuale residua deformità in flessione
- Ritorno delle normali attività tra le 10 e le 12 settimane

Tabella II. Protocollo riabilitativo per una riparazione dei tendini flessori con una sutura four strands associate a sovrageglio epitendineo periferico

- Inizio del movimento a 3-5 giorni post-operatori
- Tutore dorsale di protezione da indossare per 6 settimane
- Dar priorità al ripristino della flessione digitale passiva completa
- Iniziare una mobilizzazione attiva precoce a partire dall'articolazione interfalangea distale
- Incoraggiare gli esercizi di estensione digitale attiva
- Mobilizzazione del polso a 3 settimane
- Iniziare la flessione attiva completa delle dita a 4 settimane
- A 6 settimane il tutore è rimosso durante il giorno e indossato di notte
- A 6 settimane allungamento e tutorizzazione di un'eventuale residua deformità in flessione
- Ritorno delle normali attività tra le 10 e le 12 settimane

Lesioni dei tendini flessori

Le lesioni dei tendini flessori sono una rarità nell'ambito della traumatologia pediatrica;

l'incidenza, infatti, è stimata intorno ai 3,6 casi per 100000, approssimativamente 10 volte inferiore di quanto riportato negli adulti ^{27, 28}. Queste lesioni sono rare nei bambini sotto i due anni di età ma, nonostante ciò, sono stati descritti

casi in neonati nati da parto cesareo²⁹. La maggior parte dei casi, invece, si manifestano intorno ai 3 anni di età; la zona II è quella più frequentemente interessata²⁸. Il meccanismo traumatico più frequente è la lesione da vetro, seguita dalle lesioni da taglio, più tipiche in adolescenza²⁸.

Il trattamento è fortemente influenzato dalla zona interessata, dall'età del paziente e dal suo grado di collaborazione. La tecnica con pull-out è stata tradizionalmente descritta per la lesione del tendine flessore profondo (FP) in zona I, permettendone una reinserzione o con una sutura a pull-out su un bottone posto sopra la lamina ungueale oppure con una sutura transossea o tramite ancorotta³⁰.

In realtà, molti chirurghi hanno modificato la prima tecnica posizionando il bottone sopra l'apice del polpastrello in modo da evitare le lesioni della matrice ungueale. Le suture trans ossee invece dovrebbero esser usate con attenzione nei bambini in modo da evitare danni alle cartilagini di accrescimento²⁸.

Negli ultimi decenni, le tecniche di sutura multistrati, associate ad un sovragitto epitendineo periferico, sono diventate il metodo di riparazione più diffuso per le lesioni dei tendini flessori nelle altre zone nei pazienti adulti. Questo perché associano una grande forza di tensione con una resistenza alla diastasi nel sito di sutura, promuovendo la guarigione tendinea. Il sovragitto epitendineo periferico contribuisce a ridurre l'effetto massa nella zona di riparazione, migliora lo scorrimento tendineo aumentando la resistenza della sutura³¹. Tuttavia, da un punto di vista anatomico, i bambini hanno tendini flessori piccoli e pulegge strette, fattori che limitano la possibilità di effettuare suture centrali multiple (30). Per queste ragioni, in letteratura viene riportata la tecnica di suture a due passaggi (two-strand) nei bambini al di sotto dei due anni di età^{28,30}.

Nei bambini di età superiore ai 5 anni, invece, molti autori suggeriscono invece di usare suture di calibro inferiore rispetto a quelle usate negli adulti in modo da applicare la tecnica a quattro passaggi (four-strand)³².

Bisogna però considerare che più il calibro del filo è ridotto minore sarà la resistenza alla tensione nel sito di riparazione³².

Indipendentemente dall'età, Al-Qattan ha proposto una tecnica a sei passaggi utilizzando tre figure-ad otto (six-strand "three figure-of-eight" technique). Questo metodo crea un costrutto più resistente ma anche più spesso e ciò potrebbe richiedere una sezione parziale di una puleggia per garantire un adeguato scorrimento³⁰. La gestione delle pulegge, in età pediatrica, è tutt'ora scarsamente documentata. Spesso, la guaina dei tendini flessori dei bambini è stretta e suscettibile ad anomalie anatomiche e infiammazioni che potrebbero compromettere l'escursione tendinea portando ad una condizione di scatto²⁸.

Per quanto riguarda il sovragitto, una sutura continua è ge-

neralmente preferita in quanto più facilmente applicabile a piccoli tendini.

Numerose sono le strategie riabilitative descritte, in relazione all'età del paziente^{33,34}.

Più è giovane il bambino, più i protocolli prevedono immobilizzazioni più prossimali e prolungate nel tempo³³.

I bambini in età prescolare sono frequentemente immobilizzati in un gesso per quattro settimane. Nei pazienti tra i 5 e i 10 anni di età, gli studi più recenti raccomandano protocolli con una mobilizzazione attiva precoce e immobilizzazione tre le sedute di fisioterapia³⁵. Negli adolescenti la mobilizzazione post-operatoria segue gli stessi principi adottati nell'adulto³⁰. Le tabelle 1 e 2 riassumono due esempi di protocolli riabilitativi possibili.

In generale, la letteratura corrente indica che i risultati funzionali nei bambini sono generalmente favorevoli, con rara necessità di procedure di tenolisi in caso di rigidità³¹. I risultati peggiori sono comunque riportati in zona II³⁶, specialmente in caso di lesioni concomitanti di strutture adiacenti.

Conclusioni

Lo scopo di questo articolo è di presentare le lesioni traumatiche dell'arto superiore più frequenti in ambito pediatrico che non sono sempre facili da diagnosticare e trattare così come non sono esenti da rischi e complicanze.

Le fratture sovracondiloidee presentano dei punti dibattuti per quanto riguarda il timing e le modalità di trattamento. Al di là delle complicanze connesse all'applicazione dei fili di K (rischio di mobilizzazione, infezioni, lesioni nervose iatrogene...) spaventa ancora molto il trattamento in caso di sospetta lesione vascolare così come il rischio di sindrome compartimentale, in particolare se associata ad una frattura di polso nel quadro che si delinea come "gomito flottante".

Tra le complicanze tardive vi sono le deviazioni assiali da viziosa consolidazione per cui si consigliano dei controlli periodici durante la crescita; queste possono, infatti, necessitare di una ripresa chirurgica in caso di comparsa di sintomi a distanza di tempo.

Le fratture del radio distale sono le fratture più frequenti in ambito pediatrico. Sono caratterizzate da un ampio ventaglio di possibilità che va da forme stabili a fratture progressivamente più instabili tali da richiedere un trattamento chirurgico.

Essendo una zona anatomica con una buona capacità di guarigione e rimodellamento, sono stati descritti molteplici parametri di tollerabilità che possono guidare nella scelta del trattamento; questa non può escludere la considerazione dell'età del paziente e della vicinanza della frattura alla cartilagine di crescita nonché l'interessamento della stessa. Il primo passo nella gestione delle fratture della mano nel

bambino è l'identificazione dei pattern ad alto rischio. Sono indispensabili proiezioni radiografiche corrette, da ripetere se necessario. Le mal unioni angolari lievi possono andare incontro a rimodellamento, specialmente nei pazienti con significativa crescita residua. Al contrario, i difetti rotazionali non si correggono spontaneamente e sono sempre clinicamente rilevanti.

Nei casi sintomatici con esiti viziosi, l'osteotomia correttiva rappresenta una soluzione efficace sia dal punto di vista funzionale sia estetico, anche se eseguita a distanza di tempo dal trauma. Infine, nell'immobilizzazione, il gesso garantisce generalmente maggiore affidabilità rispetto ai tutori, soprattutto nei pazienti pediatrici meno collaboranti.

Le lesioni dei tendini flessori, seppur più rare rispetto agli adulti, nei bambini presentano alcune insidie; bisogna trovare un giusto equilibrio tra la necessità di gestire strutture di piccolo calibro in spazi ristretti, con un potenziale residuo di crescita, ed effettuare una riparazione che abbia una resistenza tale da garantire il maggior recupero funzionale possibile. La scelta deve anche comprendere l'età e la compliance del paziente, in particolare per quanto riguarda il successivo protocollo riabilitativo che, in questo tipo di lesioni, è da considerare parte integrante del trattamento.

Bibliografia

- 1 Boero S. et al. Linee guida SITOP Trattamento chirurgico delle fratture sovracondiloidee omerali nel bambino. *Giornale Italiano di Ortopedia e Traumatologia* 2018;44:257-263;
- 2 Kasser JR, Beaty JH. Supracondylar fractures of the distal humerus. In: *Rockwood e Wilkins Fractures in childrens*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins 2006, pp. 549-596;
- 3 Waters PM, Bae DS. Distal Humerus fractures. In: *Hand and upper limb surgery. A practical guide*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins 2012, pp. 287-315;
- 4 Barton KL, Klaminsky CK, Green DW et al. Reliability of a modified Gartland classification of supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop*. 2001;21(1):27-30;
- 5 Senes FM, Campus R, Becchetti F et al. Upper limb nerve injuries in developmental age. *Microsurgery*. 2009;29(7):529-535;
- 6 Shah AS, Guzek RH, Miller ML et al. Descriptive Epidemiology of Isolated Distal Radius Fractures in Children: Results from a Prospective Multicenter Registry. *J Pediatr Orthop*. 2023 Jan 1;43(1):e1-8;
- 7 Liu DS, Murray MM, Bae DS et al. Pediatric and Adolescent Distal Radius Fractures: Current Concepts and Treatment Recommendations. *J Am Acad Orthop Surg*. 2024 Nov 1;32(21):e1079-1089;
- 8 Lindsay SE, Holmes S, Swarup I, et al. Trends in Management of Pediatric Distal Radius Buckle Fractures. *J Pediatr Orthop*. 2022 Aug 1;42(7):367-371;
- 9 Williams BA, Alvarado CA, Montoya-Williams DC et al. Buckling down on torus fractures: has evolving evidence affected practice? *J Child Orthop*. 2018 Apr 1;12(2):123-128;
- 10 Hennrikus WL, Mehlman CT. The Community Orthopedic Surgeon Taking Trauma Call: Pediatric Distal Radius and Ulna Fracture Pearls and Pitfalls. *J Orthop Trauma*. 2019 Aug 1;33:S6-11;
- 11 Lynch KA, Wesolowski M, Cappello T. Coronal Remodeling Potential of Pediatric Distal Radius Fractures. *J Pediatr Orthop*. 2020 Nov/Dec;40(10):556-561;
- 12 Zimmermann R, Gschwentner M, Pechlaner S et al. Remodeling capacity and functional outcome of palmarly versus dorsally displaced pediatric radius fractures in the distal one-third. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2004 Jan;124(1):42-48;
- 13 Noonan KJ, Price CT. Forearm and distal radius fractures in children. *J Am Acad Orthop Surg*. 1998 May-Jun;6(3):146-156;
- 14 Jeroense KTV, America T, Witbreuk MMEH et al. Malunion of distal radius fractures in children. *Acta Orthop*. 2015 Apr;86(2):233-237;
- 15 Akar D, Koroğlu C, Erkus S, Turgut A et al. Conservative Follow-up of Severely Displaced Distal Radial Metaphyseal Fractures in Children. *Cureus*. 2018 Sep 5;10(9):e3259;
- 16 Bin K, Rony L, Henric N et al. Pediatric fracture reduction in the emergency department. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2022 Feb;108(1S):103155;
- 17 Sengab A, Krijnen P, Schipper IB. Risk factors for fracture redisplacement after reduction and cast immobilization of displaced distal radius fractures in children: a meta-analysis. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2020 Aug;46(4):789-800;
- 18 Larsen MC, Bohm KC, Rizkala AR et al. Outcomes of Nonoperative Treatment of Salter-Harris II Distal Radius Fractures: A Systematic Review. *Hand (N Y)*. 2016 Mar;11(1):29-35;
- 19 Bae DS. Pediatric Distal Radius and Forearm Fractures. *J Hand Surg Am*. 2008 Dec;33(10):1911-1923;
- 20 Akoon A, Dwyer CL, Zachis TA et al. Pediatric Distal Radius Fracture Malunions: Overview and Current Treatment Recommendations. *SM J Pediatr Surg*. 2017;3(3):1049;
- 21 Krumbach B, Meretsky CR, Polychronis A et al. A Systematic Review of the Optimal Management of Pediatric Distal Radius Displacement Fractures: Open Reduction and Internal Fixation Versus Cast Placement. *Cureus*. 2024 Aug 12;16(8):e66696;
- 22 Waters PM, Skaggs DL, Flynn JM. *Rockwood and Wilkins' Fractures in Children*. 9th ed. Wolters Kluwer; 2020;
- 23 Nellans KW, Chung KC. Pediatric hand fractures. *Hand Clin*. 2013 Nov;29(4):569-578;
- 24 Abzug JM, Kozin SH. Seymour fractures. *J Hand Surg Am*. 2013 Nov;38(11):2267-2270;
- 25 Al-Qattan MM, Al-Qattan AM. A review of phalangeal neck fractures in children. *Injury*. 2015;46(6):935-944;
- 26 Cornwall R. Finger metacarpal fractures and dislocations in children. *Hand Clin*. 2006 Feb;22(1):1-10;
- 27 Nietosvaara Y, Lindfors NC, Palmu S et al. Flexor tendon injuries in pediatric patients. *J Hand Surg Am*. 2007 Dec;32(10):1549-1557;
- 28 Starr BW, Cornwall R. Pediatric Flexor Tendon Injuries. *Hand Clin*. 2023 May;39(2):227-233;
- 29 Kavouksorian CA, Noone RB. Flexor tendon repair in the neo-

- nate. *Ann Plast Surg.* 1982 Nov;9(5):415-418;
- ³⁰ Al-Qattan MM. Flexor tendon injuries in the child. *J Hand Surg Eur Vol.* 2014 Jan;39(1):46-53;
- ³¹ Sikora S, Lai M, Arneja JS. Pediatric flexor tendon injuries: A 10-year outcome analysis. *Can J Plast Surg.* 2013 Fall;21(3):181-185;
- ³² Al-Thunayan TA, Al-Zahrani MT, Hakeem AA et al. A biomechanical study of pediatric flexor profundus tendon repair. Comparing the tensile strengths of 3 suture techniques. *Saudi Med J.* 2016 Sep;37(9):957-962;
- ³³ Von der Heyde R. Flexor tendon injuries in children: Rehabilitative options and confounding factors. *J Hand Ther.* 2015 Apr-Jun;28(2):195-199;
- ³⁴ Lake A, Oishi SN, Ezaki M. Flexor tendon injuries, repair and rehabilitation in children. In: Skirven T, Osterman AL, Fedorczyk J, Amadio P, eds. *Rehabilitation of the Hand and Upper Extremity.* 6th ed. St. Louis, MO: Mosby; 2011: 1647e1650;
- ³⁵ Kato H, Minami A, Suenaga N et al. Long term results after primary repairs of zone 2 flexor tendon lacerations in children younger than age 6 years. *J Pediatr Orthop.* 2002 Nov-Dec;22(6):732-735;
- ³⁶ Elhassan B, Moran SL, Bravo C et al. Factors that influence the outcome of zone I and zone II flexor tendon repairs in children. *J Hand Surg Am* 2006 Dec;31(10):1661-1666.



Le viti endomidollari in chirurgia della mano.

Tips and tricks: prevenzione degli errori e ottimizzazione della tecnica

Intramedullary screws in hand surgery: tips and tricks to prevent pitfalls and optimize surgical technique

Andrea Poggetti¹ (foto), Sergio De Santis², Alessandro Fagetti³, Pier Paolo Borelli⁴, Francesco Smeraglia⁵

¹ AOU Careggi, Hand and Microsurgery Reconstruction Unit, Firenze; ² UOC Chirurgia della Mano e Microchirurgia Ricostruttiva Azienda Ospedaliera Gaetano Pini e CTO di Milano; ³ Struttura Semplice di Chirurgia della Mano, SC Ortopedia e Traumatologia ASST Ovest Milanese, Legnano; ⁴ Specialista in Chirurgia della Mano e del Polso, Brescia ⁵ UOC Ortopedia e Chirurgia della Mano; ⁵ UOC Ortopedia e Traumatologia, AOU Federico II

Corrispondenza:

Andrea Poggetti

E-mail: poggetti.andrea@gmail.com

Conflitto di interessi

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

Come citare questo articolo: Poggetti A, De Santis S, Fagetti A, et al. Le viti endomidollari in chirurgia della mano. Tips and tricks: prevenzione degli errori e ottimizzazione della tecnica. Rivista Italiana di Chirurgia della Mano 2026;63:18-24. <https://doi.org/10.53239/2784-9651-2026-6>

© 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>

Riassunto

L'osteosintesi endomidollare mediante viti senza testa (Intramedullary Headless Screw Fixation, IHSF) rappresenta una delle più significative innovazioni degli ultimi decenni nel trattamento delle fratture della mano. Sviluppata inizialmente per la sintesi delle fratture dello scafoide carpale, questa metodica ha progressivamente esteso le proprie indicazioni alle fratture dei metacarpi e delle falangi, modificando in modo sostanziale i paradigmi terapeutici tradizionali. La possibilità di ottenere una sintesi stabile attraverso accessi mini-invasivi, riducendo al minimo l'aggressione ai tessuti molli e consentendo una mobilitazione precoce, ha determinato un crescente interesse da parte dei chirurghi della mano. Scopo del presente lavoro è analizzare i principi biomeccanici, le indicazioni, le tecniche chirurgiche e gli aspetti pratici dell'impiego delle viti endomidollari senza testa nelle diverse sedi anatomiche della mano, evidenziandone vantaggi, limiti e prospettive future. La presente rassegna tecnica raccoglie i contributi del Corso di Istruzione del 63° del Congresso Nazionale SICM e illustra le strategie per ottimizzare il posizionamento delle viti nello scafoide, nelle ossa metacarpali e nelle falangi, con specifica attenzione agli errori più frequenti e alle relative strategie preventive.

Parole chiave: viti endomidollari, scafoide, metacarpi, falangi, osteosintesi percutanea, chirurgia della mano, viti endomidollare (IHSF)

Summary

Intramedullary Headless Screw Fixation (IHSF) represents one of the most significant innovations in the treatment of hand fractures over the past decades. Originally developed for the fixation of carpal scaphoid fractures, this technique has progressively expanded its indications to include metacarpal and phalangeal fractures, substantially reshaping tra-

ditional treatment paradigms. The ability to achieve stable fixation through minimally invasive approaches, while minimizing soft-tissue disruption and allowing early mobilization, has generated increasing interest among hand surgeons. The aim of the present work is to review the biomechanical principles, indications, surgical techniques, and practical aspects of headless intramedullary screw fixation in the various anatomical regions of the hand, highlighting its advantages, limitations, and future perspectives. This technical review compiles the contributions presented during the Instructional Course of the 63rd National Congress of the Italian Society for Surgery of the Hand (SICM) and illustrates strategies for optimizing screw placement in the scaphoid, metacarpals, and phalanges, with particular emphasis on common technical pitfalls and their prevention.

Key words: intramedullary screws, scaphoid, metacarpals, phalanges, percutaneous fixation, hand surgery, Intramedullary Headless Screw Fixation (IHSF)

Introduzione

Il trattamento delle fratture della mano ha sempre dovuto confrontarsi con un delicato equilibrio tra stabilità meccanica e preservazione della funzione. Se da un lato una sintesi stabile rappresenta il prerequisito indispensabile per la guarigione ossea, dall'altro l'eccessiva aggressione chirurgica ai tessuti molli può tradursi in aderenze tendinee, rigidità articolare e perdita funzionale permanente. Per molti anni il trattamento chirurgico delle fratture della mano si è basato principalmente sull'utilizzo di fili di Kirschner e placche a stabilità angolare. Sebbene entrambe le metodiche abbiano dimostrato efficacia clinica, esse presentano limiti ben noti. I fili di Kirschner offrono una stabilizzazione relativamente semplice e poco invasiva, ma richiedono frequentemente immobilizzazione postoperatoria e sono associati a rischi di infezione del tramite cutaneo, perdita di riduzione e mobilizzazione del mezzo di sintesi. Le placche garantiscono una fissazione più rigida ma richiedono ampie esposizioni chirurgiche, con conseguente incremento del rischio di aderenze cutanee e tendinee.

L'introduzione delle viti a compressione senza testa ha rappresentato un cambiamento concettuale importante. Grazie alla loro collocazione completamente endossea, queste viti permettono di ottenere una sintesi stabile senza interferire con i tendini estensori o flessori e senza la necessità di materiale prominente che possa generare conflitti meccanici. La tecnica è nata nel trattamento delle fratture dello scafoide, ma il miglioramento delle conoscenze biomeccaniche e l'evoluzione del design implantare ne hanno progressivamente ampliato l'applicazione alle fratture dei metacarpi e delle falangi.

Le viti a compressione senza testa nelle fratture dello scafoide

Lo scafoide rappresenta il modello storico di applicazione della fissazione mediante viti a compressione senza testa. Le sue peculiarità anatomiche e biologiche rendono infatti

questo osso particolarmente adatto a tale strategia.

Circa l'80% della superficie dello scafoide è ricoperta da cartilagine articolare. Questa caratteristica limita significativamente le possibilità di applicazione di mezzi di sintesi tradizionali e rende fondamentale l'impiego di dispositivi che possano essere completamente alloggiati all'interno dell'osso.

A differenza di quanto accade nei metacarpi e nelle falangi, nello scafoide la funzione primaria della vite non è semplicemente quella di condividere il carico meccanico, ma di generare una compressione interframmentaria efficace. La guarigione delle fratture dello scafoide dipende infatti in larga misura dalla stabilità ottenuta attraverso la compressione della rima di frattura.

La tecnica chirurgica viene generalmente per via percutanea o mini-open. L'accesso può essere palmare nelle fratture del terzo medio e distale oppure dorsale nelle fratture del polo prossimale. Dopo il corretto posizionamento del polso sotto controllo fluoroscopico, un filo guida viene introdotto lungo l'asse centrale dello scafoide. La centralità del filo rappresenta probabilmente il fattore tecnico più importante dell'intera procedura, poiché determina sia la qualità della compressione sia la resistenza biomeccanica finale della sintesi.

Una volta verificato il corretto posizionamento del filo nelle proiezioni dedicate, si procede alla misurazione della lunghezza e alla preparazione del canale per l'inserimento della vite. L'utilizzo di viti a passo differenziale consente di ottenere una compressione progressiva dei frammenti durante l'avanzamento dell'impianto (Fig. 1, 2, 3 e 4).

Fondamentale risulta il completo affondamento della vite al di sotto della superficie articolare. Qualsiasi prominenza residua può infatti determinare conflitti articolari con il radio o con le altre ossa del carpo, compromettendo il risultato clinico e favorendo la degenerazione cartilaginea.

L'esecuzione di test dinamici sotto fluoroscopia al termine della procedura permette di verificare l'assenza di mobilità residua della frattura e costituisce un passaggio essenziale prima della conclusione dell'intervento.

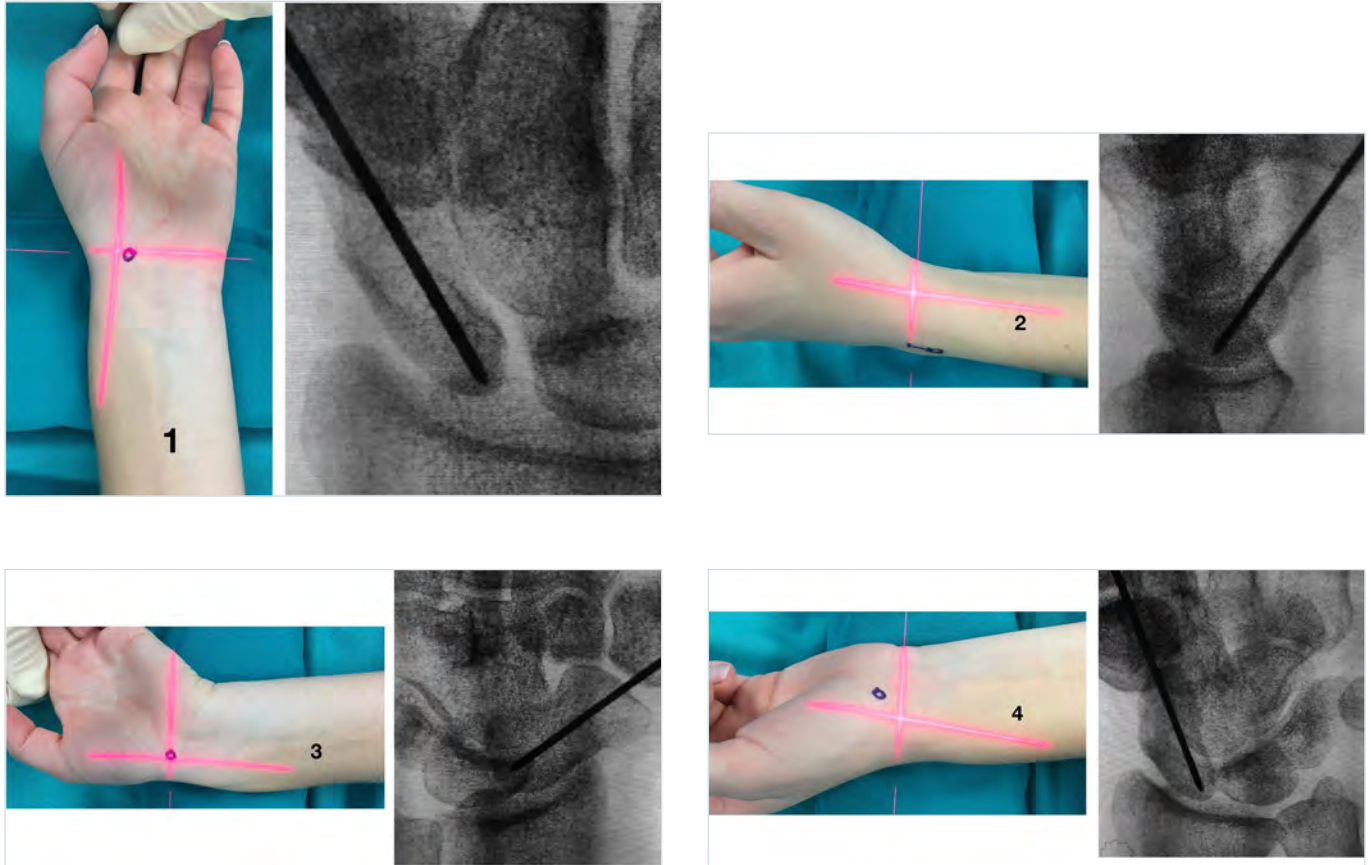


Figura 1-4. Proiezioni per verificare il corretto posizionamento del filo guida..

Le viti endomidollari nelle fratture dei metacarpi

Le fratture metacarpali rappresentano una delle lesioni traumatiche più frequenti della mano e interessano prevalentemente soggetti giovani e attivi. In questa popolazione il rapido recupero funzionale assume un'importanza fondamentale sia sotto il profilo lavorativo sia sotto quello sportivo.

Le indicazioni ideali per la fissazione endomidollare mediante viti senza testa comprendono le fratture trasverse e le fratture oblique brevi, nelle quali la lunghezza della rima di frattura risulta inferiore a due volte il diametro dell'osso (Fig. 5). In tali condizioni la vite agisce come un efficace sistema di condivisione del carico, garantendo stabilità rotazionale e resistenza alle sollecitazioni funzionali precoci.

Rispetto alla sintesi con placca, la fissazione endomidollare presenta numerosi vantaggi biologici. L'assenza di scollamento periostale preserva la vascolarizzazione locale, mentre la limitata esposizione chirurgica riduce significativamente il danno ai tessuti molli circostanti. Ne consegue una minore incidenza di aderenze tendinee e una più rapida

ripresa della mobilità articolare.

La tecnica retrograda rappresenta attualmente l'approccio più diffuso. Attraverso una piccola incisione dorsale a livello della testa metacarpale, eseguita con l'articolazione metacarpo-falangea in massima flessione, si accede al punto di ingresso della vite (Fig. 6). L'apparato estensore viene delicatamente divaricato longitudinalmente, consentendo l'introduzione del filo guida nel terzo dorsale della superficie articolare.

Il filo viene avanzato lungo il canale midollare fino alla base del metacarpo. Dopo la riduzione della frattura e la preparazione del canale, la vite viene inserita manualmente per mantenere una migliore percezione tattile dell'acquisto osseo e ridurre il rischio di sovraccarico delle corticali.

Recentemente è stato descritto un approccio anterogrado, particolarmente utile nelle fratture del terzo prossimale. Questa tecnica consente di evitare la violazione della superficie articolare metacarpo-falangea e riduce ulteriormente il rischio di danno all'apparato estensore.

Un aspetto cruciale della procedura riguarda la prevenzione delle deformità rotazionali. Durante l'inserimento della vite le dita devono essere mantenute flesse verso il palmo, in



Figura 5. Indicazioni ideali per la fissazione endomidollare mediante vite senza testa.

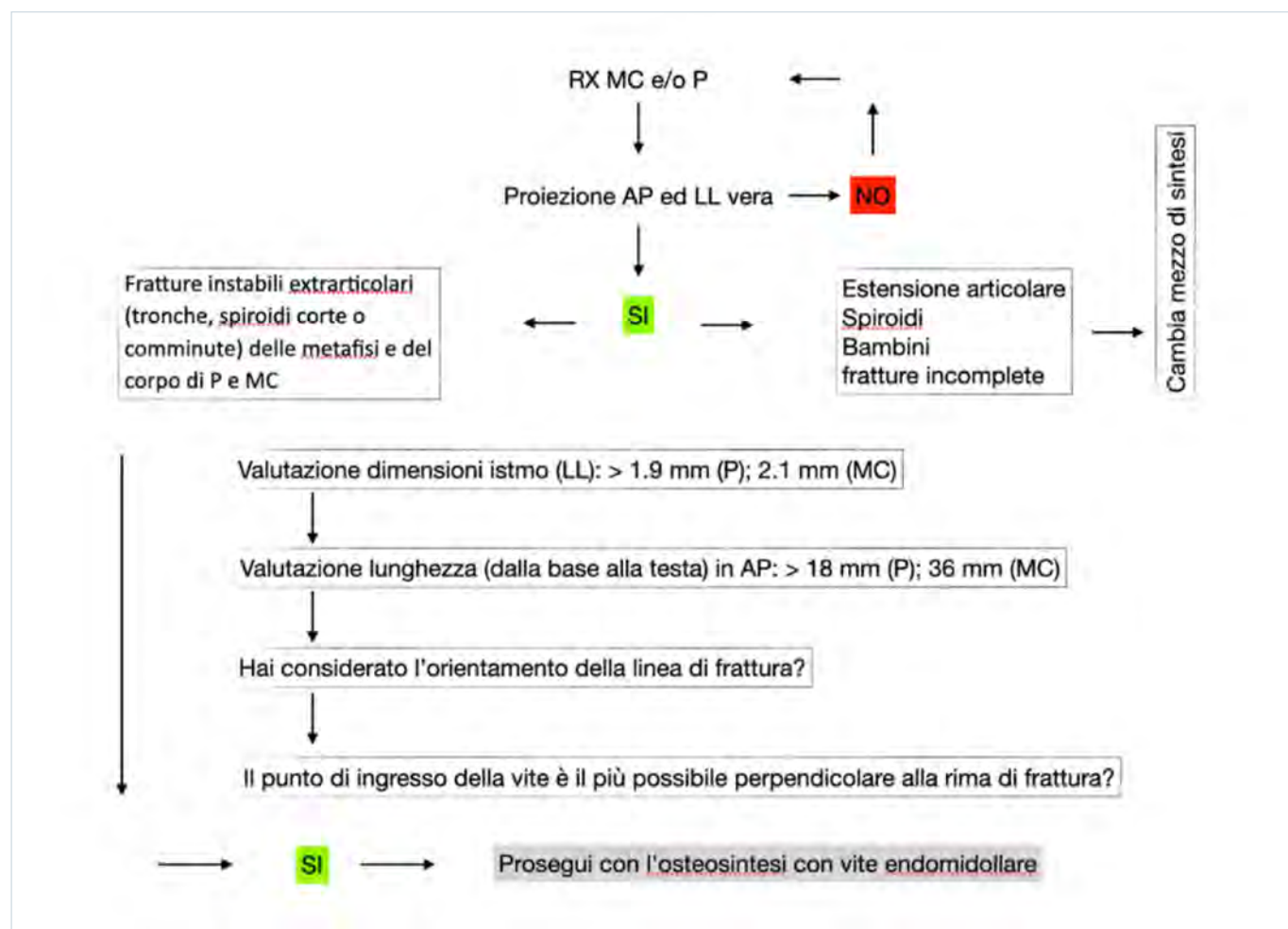


Figura 6. Indicazioni ideali per la fissazione endomidollare mediante vite senza testa.



Figura 7. Sintesi anterograda e retrograda con i diversi orientamenti e configurazione della vite.

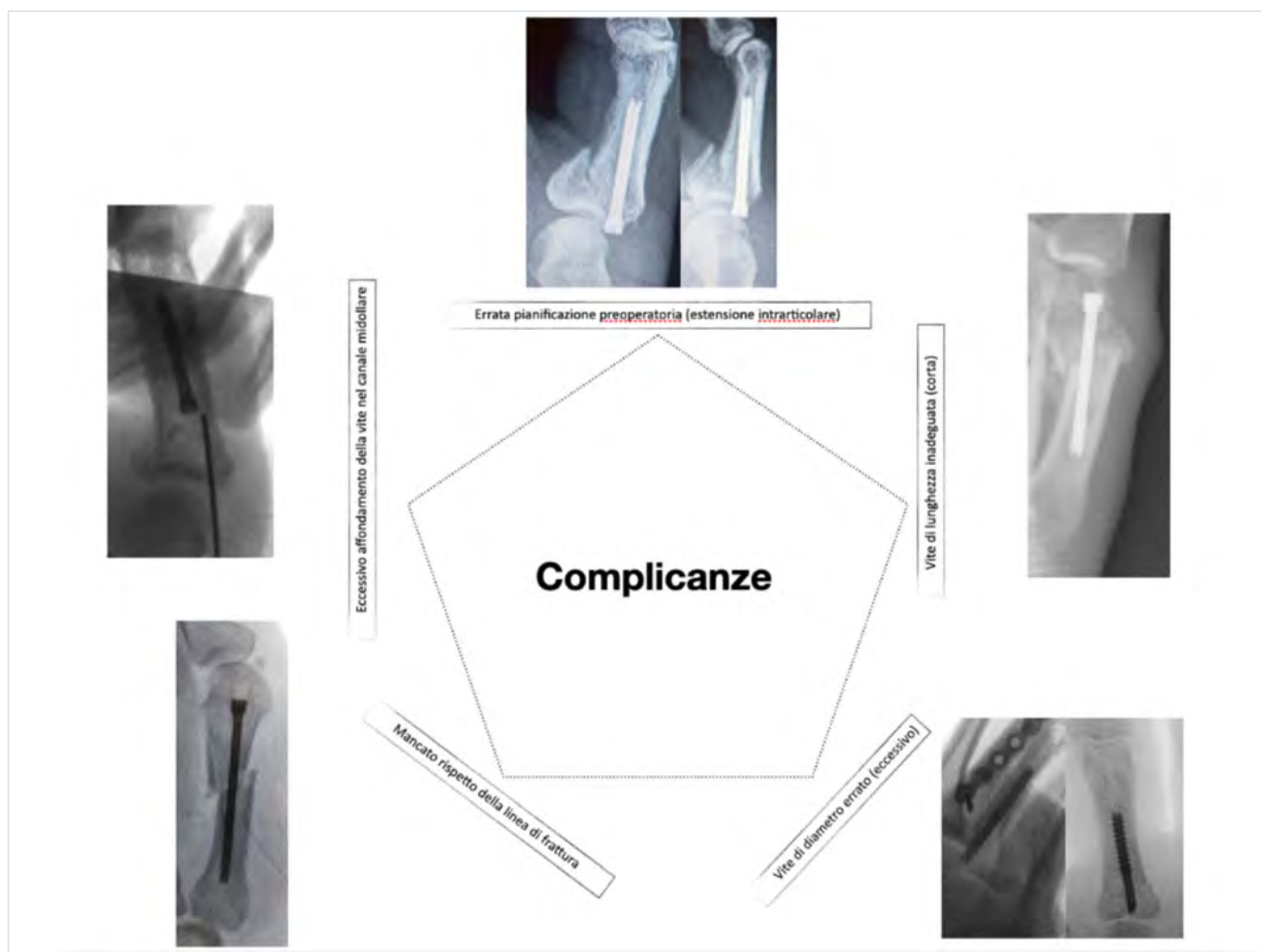


Figura 8. Le cinque complicanze più comuni della IHSF.

modo da riprodurre la fisiologica cascata digitale. Tale accorciamento permette di evidenziare immediatamente eventuali malrotazioni e di correggerle prima della sintesi definitiva (Fig. 7).

Particolare attenzione deve inoltre essere rivolta alle dimensioni del canale midollare. Una valutazione preoperatoria accurata mediante radiografie standard (AP ed LL) consente di individuare l'istmo diafisario e di selezionare il diametro della vite più appropriato. Un impianto sovradimensionato può infatti determinare fratture iatrogene o rottura del mezzo di sintesi.

Le viti endomidollari nelle fratture delle falangi

Le fratture delle falangi rappresentano probabilmente il campo in cui la fissazione endomidollare ha espresso il maggiore potenziale innovativo. In nessun altro distretto anatomico della mano il prezzo biologico della rigidità articolare risulta infatti così elevato.

Le fratture della falange prossimale e della falange media sono frequentemente caratterizzate da instabilità rotazionale e da una marcata tendenza alla rigidità post-traumatica. La necessità di immobilizzazioni prolungate, spesso richiesta dopo sintesi con fili di Kirschner, costituisce uno dei principali fattori responsabili dei risultati funzionali insoddisfacenti.

La possibilità di ottenere una stabilizzazione sufficientemente rigida da consentire una mobilizzazione quasi immediata rappresenta quindi il principale vantaggio dell'IHSF in questa sede (Fig. 5).

L'approccio anterogrado intra-articolare è oggi considerata la tecnica di riferimento per molte fratture della falange prossimale (Fig. 6). Con l'articolazione metacarpo-falangea flessa tra sessanta e novanta gradi, la base della falange viene traslata dorsalmente consentendo l'identificazione del corretto punto di ingresso.

Il filo guida viene inserito sul terzo dorsale sia sul piano coronale sia sul piano sagittale ed il più possibile ortogonale alla rima di frattura. L'avanzamento oscillante del filo può ridurre il rischio di estrazione accidentale durante le successive fasi di alesatura e facilita il mantenimento della riduzione. Dopo la preparazione del canale si procede all'inserimento della vite, generalmente di diametro compreso tra 2,2 e 3 millimetri. La corretta scelta della lunghezza consente di ottenere un adeguato supporto strutturale senza compromettere le superfici articolari distali.

In casi selezionati, soprattutto nelle fratture della falange media, può essere utilizzato un approccio retrogrado attraverso l'articolazione interfalangea prossimale.

Dal punto di vista biomeccanico, alcune configurazioni meri-

tano una menzione specifica. Nelle fratture comminute metafisarie o subcondrali l'impiego di due viti convergenti può creare una struttura di sostegno tridimensionale capace di contrastare efficacemente l'accorciamento assiale. Questo principio, descritto come "Y-strutting", consente di aumentare significativamente la resistenza meccanica della sintesi. Analogamente, nelle situazioni caratterizzate da perdita della corticale dorsale, il posizionamento della vite, permette di ricreare una funzione di supporto assimilabile a quella di una trave portante. Tale configurazione favorisce il mantenimento della lunghezza ossea e riduce il rischio di collasso secondario (Fig. 7).

Grazie alla stabilità ottenuta mediante fissazione endomidollare, la riabilitazione può essere iniziata molto precocemente. Nella maggior parte dei casi esercizi attivi e passivi vengono avviati entro tre-cinque giorni dall'intervento, contribuendo in modo decisivo al recupero della funzione.

Discussione

L'evoluzione delle tecniche di osteosintesi della mano ha progressivamente spostato l'attenzione dalla semplice consolidazione ossea al recupero funzionale globale. In questo contesto, la fissazione endomidollare con viti a compressione senza testa rappresenta una delle soluzioni più coerenti con i principi della moderna chirurgia della mano.

I vantaggi biologici derivanti dalla limitata aggressione chirurgica si associano a eccellenti caratteristiche biomeccaniche. La stabilità ottenuta consente una mobilizzazione precoce che interrompe il circolo vizioso costituito da dolore, immobilizzazione, edema e rigidità articolare.

Le principali criticità della tecnica riguardano la curva di apprendimento e la necessità di una pianificazione preoperatoria accurata. Il corretto rapporto tra diametro della vite e calibro del canale midollare rappresenta infatti un elemento determinante per il successo dell'intervento. Errori di *sizing* possono tradursi in perdita di stabilità o, al contrario, in fratture iatrogene durante l'inserimento.

Un ulteriore aspetto da considerare riguarda il rischio di violazione delle superfici articolari nei punti di ingresso della vite. Sebbene gli studi clinici disponibili abbiano evidenziato una bassa incidenza di complicanze degenerative, il rispetto rigoroso della tecnica chirurgica rimane fondamentale per minimizzare tale rischio (Fig. 8).

La letteratura più recente riporta tassi di consolidazione estremamente elevati, spesso prossimi al cento per cento, associati a tempi ridotti di ritorno alle attività lavorative e sportive. Tali risultati hanno contribuito alla progressiva diffusione della metodica nei principali centri di chirurgia della mano.

Conclusioni

La fissazione endomidollare con viti a compressione senza testa rappresenta oggi una delle più importanti innovazioni nel trattamento delle fratture dello scafoide, dei metacarpi e delle falangi. L'associazione tra minima invasività, elevata stabilità biomeccanica e possibilità di mobilizzazione precoce ha profondamente modificato l'approccio terapeutico a queste lesioni.

Pur richiedendo una tecnica accurata e una precisa pianificazione preoperatoria, l'IHSF consente di ottenere eccellenti risultati clinici e funzionali, riducendo molte delle complicanze tradizionalmente associate ai mezzi di sintesi convenzionali. Alla luce delle evidenze attualmente disponibili, questa metodica può essere considerata una delle strategie di riferimento nella moderna traumatologia della mano, incarnando il principio fondamentale secondo cui la migliore osteosintesi non è semplicemente quella che fa guarire l'osso, ma quella che restituisce al paziente una mano mobile, forte e funzionale nel minor tempo possibile.

Bibliografia

- ¹ Gray RRL, Halpern AL, King SR, et al. Scaphoid fracture and nonunion: new directions. *J Hand Surg Eur Vol.* 2023 Sep;48(2 suppl):4S-10S. <https://doi.org/10.1177/17531934231165419>. PMID: 37704024.
- ² Kwan SA, Bridges TN, Buchan L, et al. The Biomechanical Stability of a Single Headless Compression Screw Construct to Fix Scaphoid Waist Fractures. *J Am Acad Orthop Surg.* 2025 Feb 26;33(17):994-999. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-24-00348>. PMID: 40014753.
- ³ Herekar RN, John MP 2nd, Doarn MC, et al. Intramedullary Headless Screw Fixation for Phalanx Fractures: Technique and Review of Current Literature. *Tech Hand Up Extrem Surg.* 2022 Dec 1;26(4):218-228. <https://doi.org/10.1097/BTH.0000000000000388>. PMID: 35698298.
- ⁴ Bhashyam AR, Mudgal C. Intramedullary Headless Screw Fixation for Metacarpal Fractures - Technical Tips. *J Hand Surg Asian Pac Vol.* 2023 Feb;28(1):144-148. <https://doi.org/10.1142/S2424835523710017>. PMID: 36866824.
- ⁵ Dohse NM, Jones CM, Ilyas AM. Fixation of Hand Fractures with Intramedullary Headless Compression Screws. *Arch Bone Jt Surg.* 2022 Dec;10(12):1004-1012. <https://doi.org/10.22038/ABJS.2022.64506.3102>. PMID: 36721649; PMCID: PMC9846723.
- ⁶ Vanmierlo B, Eijnde BO, Duerinckx J, et al. Intramedullary headless compression screw fixation of the middle phalanx: tips, tricks, and pitfalls. *Hand Surg Rehabil.* 2024 Jun;43(3):101720. <https://doi.org/10.1016/j.hansur.2024.101720>. Epub 2024 May 21. PMID: 38782360.
- ⁷ Poggetti A, Fagetti A, Lauri G, et al. Outcomes of 173 metacarpal and phalangeal fractures treated by intramedullary headless screw fixation with a 4-year follow-up. *J Hand Surg Eur Vol.* 2021 Jun;46(5):466-470. <https://doi.org/10.1177/1753193420980324>. Epub 2021 Jan 14. PMID: 33444072.
- ⁸ Giesen T, Gazzola R, Poggetti A, et al. Intramedullary headless screw fixation for fractures of the proximal and middle phalanges in the digits of the hand: a review of 31 consecutive fractures. *J Hand Surg Eur Vol.* 2016 Sep;41(7):688-94. <https://doi.org/10.1177/1753193416641330>. Epub 2016 Apr 7. PMID: 27056277.



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 associate a integrità del muro anteriore 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).

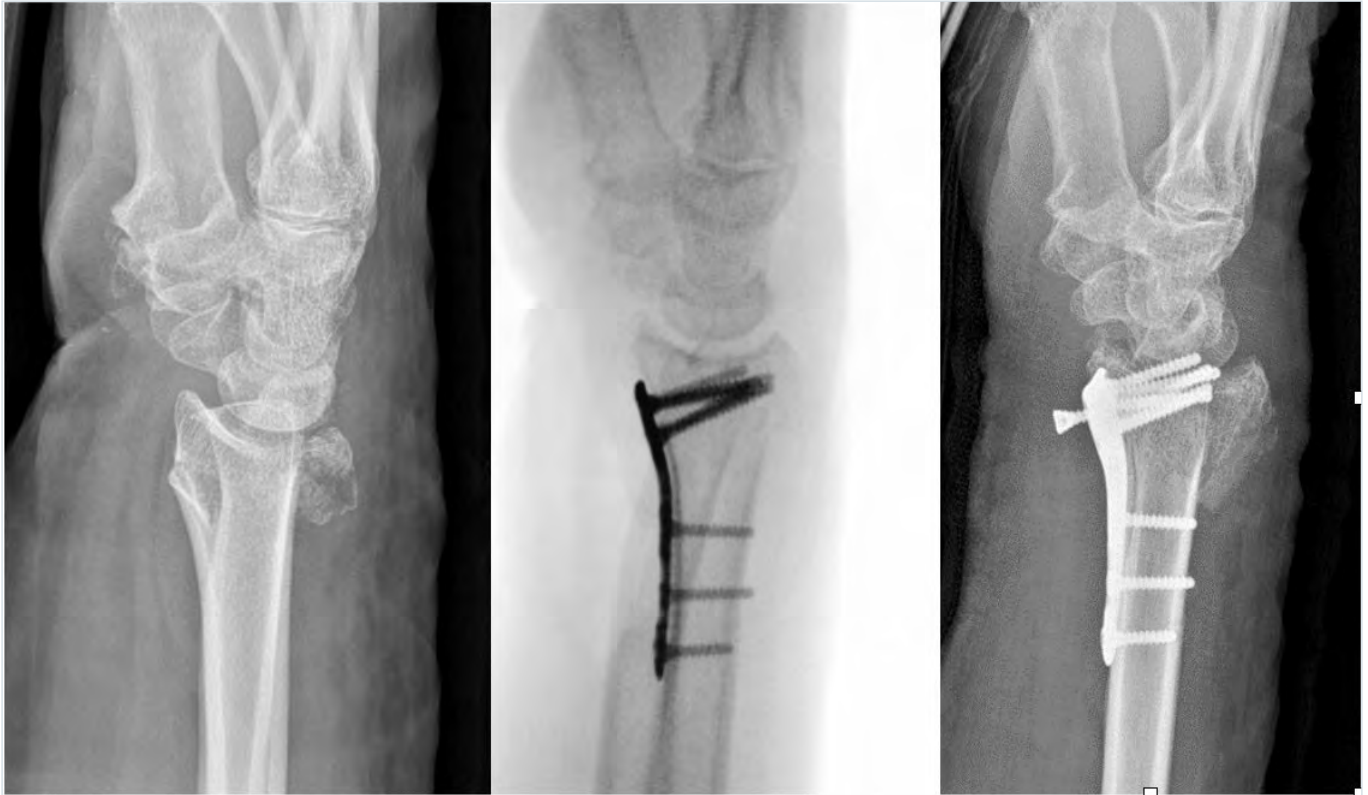


Figura 1. Frattura articolare del radio distale con scomposizione dorsale trattata mediante accesso volare. L'inadeguata scelta della via d'accesso non consente un corretto controllo dei frammenti dorsali, con conseguente fallimento dell'osteosintesi e scomposizione secondaria.

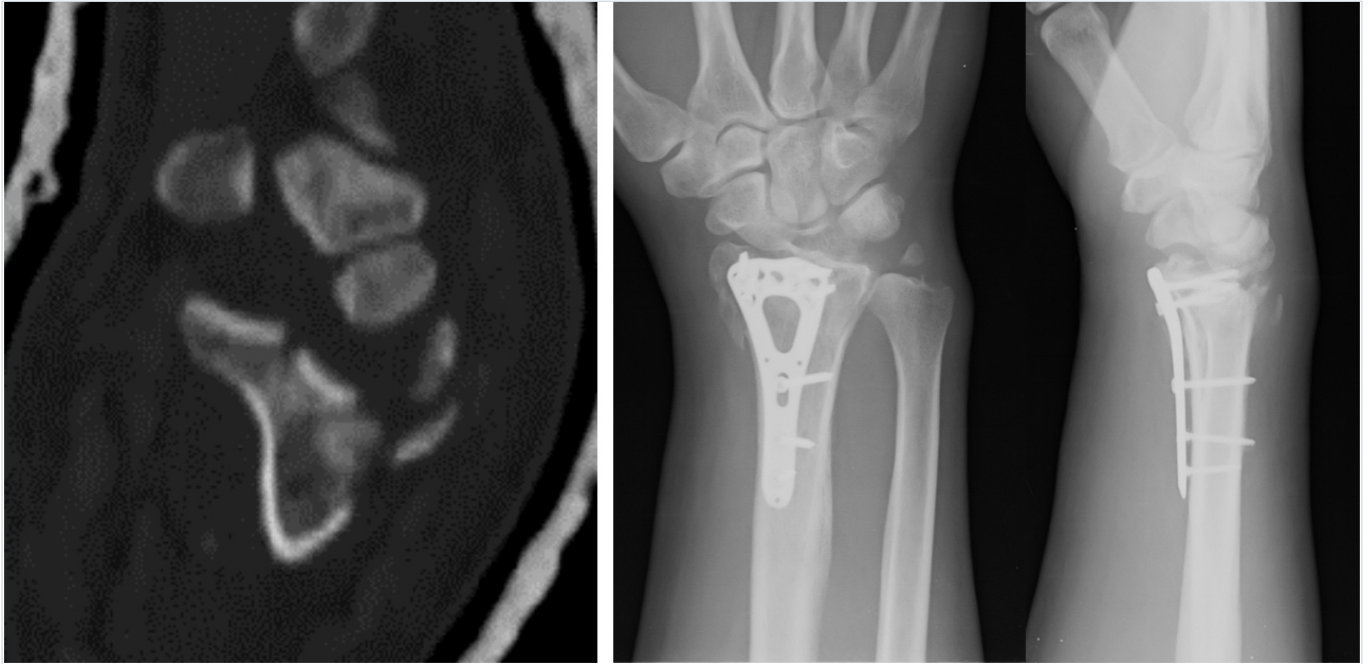


Figura 2. A: fallimento della sintesi con lussazione volare del carpo per inadeguato sostegno al frammento volare ulnare. B: Immagine TC di frattura articolare del radio distale con coinvolgimento del key fragment.

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 costrutto 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

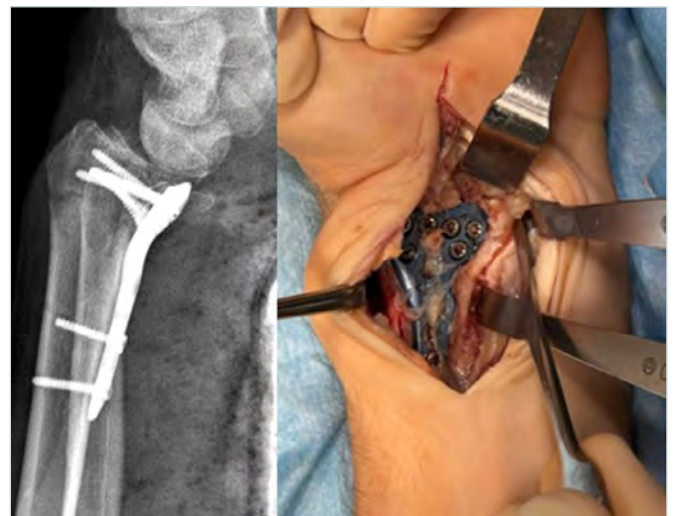


Figura 3 a-b. A: Scomposizione secondaria con perdita di controllo del dorsal lunate fragment e conseguente traslazione del carpo dovuta a insufficiente lunghezza delle viti. B: Immagine intraoperatoria.

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 Tũaño 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.jhssa.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.jhssa.2023.03.006>;
- ¹⁰ Hintringer W, Rosenauer R, Pezzeti 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.jhssa.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.jhssa.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.jhssa.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.jhssa.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.jhssa.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.jhssa.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.jhssa.2008.04.031>



Possibile causa di riduzione del movimento in flessione della IFD, dopo il traumatismo recente della IFP

Possible mechanism underlying reduced distal interphalangeal joint flexion after recent proximal interphalangeal joint trauma

Paolo Boccolari

Azienda Ospedaliero Universitaria Policlinico di Modena

Riassunto

Introduzione e obiettivi. I traumi distorsivi o fratturativi dell'articolazione interfalangea prossimale (PIP) determinano quasi costantemente un edema locale di entità variabile. Nella pratica clinica si osserva frequentemente una conseguente riduzione indiretta della motilità in flessione dell'articolazione interfalangea distale (DIP), fenomeno scarsamente descritto in letteratura e i cui meccanismi biologici e biomeccanici non sono ancora completamente chiariti. Il presente lavoro si propone di indagare tale limitazione funzionale mediante la formulazione di un modello matematico teorico basato sulle variazioni geometriche dei tessuti indotte dall'edema.

Modello matematico. Riprendendo i concetti biomeccanici di Brand relativi all'escursione cutanea dorsale, la testa della falange prossimale è stata schematizzata come una sezione circolare di raggio R , sulla quale scorrono in direzione volare le bandellette laterali a e b , collegate tra loro dalla lamina triangolare, assimilata a un arco di circonferenza di lunghezza s . È stata quindi analizzata la variazione della lunghezza dell'arco (Δs) in funzione di un incremento del raggio (ΔR) determinato dall'aumento volumetrico dell'edema, mantenendo costante l'angolo al centro (θ).

Risultati. L'analisi geometrica dimostra che un incremento del raggio di 1 mm determina un allontanamento proporzionale delle bandellette laterali. Assumendo un angolo anatomico compreso tra 60° e 90° , l'allungamento richiesto alla lamina triangolare aumenta rispettivamente di circa 1,05 mm e 1,57 mm. Considerando una lunghezza iniziale della lamina stimata in 5-6 mm, tale incremento determina una trazione superiore al 15-20% della sua lunghezza a riposo.

Conclusioni. Il modello evidenzia come un modesto aumento del raggio dei tessuti sia sufficiente a superare i limiti di elasticità fisiologica della lamina triangolare, determinandone un pretensionamento immediato. Tale tensione agisce come un freno passivo precoce, ostacolando lo spostamento palmare delle bandellette laterali durante la flessione e fornendo una spiegazione teorica della riduzione della motilità dell'articolazione interfalangea distale. I risultati supportano l'importanza di un intervento riabilitativo precoce, finalizzato alla riduzione dell'edema e all'esecuzione di esercizi specifici di scorrimento delle bandellette laterali, per prevenire la perdita di movimento.

Parole chiave: articolazione interfalangea prossimale, edema, bandellette laterali, lamina triangolare, modello matematico, biomeccanica della mano.

Corrispondenza:

Paolo Boccolari

E-mail: boccolaripaolo@gmail.com

Conflitto di interessi

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

Come citare questo articolo: Boccolari P. Possibile causa di riduzione del movimento in flessione della IFD, dopo il traumatismo recente della IFP. Rivista Italiana di Chirurgia della Mano 2026;63:32-35. <https://doi.org/10.53239/2784-9651-2026-2>

© 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>

Summary

Introduction and objectives. Sprains and fractures involving the proximal interphalangeal (PIP) joint almost invariably result in local edema of varying severity. In clinical practice, this is frequently associated with a secondary reduction in distal interphalangeal (DIP) joint flexion, a phenomenon that has been poorly described in the literature and whose biological and mechanical mechanisms remain incompletely understood. The aim of this study was to investigate this functional limitation by developing a theoretical mathematical model based on edema-induced geometric changes in the surrounding soft tissues.

Mathematical model. Based on Brand's biomechanical concepts of dorsal skin excursion, the head of the proximal phalanx was modelled as a circular section of radius R , over which the lateral bands (a and b) glide in the volar direction, interconnected by the triangular ligament, represented as a circular arc (s). Changes in arc length (Δs) were then analysed as a function of an increase in radius (ΔR) caused by edema-related tissue swelling, while maintaining a constant central angle (θ).

Results. Geometric analysis demonstrated that a 1 mm increase in radius produces a proportional separation of the lateral bands. Assuming an anatomical central angle between 60° and 90° , the elongation required of the triangular ligament increases by approximately 1.05 mm and 1.57 mm, respectively. Considering an estimated resting ligament length of 5–6 mm, this corresponds to an increase exceeding 15–20% of its resting length.

Conclusions. The proposed model suggests that even a modest increase in tissue radius is sufficient to exceed the physiological elastic limits of the triangular ligament, generating immediate pretensioning. This passive tension may act as an early mechanical restraint to the volar displacement of the lateral bands during finger flexion, providing a theoretical explanation for the reduced mobility of the distal interphalangeal joint. These findings support the clinical value of early interventions aimed at edema reduction and targeted lateral band gliding exercises to prevent loss of motion.

Key words: proximal interphalangeal joint, edema, lateral bands, triangular ligament, mathematical model, hand biomechanics

Introduzione

Dopo un trauma distorsivo, e/o fratturativo, della IFP si manifesta quasi sempre un edema, che varia in quantità in base alla magnitudo del trauma stesso. La formazione del suddetto causa una riduzione dello scorrimento dei tessuti, sia a livello localizzato della IFP che indirettamente alla IFD. La riduzione indiretta di motilità della IFD è poco descritta in letteratura e ancora meno i meccanismi che la possono provocare.

Per questa ragione ci siamo posti la domanda e abbiamo cercato una risposta possibile, al momento non certa, generando in questo lavoro un modello matematico che potrebbe spiegare in modo teorico questo meccanismo di riduzione. Alla base del ragionamento che ha dato in seguito lo slancio alla creazione del modello, viene posto il concetto espresso molto chiaramente da Brand, il quale mostra come un aumento di edema nei tessuti molli alla IFP determina una riduzione di allungamento della cute dorsale durante il movimento di flessione. Un aumento di 5 mm del raggio tra il centro di rotazione della IFP e la superficie della cute determina la necessità di una escursione cutanea pari a 19 mm per raggiungere i 90° di flessione rispetto ai 12 mm necessari in condizioni normali (Fig 1).

Questo 7 mm non viene colmato dalla cute che per quanto sia elastica non riesce a raggiungere una tale elongazione. Un allungamento complessivo del 158% circa è possibile ma al limite della capacità non traumatica del tessuto cutaneo.

Se proiettiamo questa modificazione meccanica del raggio, causata dall'aumento dell'edema, sul movimento in antero posteriore delle bandellette laterali durante un movimento di flessione della IFP, si potrebbe raggiungere un risultato simile a quello descritto per la cute.

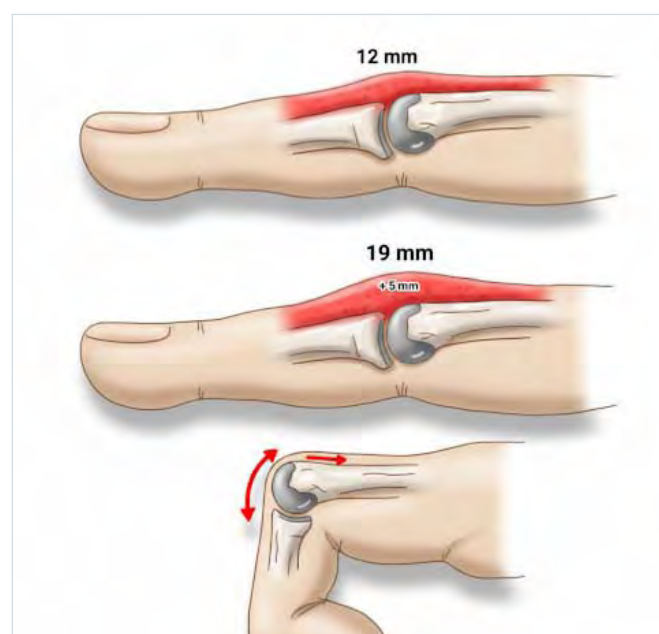


Figure 1. Aumento dello spessore dorsale con conseguente riduzione di movimento in flessione della IFP.

Modello matematico

Il modello creato e mostrato in Figura 2 rappresenta una sezione trasversale della testa della falange prossimale. Per semplificare il modello abbiamo scelto di disegnarlo come una ipotetica circonferenza anche se in realtà si tratterebbe di un trapezio con base maggiore volare. All'atto pratico però le bandellette scivolano in senso volare su un segmento di circonferenza.

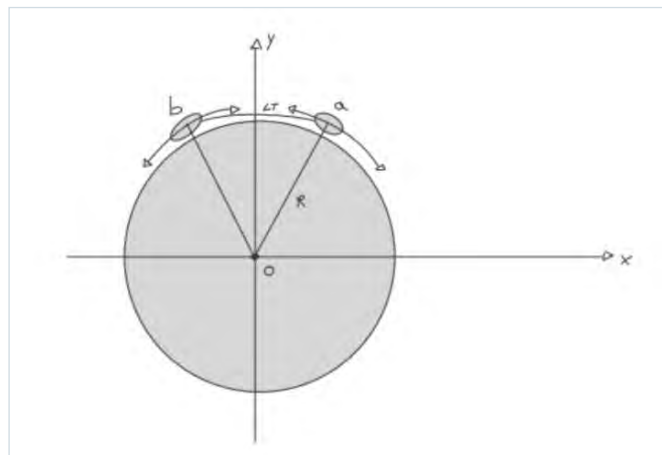


Figure 2. Modello matematico per la descrizione del sistema di movimento delle LT.

Legenda

- LT = Lamina Triangolare
- a, b = Bandellette laterali
- R = Distanza tra centro articolazione e a, b

Dal modello tratto ci siamo posti tre quesiti per tentare di rispondere alla domanda principale: cosa determina la riduzione di flessione della IFD in presenza di trauma alla IFP?

Quesiti

1. Se **R** aumenta di lunghezza, **a** e **b** si allontanano reciprocamente?
2. Se si allontanano, tale spostamento determina un pre-tensionamento della **LT**?
3. L'aumento di tensione di **LT** determina una riduzione del movimento verso **y = 0** di **a** e **b**?

Possibile risposta

1) Effetto dell'aumento di R sulla distanza tra a e b

Se il raggio R aumenta di lunghezza a causa dell'edema, le

bandellette laterali a e b tendono ad allontanarsi reciprocamente. Matematicamente, se consideriamo l'arco di circonferenza che separa i due punti, la lunghezza dell'arco s è definita dalla relazione $s=R \cdot \theta$, dove θ è l'angolo al centro tra le bandellette. A parità di angolo, un raggio maggiore comporta una distanza lineare e curvilinea superiore tra i due elementi.

2) Relazione tra allontanamento e tensione della lamina triangolare

L'allontanamento reciproco determina un aumento della tensione della lamina triangolare. La lamina agisce come un ponte connettivale tra le due bandellette laterali. Quando queste si spostano verso il basso (verso $y=0$) durante la flessione o si allontanano a causa di un aumento del volume sottostante (rappresentato dall'incremento di R), la lamina viene messa in trazione. Questo meccanismo è fondamentale per mantenere l'integrità strutturale dell'apparato estensore.

3) Riduzione del movimento verso $y=0$

L'aumento di tensione della lamina triangolare agisce come un freno passivo. Quando la lamina raggiunge il suo limite di elasticità, la tensione generata contrasta l'ulteriore spostamento palmare (verso le coordinate negative di y) delle bandellette a e b. Pertanto, una lamina molto tesa limita la discesa laterale delle bandellette, impedendo che scivolino troppo oltre l'asse di rotazione, il che eviterebbe potenziali deformità meccaniche. Per contro tale limitazione potrebbe essere all'origine di una riduzione di flessione della IFD

Analisi Matematica dell'Allontanamento tra le Bandellette

Per rispondere ai quesiti, dobbiamo considerare le bandellette laterali **a** e **b** come punti situati sulla circonferenza di raggio **R**. La distanza tra di esse lungo la superficie articolare è rappresentata dalla lunghezza dell'arco s della Lamina Triangolare (LT).

Calcolo della Variazione della Distanza (Arco s)

La relazione che lega l'arco al raggio è $s = R \cdot \theta$, dove θ l'angolo espresso in radianti. Se il raggio subisce un incremento ΔR (ovvero il nuovo raggio diventa $R' = R + \Delta R$), a parità di angolo θ , la nuova lunghezza dell'arco s' sarà:

$$s' = (R + \Delta R) \theta$$

La variazione della distanza tra le bandellette (Δs) è quindi:

$$\Delta s = s' - s = \Delta R \theta$$

Esempio Pratico con dati Ipotizzati

Ipotizziamo un raggio iniziale R tra **5 e 6 mm** e un aumento

dovuto all'edema di **1 mm** ($\Delta R = 1 \text{ mm}$). Per calcolare lo spostamento effettivo, dobbiamo stimare l'angolo θ tra le bandellette nella posizione anatomica:

Se ipotizziamo un angolo di circa 60°

$$\Delta s = 1 \text{ mm} \cdot \frac{\pi}{3} \approx 1,05 \text{ mm}$$

Se l'angolo è più ampio, ad esempio 90°

$$\Delta s = 1 \text{ mm} \cdot \frac{\pi}{2} \approx 1,57 \text{ mm}$$

Impatto sulla Lamina Triangolare (LT)

L'aumento della lunghezza di LT dipende direttamente dall'allontanamento delle bandellette.

Se il raggio aumenta di 1 mm, la lunghezza della lamina deve necessariamente aumentare di una misura pari a Δs per permettere il movimento.

Di quanto aumenta la lunghezza di LT?

In base ai calcoli precedenti, per ogni millimetro di aumento del raggio:

1. L'allontanamento lineare e curvilineo tra a e b aumenta proporzionalmente all'angolo di apertura.

2. La lunghezza richiesta alla lamina aumenta di circa 1 mm (se l'angolo è di 60°) o fino a 1,5 mm (se l'angolo è di 90°).

Conseguenze Meccaniche

Dato che la Lamina Triangolare ha una capacità di allungamento limitata (limite di elasticità), questo aumento di lunghezza di oltre 1 mm provoca un pretensionamento immediato.

Poiché la lamina è già tesa a causa dell'aumento di R, essa agisce come un freno passivo precoce. Quando si tenta di flettere l'articolazione, le bandellette dovrebbero spostarsi ulteriormente, ma la tensione accumulata impedisce questo movimento verso $y=0$, risultando nella clinica riduzione della flessione della interfalangea distale.

Conclusione

In sintesi, un modesto aumento di 1 mm del raggio tissutale può richiedere un'estensione della lamina superiore al 15-20% della sua lunghezza a riposo (considerando un arco iniziale di circa 5-6 mm), superando facilmente le sue proprietà elastiche fisiologiche.

Alla luce di questi dati ipotetici si potrebbe affermare che una riduzione dell'edema digitale, pratica che dovrebbe essere seguita a prescindere, associata agli esercizi di scorrimento delle bandellette, potrebbe risolvere a monte il problema di questa riduzione e successiva perdita di movimento della IFD.



Valutazione osservazionale del comportamento della falange prossimale nell'ortesi statica progressiva: un caso clinico

Observational Evaluation of Proximal Phalanx Behavior in Static Progressive Splinting: A Case Report

Paolo Boccolari¹ (foto), Damiano Giuriati², Filippo Pantaleoni³, Pasquale Arcuri¹, Roberto Tedeschi¹, Ingegnere Francesco Gherardini⁴, Danilo Donati^{2,3}

¹ Ricercatore indipendente, Bologna; ² Unità di fisioterapia e riabilitazione, Policlinico di Modena, Modena; ³ Programma di dottorato di ricerca in medicina clinica e sperimentale, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Modena; ⁴ Dipartimento di ingegneria "Enzo Ferrari", Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Modena

Corrispondenza:

Paolo Boccolari
E-mail: boccolari.paolo@gmail.com

Conflitto di interessi

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

Come citare questo articolo: Boccolari P, Giuriati D, Pantaleoni F, et al. Valutazione osservazionale del comportamento della falange prossimale nell'ortesi statica progressiva: un caso clinico. Rivista Italiana di Chirurgia della Mano 2026;63:36-39. <https://doi.org/10.53239/2784-9651-2026-3>

© 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>

Riassunto

L'uso di ortesi statiche progressive è una strategia comune per la gestione della rigidità dell'articolazione interfalangea prossimale. Tuttavia, la trazione tradizionale basata su una cinghia può indurre una rotazione anteriore della prima falange, aumentando la pressione contro l'ortesi e riducendo potenzialmente l'agio del paziente. Questo caso clinico valuta un paziente con rigidità in estensione post-traumatica dell'articolazione interfalangea prossimale del quinto dito. I sensori di pressione (resistenze sensibili alla forza) sono stati posizionati sulla superficie volare della prima falange e sulle superfici dorsali della seconda e terza falange per confrontare un sistema convenzionale con cinghia in pelle (Sistema A) con un sistema a barra di plastica basato sulla postura (Sistema B). I risultati hanno rivelato che mentre le pressioni dorsali erano paragonabili, la pressione anteriore della falange aumentava significativamente con la trazione basata sulla cinghia (700 grammi a fronte di 400 grammi di forza) rispetto al sistema posturale (430 grammi a fronte di 400 grammi). Questi risultati suggeriscono che il sistema posturale riduce la rotazione indesiderata della falange, migliorando potenzialmente l'aderenza al trattamento.

Parole chiave: riabilitazione della mano, ortesi, articolazione interfalangea prossimale, sensori di pressione

Summary

Static progressive splinting is a widely used approach for the management of proximal interphalangeal (PIP) joint stiffness. However, conventional strap-based traction may induce anterior rotation of the proximal phalanx, increasing pressure against the splint and potentially reducing patient comfort and compliance. This case report describes a patient with post-traumatic extension stiffness of the proximal interphalangeal joint of the fifth finger. Pressure sensors (force-sensitive resistors) were placed on the volar surface of the prox-

imal phalanx and the dorsal surfaces of the middle and distal phalanges to compare a conventional leather strap system (System A) with a posture-based plastic bar system (System B). While dorsal pressure values were comparable between the two systems, anterior pressure on the proximal phalanx was significantly higher with the strap-based system (700 g under a 400 g traction force) than with the posture-based system (430 g under the same traction force). These findings suggest that the posture-based system reduces unwanted proximal phalanx rotation, potentially improving patient comfort and adherence to treatment.

Key words: hand rehabilitation, splints, proximal interphalangeal joint, pressure sensors

Introduzione

La rigidità in estensione dell'articolazione interfalangea prossimale è una complicanza frequente nella riabilitazione della mano post-traumatica. Le ortesi statiche progressive sono considerate il modello di riferimento per ripristinare l'ampiezza di movimento attraverso il rimodellamento del tessuto. Tuttavia, le osservazioni cliniche suggeriscono che i sistemi di trazione tradizionali (cinghie in pelle o in materiale a strappo) possono indurre uno spostamento volare indesiderato della prima falange, aumentando la pressione localizzata e compromettendo l'aderenza del paziente. Questo studio confronta un sistema tradizionale a cinghia con un sistema a barra di plastica rigida basato sulla postura.

Presentazione del caso

Un paziente di sesso maschile di settanta anni si è presentato con una significativa rigidità in estensione dell'articolazione interfalangea prossimale nel quinto dito della mano destra, a seguito di un trauma distorsivo subito tre mesi prima. La flessione attiva iniziale dell'articolazione interfalangea prossimale era limitata a 30 gradi. L'obiettivo terapeutico era il ripristino della flessione attraverso un'ortesi statica progressiva notturna.

Materiali e metodi

Un'ortesi di base è stata realizzata utilizzando materiale termoplastico a bassa temperatura. Per monitorare le pressioni di interfaccia, sono state posizionate delle resistenze sensibili alla forza in tre punti anatomici.

I sensori di pressione impiegati per la raccolta dati sono noti come resistenze sensibili alla forza. Si tratta di sensori di forza o celle di carico che non forniscono una misurazione analitica della massa o del peso; piuttosto, rilevano le variazioni della forza applicata, nello specifico, in questo contesto, le fluttuazioni di pressione tra il tutore e la mano.

Questi sensori sono costituiti da due strati semiconduttori separati da un distanziatore elettrico. Quando viene applicata una pressione sulla superficie del sensore, un numero crescente di punti di contatto entra in funzione con il semi-

conduttore, riducendo così la resistenza elettrica (misurata in Ohm). Di conseguenza, una diminuzione della resistenza corrisponde a un aumento registrato della forza applicata. L'intervallo operativo di questi rilevatori va da 7 grammi a 1023 grammi.

I sensori hanno un diametro di 1,8 centimetri, con una conseguente area di superficie di 2,54 centimetri quadrati e uno spessore inferiore a un millimetro. Queste dimensioni garantiscono che i sensori non interferiscano con l'integrità strutturale del tutore né ostacolino l'esecuzione degli esercizi durante il protocollo sperimentale.

I sensori sono stati posizionati sulla:

Superficie volare della prima falange (base della falange).

Superficie dorsale della seconda falange.

Superficie dorsale della terza falange.

I carichi di trazione incrementali (da 200 grammi a 400 grammi) sono stati verificati tramite un dinamometro, confrontando due meccanismi:

Sistema A: Cinghia in pelle tradizionale (Fig. 1).

Sistema B: Barra posturale in plastica rigida progettata per mantenere l'allineamento delle falangi (Fig. 2).

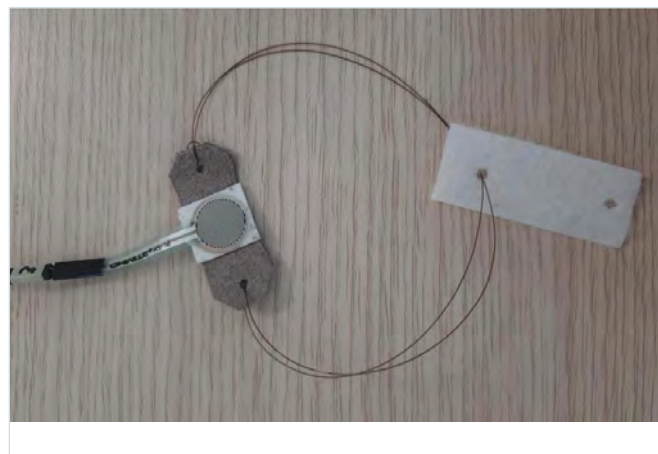


Figura 1. L'immagine mostra il sistema di trazione statica progressiva con la cinghia in pelle alla quale è fissato il sensore.



Figura 2. L'immagine mostra il sistema di trazione con una barra dorsale semirigida alla quale sono fissati i due sensori.

Risultati

La raccolta dei dati ha rivelato una discrepanza significativa nella distribuzione del carico tra i due sistemi.

Tabella I. Confronto delle pressioni di interfaccia.

Forza applicata	Pressione volare sulla prima falange (Cinghia)	Pressione volare sulla prima falange (Barra posturale)
200 grammi	350 grammi	220 grammi
400 grammi	700 grammi	430 grammi

Mentre le pressioni dorsali sulla seconda e sulla terza falange sono rimaste minime e paragonabili, il sistema basato

sulla cinghia ha generato una pressione volare sulla prima falange quasi doppia rispetto alla trazione applicata (700 grammi rispetto a 400 grammi). Il sistema con la barra posturale ha mantenuto i livelli di pressione della prima falange molto più vicini al carico nominale.

Discussione

I dati empirici confermano che le cinghie tradizionali esercitano una trazione longitudinale inducendo al contempo un momento di rotazione anteriore sulla prima falange. Questo effetto leva spinge la falange contro la base dell'ortesi, provocando una pressione cutanea sproporzionata. Al contrario, la barra posturale rigida agisce come uno stabilizzatore, ottimizzando la distribuzione della forza e riducendo i picchi di pressione. Una minore pressione di interfaccia è direttamente correlata a un maggiore agio per il paziente, a un ridotto rischio di lesioni cutanee e a un miglioramento dell'aderenza al trattamento.

Conclusioni

La progettazione del meccanismo di trazione è fondamentale tanto quanto l'entità della forza applicata. Una barra posturale in plastica appare superiore alle cinghie tradizionali nella gestione delle forze di rotazione parassite. Ulteriori ricerche con gruppi di studio più ampi sono necessarie per convalidare statisticamente questi risultati preliminari.

Contributo degli autori

Ideazione, P.B. e D.D.; metodologia, P.B. e F.G.; programma informatico, F.G.; validazione, F.P. e P.A.; analisi formale, F.P. e P.A.; indagine, P.B. e D.G.; risorse, F.G. e D.D.; cura dei dati, D.G.; stesura della bozza originale, P.B.; revisione e modifica del testo, P.B. e D.D.; visualizzazione, P.B.; supervisione, D.D.; gestione del progetto, D.D. Tutti gli autori hanno letto e approvato la versione pubblicata del testo.

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare il Dipartimento di ingegneria "Enzo Ferrari" dell'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia per aver fornito e realizzato i sensori di pressione utilizzati in questo studio.

Finanziamenti

Questa ricerca non ha ricevuto finanziamenti esterni.

Dichiarazione del comitato etico istituzionale

L'approvazione etica è stata revocata per questo studio a causa della sua natura di singolo caso clinico che ha coinvolto la pratica clinica standard e un monitoraggio non invasivo.

Dichiarazione di consenso informato

Il consenso informato scritto è stato ottenuto dal paziente per la pubblicazione di questo caso clinico e delle immagini correlate.

Dichiarazione di disponibilità dei dati

I dati presentati in questo studio sono disponibili su richiesta all'autore corrispondente.

Bibliografia

- Brand PW, Hollister AM. Clinical mechanics of the hand. 3rd ed. St Louis (MO): Mosby; 1999.
- Flowers KR, LaStayo P. Effect of total end range time on improving passive range of motion. J Hand Ther. 1994;7(3):150-157.
- Bell-Krotoski JA, Figarola JH. Biomechanics of soft-tissue growth and remodeling with plaster casting. J Hand Ther. 1995 Apr-Jun;8(2):131-7. [https://doi.org/10.1016/s0894-1130\(12\)80310-3](https://doi.org/10.1016/s0894-1130(12)80310-3).
- Colditz J. Therapist' management of the stiff hand. In: Rehabilitation of the Hand and Upper Extremity, 2-Volume Set Mosby 2000, pp.894-921.e3.
- Schultz-Johnson K. Static progressive splinting. J Hand Ther. 2002;15(2):163-178. <https://doi.org/10.1053/hanthe.2002.v15.015016>
- Fess EE, McCollum M. The Influence of Splinting on Healing Tissues. J Hand Ther. 1998;11(2):157-61. [https://doi.org/10.1016/s0894-1130\(98\)80014-8](https://doi.org/10.1016/s0894-1130(98)80014-8)