



Le fratture di avambraccio

Antonio Berizzi^a (✉), Andrea Angelini, Elisa Pala, Carlo Biz, Giulia Trovarelli, Pietro Ruggieri
 Clinica Ortopedica Traumatologica e Oncologia Ortopedica, Dipartimento di Scienze Chirurgiche Oncologiche e Gastroenterologiche, Università di Padova, Padova, Italia
^aantonio.berizzi@unipd.it

ABSTRACT – FRACTURES OF THE FOREARM

Fractures of the forearm in the growing skeleton in a common event, accounting for 10% of the overall fracture and at the third place for long bone fractures. Most of these fractures present a simple line. There are several classification but the most widely use is the anatomico-radiological one. The majority of the fracture require closed reduction and immobilization in a long arm cast, with the elbow flexed at 90°, since residual defect that can occur are well tolerate. Under the age of nine angulation deformities lesser than 15° have the possibility to remodel completely. Over the age of nine the toleration is lower than 10°. The time of immobilization has to be at least of 8 weeks, in order to reduce the high risk of refracture. The surgical management of these fracture must to be reserved in case of unstable fractures or impossibility to gain good reduction by closed means. The best surgical solution nowadays is stabilization with elastic stable intramedullary nail. Open reduction and plate osteosynthesis must to be reserved for late adolescent, very near to skeletal maturity. External fixation has limited indication, especially in politrauma and very high grade of open fractures.

Publicato online: 25 settembre 2018

© Società Italiana Ortopedici Traumatologi Ospedalieri d'Italia 2018

Introduzione

Le fratture dell'avambraccio rappresentano circa il 10% di tutte le fratture in età di accrescimento e sono al terzo posto per incidenza tra le fratture delle ossa lunghe. Nei maschi abbiamo due picchi di incidenza, il primo verso i 9 anni e il secondo verso i 12–13 anni. Nelle femmine c'è un solo picco tra i 5 e i 6 anni [1]. Nell'ultimo decennio alcuni dati sembrano mostrare un aumento dell'incidenza di queste fratture e nelle femmine l'aumento dell'età [2]. Di tutte le fratture della diafisi del radio e dell'ulna il 75% avviene nel terzo distale, il 15% al terzo medio e il 5% al terzo prossimale. Il restante 5% è rappresentato da fratture complesse e dalle fratture di Monteggia e Galeazzi.

Meccanismo di frattura e classificazioni

La maggior parte delle fratture sono causate da traumi indiretti (forze di flessione e torsione) come il trauma da caduta sull'arto superiore con l'arto iperesteso. Nelle fratture biossee il radio si frattura prima dell'ulna [3]. Le fratture isolate dell'ulna sono causate spesso da traumi diretti.

Il quadro clinico è caratterizzato dal dolore, dall'edema, dall'angolazione dell'avambraccio e dall'impossibilità a pronosupinare il polso. In caso di deformità plastica o di fratture a legno verde a fronte di un'evidente deformità il dolore può essere più lieve, così come il deficit di pronosupinazione.

La maggior parte delle fratture del radio e dell'ulna in età di accrescimento si presentano con una rima semplice (gruppo A secondo la classificazione AO).

Dal punto di vista classificativo la classificazione più utilizzata, e la più antica, è quella anatomico-radiologica che divide le fratture in due gruppi principali a seconda dell'integrità o meno delle articolazioni radio-ulnari. A radio-ulnari integre, la maggior parte delle fratture, la frattura viene descritta in base al grado di continuità (deformità plastica, legno verde, completa), all'apice della deformità e al livello di frattura. In caso di lesione delle articolazioni radio-ulnari abbiamo le fratture definite come Monteggia (frattura dell'ulna con lesione radio-ulnare prossimale) e Galeazzi (frattura del radio con lesione radio-ulnare distale).

Secondo la classificazione AO vengono descritte come 22A: 22A1 isolate dell'ulna; 22A2 isolate del radio; 22A3 biossee. Nel 2007 l'AO ha pubblicato una nuova classificazione dedicata alle fratture delle ossa lunghe in età di accrescimen-

Tabella 1 Criteri per definire accettabile una riduzione

Età	Angolazione	Malrotazione	Scomposizione	Perdita di curvatura
<9 anni	15 gradi	45 gradi	completa	presente
>9 anni	10 gradi	30 gradi	completa	parziale

to [4]; secondo la nuova classificazione, confermata nel 2017 [5], le fratture dell'avambraccio più comuni prendono le seguenti denominazioni: 22-D, biossee; 22r-D isolate di radio; 22u-D isolate di ulna. Vengono poi aggiunti i sottotipi: 1, deformazione plastica; 2, legno verde; 4 completa trasversa; 5, completa obliqua o spiroide; 6, Monteggia; 7, Galeazzi.

Metodiche di trattamento

L'obiettivo del trattamento delle fratture a legno verde e delle fratture complete è la ripresa della completa pronosupinazione senza deformità evidenti. Dal momento che la mancata consolidazione è un evento raro, la riduzione a cielo chiuso e l'immobilizzazione in apparecchio gessato è la metodica da preferire nel trattamento della maggior parte delle fratture della diafisi di radio e ulna.

Studi clinici e su cadavere hanno dimostrato che difetti di asse residui fino a 10° hanno un impatto trascurabile sulla funzione di pronosupinazione dell'avambraccio [6]. Inoltre, non bisogna dimenticare la capacità di rimodellamento osseo durante il periodo di accrescimento scheletrico. Il potenziale di correzione dipende dall'età, dalla distanza dalla cartilagine di accrescimento, dal grado di deformità e dalla direzione dell'angolazione. Minore l'età dal bambino e tanto più distale la frattura del radio e dell'ulna, tanto maggiore sarà la capacità di rimodellamento [7]. Questa capacità è massima fino a 10 anni di età e permette correzioni fino a 20° di angolazione. Difetti di angolazione maggiori di 10° oltre i 10 anni hanno invece scarse capacità di correzione spontanea. I difetti di rotazione sono invece difficili da valutare al momento delle manovre di riduzione. Diversi report comunque riportano che malrotazioni fino a 30°, al termine dell'accrescimento scheletrico, non comportano deficit funzionali significativi [8]. Calcolare un limite accettabile è inoltre reso difficile dal fatto che è stato osservato da più autori che c'è solo una debole correlazione diretta tra angolazione finale e deficit di pronosupinazione. Infine, è stata notata una perdita di pronosupinazione fino a 20° anche in fratture guarite senza alcun vizio angolare o rotatorio.

In base a queste risultanze Price, nel 1998, ha definito i criteri [9] ripresi da Wilkins nel 2005 [10] per definire accettabile una riduzione (Tabella 1).

Nello stesso lavoro viene considerata accettabile una scomposizione ad *latus* con contrapposizione a baionetta, se l'angolazione non supera i 20°. Tali criteri appaiono ancora validi e ripresi in lavori più recenti [11].

Avendo in mente questi parametri appare evidente che, in confronto al paziente adulto, il trattamento di scelta per queste fratture non sia chirurgico ma consista nella riduzione a cielo chiuso e l'immobilizzazione esterna.

Trattamento non chirurgico: fratture a legno verde

Le fratture a legno verde hanno indicazione pressoché assoluta al trattamento non chirurgico: riduzione a cielo chiuso e immobilizzazione esterna con apparecchio gessato.

La manovra di riduzione andrebbe eseguita sempre sotto analgesia, eseguendo manipolazione delicata.

In caso di frattura a legno verde con apice volare (stress in supinazione) la manovra di allineamento andrà eseguita portando l'avambraccio in pronazione e l'apparecchio gessato andrà confezionato con polso in leggera pronazione. In caso di frattura con apice dorsale (stress in pronazione) la manovra andrà eseguita portando l'avambraccio in supinazione e confezionando l'apparecchio gessato in lieve supinazione. Queste posizioni aiutano a contrastare la tendenza al "ritorno elastico" della deformità. Non ci sono evidenze che fratturare di scelta la corticale integra aiuti nel mantenere la riduzione ottenuta, riducendo il ritorno elastico alla deformità. È comunque esperienza comune avvertire un rumore di scroscio al momento del riallineamento che indicherebbe la frattura della corticale integra.

L'apparecchio gessato, braccio-metacarpale, va confezionato con gomito a 90° di flessione, ben conformato.

Esistono diverse opinioni sul tipo di apparecchio gessato, chiuso o aperto. Da un punto di vista biomeccanico un apparecchio aperto, se ben conformato, non differisce sostanzialmente da un apparecchio chiuso [12] e questo dato è stato anche confermato clinicamente [13].

In letteratura sono riportati vari parametri per giudicare la qualità di un apparecchio gessato in termini di capacità di mantenere la riduzione ottenuta. Tra tutti il più affidabile sembra essere il Cast Index [14], associato alla giusta posizione dei punti di pressione. Per essere ben modellato l'apparecchio gessato non deve quindi essere cilindrico a livello dell'avambraccio ma ellittico, cioè più schiacciato in senso antero-posteriore, e i punti di pressione devono essere tre, uno in corrispondenza dell'apice della deformità e gli altri uno a monte e uno a valle, sul versante della concavità (Fig. 1).

L'immobilizzazione con l'apparecchio definitivo sarà di almeno 4 settimane, seguita da almeno altre 3 settimane di

Fig. 1 - Cast index: misura quanto è modellato un apparecchio gessato sull'anatomia dell'avambraccio. È il rapporto tra la distanza tra il margine interno dell'apparecchio gessato misurato a livello del focoloia di frattura in proiezione laterale (X) e quello in proiezione antero-posteriore (Y). Rapporto ideale tra 0,7 e 0,8



protezione dell'avambraccio con un apparecchio gessato antibrachio-metacarpale. La prolungata immobilizzazione è giustificata dal rischio elevato di rifrattura, riportato in letteratura fino al 8% dei casi trattati [15, 16]. Durante il periodo di immobilizzazione vanno previsti controlli radiografici seriati per evidenziare eventuali perdite di riduzione.

Trattamento non chirurgico: fratture complete

Le fratture complete, come quelle a legno verde, hanno come prima indicazione il trattamento non chirurgico.

In queste fratture le manovre di riduzione sono più complesse per le forze muscolari che determinano e mantengono la scomposizione dei frammenti di frattura.

La riduzione, che dovrebbe sempre essere ottenuta con adeguata analgesia, può avvenire mediante trazione continua e manipolazione delicata dei capi di frattura oppure mediante la forzatura del frammento distale nel senso della deformità, associata a trazione lungo l'asse del frammento prossimale fino ad affrontare le corticali e quindi riportando il frammento distale in asse, eventualmente agendo con le dita direttamente sul focoloia di frattura. In questa manovra conviene affrontare un osso alla volta, di solito prima l'ulna. Ottenuta la riduzione, se questa appare sufficientemente stabile, cioè senza la tendenza alla dislocazione ad latero e a baionetta dei frammenti, si applica un apparecchio gessato brachio-metacarpale con gomito flesso a 90° e posizione intermedia dell'avambraccio. Valgono anche per

queste fratture le prescrizioni per il corretto modellamento dell'apparecchio gessato a livello dell'avambraccio.

Il mantenimento dell'immobilizzazione è simile a quello adottato per le fratture a legno verde.

In caso di perdita di riduzione oltre i 10°, che può avvenire fino a 3 settimane dalla prima riduzione, si impone una nuova manovra riduttiva che può essere eseguita fissurando l'apparecchio gessato a cuneo e quindi flettendolo in modo da correggere la perdita di angolazione oppure ricorrendo a nuova manovra.

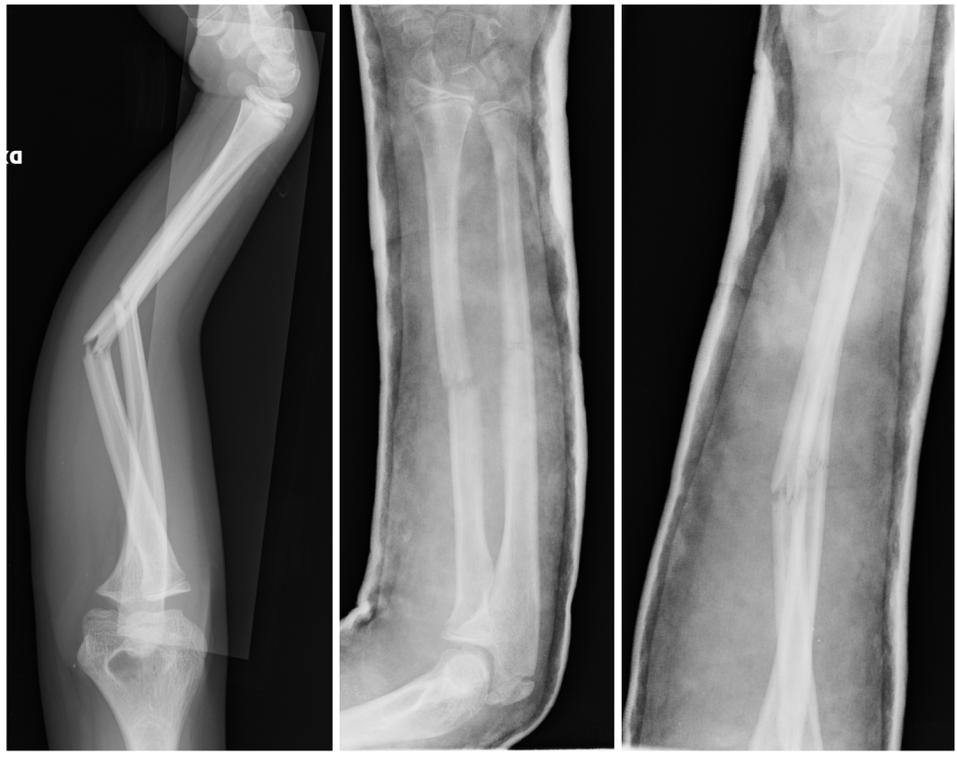
In alcuni casi, come vedremo in seguito, potrebbe essere indicato a questo punto il trattamento chirurgico.

Trattamento chirurgico

Le indicazioni al trattamento chirurgico delle fratture di avambraccio sono limitate alle fratture instabili, come le fratture biossee con rima obliqua allo stesso livello tra radio e ulna [17], soprattutto localizzate al terzo prossimale della diafisi dove le possibilità di correzione sono minori, alle fratture irriducibili, alle fratture esposte e in alcuni casi di reintervento dopo perdita di riduzione (Fig. 2). Il fine del trattamento chirurgico è quello di fornire una stabilizzazione efficace per mantenere un'adeguata riduzione fino al completamento della consolidazione della frattura, con il minimo danno ai tessuti molli.

Negli ultimi 30 anni si è assistito a un aumento del numero di fratture di avambraccio trattate chirurgicamente. Questo

Fig. 2 - Perdita di riduzione.
(a) Ragazza di 12 anni, frattura
biossea trattata mediante
riduzione e applicazione
apparecchio gessato (Cast index
0,95). **(b)** A 15 gg perdita di
riduzione. Riallineamento e
sintesi con ESIN.
(c) Consolidazione completa a 3
mesi. Rimozione ESIN a 8 mesi

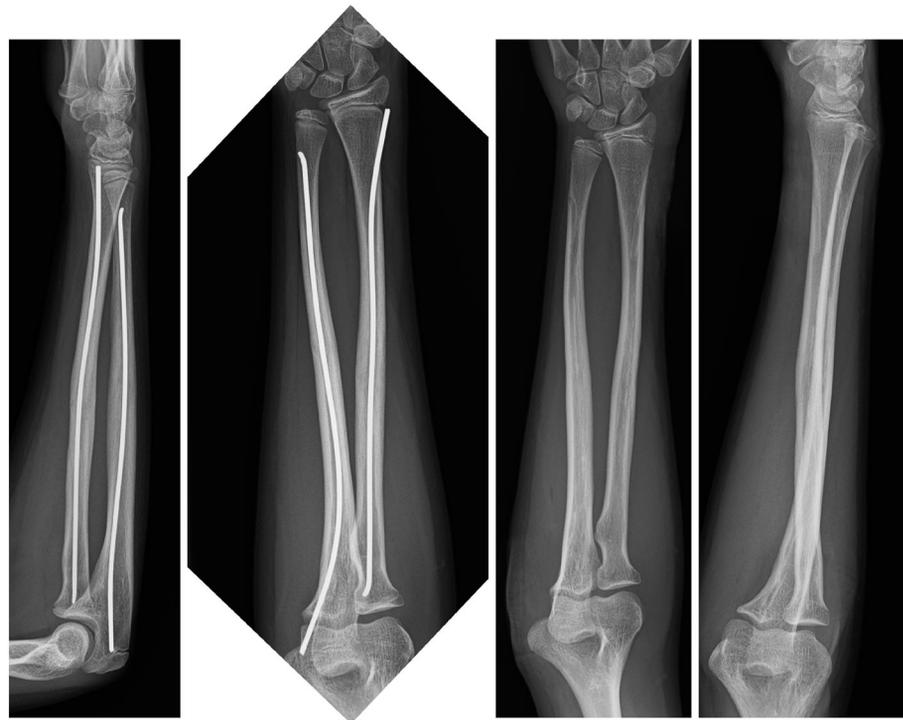


(a)



(b)

Fig. 2 - (Continuazione)



(c) Consolidazione completa a 3 mesi. Rimozione ESIN a 8 mesi

aumento è legato a più fattori: l'aumento dell'età media in cui queste fratture avvengono, l'introduzione di sistemi di osteosintesi più efficaci [2] e la possibilità di ridurre gli interventi in anestesia per le manovre di ripetute correzioni assiali nei trattamenti non chirurgici sopra a tutti.

Il trattamento chirurgico più applicato è la sintesi endomidollare elastica (ESIN), introdotta e sviluppata dalla scuola di Nancy [18]. Altri sistemi di sintesi utilizzati i fili di Kirschner, i fissatori esterni e le placche.

La fissazione esterna può giocare un ruolo nelle fratture esposte e in alcune fratture diafiso-metafisarie negli adolescenti. I fili di Kirschner hanno un ruolo importante nelle fratture distali, dove la corretta applicazione degli ESIN può essere problematica e portare a difetti di allineamento [19]; le placche, utilizzate a cielo aperto come nell'adulto, sono da riservare al trattamento degli esiti [17].

La tecnica chirurgica per l'osteosintesi endomidollare elastica stabile (ESIN) prevede l'applicazione di chiodi endomidollari elastici che, grazie alle loro caratteristiche meccaniche, sono in grado di mantenere la riduzione ottenuta sfruttando la pressione su diversi punti del canale endomidollare.

Di regola viene applicato un chiodo per il radio e uno per l'ulna. L'impianto nel radio avviene sempre per via retrograda dalla metafisi distale mentre per l'ulna, a seconda della sede di frattura, l'accesso può essere dalla faccia laterale o da quella mediale della metafisi prossimale, da preferire, o dal-

la metafisi distale [18]. Per l'accesso dalla metafisi distale del radio sono state descritte due modalità: l'accesso dalla faccia laterale della metafisi radiale, subito prossimale alla cartilagine di accrescimento e l'accesso dalla faccia dorsale della metafisi, a livello del tubercolo di Lister. Entrambi gli accessi presentano dei rischi legati alla possibilità di lesioni iatrogene a carico del ramo sensitivo dorsale del radiale per l'accesso laterale e a carico del tendine estensore lungo del pollice per l'accesso laterale. In entrambi i casi, per evitare problemi, è consigliato eseguire una piccola incisione cutanea seguita da accurata dissezione dei piani profondi fino alla superficie ossea, in modo da proteggere i rami nervosi o le strutture tendinee.

Non esistono evidenze su quale sia il segmento osseo da trattare per primo: la scelta cade, nella maggior parte dei casi, sul segmento che appare più difficile da ridurre, di solito il radio.

Per la scelta del chiodo è consigliato un diametro pari a circa 2/3 del canale diafisario, misurato al suo terzo medio. Non è necessario premodellare i chiodi ma bisogna avere l'accortezza di fare in modo che le punte, angolate di circa 5°, vengano ruotate in modo da guardare l'osso contrapposto. In questo modo si può sfruttare al massimo la tensione elastica del dispositivo [17].

La procedura permette la riduzione e la stabilizzazione della frattura con due minimi accessi cutanei, rispettando al massimo i tessuti molli e il focolaio di frattura. Al termine, le co-

Fig. 3 - Rifrattura. (a) Ragazzo di 11 anni, frattura biossea trattata mediante riduzione e applicazione di ESIN. A 3 mesi consolidazione ancora non completa. (b) Inizia attività sportive e cade correndo. (c) Riallineamento con ESIN in situ. Consolidazione completa a 3 mesi. Rimozione ESIN a 8 mesi



(a)



(b)

Fig. 3 - (Continuazione)



(c) Riallineamento con ESIN in situ. Consolidazione completa a 3 mesi.
Rimozione ESIN a 8 mesi

de dei chiodi vengono tagliate vicino al piano osseo e lasciate sottopelle. Lasciare i chiodi fuori dalla pelle permette la loro rimozione ambulatoriale ma può esporre al rischio di infezione e alla necessità di ricorrere a un prolungato nursing, rallentando la ripresa funzionale.

Nella maggior parte dei casi non è necessario un lungo periodo di immobilizzazione dopo l'intervento, anzi, alcuni autori incoraggiano la mobilizzazione attiva e passiva precoce [17]. I controlli rX vengono eseguiti a 4 settimane e a tre mesi dalla frattura.

La rimozione dei chiodi può essere pianificata in un tempo variabile tra i 6 e i 18 mesi dalla frattura.

Complicazioni

Rifrattura

La rifrattura a breve termine dopo la rimozione dell'apparecchio gessato è una complicazione frequente per quanto riguarda il trattamento non chirurgico e occorre tra il 4 e l'8% dei casi [20], nonostante il quadro radiografico e clinico sembrino indicare la completa consolidazione della frattura. La sede più frequentemente interessata da rifrattura è il terzo medio della diafisi, dove avvengono circa il 75% delle rifratture stesse.

I fattori di rischio riconosciuti per la rifrattura sono le fratture a legno verde, le fratture al terzo medio, le fratture consolidate con un'angolazione maggiore di 10°, l'incompleta corticalizzazione e le fratture nei pazienti più giovani [16]. La

rifrattura può essere difficile da ridurre e il trattamento non chirurgico non offre buoni risultati.

Sono state descritte anche rifratture dopo trattamento con ESIN (1,2% dei casi) [21] prima della loro rimozione. In questi casi si può eseguire una nuova manovra di riduzione lasciando in situ i chiodi endomidollari [17] oppure ricorrere alla loro rimozione seguita da sintesi con placche o nuovi chiodi (Fig. 3).

Viziosa consolidazione

La consolidazione con un vizio di allineamento assiale o rotatorio è un evento frequente, anche se non è ancora ben chiara una diretta correlazione tra deformità residua e deficit funzionale dell'avambraccio. In caso di perdita di riduzione, entro le 3–4 settimane si può ancora pensare a correggere l'allineamento con manipolazioni e nuova immobilizzazione o sintesi interna. Passate le 4 settimane conviene aspettare la consolidazione e l'eventuale rimodellamento, per almeno 4–6 mesi. In caso di limitazione della funzione associata a evidente deformità il trattamento di scelta è l'osteotomia correttiva con sintesi interna.

Sinostosi

La sinostosi è una rara complicazione delle fratture dell'avambraccio. Le cause più frequenti sono fratture complesse da traumi ad alta energia, interventi chirurgici con accessi estesi, manipolazioni ripetute del focolaio di frattura e fratture associate a trauma cranico. Il risultato funziona-

le anche dopo intervento di rimozione della sinostosi non è buono.

Sindrome compartimentale

È una complicazione da tenere in considerazione in tutte le fratture dell'avambraccio. Dal momento che dopo la riduzione e un'adeguata immobilizzazione la risoluzione del dolore è rapida, ogni bambino che continui a lamentare dolore va scrupolosamente indagato nel sospetto di sindrome compartimentale. Alcuni autori, per ridurre il rischio di sindrome compartimentale, preconizzano la sistematica fissurazione longitudinale completa dell'apparecchio gessato subito dopo il suo confezionamento [1], supportati in questo dagli studi che dimostrano un'uguale efficacia dell'apparecchio fissurato rispetto a quello chiuso.

Lesioni tendinee

Viene descritta la lesione da usura del tendine dell'estensore lungo del pollice o degli estensori radiali del carpo da proci-denza della coda del chiodo dall'accesso dorsale alla metafisi radiale. Per ridurre il rischio di questa lesione basta smussare la superficie di taglio del chiodo [17].

Lesioni neurologiche

In caso di accesso laterale alla metafisi radiale per l'applicazione degli ESIN è necessario proteggere i rami dorsali sensitivi del nervo radiale.

Sono descritti, inoltre, rari casi di lesioni del nervo mediano, dell'ulnare e dell'interosseo posteriore, da intrappolamento dopo manovre di riduzione.

Per quanto riguarda il trattamento con ESIN è riportata una frequenza di complicazioni complessive pari al 7% dei casi.

Discussione e conclusioni

Scopo principale del trattamento delle fratture diafisarie dell'avambraccio è di ricostruire l'anatomia del complesso funzionale radio-ulnare in modo da prevenire l'insorgenza di deficit funzionali.

Il secondo obiettivo dovrebbe essere cercare di evitare manovre di riduzione ripetute nel tempo, quindi ripetute procedure anestesilogiche, così come ridurre il rischio di ripetuti interventi chirurgici. Infine, bisogna cercare di ricorrere a sistemi di immobilizzazione il meno invasivi possibili.

La riduzione a cielo chiuso seguita dall'accurato confezionamento e modellamento dell'apparecchio gessato rimane il trattamento di scelta per la maggior parte delle fratture, nonostante la necessità di controlli radiografici seriati e un lungo periodo di immobilizzazione.

Il trattamento chirurgico con ESIN, che ha visto espandere le sue indicazioni e la sua applicazione negli ultimi 30

anni, nonostante i buoni risultati complessivi che fornisce va comunque limitato alle corrette indicazioni: fratture instabili o potenzialmente instabili, fratture in adolescenti oltre i 12 anni dove il rimodellamento prevedibile è limitato, fratture esposte, alto rischio di sindrome compartimentale, rifratture.

L'utilizzo dei fili di Kirschner trova ancora la sua indicazione nelle fratture del terzo distale della diafisi, al limite con le fratture metafisarie, dove l'applicazione degli ESIN risulta poco agevole e fonte di possibili perdite di riduzione secondarie.

CONFLITTO D'INTERESSE Gli autori Antonio Berizzi, Andrea Angelini, Elisa Pala, Carlo Biz, Giulia Trovarelli e Pietro Ruggieri dichiarano di non avere alcun conflitto di interesse riguardo all'argomento trattato.

Bibliografia

1. Price CT, Mencia GA (2001) Injuries to the shafts of the radius and ulna. In: Beaty JH, Kasser JR (eds) Rockwood and Wilkins' fractures in children, 5th edn. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, pp 452–460
2. Sinikumpo JJ, Lautamo A, Pokka T, Serlo W (2012) The increasing incidence of paediatric diaphyseal both-bone forearm fractures and their internal fixation during the last decade. *Injury* 43:362–366
3. Tredwell SJ, Van Peteghem K, Clough M (1984) Pattern of forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 4:604–608
4. Slongo TF, Audige L, the Group AOPC (2007) Fracture and dislocation classification compendium for children: the AO pediatric comprehensive classification of long bone fractures (PCCF). *J Orthop Trauma* 21(10 Suppl):S135–S160
5. Joeris A, Lutz N, Blumenthal A et al (2017) The AO Pediatric Comprehensive Classification of Long Bone Fractures (PCCF). *Acta Orthop* 88(2):123–128
6. Sarmiento A, Ebramzadeh E, Brys D (1992) Angular deformities and forearm function. *J Pediatr Orthop* 10:121–133
7. Johari AN, Sinha M (1999) Remodelling of forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop B* 8:84–87
8. Weiss JM (1986) Forearm fractures in children: a retrospective study. *Meetings Highlights. J Pediatr Orthop* 6:506
9. Noonan KJ, Price CT (1998) Forearm and distal radius fractures in children. *J Am Acad Orthop Surg* 6:146–156
10. Wilkins KE (2005) Principles of fracture remodeling in children. *Injury* 36:SA3–SA11
11. Weiss JM, Mencia GA (2012) Forearm shaft fractures: does fixation improve outcomes? *J Pediatr Orthop* 32:S22–S24
12. Patel N, Wilson L, Wansbrough G (2015) Do split paediatric forearm POP casts need to be completed? A biomechanical study. *Injury* 46:1231–1237
13. Bae DS, Valim C, Connell P et al (2017) Bivalved versus circumferential cast immobilization for displaced forearm fracture: a randomized clinical trial to assess efficacy and safety. *J Pediatr Orthop* 37:239–246
14. Labronici PJ, Ferreira LT, dos Santos Filho FC et al (2017) Objective assessment of plaster cast quality in pediatric distal forearm fractures: is there an optimal index? *Injury* 48:552–556
15. Price CT, Scott DS, Kurzner ME, Flynn JC (1990) Malunited forearm fractures in children. *J Pediatr Orthop* 10(6):705–712

16. Tysosky AJ, Werger MM, McPartland TG, Bowe JA (2015) The factors influencing the refracture of pediatric forearms. *J Pediatr Orthop* 35:677–681
17. Schmitteneber PP (2005) State-of-the-art treatment of forearm shaft fractures. *Injury* 36:SA25–SA34
18. Lascombes P, Prevot J, Ligier JN et al (1990) Elastic stable intramedullary nailing of forearm shaft fractures in children: 85 cases. *J Pediatr Orthop* 10(2):167–171
19. Antabak A, Luetic T, Ivo S et al (2013) Treatment outcomes of both-bone diaphyseal paediatric forearm fracture. *Injury* 44(Suppl 3):11–12
20. Fiala M, Carey TP (1995) Paediatric forearm fractures: an analysis of refracture rate. *Orthop Trans* 18:1265–1266
21. Kelly BA, Shore BJ, Bae DS et al (2016) Pediatric forearm fractures with in situ intramedullary implants. *J Child Orthop* 10:321–327