

Le fratture dell'omero prossimale in età pediatrica

G. Bertoni, E. Lelio^a (✉)

U.O.C. Ortopedia e Traumatologia, Ospedale S. Maria di Ca' Foncello, Treviso, Italia

^aericave@tiscali.it

ABSTRACT – FRACTURES OF THE PROXIMAL HUMERUS IN THE PEDIATRIC AGE

In the paediatric population, sports, falls and car accidents can result in proximal humerus fractures. Since the proximal humeral growth plate is responsible for up to 80% of the growth of the humerus, remodelling of these fractures in children is enormous: the younger the patient, the higher the potential for remodelling. Most proximal paediatric humeral fractures can be treated successfully by closed means. However, some patient factors or fracture characteristics may prompt for surgical treatment.

Publicato online: 4 dicembre 2018

© Società Italiana Ortopedici Traumatologi Ospedalieri d'Italia 2018

Introduzione

Le fratture dell'omero prossimale non sono comuni in età pediatrica; costituiscono, infatti, il 2% di tutte le fratture pediatriche, e dal 3 al 6,7% dei distacchi epifisari in generale. Il pattern di presentazione dipende sia dal meccanismo traumatico che dall'età del paziente. Le caratteristiche anatomiche della zona determinano un elevatissimo rimodellamento osseo, tale che la maggior parte dei trattamenti è incruento [1, 2].

Meccanismo traumatico

Il meccanismo traumatico è diverso nei vari gruppi di età: l'omero prossimale può essere danneggiato durante il passaggio attraverso il canale del parto e questo determina una frattura ostetrica; nel bambino/adolescente sono le attività sportive e gli incidenti stradali a causare un trauma ad alta energia, con un picco di incidenza per età diverso tra femmine (12 aa) e maschi (15 aa). Anche l'abuso può essere causa della lesione, ma con una percentuale non nota. La fragilità ossea determinata dalla presenza di una cisti ossea benigna giovanile può non infrequentemente essere all'origine della frattura patologica [2].

Anatomia

Sono le caratteristiche anatomiche di questa regione ad essere responsabili dell'andamento delle lesioni: la capsula articolare copre tutta l'epifisi prossimale e la porzione mediale della metafisi, mentre la fisi è extra-capsulare; il periostio, inoltre, presenta uno spessore maggiore nella regione

postero-mediale rispetto alla antero-laterale. Traumi ad alta energia sono in grado di determinare lesioni spesso localizzate alla fisi omerale prossimale. Quest'ultima è responsabile approssimativamente dell'80% dello sviluppo omerale: le sue elevate potenzialità di accrescimento spiegano l'incredibile rimodellamento cui vanno in contro nella popolazione pediatrica le fratture dell'omero prossimale. Più il paziente è giovane, più alto sarà il potenziale di rimodellamento che si verificherà. Le caratteristiche anatomiche della capsula e del periostio e le numerose inserzioni muscolari (gran pettorale, deltoide e cuffia dei rotatori) determinano direzione e scomposizione dei frammenti (Fig. 1) [1, 3].

Caratteristiche cliniche

Il dolore, l'impotenza funzionale con atteggiamento obbligato e l'alterato profilo della spalla sono subito evidenti in questa lesione. Le principali posizioni con cui il paziente si presenta all'osservazione clinica sono: arto intrarotato, per trazione del gran pettorale sul moncone distale, *luxatio erecta* in estrema abduzione con gomito flesso per trazione del sovra spinoso sul trochite, arto addotto e intrarotato per trazione del sottoscapolare sul trochine. Rare ma possibili sono le lesioni vascolari e/o nervose, oppure la lussazione gleno-omerale. Nel neonato va fatta diagnosi differenziale tra la frattura dell'omero prossimale e la lesione del plesso brachiale, la frattura di clavicola, l'osteomielite e l'artrite di spalla.

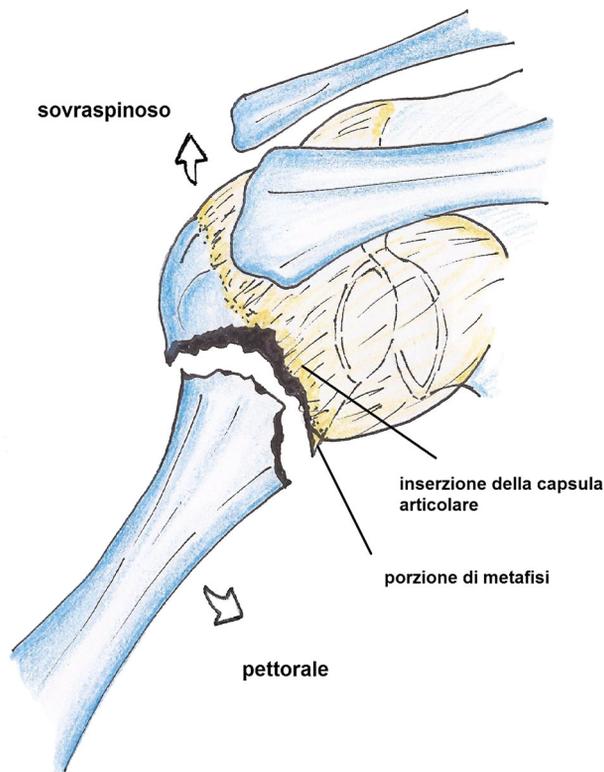


Fig. 1 - Illustrazione delle forze deformanti che agiscono su un distacco epifisario di omero prossimale Salter-Harris Tipo II

Diagnosi

Il nucleo di accrescimento della testa dell'omero appare tra 4 e i 6 mesi di vita, mentre i centri di ossificazione di trochite e trochine tra i 3 e i 5 anni, rispettivamente; tali nuclei si fonderanno prima dei 6 anni per formare l'epifisi prossimale (Fig. 2) [3].

Le indagini necessarie da eseguire per la diagnosi sono:

- radiografia, nelle proiezioni antero-posteriore, ascellare trans-toracica e apicale obliqua. Caratteristico è il segno dell'*epifisi evanescente* nei distacchi epifisari scomposti posteriormente dove l'epifisi all'RX antero-posteriore sembra scomparire

Tabella 1 Classificazione del grado di scomposizione delle fratture prossimali di omero secondo Neer e Horwitz

	Scomposizione
I	< 5 mm
II	< 1/3 del diametro della diafisi
III	< 2/3 del diametro della diafisi
IV	> 2/3 del diametro della diafisi

- ecografia, utile nel neonato con frattura ostetrica
- TAC utile nelle fratture-lussazioni e quando la radiografia non è dirimente
- RM nella diagnosi delle avulsioni del tendine sottoscapolare e della piccola tuberosità dell'omero.

Classificazione

Il distacco epifisario costituisce il tipo di frattura più comune nell'infanzia e nei pazienti di età più giovane. Queste lesioni vengono generalmente classificate secondo Salter-Harris (S-H) (Fig. 3).

Il distacco epifisario puro (tipo I secondo Salter-Harris) è tipico del neonato (distacco epifisario "ostetrico") e dei bambini al di sotto dei 5 anni di età.

Tra i 5 e gli 11 anni di età sono più frequenti le fratture metafisarie, che vengono classificate secondo Neer e Horwitz in funzione del grado di spostamento (Tipo I: spostamento < 5 mm; Tipo II e III: spostamento da 1/3 a 2/3 del diametro della diafisi sottostante; Tipo IV: spostamento superiore a 2/3) (Tabella 1).

La maggiore incidenza della frattura metafisaria rispetto a quella del distacco epifisario in questa fascia di età è probabilmente riconducibile all'elevato rimodellamento osseo intrinseco alla rapida crescita che determina, per contro, un indebolimento della giunzione metafiso-diafisaria, e questo spiega perché i meccanismi che provocano queste lesioni sono quasi sempre indiretti per caduta sull'arto esteso.

Nei pazienti al di sopra degli 11 anni è più facile osservare distacchi epifisari di Tipo II secondo la classificazione di

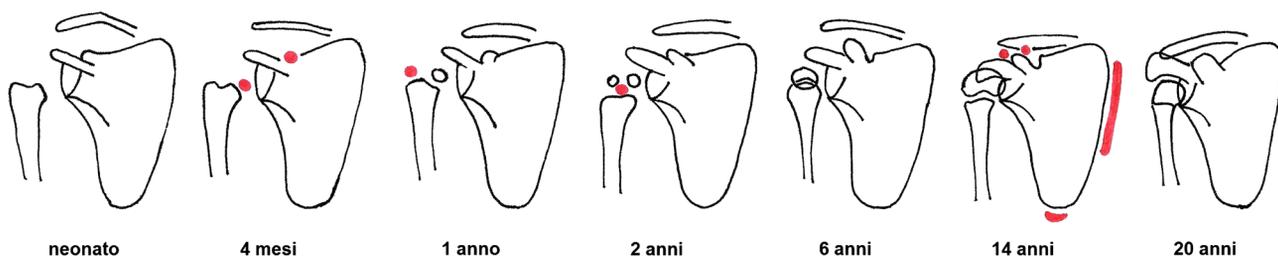


Fig. 2 - Illustrazione che dimostra la comparsa dei nuclei di accrescimento durante le varie epoche dello sviluppo

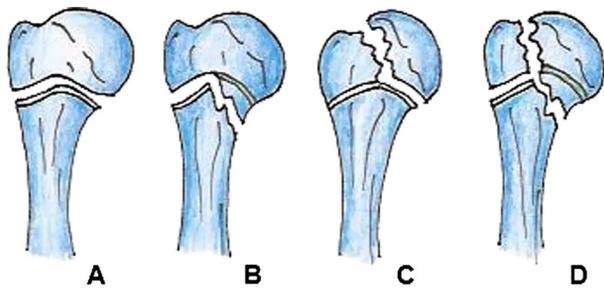


Fig. 3 - Illustrazione della classificazione dei distacchi epifisari secondo Salter-Harris. (a) Tipo I. (b) Tipo II. (c) Tipo III. (d) Tipo IV

Salter-Harris. In queste lesioni il frammento osseo è costituito dalla porzione postero-mediale della metafisi che, essendo intracapsulare, rimane unita al frammento prossimale. I meccanismi traumatici più frequenti sono di tipo indiretto, sebbene distacchi epifisari siano stati descritti anche con trauma diretto, come da caduta sul moncone della spalla e/o urto diretto sulla porzione postero-laterale dell'estremità prossimale del braccio.

Raramente si verificano lesioni più gravi come i distacchi epifisari di Tipo III, mentre non sono mai state descritte nel bambino fratture di Tipo IV di Salter-Harris. Il meccanismo traumatico è sempre legato a traumi ad alta energia (Fig. 4) [2].

Trattamento

Varie sono le opzioni di trattamento. Esse sono comunque prevalentemente orientate a una condotta conservativa che tenga conto dell'ampio grado di motilità della spalla, del compenso scapolo-toracico e dell'elevatissimo potenziale di rimodellamento proprio di questo distretto anatomico (la cui cartilagine di accrescimento contribuisce all'80% della crescita longitudinale dell'omero). Inoltre, i distacchi epifisari interessano generalmente la zona ipertrofica della fisi

adiacente la zona di calcificazione provvisoria e, risparmiando lo strato germinativo della cartilagine di accrescimento, mantengono la possibilità di compensare con la residua crescita spostamenti anche marcati sino al 10° anno di età. Non vi è per queste ragioni riscontro in letteratura di significative deformità o ipometrie residue secondarie a epifisiodesi post-traumatiche. Quando eccezionalmente presente, l'accorciamento dell'omero è di regola inferiore a 3 cm, e quindi privo di significativa rilevanza funzionale. Esso si può rilevare più facilmente nei bambini più grandi e nelle fratture patologiche su cisti ossee attive.

Il trattamento conservativo è quindi tanto più largamente indicato, quanto più bassa è l'età del paziente, e consiste nell'immobilizzazione con il braccio addotto e aderente al torace.

Al contrario, quanto più ci si avvicina alla chiusura delle cartilagini di accrescimento, tanto più la riduzione deve essere accurata, ricorrendo anche a una sintesi chirurgica nel caso in cui la riduzione ottenuta sia insufficiente o instabile.

Esistono controversie in letteratura sul trattamento delle fratture Tipo III e IV secondo Neer e Horwitz. Vanno considerati due fattori: l'età scheletrica del paziente e il grado di scomposizione e angolazione dei monconi. Le linee guida tedesche raccomandano l'esecuzione di RX in proiezione antero-posteriore e assiale. Nei pazienti con meno di 10 anni il trattamento incruento è indicato fino a un'angolazione <60°; nei pazienti con più di 10 anni i criteri cambiano a un'angolazione <30°. Oltre questo grado di scomposizione si ricorre al trattamento chirurgico [2, 4].

Il trattamento conservativo

Nella frattura ostetrica e nel primo anno di età l'immobilizzazione si realizza con l'uso di una spilla da balia che fissa la manica all'abito del bambino, oppure con un bendaggio morbido, per un periodo di circa 2-3 settimane; la guarigione è rapida (Fig. 5).



Fig. 4 - F.R., femmina, 12 anni, politrauma: passeggero posteriore dell'auto coinvolto in un incidente stradale. (a) RX AP della frattura dell'omero prossimale sinistro. (b) RX LL. (c) Immagine TAC che documenta la deformità; TAC total-body eseguita per lo studio di lesioni toraco-addominali

Fig. 5 - B.S., maschio, 1 anno, trauma da precipitazione. (a) RX AP che dimostra la presenza di frattura metafisaria prossimale dell'omero destro. (b) RX AP che dimostra la guarigione con trattamento conservativo



Nelle fratture Tipo I e II secondo Neer e Horwitz, sia nel bambino che nell'adolescente si immobilizza l'arto per 4 settimane con un bendaggio tipo Desault, o con tutori acquistabili sul mercato. Se tale lesione si associa invece a lesione vascolo-nervosa, esposizione del focolaio o politrauma, è assolutamente indicato il trattamento chirurgico. Sempre più raro è il ricorso all'apparecchio gessato toraco-brachiale [4, 5]. Nelle fratture ad alta scomposizione è raccomandabile il monitoraggio radiografico semestrale del rimodellamento spontaneo nei primi due anni che seguono la frattura.

Il trattamento chirurgico

Le fratture dell'estremo prossimale dell'omero molto scomposte o angolate necessitano di riduzione. La maggior parte può essere ridotta applicando una trazione longitudinale dell'arto mentre è posizionato in abduzione flessione e rotazione esterna. Se questa manovra non è sufficiente, una migliore riduzione può essere ottenuta con una moderata abduzione, una flessione a 90° e una rotazione esterna. Alternativamente, la frattura può essere ridotta con una manipolazione diretta dei frammenti mentre il braccio è tenuto in marcata abduzione (circa 135°), leggera flessione (circa 30°) e trazione longitudinale. Nonostante questi sforzi, alcune fratture non possono essere adeguatamente ridotte per la presenza di alcune strutture anatomiche che possono interpersi nel focolaio di frattura: il capo lungo del bicipite, il periostio e la capsula articolare. In questi casi è necessaria una riduzione a cielo aperto, attraverso una piccola incisione deltoideo-pettorale, per rimuovere l'ostacolo.

Le opzioni di trattamento chirurgico sono diverse e includono:

- fissazione a minima percutanea
- impianto endomidollare elastico
- la sintesi interna con placca.

La fissazione a minima percutanea

In primis si procede, in anestesia generale, alla riduzione per manovre esterne della frattura, come sopra descritto. Il paziente viene posizionato supino, con arto su supporto radiotrasparente, per consentire l'utilizzo intraoperatorio del

fluoroscopio; eventualmente, un rialzo va posizionato sotto il bordo mediale della scapola ipsilaterale, per sollevare la spalla dal tavolo e consentire così un accesso circonferenziale alla spalla stessa. La riduzione si esegue attraverso manovre di trazione longitudinale sull'arto posto in abduzione e rotazione esterna e flessione, per allineare il frammento distale con l'epifisi. Il campo operatorio deve essere preparato in modo tale da consentire un eventuale accesso chirurgico deltoideo-pettorale o ascellare. La frattura viene poi stabilizzata mediante almeno 2 o 3 fili di Kirschner (calibro 1,8–2 mm): il punto di ingresso dei fili è sulla corticale esterna del frammento distale, vicino all'inserzione del muscolo deltoide, e i fili vengono inseriti obliquamente nell'epifisi in direzione supero-mediale, avendo cura di evitare di ledere il nervo circonflesso, all'ingresso, e le strutture vascolonervose del cavo ascellare se i fili dovessero migrare al di fuori dell'epifisi. I fili vengono generalmente lasciati protrudere oltre l'accesso cutaneo, opportunamente tagliati e ripiegati. Subito dopo l'intervento, l'arto va immobilizzato con bendaggio alla Desault o tutore reggi-braccio da mantenere per 30 gg; in seguito viene rimosso e i fili percutanei asportati dopo controllo radiografico. In alternativa, i fili possono essere tagliati al di sotto del piano cutaneo, ma questa non rappresenta la scelta maggiormente adottata poiché è necessario rimuoverli chirurgicamente, con il supporto anestesiológico. La scelta del posizionamento percutaneo dei fili è da preferire perché, a fronte di un rischio di infezione sostanzialmente irrilevante, consente la rimozione precoce dei fili in ambito ambulatoriale (senza sedazione) e, quindi, l'inizio della mobilizzazione e del recupero funzionale [1, 6]. Le complicanze riscontrate con questa tecnica sono: un lieve aumento del rischio di infezione, che si risolve con l'asportazione dei fili; la possibile migrazione dei fili; l'irritazione dei tessuti molli se l'arto non viene adeguatamente immobilizzato.

Nelle fratture metafisarie con rima più distale non è tecnicamente possibile inserire per via percutanea dei fili di Kirschner fino all'epifisi e dominare la frattura: si deve optare per un trattamento con chiodi endomidollari elastici.

L'impianto endomidollare elastico

Sotto controllo radioscopico la frattura va ridotta per manovre esterne, come sopra, o utilizzando un filo metallico come joystick (introdotta lateralmente a livello del trochite), e poi stabilizzata con due chiodi metallici elastici (*Elastic Stable Intramedullary Nail*, ESIN). Si pratica un'incisione cutanea di circa 2 cm a livello dell'epicondilo laterale dell'omero. Con una punta da trapano si prepara un foro obliquo al passaggio metafisario-diafisario distale dell'omero, salvaguardando le cartilagini di accrescimento e, avendo cura di non perforare l'opposta corticale, si introduce il primo chiodo elastico nell'osso. Il diametro del foro di ingresso verrà praticato in base al diametro del chiodo scelto che, a sua volta, sarà circa 1/3 del diametro del canale midollare omerale. Il primo chiodo va introdotto per via retrograda, ribattendolo mentre si esegue la manovra di riduzione sull'arto (trazione longitudinale, abduzione ed extrarotazione), finché non oltrepassa la frattura e avanza all'interno del frammento prossimale. Per stabilizzare la frattura, quando richiesto dalla morfologia della lesione, l'estremità del chiodo TEN può oltrepassare la fisi e penetrare l'epifisi omerale. A questo punto un secondo chiodo verrà introdotto, con lo stesso metodo, attraverso il medesimo foro d'ingresso. Quando l'immagine al monitor ci mostra una riduzione giudicata soddisfacente, possiamo stabilizzare la frattura facendo avanzare i chiodi all'interno del frammento omerale prossimale (Fig. 6). Qualora fallissero i tentativi di riduzione a cielo chiuso, sarà opportuno procedere a una riduzione a cielo aperto tramite un'incisione deltoideo-pettorale. Eventuali tessuti interposti nella rima di frattura che ne impediscano la riduzione, nella maggior parte dei casi il capo lungo del bicipite, andranno rimossi e la frattura andrà stabilizzata facendo avanzare i chiodi tramite visione diretta dell'operatore. Questi vanno poi piegati distalmente e tagliati a circa 1 cm dalla corticale per consentirne la rimozione in un secondo tempo. L'arto va immobilizzato con tutore reggi-braccio per 15 giorni, in seguito cautamente mobilizzato, prima passivamente con movimenti pendolari della spalla, poi attivamente. A 30 giorni dall'intervento il tutore reggi-braccio può essere rimosso; i controlli radiografici andranno eseguiti a 4 e 8 settimane. Una delle complicanze più frequenti di questa tecnica è la prominenza, sintomatica, dell'impianto, il quale può essere generalmente rimosso una volta formatosi un adeguato callo osseo ripartivo, indicativamente tra i 6 e i 12 mesi dopo il trattamento [7, 8].

Valutazione comparativa tra la tecnica di osteosintesi percutanea con fili e l'osteosintesi con chiodi endomidollari elastici

Studi comparativi non hanno dimostrato significative differenze sui risultati funzionali tra le due tecniche. L'utilizzo di chiodi endomidollari elastici ha il vantaggio di consentire la mobilizzazione precoce dell'arto. Per contro, è necessaria un'incisione chirurgica sia per introdurre i mezzi di



Fig. 6 - C.D., maschio, 11 anni. (a) Frattura prossimale scomposta del collo omerale. (b) Osteosintesi con chiodi TEN retrogradi

sintesi sia per rimuoverli, in entrambi i casi con supporto anestesiológico.

L'osteosintesi percutanea con fili, al contrario, necessita di un'immobilizzazione con bendaggio durante la permanenza dei mezzi di sintesi in sede, per evitare il rischio di irritazione dei muscoli e della cute attraversati e, soprattutto, per scongiurare il rischio di migrazione di questi. In compenso la rimozione dei fili è ambulatoriale e senza anestesia [9, 10].

La sintesi interna con placca

L'utilizzo di una sintesi interna con placca è eccezionale ed esclusivamente limitato a pazienti tardo-adolescenti, con sviluppo osseo pressoché completato, che presentano fratture altamente scomposte e, soprattutto, nei pazienti politraumatizzati. In questi ultimi pazienti l'impianto della placca consente la mobilizzazione precoce e l'utilizzo degli arti superiori per la deambulazione assistita. La via chirurgica laterale o deltoideo-pettorale e la tecnica di impianto a cielo coperto o mininvasiva tipo MIPO, non si differenziano da quanto di norma eseguito nell'adulto. Il ricorso all'osteosintesi con placca va limitato anche in relazione alle cicatrici frequentemente cheloidee tipiche della regione della spalla e alla necessità di rimuovere i mezzi di sintesi con tecnica chirurgica a cielo aperto.

Avulsione della piccola tuberosità e del sottoscapolare

Negli ultimi anni abbiamo assistito a un aumento dei traumi ad alta energia che hanno coinvolto soprattutto giovani atleti. Durante l'epoca dell'accrescimento osseo, il trauma può procurare l'avulsione ossea del tendine sottoscapolare o della piccola tuberosità dell'omero, piuttosto che le lesioni intratendinee tipiche dell'adulto. Attualmente, si considera il tendine sottoscapolare e la piccola tuberosità come una sin-

gola unità funzionale. Queste lesioni passano talvolta misconosciute ma sono causa di conseguenze significative a lungo termine. Il quadro clinico presenta dolore anteriore alla spalla, sia acuto che cronico, diminuzione della forza del muscolo sottoscapolare, aumento della rotazione esterna passiva rispetto alla spalla controlaterale [11, 12]. I test clinici hanno una sensibilità dell'87% nella diagnosi delle lesioni.

La prima indagine strumentale è la radiografia sia in proiezione antero-posteriore con arto intraruotato, sia in proiezione ascellare. Purtroppo, la sensibilità dell'imaging radiografico è del 16%, e la lesione spesso non è diagnosticata con l'RX. La RM è invece un esame fondamentale, avendo una sensibilità del 95%, ed è assolutamente da richiedere se si ha il sospetto clinico.

Purtroppo, non di rado la lesione passa misconosciuta e secondo i dati della letteratura trascorrono in media 2 mesi prima della diagnosi [12].

Il trattamento chirurgico prevede il posizionamento del paziente in *beach-chair*. Si utilizza la via deltoideo-pettorale per esplorare la lesione, la quale viene riparata mediante una sutura con punti transossei o l'utilizzo di ancorette. Nel caso in cui la frammentazione della piccola tuberosità dovesse renderla non sintetizzabile si procede all'asportazione. La procedura può essere eseguita anche per via artroscopica.

Nel postoperatorio l'arto va immobilizzato per 6 settimane con tutore reggi-braccio in lieve abduzione; successivamente, potrà essere intrapreso il percorso riabilitativo.

Secondo la letteratura recente, il trattamento chirurgico dà buoni risultati senza sostanziali discrepanze tra il trattamento a cielo aperto e quello artroscopico. Non ci sono però studi che comparino il trattamento chirurgico e quello incruento [13].

Complicanze precoci

Fratture e fratture-lussazioni dell'omero prossimale possono provocare danni di tipo neurologico a carico del plesso brachiale; la maggior parte dei deficit nervosi può essere diagnosticata rapidamente perché i segni clinici sono subito visibili. In rari casi, però, i deficit neurologici possono evolversi lentamente e ritardare la diagnosi. Tipicamente, questi deficit nervosi sono transitori e il recupero funzionale completo si ha in meno di 6 mesi. Se i deficit persistono per più di 3 mesi è consigliato effettuare un'elettromiografia. Se non vi è evidenza di recupero o rigenerazione del nervo, bisogna prendere in considerazione l'esplorazione chirurgica, la riparazione o il trapianto del nervo stesso.

La fissazione interna con chiodi o fili può portare alla migrazione dei mezzi di sintesi e conseguenti complicanze vascolo-nervose. È quindi necessario il monitoraggio radiografico seriato.

Complicanze tardive

Una rara complicanza che colpisce i neonati e i bambini di età inferiore a 5 anni è il varismo post-traumatico dell'omero, che comporta una significativa riduzione dell'angolo cervico-diafisario omerale e un accorciamento dell'arto superiore. Sebbene l'abduzione della spalla possa essere moderatamente limitata, la maggior parte dei pazienti con omero varo ha solo un modesto deficit funzionale e non richiede la correzione chirurgica della deformità.

La dismetria degli arti superiori, dopo frattura dell'omero prossimale, è più frequente nei bambini trattati chirurgicamente che in quelli trattati conservativamente; tale complicanza è probabilmente dovuta alla gravità del danno riportato dalla fisiologia al momento del trauma, e non è indotta iatrogenicamente dalla procedura chirurgica. La dismetria non è influenzata in modo significativo dalla qualità della riduzione iniziale della frattura, ha una bassa rilevanza funzionale e raramente può essere giustificata una procedura di allungamento (per dismetrie > 5 cm). Estremamente raro è l'arresto di sviluppo completo della fisiologia, correlato talvolta a fratture patologiche su cisti ossee benigne.

L'osteonecrosi della testa omerale, frequente nell'adulto, non lo è nel bambino, perché anche dopo una distruzione acuta dell'apporto vascolare all'epifisi omerale prossimale, questi vanno in contro a una rivascularizzazione con successivo rimodellamento osseo.

Conclusioni

Le fratture dell'estremità prossimale dell'omero in età pediatrica sono lesioni complessivamente benigne caratterizzate da elevate potenzialità di rimodellamento che consentono ampi margini di tolleranza e per le quali il trattamento conservativo è frequentemente praticabile. Raramente i distacchi epifisari possono essere complicati da disturbi di accrescimento che comportano dismetrie o deformità di effettiva rilevanza clinica. Il trattamento chirurgico, salvo eccezioni, dovrebbe essere riservato alle fratture altamente scomposte della preadolescenza e adolescenza.

Le tecniche mini-invasive (fili di Kirschner percutanei o chiodi TEN) debbono essere preferite alle tecniche di osteosintesi rigida tipiche dell'età adulta. È infine consigliabile, data la mole di informazioni cui è possibile accedere tramite i mezzi di comunicazione multimediali, spiegare bene, all'atto del consenso informato, il razionale della strategia terapeutica, non solo chirurgica, ma anche conservativa, soprattutto quando si ritengono tollerabili difetti di riduzione che possono generare comprensibili perplessità nei genitori [4].

CONFLITTO DI INTERESSE Gli autori G. Bertoni e E. Lelio dichiarano di non avere alcun conflitto di interesse.

CONSENSO INFORMATO E CONFORMITÀ AGLI STANDARD ETICI Tutte le procedure descritte nello studio e che hanno coinvolto esseri umani sono state attuate in conformità alle norme etiche stabilite dalla dichiarazione di Helsinki del 1975 e successive modifiche. Il consenso informato è stato ottenuto da tutti i pazienti inclusi nello studio.

HUMAN AND ANIMAL RIGHTS L'articolo non contiene alcuno studio eseguito su esseri umani e su animali da parte degli autori.

Bibliografia

1. Sarwark J, King E, Luhmann S (2008) Estremo prossimale dell'omero, scapola e clavicola. In: Rockwood e Wilkins. *Traumatologia pediatrica*, 6th edn. Verduci Editore, Roma, pp 707–718
2. Popkin C, Levine W, Ahmad C (2015) Evaluation and management of pediatric proximal humerus fractures. *J Am Acad Orthop Surg* 23:77–86
3. Zember J, Rosenberg Z, Kwong S et al (2015) Normal skeletal maturation and imaging pitfalls in the pediatric shoulder. *RadioGraphics* 35(4):1108–1122
4. De Nicola U, Pannone A (2002) *Le fratture prossimali dell'omero nell'adulto e nel bambino*. Springer, Milano
5. Netter F (1999) *Atlante di anatomia, fisiopatologia e clinica*. In: *Apparato muscolo scheletrico*, vol. 8. Novartis Edizioni, Varese, pp 40–42
6. Hutchinson P, Bae D, Waters P (2011) Intramedullary nailing versus percutaneous pin fixation of pediatric proximal humerus fractures: a comparison of complications and early radiographic result. *J Pediatr Orthop* 31:617–622
7. Kelly D (2016) Flexible intramedullary nailing of pediatric humeral fractures: indications, techniques, and tips. *J Pediatr Orthop* 36:S49–S55
8. Wang X, Shao J, Yang X (2014) Closed/open reduction and titanium elastic nails for severely displaced proximal humeral fractures in children. *Int Orthop (SICOT)* 38:107–110
9. Khan A, Athlani L, Rousset M et al (2014) Functional results of displaced proximal humerus fractures in children treated by elastic stable intramedullary nail. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 24:165–172
10. Kraus T, Hoermann S, Ploder G et al (2014) Elastic stable intramedullary nailing versus Kirschner wire pinning: outcome of severely displaced proximal humeral fractures in juvenile patients. *J Shoulder Elb Surg* 23(10):1462–1467
11. Goeminne S, Debeer P (2012) The natural evolution of neglected lesser tuberosity fractures in skeletally immature patients. *J Shoulder Elb Surg* 21(8):e6–e11
12. Vezeridis PS, Bae DS, Kocher MS et al (2011) Surgical treatment for avulsion injuries of the humeral lesser tuberosity apophysis in adolescents. *J Bone Jt Surg Am* 93:1882–1888
13. Vavken P, Bae DS, Waters PM et al (2016) Treating subscapularis, and lesser tuberosity avulsion injuries in skeletally immature patients: a systematic review. *Arthroscopy* 32(5):919–928
14. Webb L, Mooney J (2009) Fractures and dislocations about the shoulder. In: Green N, Swiontkowski M (eds) *Skeletal trauma in children*, 4th edn. Saunders, Philadelphia, pp 322–343
15. Green N, Swiontkowski M (1998) *Traumatologia dell'apparato muscolo scheletrico in pediatria*. Verduci Editore, Roma