



Silvio Boero¹

Filippo M. Sénès²

Nunzio Catena¹ (foto)

¹ UOC Ortopedia e Traumatologia;

² UOSD Chirurgia Ricostruttiva e della Mano, Istituto Giannina Gaslini, Genova

Complicanze delle fratture sovracondiloidee dell'omero in età pediatrica

Complications of supracondylar humeral fractures in children

Riassunto

Le fratture sovracondiloidee dell'omero rappresentano la più comune lesione scheletrica della regione del gomito in traumatologia pediatrica.

Le complicanze possono essere immediate e tardive.

Tra le immediate, la più temibile è la lesione dell'arteria brachiale, che può presentarsi con un quadro di mano ischemica o di mano perfusa ma senza polso radiale.

Nel primo caso va eseguito un trattamento urgente di riduzione della frattura che nella maggior parte dei casi porta ad una ripresa del circolo; l'esplorazione e la riparazione arteriosa è riservata ai casi in cui dopo l'osteosintesi non si abbia la ripresa del circolo. Nei pazienti con mano perfusa ma senza polso, il trattamento è di solito astensionistico, con un attento monitoraggio delle condizioni circolatorie nelle 48 ore successive al trauma.

Un'altra complicanza immediata è la lesione dei tronchi nervosi periferici del gomito.

Il principale nervo coinvolto è il mediano, soprattutto nel suo ramo interosseo anteriore, seguito dal nervo radiale; meno frequente è la lesione del nervo ulnare che però può subire danni iatrogenici dopo osteosintesi con fili introdotti medialmente.

Le complicanze tardive sono principalmente di due tipi.

La prima è il cubito varo, deformità triplanare caratterizzata dal varismo della paletta omerale associato ad intrarotazione ed iperestensione. Tale deformità è prevalentemente estetica, ma nei casi in cui superi i 20° va trattata chirurgicamente mediante osteotomie correttive, per evitare disturbi tardivi quali riduzioni del ROM del gomito, dolore cronico, instabilità postero laterale e paralisi cronica del nervo ulnare.

La seconda è invece la rigidità associata o meno a viziose consolidazioni.

Una riduzione del ROM articolare è frequente nei primi mesi dopo la rimozione del gesso e tende di solito a risolversi spontaneamente. Diverso è il caso di associazione con malconsolidazioni, specialmente iperestensione della paletta omerale o spuntoni ossei anteriori secondari a vizi di rotazione residui. Il rimodellamento di viziose consolidazioni è possibile soprattutto nel bambino più piccolo e specialmente per quelle lungo l'asse di movimento articolare mentre un vizio di rotazione difficilmente tenderà a rimodellarsi.

Parole chiave: fratture sovracondiloidee omero, complicanze, fratture nei bambini

Summary

Supracondylar fractures of the humerus are the most common injury of the elbow in developmental age. Complications can be distinguished in early and late onset.

The injury of brachial artery is the main early complication which can appear as an ischemic hand or a pink pulseless hand. In the first case, an immediate reduction under anesthesia followed by osteosynthesis must be done: a restoration of the circulation should be expected in the majority of cases. The exploration of the artery, associated or not with its reconstruction, should be done when the circulation of the hand does not restore after the fracture's treatment.

Indirizzo per la corrispondenza:

Nunzio Catena

UOC Ortopedia e Traumatologia

Istituto Giannina Gaslini

largo G. Gaslini, 5

16147 Genova

E-mail: nunziocatena@gaslini.org

The management of a pink pulseless hand is controversial, although the majority of the surgeons prefer not to explore immediately the vascular bundle: an accurate monitoring of the hand is mandatory, at least of 48 hours after the trauma.

The injury of the nerves of the elbow region is another early complication. The median nerve is the most common injured, especially the anterior interosseus branch, followed by the radial nerve.

The lesion of the ulnar nerve is less frequent at the same time of the fracture, whereas a iatrogenic injury should be considered in case of insertion of a medial pin.

Late complications can be essentially of two types.

The first one is cubitus varus, a triplanar deformity secondary to the varus of the epiphysis associated with its internal rotation and hyperextension. It is usually an aesthetic issue for the patients; however, when the varus angle become more than 20°, a surgical correction is needed in order to avoid further problems as loss of elbow motion, postero-lateral instability, chronic pain or late cubital tunnel syndrome.

The second one is the stiffness, associated or not with a malunion.

A temporary loss of movement is often observed after the cast removal but it should be spontaneously disappear within three or four weeks.

In case of malunion of the distal humerus (hyperextension or rotational defect with an anterior bone spike), the loss of motion may be enduring because the remodeling of the bone happens only for deformity in the same plane of the joint's motion.

Key words: supracondylar humeral fractures, complications, children's fractures

Le fratture sovracondiloidee dell'omero rappresentano la più comune lesione scheletrica della regione del gomito in traumatologia pediatrica, con un picco massimo di incidenza tra i 5 ed i 7 anni ed una prevalenza nel sesso maschile e nel lato sx (rapporto M/F: 6/4).

Nella maggior parte di casi la frattura consegue ad un trauma accidentale per caduta dall'alto (98% dei casi); nei bambini al di sotto dei 3 anni è spesso per caduta dal letto, da una sedia o dalle scale mentre nei bambini più grandi da attrezzature da parco giochi (castelli di tubi, tappeti elastici, gonfiabili).

Nei bambini al di sotto dei 15 mesi tali fratture non sono consuete per cui, in caso di loro riscontro, va tenuta in considerazione l'ipotesi di maltrattamento.

Il meccanismo traumatico più comune è quello di una caduta con polso esteso, avambraccio pronato e gomito esteso. In tale situazione il gomito è in una condizione di blocco per cui lo scarico delle forze si esplica sulla paletta omerale, mentre più raramente (2% dei casi) il trauma avviene per caduta sul gomito posto in flessione ¹.

In relazione al tipo di trauma la scomposizione dei frammenti di frattura viene comunemente inquadrata seguendo la classificazione di Gartland ² che suddivide le fratture in 3 tipi:

1. frattura composta;
2. frattura scomposta (ma con corticale posteriore integra);
3. frattura scomposta senza contatto tra i monconi.

Nei casi di scomposizione Gartland 3 l'orientamento della paletta omerale consente di distinguere 2 sottotipi (Fig. 1):

- postero mediale (aumentato rischio di lesioni del nervo radiale);
- postero laterale (aumentato rischio di lesione del nervo mediano e dell'arteria brachiale).

In queste forme è importante escludere una frattura tra-

sversale dell'epifisi che configuri un quadro di sovra-condiloidea.

Un altro sistema di classificazione completo, ma un po' meno adottato, è quello dell'AO ³.

Clinicamente, nei casi di importante scomposizione, il gomito si presenta tumefatto e con importante alterazione del profilo anatomico. Frequente il riscontro di ecchimosi della fossa antecubitale (segno di Kirmisson) e di grinzature della cute, particolarmente quando il frammento prossimale abbia perforato il muscolo brachiale (Fig. 2).

L'esposizione del focolaio di frattura è invece molto rara.

Al momento della prima valutazione del bambino è essenziale eseguire un preciso esame vascolare (presenza o assenza di polso radiale, mano calda o fredda, tempo di refill capillare, turgore del polpastrello) e neurologico (funzionalità dei nervi mediano, radiale ed ulnare) riportandolo accuratamente in cartella clinica, anche in ottica di possibili rivedute medico legali future.

Dal momento che l'esame della sensibilità non è di semplice esecuzione nel bambino piccolo come talvolta non lo è nemmeno quello motorio, è utile informare i genitori che spesso le lesioni neurologiche accadono al momento del trauma; una loro più precisa valutazione è possibile solo dopo la stabilizzazione ed immobilizzazione della frattura, in assenza di dolore e di ansia post trauma.

La valutazione radiologica è basata sulle due proiezioni standard AP ed LL, sebbene spesso sia difficile ottenere in sede di pronto soccorso delle proiezioni precise per la difficoltà nel posizionamento del bambino.

Il trattamento delle fratture di tipo 1 è essenzialmente l'immobilizzazione in apparecchio gessato brachiometa-carpale per 25-30 giorni (in relazione all'età del bambino) mentre per le fratture di tipo 2 è necessario eseguire una manovra riduttiva prima di applicare il gesso.

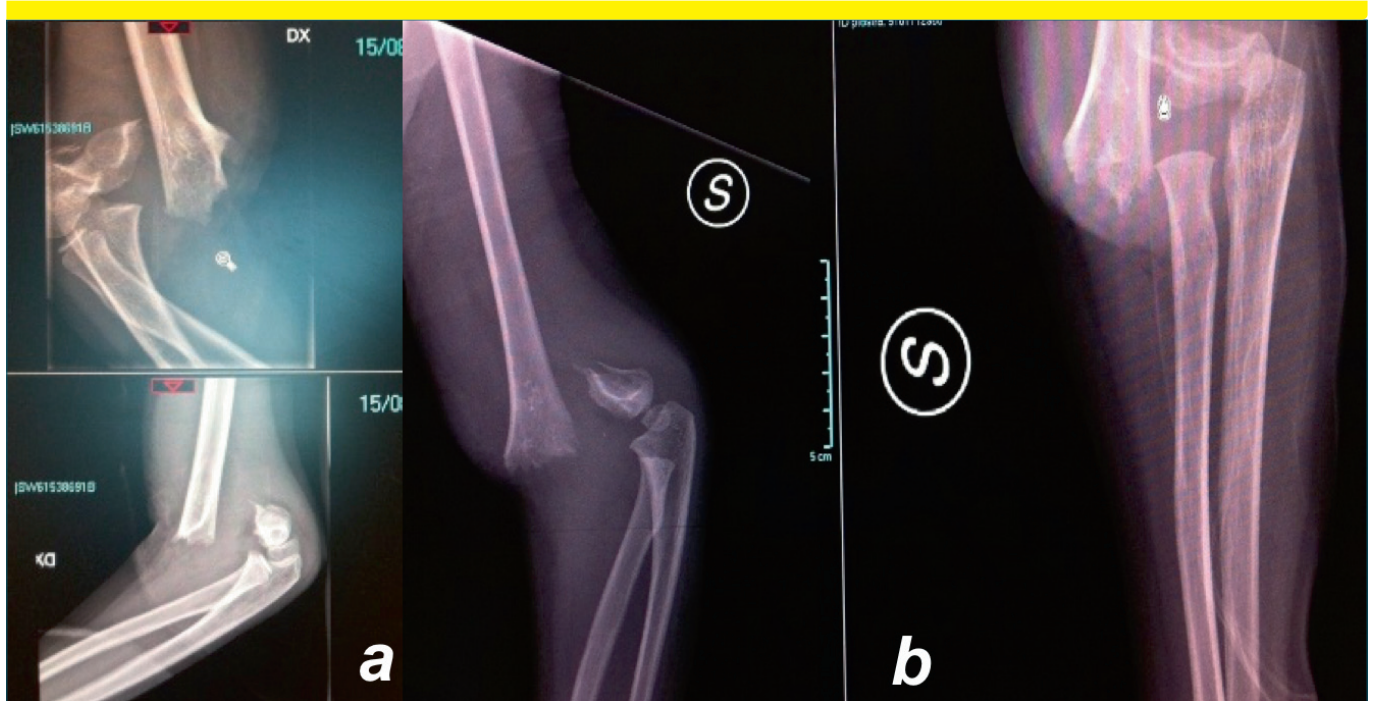


Figura 1. Diversi tipi di scomposizione di una frattura Gartland 3: a) postero-laterale; b) postero-mediale.



Figura 2. Ecchimosi della fossa antecubitale: segno di Kirrison.

La riduzione con flessione del gomito serve per correggere l'iperestensione del frammento distale che, se mantenuta, può portare a viziose consolidazioni.

Nelle fratture di tipo 2, dove le eventuali manovre riduttive sono eseguite spesso senza ausilio di amplificatore di brillantezza, è necessario un controllo RX post riduzione e successivamente un secondo esame a 7-10 giorni per controllare che la riduzione ottenuta sia mantenuta.

Le fratture di tipo 3 vengono invece trattate chirurgica-

mente mediante riduzione incruenta e "pinning" con fili di Kirschner che possono essere introdotti solo dalla via laterale (2 o 3 fili dall'epicondilo omerale) o incrociati (2 fili da epicondilo ed epitroclea).

La tecnica con introduzione solo laterale è più sicura, ed evita il rischio di lesioni iatrogeniche del nervo ulnare, ma può presentare una minore stabilità soprattutto di tipo rotazionale.

I chirurghi nord europei ed americani che la prediligono hanno dimostrato che facendo divergere i fili in senso latero-mediale e distanziandone il loro ingresso di circa 1 cm, si ottiene un sistema stabile; spesso nei bambini più piccoli è difficile riuscire ad ottenere questa configurazione.

I fili incrociati offrono una migliore stabilità ma aumentano il rischio di compromissione del nervo ulnare (per perforazione diretta, per compressione o per creazione di bande fibrose) ⁴.

L'osteosintesi può avvenire con paziente in posizione supina o prona a seconda delle abitudini del chirurgo, senza che questo abbia significative ricadute prognostiche.

Nei rari casi in cui sia necessaria la riduzione a cielo aperto, la via d'accesso laterale è di solito quella preferita dalla maggior parte degli operatori.

Le complicanze delle fratture sovracondiloidee possono essere distinte in due grandi gruppi: immediate e tardive.

Complicanze immediate

Lesioni vascolari

Il rischio di danno vascolare è elevato nelle fratture di tipo 3 con scomposizione postero laterale, dove è possibile l'assenza del polso radiale nel 10-20% dei casi.

L'arteria brachiale decorre in prossimità del piano scheletrico emettendo il suo ramo collaterale ulnare inferiore al di sopra della troclea omerale: l'emergenza di tale ramo costituisce un punto di fissità per il tronco principale rendendolo meno mobile e quindi più suscettibile ai traumatismi. Nella maggior parte dei casi, l'arteria è trazionata a livello del sito di frattura da parte del muscolo brachiale lacerato o di bande di periostio, mentre in altri casi è possibile un suo inginocchiamento nel focolo di frattura; altra possibile causa di lesione è un danno intinale con secondaria trombosi.

In presenza di trauma ad alta energia e segni clinici di ecchimosi della fossa antecubitale e pinzatura della cute anteriore del gomito, il rischio di lesione vascolare è aumentato⁵.

Il management della frattura con compromissione vascolare dipende dalle modalità cliniche di presentazione dell'ischemia.

Mano ischemica

Costituisce una condizione di emergenza in cui è necessaria un tempestivo ingresso in sala operatoria per eseguire una riduzione della frattura e la sua stabilizzazione con fili di Kirschner.

L'arteriografia pre o intraoperatoria non è necessaria, in quanto nel 70-90% dei pazienti il polso radiale viene ripristinato dopo la riduzione della frattura ed inoltre l'esecuzione dell'esame allunga i tempi di ingresso del bambino in sala operatoria^{6,7}.

Spesso l'ambiente freddo della sala non consente un immediato ripristino del polso, per cui è opportuno innalzare la temperatura ed attendere almeno 10-15 minuti prima di decidere in merito ad un'eventuale esplorazione arteriosa. In caso di mancato ripristino del polso radiale, in presenza di una mano fredda e con refill capillare assente o fortemente ridotto, è indicata l'esplorazione dell'arteria brachiale mediante un accesso antero mediale.

L'arteria è spesso circondata dall'ematoma di frattura che andrà gentilmente evacuato in modo da poter eseguire un bilancio della lesione; spesso il vaso è compresso da bande muscolari o periostee e la sola decompressione eventualmente associata all'avventiziectomia è sufficiente per la ripresa del circolo.

Nel caso di intrappolamento nel focolo di frattura è più probabile un danno maggiore della parete che abbia prodotto una trombosi.

La rimozione del trombo mediante cateterizzazione o trombolisi non è indicata ed è pertanto necessario procedere alla rimozione del tratto vasale interessato ed alla ricostruzione della continuità arteriosa mediante arteriorafia (solo in caso di possibile sutura senza tensione) o innesto venoso.

Il tempo vascolare è di solito seguito da un'ampia fasciotomia dell'avambraccio per ridurre il rischio di sindrome compartimentale.

Mano perfusa ma senza polso radiale (Pink Pulseless Hand)

Il trattamento di una "pink pulseless hand" rimane ancora controverso tanto che la stessa *American Academy of Orthopaedic Surgeons* non è riuscita a creare delle linee guida condivise⁸ sull'approccio ad un bambino in cui, dopo la riduzione della frattura ed un debito tempo di attesa, non si assista alla ricomparsa del polso radiale nonostante la mano rimanga calda e ben perfusa.

I punti maggiormente dibattuti sono:

- Esiste un aumentato rischio di sindrome compartimentale?
- Può il circolo collaterale garantire una sufficiente vascolarizzazione tale da ridurre o annullare complicanze a distanza quali l'intolleranza al freddo, trombosi tardiva dell'arteria brachiale, sindromi compartimentali croniche e disturbi di crescita?
- È giustificato procedere in ogni caso all'esplorazione dell'arteria brachiale per controllare la presenza di danno intinale e conseguente trombosi o è meglio un periodo di attenta osservazione di 24-48 ore dopo la riduzione⁹?

La maggior parte degli autori concordano sull'astensione dall'esplorazione immediata in presenza di una riduzione anatomica e stabile, una buona ripresa del refill capillare (< 2 secondi) ed una mano rosa, calda con normale turgore dei polpastrelli: un cambiamento delle suddette condizioni è segno di insufficienza vascolare.

Un altro elemento clinico molto importante è la presenza o meno di neuropatia a carico del nervo mediano: la presenza di questa, sia completa che solo a carico del nervo interosseo anteriore, dopo la riduzione è spesso associata ad un aumentato rischio di lesione vascolare¹⁰.

Il ruolo degli esami diagnostici non è ancora pienamente condiviso sia per quanto riguarda l'angiografia che per esami meno invasivi quali l'ecocolordoppler o la pulsiosimetria, sebbene negli ultimi anni diversi autori inizino a considerarli affidabili nella diagnosi di danno arterioso¹¹⁻¹³. Essendo la maggioranza delle scuole apparentemente concorde sul monitoraggio clinico della pink pulseless hand, è necessario che questo avvenga in modo sistematico con controlli cadenzati delle condizioni circolatorie,

della motilità e della sensibilità e che ogni peggioramento delle condizioni post operatorie venga interpretato come un segnale d'allarme che porti ad una tempestiva esplorazione del fascio vascolo nervoso ¹⁴.

Lesioni neurologiche

In caso di frattura, la particolare anatomia della regione sovracondiloidea dell'omero predispone al rischio di lesioni dei tronchi nervosi per via degli stretti rapporti tra lo scheletro ed i nervi mediano, radiale ed ulnare.

Numerosi studio hanno dimostrato che in una percentuale variabile tra il 6 ed il 30% di fratture sovracondiloidee si ha l'associazione con una lesione nervosa.

Il nervo radiale è spesso lesionato nelle fratture di tipo 3 con scomposizione postero mediale, mentre il nervo mediano lo è in caso di scomposizione postero laterale.

In caso di lesione del nervo mediano è frequente il coinvolgimento del nervo interosseo anteriore (NIA) che si manifesta con la perdita di flessione dell'articolazione interfalangea del pollice ed interfalangea distale dell'indice.

Spesso è difficile inquadrare clinicamente una lesione del NIA, soprattutto in un bambino piccolo, per cui è verosimile che la reale incidenza di tali lesioni sia sottostimata.

Nonostante il NIA emerga dal tronco principale lontano dal sito di frattura, la sua lesione si deve ad alcuni fattori anatomici predisponenti ¹⁵:

1. Le fibre destinate al NIA sono disposte posteriormente sul nervo mediano, a ridosso dello scheletro omerale.
2. Subito dopo la sua origine dal nervo mediano, il NIA decorre in profondità adeso alla membrana interossea ed ha limitate capacità elastiche in caso di trazione sul tronco nervoso di origine.

Meno frequenti sono le lesioni del nervo ulnare al momento del trauma (possibile nelle rare fratture da flessione) mentre si rilevano sovente lesioni iatrogeniche durante l'infissione di un pin mediale.

In questo caso si potranno avere due scenari:

- 1 Paralisi del nervo ulnare immediatamente dopo l'intervento, dovuta a possibile transfissione o compressione del nervo da parte del filo.
- 2 Paralisi che insorge lentamente, probabilmente secondaria fibrosi perineurale.

Nel primo caso è importante l'immediata rimozione del filo e suo riposizionamento insieme ad esplorazione del nervo stesso; nel secondo caso invece la rimozione del filo è seguita da un periodo di osservazione.

L'esame clinico della funzionalità nervosa è molto importante, sia per inquadrare tipo e livello di lesione, che per decidere in merito al trattamento più idoneo: un paziente che presenti i segni di una lesione nervosa dopo la riduzione è fortemente a rischio di intrappolamento nervoso nel focolaio di frattura ed andrebbe sottoposto ad intervento

a cielo aperto, per evitare che il nervo venga circondato dal callo osseo.

In linea generale le lesioni nervose associate a frattura sovracondiloidee sono neuroaprassie transitorie, che recuperano spontaneamente in un tempo variabile tra 3 e 6 mesi dal trauma.

Il monitoraggio neurofisiologico non è indicato in acuto ed ha senso solo in caso di mancanza di segni di recupero dopo 4-6 settimane dal trauma; solo in caso di non recupero a 6 mesi dall'insorgenza della paralisi è indicato l'intervento di esplorazione e riparazione ¹⁶.

Sindrome compartimentale

Questa temibile complicanza si verifica nell'1% delle fratture sovracondiloidee e la sua insorgenza non è direttamente connessa con lesioni vascolari o nervose.

I casi con associazione di fratture di avambraccio o polso sono maggiormente a rischio di sviluppare la sindrome (7% dei casi).

La diagnosi di sindrome compartimentale è essenzialmente clinica e basata sulla presenza di un dolore drammaticamente ingravescente e non responsivo alle terapie e che aumenta con lo stretching passivo delle dita.

Negli ultimi anni le note "5 P" degli autori anglosassoni (Pain, Pallor, Pulseless, Paresthesias, Paralysis) hanno progressivamente ridotto il loro ruolo diagnostico, anche per via della presenza in commercio di sistemi di misurazione della pressione compartimentale che aiutano l'ortopedico nel confermare la diagnosi e nel procedere tempestivamente alla fasciotomia per evitare la drammatica insorgenza di una contrattura ischemica di Volkmann (Fig. 3).

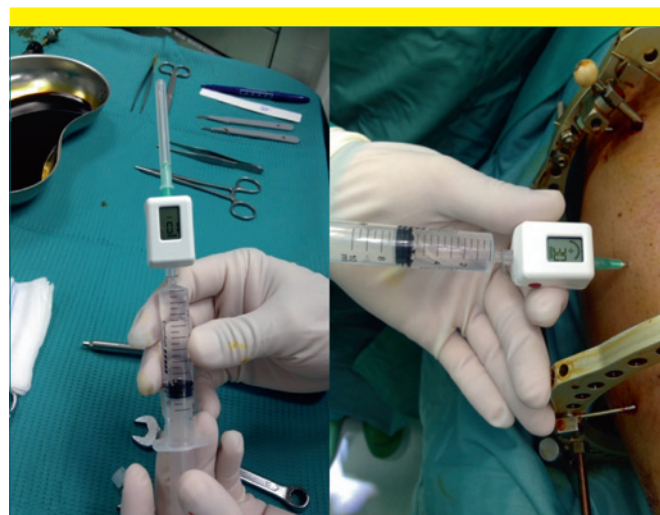


Figura 3. Misurazione della pressione compartimentale.

Complicanze tardive

Cubito varo

L'incidenza di questa complicanza è stata fortemente ridotta dall'avvento della stabilizzazione chirurgica delle fratture sovracondiloidee, passando dal 58% al 3%.

Trattasi di una deformità triplanare di solito secondaria ad una viziosa consolidazione del frammento distale e non ad un disturbo di crescita; il potenziale accrescitivo dell'omero distale è infatti molto basso e non può quindi contribuire cospicuamente all'insorgenza di una deviazione assiale.

Raramente il cubito varo può essere dovuto ad una necrosi scheletrica. Le tre componenti della deformità sono il varismo della paletta sul piano frontale l'intrarotazione della stessa e la sua iperestensione sul piano sagittale (Fig. 4).

La deformità è prevalentemente estetica, ma in caso di angolazioni maggiori di 20° può determinare disturbi funzionali quali riduzioni del ROM del gomito, dolore cronico, instabilità postero laterale tardiva ma soprattutto paralisi cronica del nervo ulnare.

Quest'ultima consegue ad restringimento della fossa epitrocleo-olecranica per spostamento mediale della paletta omerale e del capo mediale del tricipite.

Le opzioni di trattamento sono:

- osservazione clinica;
- emiepifisiodesi: non corregge la deformità ma può arrestarne in qualche caso l'evoluzione;
- osteotomia correttiva.

Numerose tecniche di osteotomia sono state proposte (cuneo laterale di chiusura, osteotomia cupoliforme, multiplantari, osteogenesi distrazionale) con altrettanti mezzi di sintesi (fili di Kirschner, viti, placche, cambre, fissatori esterni) ed i risultati sono apparsi sovrapponibili tra le diverse metodiche; in realtà le osteotomie multiplanari, nonostante di più difficile esecuzione, avrebbero un tasso leggermente inferiore di complicanze quali lesioni nervose transitorie, perdita di correzione, incompleta correzione ed infezioni.

L'accesso chirurgico avviene per via laterale, mediale o posteriore in relazione alle abitudini del chirurgo ed al tipo di deformità: quello laterale si è dimostrato più affidabile e con il minore tasso di problematiche post intervento.

In relazione all'età del bambino, si deve inoltre porre attenzione anche al tipo di mezzo di sintesi utilizzato.

I fili di Kirschner hanno il più alto tasso di complicazioni mentre viti e fissatore esterno si sono dimostrati più affi-

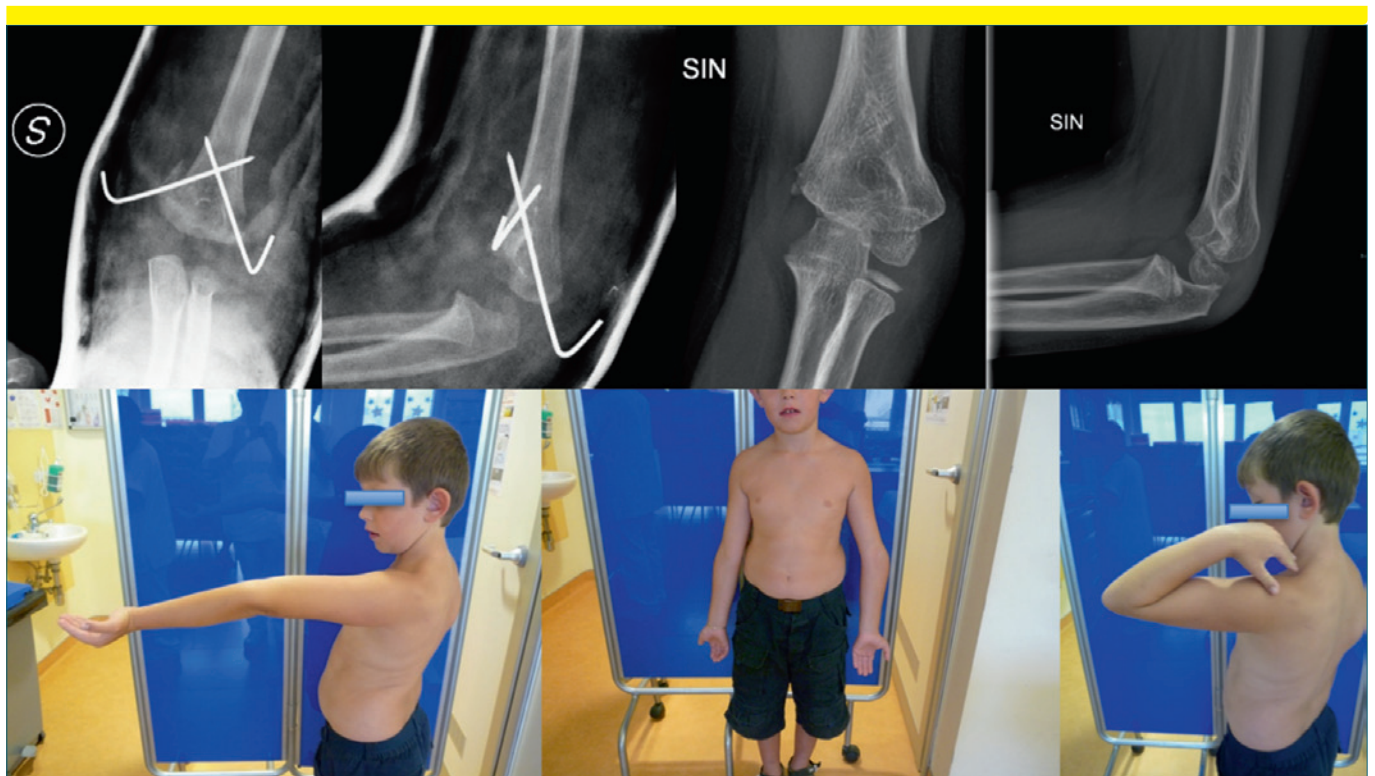


Figura 4. Cubito varo esito di frattura sovracondiloidea malconsolidata.

dabili; altro fattore importante nella scelta è anche l'età del bambino ¹⁷.

Rigidità articolare e viziose consolidazioni

La rigidità del gomito è frequente dopo la rimozione del gesso e dei mezzi di sintesi ma in caso di una frattura ben ridotta è solo un fatto transitorio che, con il rimodellamento del callo osseo, tende a risolversi.

L'immediata prescrizione di fisioterapia dopo la rimozione dell'immobilizzazione sarebbe da evitare in quanto nel bambino non apporta alcun reale vantaggio; i tentativi di precoce mobilizzazione possono ottenere un effetto opposto sulla motilità del gomito rispetto a quello desiderato. Diverso è il caso di riduzioni del ROM connesse con malconsolidazioni, specialmente iperestensione della paletta omerale o spuntoni ossei anteriori secondari a vizi di rotazione residui (Fig. 5).

La prevenzione di queste deviazioni assiali si può ottenere con una perfetta riduzione sul piano sagittale, ponendo attenzione alla "Roger Line", la linea che, in proiezione laterale, decorre lungo la corticale anteriore dell'omero e che deve incrociare il condilo omerale nel suo centro.

Uno spostamento anteriore o posteriore di tale linea, determina un errato orientamento della paletta con conseguenti riduzioni del ROM.

Il rimodellamento di viziose consolidazioni è possibile soprattutto nel bambino più piccolo e specialmente per quelle lungo l'asse di movimento del gomito mentre un vizio di rotazione difficilmente tenderà a rimodellarsi.

Necrosi della troclea

Rara complicanza che può manifestarsi anche a distanza di tempo dalla frattura sia in forma isolata (riscontro radiografico spesso occasionale) che in associazione a cubito varo.

Nelle forme solitarie è priva di ripercussioni funzionali.



Figura 5. Rigidità del gomito con riduzione della flessione secondaria ad iperestensione della paletta omerale.

Bibliografia

- 1 Kasser JR, Beaty JH. *Fratture sovracondiloidee dell'estremo distale dell'omero*. In: *Rockwood e Wilkins Fractures in children*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins 2006, pp. 549-596.
- 2 Gartland JJ. *Management of supracondylar fractures of the humerus in children*. *Surg Gynecol Obst* 1959;109:145-54.
- 3 AO Foundation Pediatric classification www.aotrauma/ao-foundation.org
- 4 Senes FM, Catena N, Boero S. *The elbow: skeletal and ligament injuries*. In *Paediatric and adolescent sport traumatology*. Berlin: Springer 2013, pp. 97-110.
- 5 Badkoozbehi H, Choi PD, Bae DS, et al. *Management of the pulseless pediatric supracondylar humeral fracture*. *J Bone Joint Surg Am* 2015;97:937-43.
- 6 Shaw BA. *The role of angiography in assessing vascular injuries associated with supracondylar humerus fractures remains controversial*. *JPO* 1998;18:273.
- 7 Shaw BA, Kasser JR, Emans JB, et al. *Management of vascular injuries in displaced supracondylar humerus fractures without arteriography*. *J Orthop Trauma* 1990;4:25-9.
- 8 American Academy of Orthopaedic Surgeons. *The treatment of pediatric supracondylar humerus fractures: evidence based guidelines and evidence report*. 2011. <http://www.aaos.org/research/guidelines/supracondylarfractures/supconfullguidelines.pdf>. Accessed 2015 Jan 15.
- 9 Waters PM, Bae DS. *Elbow TRASH Lesions*. In: *Pediatric hand and upper limb surgery: a practical guide*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins 2012, pp. 293-309.
- 10 Mangat KS, Martin AG, Bache CE. *The pulseless pink hand*

- after supracondylar fracture of the humerus in children: the predictive value of nerve palsy.* J Bone Joint Surg Br 2009;91:1521-5.
- ¹¹ Louahem D, Cottalorda J. *Acute ischemia and pink pulseless hand in 68 of 404 Gartland type III supracondylar humeral fractures in children. Urgent Management and therapeutic consensus.* Injury 2016;47:848-52.
- ¹² Benedetti Valentini M, Farsetti P, Martinelli O, et al. *The value of ultrasonic diagnosis in the management of vascular complications of supracondylar fractures of the humerus in children.* Bone Joint J 2013;95-B:694-8.
- ¹³ Cheong Soh RC, Khawn Tawng D, Mahadev A. *Pulse oximetry for diagnosis and prediction for surgical exploration in the pulseless perfused hand as a result of supracondylar fractures of the distal humerus.* Clin Orthop Surg 2013;5:74-81.
- ¹⁴ British Orthopaedic Association Standards for Trauma 11. *Supracondylar fractures of the humerus in children.* <https://www.boa.ac.uk/wp-content/uploads/2015/01/BOAST-11.pdf>
- ¹⁵ Vincelet Y, Journeau P, Popkov D, et al. *The anatomical basis for anterior interosseus nerve palsy secondary to supracondylar humerus fractures in children.* Orthop Traumatol Surg Res 2013;99:543-7.
- ¹⁶ Senes FM, Campus R, Becchetti F, et al. *Upper limb nerve injuries in developmental age.* Microsurgery 2009;29:529-35.
- ¹⁷ Solfelt DA, Hill BW, Anderson CP, et al. *Supracondylar osteotomy for the treatment of cubitus varus in children.* Bone Joint J 2014;96-B:691-700.

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