

# Sistema di inchiodamento omerale retrogrado autobloccante EXP: la nostra esperienza

## *The self-locking retrograde EXP nail: our experience*

N. Santori  
M. Rendine<sup>1</sup>  
N. Fredella<sup>2</sup>  
M. Tonci Ottieri<sup>2</sup>  
F.S. Santori<sup>2</sup>

### RIASSUNTO

**Background.** Il trattamento chirurgico delle fratture diafisarie omerali è indicato per le fratture traverse scomposte, le fratture patologiche, le pseudoartrosi, le fratture con deficit del nervo radiale e le fratture oblique dopo fallimento del trattamento conservativo.

**Obiettivi.** Gli Autori presentano i loro risultati con un nuovo chiodo autobloccante ad introduzione retrograda.

**Metodi.** Sono stati trattati 98 pazienti con il chiodo cannulato retrogrado EXP (LIMA LTO). Il bloccaggio prossimale si ottiene grazie alla fuoriuscita di un filo metallico dall'estremità prossimale del chiodo. Distalmente il chiodo presenta due alette, disegnate per posizionarsi sulla colonna mediale e laterale della fossa olecranica e garantire un adeguato controllo dei movimenti rotatori e di trazione.

**Risultati.** Il tempo medio chirurgico è stato di 40' (min 30-max 110). L'esposizione radiologica in media è stata di 1' e 40".

La consolidazione è stata ottenuta in 60 delle 61 fratture traumatiche e la stabilità è stata raggiunta in tutti i casi di lesioni prefratturative e fratture patologiche. Tutte le pseudoartrosi eccetto una sono guarite in 2,6 mesi di media. Di 10 pazienti obesi ne sono guariti 9. Nessun paziente ha riportato dolore cronico di spalla.

**Conclusioni.** Il chiodo omerale EXP garantisce una soddisfacente stabilità, è cannulato e richiede una esposizione radiologica molto limitata.

*Parole chiave: fratture diafisarie omerali, inchiodamento retrogrado, esposizione radiologica*

### SUMMARY

Operative treatment of diaphyseal humeral fractures is indicated for transverse displaced fractures, pathological or impending fractures, non unions, fractures with radial nerve palsy and oblique fractures after conservative treatment failure.

We present our results with new retrograde self-locking nail.

We treated 98 patients with the cannulated retrograde EXP nail (LIMA LTO). In this device, proximal locking is obtained by the angled protrusion of a wire from the nail proximal extremity.

Distally, the EXP nail has two little wings shaped to sit on the medial and lateral columns of the olecranic fossa and to thus provide an effective rotational and traction control.

Ospedale "S. Giacomo", Roma;

<sup>1</sup> Clinica Ortopedica

"La Sapienza", Roma.

<sup>2</sup> Ospedale "San Pietro FBF",  
Roma

Tel. +39 06 57107616

Fax +39 06 57288934

E-mail: nicsanto@tin.it

Ricevuto il 17 marzo 2004

Accettato il 14 luglio 2005

Average surgical time was 40' (min 30-max 110). Average radiation exposure was 1' and 40''.

Union was obtained in 60 the 61 primary fractures and stability was secured for all the impending and pathological cases. All but 1 non-union healed after an average of 2.6 months. Overall 9 of the 10 obese patients healed. No patients suffered shoulder pain.

EXP humeral nail provides satisfactory stability, it is cannulated and requires minimal radiation exposure.

*Key words: humeral shaft fractures, retrograde nailing, radiological exposure*

## INTRODUZIONE

Il "golden standard" per il trattamento delle fratture diafisarie dell'omero rimane quello conservativo<sup>1,2</sup>. Tra le varie metodiche incruente comunemente utilizzate (gesso pendente, toraco-brachiale, fasciatura Desault, etc.), il più efficace sembra essere il tutore funzionale di Sarmiento<sup>3</sup>. Tale metodica ha riportato risultati ottimali, giustificando anche una riduzione non anatomica della frattura<sup>3-7</sup>. Accorciamenti omerali fino a 2 cm e difetti di rotazione fino a 20°, sono ben tollerati sia dal punto di vista funzionale che estetico<sup>7</sup>.

A fronte di una alta percentuale di fratture da trattare in modo conservativo, esistono fratture che necessitano di trattamento chirurgico. Queste sono in particolare le fratture trasverse scomposte, le fratture oblique che non vengono contenute adeguatamente con le immobilizzazioni sopra esposte, le fratture patologiche, le condizioni prefratturative di origine neoplastica e le fratture che occorrono in quei pazienti, spesso obesi, che non riescono a tollerare alcun tipo di immobilizzazione.

Fin dagli anni '60, si è iniziato quindi a parlare di trattamento chirurgico delle fratture diafisarie omerali<sup>8</sup>. L'osteosintesi a cielo aperto con placche, è stato da vari Autori enfatizzato come il trattamento più efficace per ottenere una riduzione anatomica ed una fissazione interna stabile<sup>8</sup>. Tale tecnica chirurgica, a fronte di alcuni vantaggi<sup>9</sup>, presenta anche importanti complicanze: la necessità di una importante dissezione chirurgica, una discreta percentuale di fallimenti per pseudoartrosi<sup>9,10</sup>, lesioni iatrogene del nervo radiale ed infine insufficiente stabilizzazione in presenza di osteoporosi<sup>9-11</sup>.

Il chiodo di Kuntscher e altri sistemi endomidollari, chiodi di Rush e chiodo elastico di Marchetti<sup>12-15</sup>, hanno il

grande limite di non garantire un'adeguata stabilità in rotazione al focolaio di frattura<sup>11-16</sup>. Si è andato diffondendo quindi, negli ultimi anni, l'inchiodamento endomidollare bloccato<sup>17-19</sup>.

L'utilizzo dell'accesso anterogrado, che permette l'introduzione dei chiodi dalla testa omerale e il passaggio attraverso la cuffia dei rotatori, ha però causato numerosi casi di impingement sub-acromiale. Nonché dolore cronico di spalla per lesioni iatrogene ai tendini della cuffia dei rotatori<sup>20,21</sup>. Utilizzando sempre l'accesso anterogrado, è stata inoltre riportata una bassa percentuale di successo nel trattamento sia delle pseudoartrosi che delle fratture esposte<sup>19</sup>. Sono stati così perfezionati sistemi di inchiodamento retrogrado, utilizzando una via d'accesso posteriore a livello della fossa olecranica<sup>17,22,23</sup>. Tale via d'accesso risparmia le delicate strutture anatomiche della spalla. Inoltre, come dimostrato da studi biomeccanici su cadavere, assicura maggiore stabilità rispetto all'inchiodamento per via anterograda, soprattutto per le fratture che coinvolgono il terzo distale della diafisi omerale<sup>24</sup>.

Riguardo al bloccaggio del chiodo si deve tenere presente, indipendentemente dal tipo di accesso utilizzato, il rischio di una eccessiva esposizione ai raggi X. Sia a causa delle ridotte dimensioni dei chiodi utilizzabili nell'omero e quindi dei fori di bloccaggio, sia per la necessità di applicare le viti senza un sistema di guida<sup>25</sup>.

In questo lavoro riportiamo la nostra esperienza con un mezzo di sintesi endomidollare autobloccante, ad introduzione retrograda, capace di associare i vantaggi dell'accesso retrogrado ad una limitata esposizione radiologica. Viene descritta la nostra esperienza in 98 impianti di chiodo omerale EXP (Lima LTO) per il trattamento di fratture omerali traumatiche, delle fratture patologiche e delle pseudoartrosi.

## MATERIALI E METODI

### Casistica

Dal Marzo 1998 ad Aprile 2003 abbiamo impiantato 98 chiodi EXP (LIMA LTO S. Daniele Italia) in 98 pazienti (45 maschi). L'età media è 45,8 anni (range 23-82). In 61 casi sono state trattate fratture traumatiche (Fig. 1), in 13 casi fratture patologiche (Fig. 2), in 7 casi lesioni prefratturative, in 17 casi si trattava di pseudoartrosi (Figg. 3, 4); i pazienti affetti da pseudoartrosi erano in media già stati sottoposti a 2,5 interventi. Delle 61 fratture traumatiche 34 sono classificabili come tipo A secondo la classifica-

zione AO, 18 come tipo B e 9 come tipo C. Delle 34 fratture tipo A, 20 erano trasverse, 10 oblique e 4 spiroidi. Tutte le fratture erano chiuse. Dieci pazienti erano obesi. Tre pazienti erano affetti da paralisi pre-operatoria del N. radiale. In tutti questi casi è stata effettuata l'esplorazione del nervo radiale prima dell'inchiodamento.

#### Tecnica chirurgica

Il successo dell'inchiodamento retrogrado dipende da molti fattori, ma ci sembra importante sottolinearne soprattutto due: il corretto posizionamento del paziente sul letto operatorio e la attenta preparazione dell'accesso retrogrado al canale midollare.

Il paziente può essere disposto sia prono che supino che, come da alcuni preferito, in decubito laterale. Qualunque sia la posizione scelta è essenziale controllare che, con l'apparecchio di brillanza, sia possibile avere una buona visione del gomito e della testa omerale nelle due proiezioni e che sia possibile flettere il gomito oltre i 120°.

Nella nostra esperienza abbiamo sempre preferito il posizionamento prono che viene ora descritto. Il paziente prono è disposto con braccio abdotto a 90° su tavolo radiotrasparente. L'apparecchio di brillanza è posizionato parallelamente al letto operatorio. Prima di allestire il campo chirurgico bisogna accertarsi che la flessione del gomito possa raggiungere 120-130°.

Si effettua una incisione posteriore sopra dell'apice dell'olecrano che si estende per 4-5 cm prossimalmente. Il tendine del tricipite viene inciso, il grasso extrasinoviale viene in parte rimosso esponendo così la fossa olecranica. La scelta del punto di ingresso è la chiave di volta per il successo dell'intervento. La posizione migliore corrisponde all'avvallamento prossimale della fossa olecranica, in modo tale da trovarsi, controllando con l'amplificatore di brillanza in proiezione laterale, in asse con la diafisi omerale. Importante è anche valutare in proiezione anteroposteriore di trovarsi al centro della proiezione del canale midollare. È quindi fondamentale ricordarsi che, se il punto di entrata non è ben centrato nel canale in entrambi i piani, l'inserimento del chiodo è sempre difficoltoso.

Una volta scelto il punto d'ingresso appropriato, si demarca tale punto sulla cartilagine tramite l'elettrobistu-

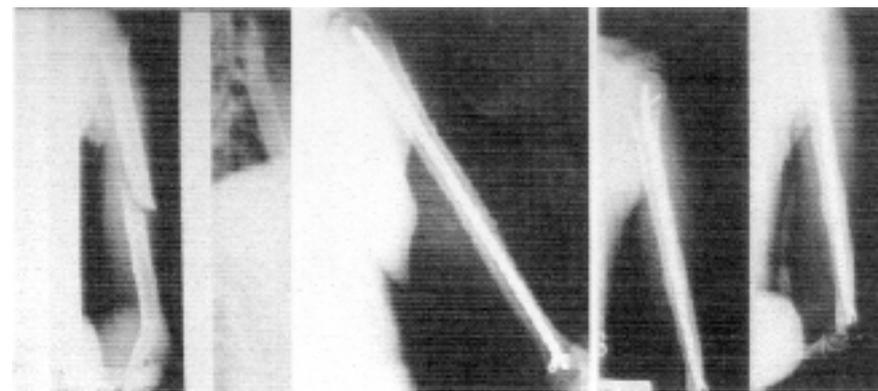


Fig. 1. Frattura obliqua della diafisi dell'omero sinistro. a) Radiografia pre-operatoria; b) radiografia post-operatoria; c) radiografia a 2 mesi dall'intervento.

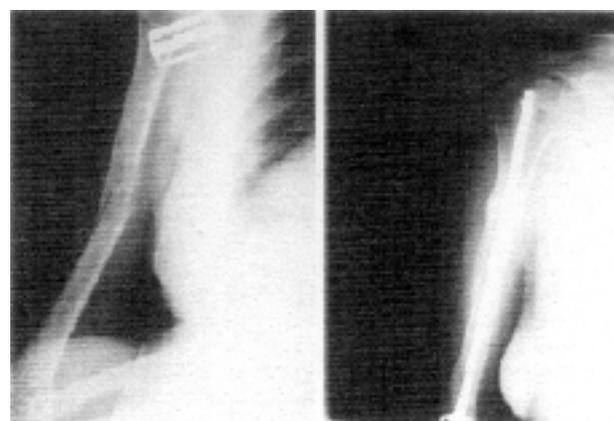


Fig. 2. Frattura patologica da metastasi di carcinoma renale. a) Radiografia pre-operatoria; b) Radiografia a 18 mesi dall'intervento dopo terapia radiante locale.



Fig. 3. Pseudoartrosi e lesione massiva della cuffia dei rotatori dopo diversi interventi per frattura diafisaria dell'omero sinistro. a) Radiografia pre-operatoria; b) Radiografia a 6 mesi dall'intervento di osteosintesi con chiodo EXP e sutura della cuffia dei rotatori.



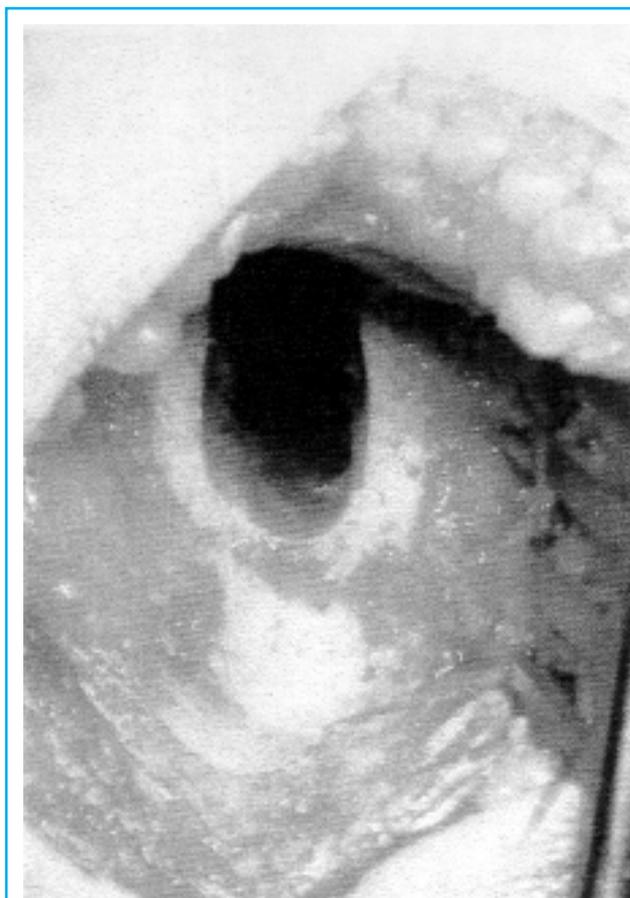
**Fig. 4.** Pseudoartrosi dopo fallimento del trattamento con fissatore esterno. a) Radiografia pre-operatoria; b) Radiografia a 4 mesi dall'intervento di osteosintesi con chiodo EXP.

ri. Due sono le tecniche per iniziare la preparazione del foro di accesso.

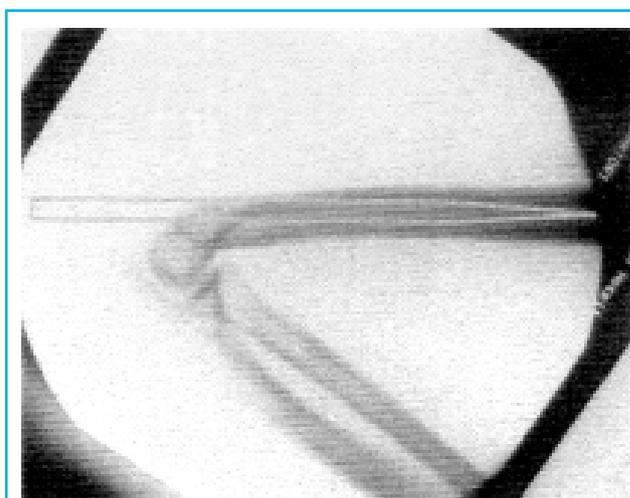
Nella prima si effettua con una fresa da 6 mm un primo invito e si effettuano in linea con il primo foro altri 2 fori prossimalmente lasciando uno spazio di 2-3 mm tra un foro e l'altro, poi, usando un Kerrison Ronguer, il tessuto osseo tra i fori viene rimosso, creando un'apertura ovale in corrispondenza dell'avvallamento prossimale della fossa olecranica (Fig. 5).

Nella seconda tecnica si utilizza un set di frese cannulate. Un filo guida di 3 mm è introdotto con il trapano nel punto di ingresso prescelto con direzione obliqua prossimalmente. Il foro viene allargato con una fresa cannulata da 6 mm. Il filo guida viene poi reintrodotta in direzione più obliqua e si utilizza nuovamente la fresa da 6 mm. Tale operazione viene poi ripetuta per 3 o più volte, abbassando volta per volta la mano, portando la direzione del filo più parallela possibile al canale omerale in proiezione laterale, tutte queste manovre devono avvenire sotto controllo dell'amplificatore di brillantezza. La flessione del gomito oltre 120° è fondamentale per evitare conflitto con l'apice dell'olecrano (Fig. 6). Una volta che si è ottenuta una direzione soddisfacente del filo guida, si utilizza una fresa cannulata di 9 mm di diametro che viene introdotta, con il gomito iperflesso, per 3-4 cm all'interno del canale omerale.

Qualunque sia la tecnica utilizzata, il foro di accesso ottenuto deve essere molto obliquo tale da permettere di inserire il chiodo senza eccessiva resistenza. Se il foro di ingresso è meno obliquo del necessario può verificarsi,



**Fig. 5.** Il foro di ingresso per il chiodo ad introduzione retrograda è ovale e all'interno della fossa olecranica.



**Fig. 6.** Solo flettendo il gomito a 120°-130° è possibile evitare che durante l'introduzione il chiodo non sia ostacolato dall'olecrano.

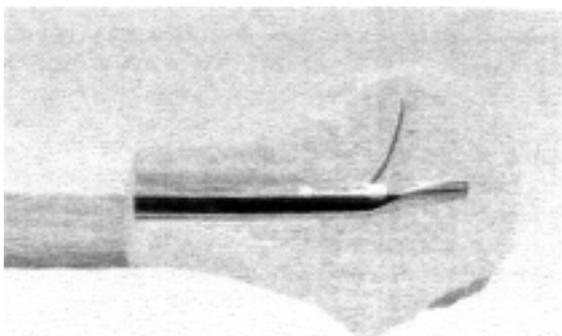
anche se raramente, una fissurazione dell'osso circostante ed una vera e propria frattura (Fig. 7).

Il chiodo EXP (LIMA LTO, S. Daniele, Italia) è dotato di un meccanismo unico di bloccaggio prossimale. Il bloccaggio è ottenuto grazie alla fuoriuscita, dall'estremità prossimale dello stesso chiodo, di un filo metallico curvo all'interno della spongiosa della testa omerale. La fuoriuscita del filo si ottiene girando una piccola manopola, posta sulla parte posteriore del sistema di inserimento del chiodo. Se la frattura è particolarmente instabile, l'apice del filo può essere fatto penetrare nella corticale dell'omero prossimale, per ottenere una maggiore stabilità (Fig. 8).

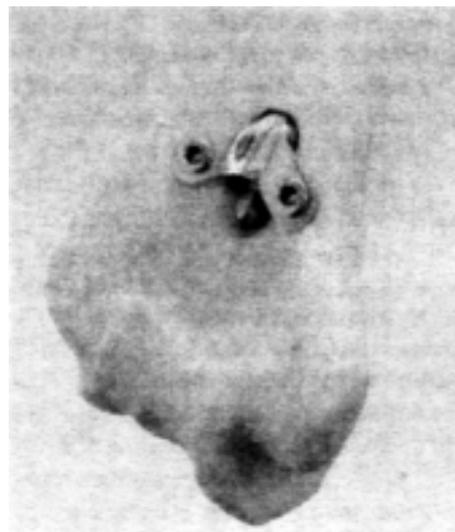
Distalmente il chiodo presenta due piccole ali, disegnate per posizionarsi in corrispondenza della colonna laterale e mediale della fossa olecranica (Fig. 9); esse garantiscono



**Fig. 7.** Se il foro di ingresso è troppo prossimale e il chiodo è inserito in direzione della linea tratteggiata, è probabile che si verifichi una frattura dell'omero distale durante l'introduzione del chiodo.



**Fig. 8.** Il meccanismo autobloccante del chiodo EXP. La protrusione del filo all'interno della testa omerale garantisce una stabilità ai movimenti in torsione adeguata.



**Fig. 9.** Le due alette posizionate sulla colonna mediale e laterale del gomito. Se necessario è possibile aumentare la stabilità dell'impianto con due viti.

no un ulteriore controllo dei movimenti rotatori e di trazione. La stabilità distale può essere incrementata applicando delle viti nei fori presenti sulle due alette.

## RISULTATI

Il tempo chirurgico medio è stato di 40' (range 30-110 min). L'esposizione radiologica media è stata di 1' e 40" (20" per il bloccaggio prossimale).

Il tempo medio per la consolidazione delle fratture traumatiche è stato di 7,5 settimane e quello per il ritorno alle attività quotidiane di 10 settimane. Non si sono riscontrate infezioni né complicanze vascolari e neurologiche.

La consolidazione è stata ottenuta in 60 delle 61 fratture traumatiche, la stabilità è stata ottenuta in tutti i casi di fratture patologiche e di lesioni prefratturative trattate.

Le pseudoartrosi sono guarite in media in 2,6 mesi. Un unico caso di pseudoartrosi, in una paziente obesa di 65 anni, non è giunto a consolidazione. In altri due casi di pseudoartrosi, giunti comunque a consolidazione, si è avuta una rottura del mezzo di sintesi. Nel primo di questi due si è rotto il chiodo stesso dopo un ritardo di consolidazione evoluto in guarigione nel corso di 10 mesi. Nel secondo si è avuta semplicemente la rottura della porzione del filo che protrude all'interno della epifisi prossimale omerale.

In quattro casi di fratture traumatiche ed in cinque casi di

pseudoartrosi, si è riscontrato un ritardo di consolidazione a 8 settimane di follow-up.

Questi pazienti sono stati trattati con successo applicando per 2 mesi un tutore per omero, mentre in due pazienti del gruppo delle pseudoartrosi, sono stati eseguiti anche 1-2 cicli di onde d'urto.

Nessun paziente ha riportato algie e limitazioni funzionali alla spalla. In nove casi è stata riscontrata una diminuzione inferiore a 10° dell'estensione del gomito. Dei 10 pazienti obesi nove sono guariti; dei tre pazienti affetti da paralisi pre-operatoria del nervo radiale, due hanno ripreso la piena funzionalità del nervo in due mesi, mentre in un caso si è avuta una ripresa parziale.

## DISCUSSIONE

Il trattamento incruento rimane indicato nelle maggior parte delle fratture diafisarie omerali, in particolare nelle fratture oblique<sup>5</sup>. Attualmente il gruppo AO ha individuato le indicazioni assolute e relative all'osteosintesi (Tab. I)<sup>7</sup>. Il chiodo EXP, considerando la nostra esperienza, ha garantito risultati eccellenti nel trattamento delle fratture traumatiche e delle pseudoartrosi. Crediamo che l'elevata percentuale di successi (solo due fallimenti in 98 casi), attesti la validità di tale mezzo di sintesi.

Tab. I<sup>7</sup>.

### Indicazioni assolute all'osteosintesi

- Pazienti Politraumatizzati
- Fratture esposte
- Fratture bilaterali dell'omero
- Fratture patologiche
- Gomito fluttuante ("Floating elbow")
- Lesione vascolare
- Deficit del N. Radiale dopo riduzione incruenta
- Pseudoartrosi

### Indicazioni relative all'osteosintesi

- Fratture spiroidi lunghe
- Fratture trasverse
- Lesioni del plesso brachiale
- Deficit nervoso primario
- Riduzione incruenta non stabile
- Problemi neurologici, Morbo di Parkinson
- Paziente etilista o tossicomane
- Pazienti Obesi

Nel periodo post-operatorio raccomandiamo per almeno 4 settimane il mantenimento di un tutore tipo sling; i movimenti di rotazione dell'arto superiore devono essere accuratamente evitati. Al contrario raccomandiamo un precoce inizio dei movimenti passivi di flessione-estensione sia del gomito che della spalla.

Nei casi registrati di ritardo di consolidazione abbiamo applicato un trattamento "aggressivo". È stato infatti prolungato di ulteriori 2 mesi il mantenimento del tutore associandolo, nei casi del gruppo delle pseudoartrosi, a 1-2 cicli di onde d'urto.

Con tali accortezze abbiamo certamente ridotto significativamente la percentuale di insuccessi.

L'inchiodamento retrogrado sta guadagnando sempre maggiore consenso fra i chirurghi<sup>22-26-30</sup>. Tuttavia alcuni ancora esitano ad applicare questa metodica. Crediamo che le complicanze riportate fino ad oggi, come le fratture in corrispondenza del foro di ingresso del chiodo<sup>17</sup>, siano dovute principalmente a due ragioni: una non accurata preparazione del foro ed un disegno del mezzo di sintesi concepito per l'introduzione anterograda. Il chirurgo deve infatti identificare e preparare meticolosamente il foro di ingresso, inoltre deve selezionare solo quei pazienti che possano flettere il gomito a 120°-130°. La possibilità di disporre di un chiodo disegnato per essere impiantato solo attraverso la via retrograda poi, comporta certamente numerosi vantaggi. La punta del chiodo è asimmetrica e disegnata per scivolare nel canale, il chiodo è cannulato (Fig. 10), le due alette a livello del gomito permettono un'elevata stabilità torsionale. Come dimostrato dalla bassa esposizione radiologica (20" di media), il meccanismo di bloccaggio prossimale è funzionale e rapido.

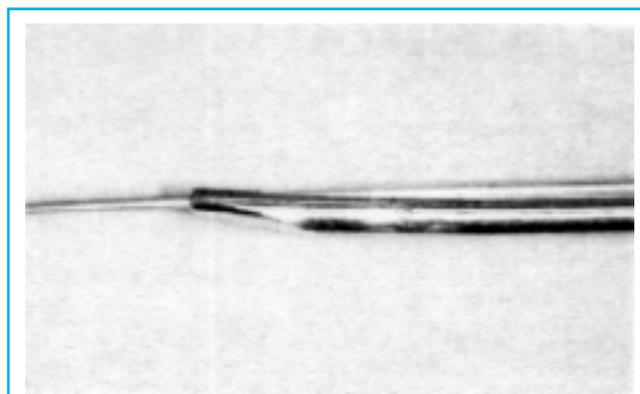
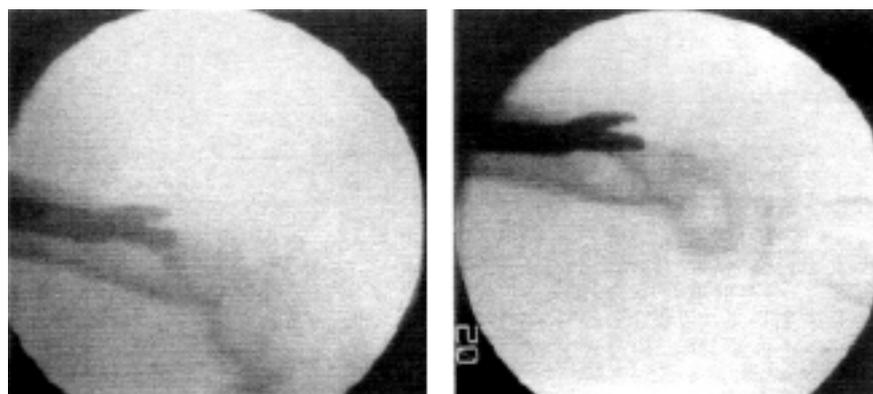


Fig. 10. La punta del chiodo è disegnata in modo da permettere al chiodo di scivolare nel canale omerale e il chiodo è cannulato.

Nella nostra esperienza gli errori più ricorrenti sono stati la scelta del punto di ingresso, talvolta troppo prossimale, oppure una preparazione pre-operatoria inadeguata (paziente incapace di flettere abbastanza il gomito). Il foro d'ingresso più proximale è adatto infatti a chiodi più piccoli e flessibili; perciò utilizzando chiodi più rigidi, una tecnica operatoria molto accurata è assolutamente necessaria. La funzionalità della spalla e l'estensione del gomito sono mantenute iniziando precocemente la mobilizzazione passiva. Abbiamo osservato che anche nei casi di posizionamento del foro di ingresso nella fossa olecranica, non si sono riscontrati deficit di estensione del gomito (Fig. 11).



**Fig. 11.** Anche se il foro di entrata è posizionato all'interno della fossa olecranica, la completa estensione del gomito è anatomicamente possibile.

## CONCLUSIONI

Alla luce dei nostri risultati, consideriamo questa tecnica una ottima soluzione per quelle fratture che necessitano di trattamento cruento.

Gli errori di indicazione e di tecnica chirurgica però, sono meno tollerati rispetto ad altre metodiche. È quindi necessaria una attenta selezione dei pazienti e una meticolosa applicazione della tecnica chirurgica per ottenere dei risultati ottimali. L'elevata percentuale di consolidazioni ottenute, l'assenza di deficit funzionali e dolore cronico alla spalla, nonché le rare e modeste limitazioni funzionali al gomito (deficit in estensione inferiore a 10°), dimostrano l'efficacia del mezzo di sintesi e dell'accesso retrogrado, certamente preferibile rispetto a quello antero-grado. La limitata esposizione radiologica e la semplicità del bloccaggio proximale, ci hanno ulteriormente convinto della validità di tale metodica, proponendola come una soluzione valida per il trattamento delle fratture traumatiche, nonché per il trattamento delle pseudoartrosi e delle lesioni prefratturative della diafisi omerale.

## BIBLIOGRAFIA

<sup>1</sup> George WB, Mooney V, Ashby ME. *Diaphyseal fractures of the humerus treated with a ready-made fracture brace.* J Bone Joint Surg 1982;1:11-3.

<sup>2</sup> Young TB, Wallace WA. *Conservative treatment of fractures and fracture-dislocations of the upper end of the humerus.* J Bone Joint Surg 1985;67:373-7.

<sup>3</sup> Dameron TB jr, Grubb SA. *Humeral shaft fractures in adults.* South Med J 1981;74:1461-7.

<sup>4</sup> Sarmiento A, Kinman PB, Calvin EG, Scmitt RH, Philips JG. *Functional bracing of fractures of the shaft of the humerus.* J Bone Joint Surg 1977;59:596-601.

<sup>5</sup> Sarmiento A, Horowitch A, Aboufia A, Vangness CT. *Functional bracing for comminuted extra-articular fractures of distal third of the humerus.* J Bone Joint Surg 1990;72(B):283-97.

<sup>6</sup> Zagorski JB, Latta LL, Zych GA, Finnieston AR. *Diaphyseal fractures of the humerus.* J Bone Joint Surg 1988;70:607-10.

<sup>7</sup> Ruedi TP, Murphy WM. *AO principles of fractures management.* Stuttgart (Germany): Verlag 2001.

<sup>8</sup> Bandi W. *Indikation und Technik der Osteosynthese am Humerus.* Helv Chir Acta 1964;31:89-100.

<sup>9</sup> Naiman PT, Schein AJ, Siffert RS. *Use of ASIF compression plates in selected shaft fractures of the upper extremity a preliminary report.* Clin Orthop 1970;71:208-16.

<sup>10</sup> Laftman P, Sigurdsson F, Stromburg L. *Recovery of diaphyseal bone strength after rigid internal plate fixation.* Acta Orthop Scand 1980;51:215-22.

<sup>11</sup> Zinghi GF, Satatta E, Bungaro P, Sabalat S. *The role of osteosynthesis in the treatment of fractures of the humerus.* Ital J Orthop Traumatol 1983;14:211-20.

<sup>12</sup> Kuntscher G. *Intramedullary surgical technique and its place in orthopaedic surgery. My present concept.* J Bone Joint Surg 1965;47:809-18.

<sup>13</sup> Rush LV. *The humerus.* In: Rush LV, ed. *Atlas of Rush pin techniques. A system of fracture treatment.* 2<sup>nd</sup> Edn. Berivon: Meridian 1976, pp. 112-133.

<sup>14</sup> Marchetti PG, Vicenzi G, Impallomeni G. *A new nail for elastic intramedullary fixation in fractures and pseudoarthroses of the femur and tibia.* Orthopaedics 1994;2:403-16.

<sup>15</sup> Shazar N, Brumback RJ, Vanco B. *Treatment of humeral frac-*

- tures by closed reduction and retrograde intramedullary Ender nails. *Orthopaedics* 1998;21:641-6.
- <sup>16</sup> Riemer BL, Butterfield S, D'Ambrosia R, Kellam J. *Seidel intramedullary nailing of humeral diaphyseal fractures: a preliminary report*. *Orthopaedics* 1991;14:239-46.
- <sup>17</sup> Rommens PM, Verbruggen J, Broos PL. *Retrograde locked nailing*. *J Bone Joint Surg* 1995;77:84-9.
- <sup>18</sup> Anastopoulos G, Tsoutsanis A, Papaeliou A, Hatzistamatiou K, Babis G, Assimakopoulos A. *The Marchetti-Vincenzi elastic locked nail for the treatment of femoral shaft fractures: a review of 100 consecutive cases*. *Injury* 2001;32:307-12.
- <sup>19</sup> Sanzana ES, Dummer RE, Castro JP, Diaz EA. *Intramedullary nailing of humeral shaft fractures*. *Int Orthop* 2002;26:211-3.
- <sup>20</sup> Lin J. *Locked nailing of spiral Humeral fractures with or without radial nerve entrapment*. *Clin Orthop* 2002;403:213-20.
- <sup>21</sup> Ajmal M, O'Sullivan M, McCabe J, Curtin W. *Antegrade locked intramedullary nailing in humeral shaft fractures*. *Injury* 2001;32:692-4.
- <sup>22</sup> Lin J, Hou SM, Hang YS, Chao EYS. *Treatment of humeral shaft fractures by retrograde locked nailing*. *Clin Orthop* 1997;342:147-55.
- <sup>23</sup> Santori FS, Santori N, Tonci Ottieri M, Vitullo A. *Il chiodo autobloccante di omero per via retrograda*. *Giornale Italiano di Ortopedia e Traumatologia* 1999;(Suppl)15:201-5.
- <sup>24</sup> Lin J, Inoue N, Valdevit A, Hang YS, Hou SM, Chao EYS. *Biomechanical comparison of antegrade and retrograde nailing of humeral shaft fracture*. *Clin Orthop* 1998;351:203-13.
- <sup>25</sup> Sanders R, Koval KJ, Di Pasquale T, Schmelling G, Stenzler S, Ross E. *Exposure of the Orthopaedic Surgeon to radiation*. *J Bone Joint Surg* 1993;75:326-30.
- <sup>26</sup> Bankston AB, Keating EM, Saha S. *The biomechanical evaluation of intramedullary nails in distal femoral shaft fractures*. *Clin Orthop* 1992;276:277-82.
- <sup>27</sup> Robinson CM, Bell KM, Court-Brown CM, McQueen MM. *Locked nailing of humeral shaft fractures. Experience in Edinburgh over a two-year period*. *J Bone Joint Surg* 1992;74:558-62.
- <sup>28</sup> Watanabe RS. *Intramedullary fixation of complicated fractures of the humeral shaft*. *Clin Orthop* 1993;277:255-63.
- <sup>29</sup> Ikpeme JO. *Intramedullary interlocking nailing for humeral fractures: experiences with the Russel-Taylor humeral nail*. *Injury* 1994;25:447-55.
- <sup>30</sup> Riemer BL, Foglesong ME, Burke CJ, Butterfield SL. *Complications of Siedel intramedullary nailing of narrow diameter humeral diaphyseal fractures*. *Orthopaedics* 1994;17:19-29.