

OSTEOSINTESI CON MICROVITI NELLE LESIONI GRAVEMENTE ESPOSTE DELLA MANO

M. RAMPOLDI, D. PALOMBI, A.M. ARTALE, P. MARIANO, E. PATAIA, S. MARSICO

UOC Chirurgica della Mano, Microchirurgia e Reimpianto Arti
CTO di Roma - ASL RMC

Mini screws fixation of severe open hand fractures.

SUMMARY

Purpose: *The use of internal osteosynthesis in open fractures is still controversial as it is supposed to increase the incidence of infections and malunion. The aim of this study is to verify the safety and efficacy of screw fixation in a series of severe open fractures.*
Materials and Methods: *We report a series of 41 severe open fractures (type III according to modified Anderson and Gustilo classification), in 29 patients treated through a mini wires fixation.* **Results:** *All fractures healed and no infection developed. Despite that, open hand fractures still reveal a poor prognosis with a high incidence of unsatisfactory results (about 60% had fair and poor functional results regarding to digital global active motion). The functional result dependent on fracture's site (proximal and middle phalanx showed worse results), type of trauma (worse results in crush and blast injuries), associated tendon lesions, number of fractures and digits affected by trauma.* **Conclusions:** *An adequate fracture stabilization, allowing an early mobilization, is the first goal in the treatment of open hand fractures. Mini screws fixation proved to be a safe, effective and relatively not invasive technique even in severe open hand fractures. Functional results, however, remain confined to soft tissue injuries; adequate and quick treatment of these lesions is necessary to a satisfactory functional recovery.* Riv Chir Mano 2003; 3: 228-237

KEY WORDS

Open fractures, osteosynthesis, screws

RIASSUNTO

Scopo: *L'utilizzo di mezzi di fissazione interni nell'osteosintesi di fratture francamente esposte della mano è ancora poco popolare per la possibilità che tali tecniche aumentino l'incidenza di pseudoartrosi e di infezioni. Scopo di questo studio è valutare la sicurezza e l'efficacia della sintesi interna con microviti in un gruppo di fratture ampiamente esposte.* **Materiali e Metodo:** *In questo studio vengono riportati i risultati su una serie di 41 fratture gravemente esposte della mano (tipo III secondo la classificazione di Anderson e Gustilo modificata per la mano), in 29 pazienti, trattate con osteosintesi mediante microviti.* **Risultati:** *Tutte le fratture sono consolidate e non si sono verificate infezioni. Peraltro, le fratture esposte confermano avere una prognosi sfavorevole con un alta percentuale di risultati insoddisfacenti (circa il 60% ha presentato risultati modesti o cattivi in relazione alla mobilità del dito). Il risultato funzionale è apparso correlato alla sede della frattura (risultati peggiori nelle fratture delle falangi prossimali e intermedia), al tipo di trauma (risultati peggiori nelle lesioni da schiacciamento e da scoppio), all'eventuale presenza di lesioni tendinee associate, al numero di segmenti ossei e alle dita coinvolte dalla lesione.* **Conclusioni:** *Un'adeguata stabilizzazione osea che consenta una mobilizzazione precoce rimane il primo obiettivo del trattamento delle fratture esposte della mano. In questo senso la sintesi con microviti si è dimostrata un mezzo sicuro ed efficace, relativamente poco invasivo, anche nelle fratture gravemente esposte della mano. Il risultato funzionale rimane peraltro condizionato dall'entità della lesione dei tessuti molli il cui precoce e corretto trattamento è determinante al raggiungimento di un recupero funzionale accettabile.*

PAROLE CHIAVE

Fratture esposte, osteosintesi, microviti.

Arrived: 3 June 2003

Accepted: 3 September 2003

Correspondence: Dr. Michele Rampoldi, via David Silvagni, 4 - 00152 Roma - Tel/Fax 06-5835830 - E-mail: m.rampoldi@tin.it

INTRODUZIONE

L'approccio terapeutico alle gravi lesioni traumatiche della mano è di particolare complessità per il chirurgo. L'elevata energia del trauma, difatti, è responsabile di lesioni, spesso aggravate da perdita di sostanza e contaminazione dei tessuti, che interessano strutture tra loro diverse (ossa, tendini, cute, vasi, nervi) e che richiedono procedure ricostruttive differenti e complesse.

In particolare, l'osteosintesi delle fratture dovrebbe essere sufficientemente stabile da permettere una mobilizzazione precoce e minimamente invasiva, così da evitare la devitalizzazione ulteriore delle strutture lesionate e ridurre al minimo il rischio di sovrainfezione.

La sintesi con fili di Kirschner (K) rappresenta probabilmente la tecnica attualmente ancora più utilizzata per la sua versatilità, semplicità e rapidità di esecuzione.

La configurazione o la localizzazione di alcune fratture, tuttavia, rendono la sintesi con fili di K poco stabile; in particolare nelle fratture spiroidi e oblique, il rischio di malrotazione e accorciamento del segmento scheletrico è elevata (1). Nelle fratture articolari, inoltre, alla scarsa stabilità meccanica si aggiunge un maggior rischio di infezione (1). In queste fratture una riduzione anatomica e una sintesi stabile favorisce il recupero funzionale e riduce il rischio di difetti di consolidazione.

La miniaturizzazione e l'evoluzione tecnologica dei materiali e degli strumentari ha determinato un incremento dell'utilizzo di sistemi di fissazione interna che utilizzano placche e/o viti. Diversi studi hanno testimoniato l'efficacia biomeccanica della sintesi con mini placche nelle fratture diafisarie trasverse e oblique (2-5), o con viti nelle fratture oblique e spiroidi (6).

L'incidenza di complicanze nell'utilizzo delle placche nella traumatologia della mano è peraltro ancora elevato e stimato intorno al 35% nei lavori più recenti (7, 8).

La sintesi con viti sembra rappresentare un giusto compromesso fra la necessità di ottenere una stabilità immediata utilizzando mezzi di sintesi poco invasivi. Le indicazioni sono rappresentate dalle

fratture epifisarie articolari non comminute, dalle fratture metafisarie e diafisarie spiroidi e oblique delle falangi e dei metacarpi e da alcuni tipi di fratture delle ossa del carpo. Sebbene il loro impiego nelle fratture chiuse sia ormai universalmente accettato (9, 10), minore consenso riguarda il loro utilizzo nelle fratture francamente esposte.

In questo studio viene valutata l'efficacia, in termini di consolidazione e risultato funzionale, e la sicurezza, in termini di infezioni e complicanze, della sintesi con microviti nella fissazione di una serie di fratture gravemente esposte della mano.

MATERIALI E METODI

Dal Luglio 2001 al Dicembre 2002 sono state trattate presso la UOC di Chirurgia della Mano, Microchirurgia e Reimpianto Arti del CTO di Roma 278 fratture esposte della mano. Di queste 41 (14 %) in 29 pazienti - 19 maschi e 10 femmine di età compresa fra 18 e 62 anni (media 36 anni) - sono state fissate con microviti.

Le fratture esposte della mano sono di difficile inquadramento e le classificazioni proposte non soddisfano completamente una sistematizzazione razionale di queste lesioni. I criteri da considerare sono difatti molteplici: la sede e il tipo di frattura, le dimensioni dell'esposizione, la presenza o meno di contaminazione, la gravità della lesione delle parti molli, l'interessamento dei tendini, eventuali lesioni vascolo-nevose associate.

In relazione al danno dei tessuti molli Chow et al. (11) distinguono 3 tipi di lesioni a seconda della perdita di sostanza cutanea, dell'interessamento dei nervi digitali, dei tendini estensori e flessori. La prognosi peggiore si ha nelle fratture con lesione dei tendini flessori e in quelle con associata perdita di sostanza cutanea mentre scarsa importanza prognostica è attribuita alla lesione neurologica periferica.

Diversi autori utilizzano una classificazione, adattata per la mano, che si basa sui principi formulati da Anderson e Gustilo sulle fratture esposte delle ossa lunghe. Vengono distinti 3 tipi principali di lesione in relazione alle dimensioni della lesione cutanea, alla contaminazione, alla comminazione

della frattura, alle lesioni associate delle parti molli (12). Le fratture di tipo I presentano una lacerazione cutanea inferiore ad 1 cm, non contaminata, senza perdita di sostanza o lesioni delle parti molli. Le fratture di tipo II sono caratterizzate da una lesione cutanea pulita inferiore a 2 cm, con possibile lacerazione muscolare, non contaminata, senza perdita di sostanza o lesioni delle parti molli. Nelle fratture di tipo III rientrano quelle con lesione cutanea maggiore di 2 cm, qualsiasi lesione "sporca" o contaminata, le fratture comminute, con schiacciamento delle parti molli, le lesioni da scoppio e da arma da fuoco. Duncan et al. (13) suddividono ulteriormente il tipo III in tre sottotipi (IIIA, IIIB e IIIC) in relazione al tipo di frattura e alla presenza di lesioni neurovascolari. Per semplicità e chiarezza abbiamo utilizzato la classificazione semplificata modificata da Anderson e Gustilo.

Sulla base di questa classificazione le fratture della nostra serie erano essenzialmente di tipo III (38 casi) e solo 3 di tipo II. Le indicazioni alla sintesi con microviti riguardavano fratture epifisarie o metafisarie non comminute, fratture diafisarie spiroidee o oblique. Controindicazione all'impiego delle microviti era essenzialmente la comminazione della frattura che non consente una stabilizzazione adeguata del focolaio.

Le fratture interessavano le falangi in 24 casi (60%) e i metacarpi in 17 (40%); in 3 casi le microviti sono state impiegate per sintetizzare fratture associate delle ossa del carpo (Fig. 1). Le fratture delle falangi erano prevalentemente epifisarie articolari (75%) mentre quelle dei metacarpi erano principalmente diafisarie, oblique o spiroidee (77%) e metafisarie (23%). Le fratture delle ossa del carpo riguardavano il trapezio in 3 casi, il trapezoide in 1 e l'uncinato in 1. Le fratture erano isolate in 13 pazienti mentre erano associate ad altre fratture nei restanti 16. In questi ultimi le fratture associate sono state trattate prevalentemente con fili di K.

Le fratture erano secondarie ad un trauma ad alta energia in 21 casi (lesioni da schiacciamento, lesioni da scoppio, incidenti stradali, lesioni da sega a motore) (Figg. 1-3), a bassa energia in 8 (traumi diretti, ferite penetranti, ecc.).

Una contaminazione della ferita da materiale

estraneo era presente in 11 casi (27%). Una lesione dell'apparato estensore era presente in 14 casi (Fig. 4), dei tendini flessori in 4.

L'intervento è stato eseguito nelle prime 24 ore dal trauma in 23 casi (tutte fratture di tipo III); entro le 72 ore nei restanti 6 pazienti. Tutti i pazienti sono stati operati in anestesia plessica eventualmente associando un'anestesia generale in quei pazienti (4 casi) che, per la presenza di lesioni associate a carico di altri distretti, richiedevano lunghi tempi operatori. Un accurato lavaggio e debridement della lesione ha sempre preceduto l'osteosintesi; in 4 casi con ampia contaminazione da materiale terroso, è stato impiegato il lavaggio pulsato (fisiologica e betadine). In 3 casi è stata associata una copertura cutanea dell'esposizione con lembi omo- o eterodigitali.

Tutti i pazienti hanno eseguito una profilassi antibiotica, differenziata a seconda della gravità della lesione. Nei pazienti con lesioni non contaminate è stato impiegato il ceftriaxone (2 g. ev. all'arrivo in reparto o all'induzione dell'anestesia seguiti da una seconda dose dopo 6 h dall'intervento e da una monosomministrazione giornaliera per altri 3 giorni); nelle lesioni contaminate al ceftriaxone è stato associato un antibatterico attivo prevalentemente sui gram negativi (amicacina 500 mg due volte al giorno in somministrazione endovenosa o intramuscolare) e un antibatterico ad azione prevalente sugli anaerobi (metronidazolo 500 mg tre volte al giorno in somministrazione endovenosa).

Lo strumentario utilizzato per la sintesi delle fratture prevede la possibilità di impiegare viti in lega di titanio da 1.5, 2.0 e 2.3 mm. Sono state utilizzate prevalentemente viti da 2.0 e 2.3 mm per la sintesi dei metacarpi e viti da 1.5 mm per la sintesi delle fratture articolari delle falangi. Una singola vite è stata sufficiente per la sintesi di 29 fratture (in 5 di queste era associata una stabilizzazione assiale con fili di K) mentre nelle restanti 12 sono state impiegate 2 o 3 viti. In 3 casi è stato necessario associare una copertura cutanea immediata con lembi omo- (2 casi) o eterodigitali (1 caso).

Un'immobilizzazione successiva è stata eseguita in quei casi in cui le lesioni associate delle parti molli lo richiedeva.



Figura 1. Grave lesione da schiacciamento della mano ampiamente contaminate con frattura del 1°, 2° e 3° metacarpo e frattura-lussazione del trapezio (A). Rx post-operatoria: sintesi con fili di K e microviti (B). Controllo Rx a 6 mesi (C, D).

RISULTATI

Consolidazione: tutte le fratture sono consolidate. Consolidazioni viziose per difetti di rotazione si sono verificati in due casi di fratture delle falangi (difetto di rotazione circa 10°). Una perdita di ridu-

zione o una scomposizione secondaria non si è mai verificata.

Infezioni: indipendentemente dal tipo di lesione, dall'entità della contaminazione e dalla tempestività dell'intervento non si sono avute infezioni delle fratture trattate con microviti.



Figura 2. Trauma da scoppio di petardo della mano sin con lesione non ricostruibile del pollice (A) Osteosintesi delle fratture articolari del 1° e 2° dito con microviti (B-D).

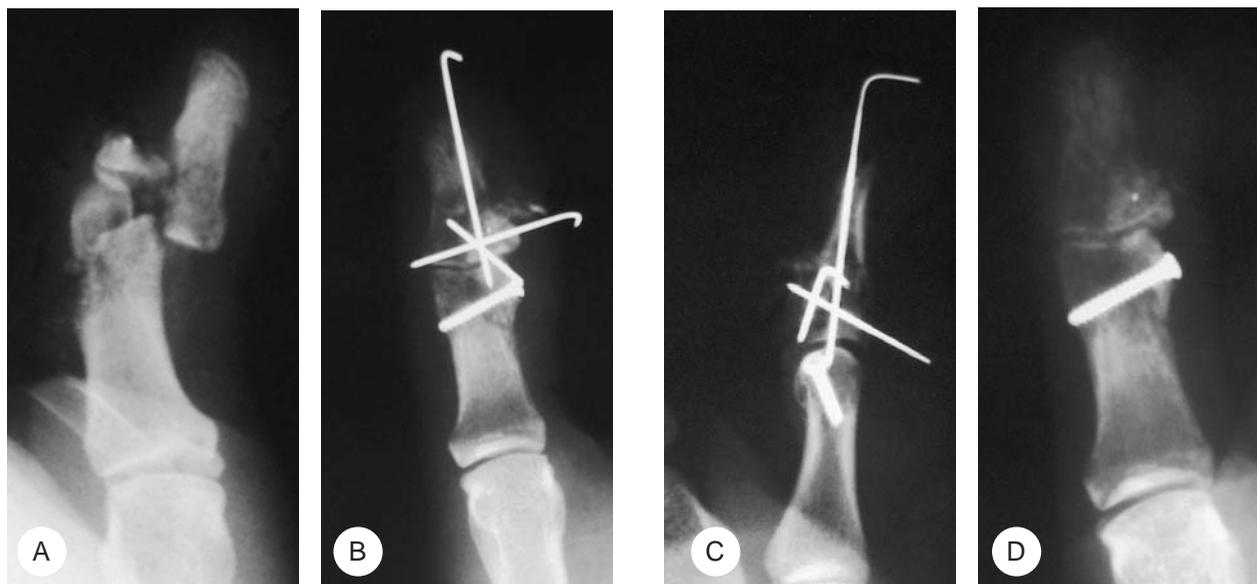


Figura 3. Grave lesione articolare esposta da schiacciamento della IF del pollice sin (A). Rx post-operatorie dopo ricostruzione con fili di K e microvite (B, C). Controllo Rx a 70 giorni (D).

Risultati funzionali: la valutazione dei risultati è stata determinata misurando il TAM (Total Active Motion) del dito secondo la classificazione funzionale DFA (Digital Functional Assessment). Risultati eccellenti corrispondono ad un TAM maggiore di 220°, buoni fra 220° e 180°, modesti fra 180° e 130°, cattivi inferiore a 130° (Tab. 1).

Risultati eccellenti sono stati ottenuti in 3 casi, buoni in 11, modesti in 8, cattivi in 7.

I risultati migliori si sono ottenuti nelle fratture dei metacarpi, e delle falangi distali e in generale in tutte quelle in cui è stata possibile una mobilizzazione relativamente precoce; risultati peggiori sono stati associati alle fratture delle falangi prossimali e intermedia, alle lesioni da schiacciamento e da scoppio e alle fratture con associata lesione tendinea. (Tab. 2). Trattandosi di una casistica non omogenea riguardo il tipo di frattura non è possibile una correlazione fra la qualità del risultato e la gravità della lesione iniziale.

Il risultato è apparso inoltre significativamente correlato al numero di dita coinvolte (Tab. 3).

DISCUSSIONE

L'esposizione di una frattura della mano ha un va-

Tabella 1. Valutazione del risultato in relazione al TAM (Total Active Motion)

Risultato	TAM
Eccellente	260°-220°
Buono	219°-180°
Modesto	179°-130°
Cattivo	<130°

lore prognostico negativo ben documentato. Pun et al. (14) in uno studio prospettico su 284 fratture riportano risultati francamente migliori nelle fratture chiuse rispetto a quelle esposte; risultati modesti e cattivi sono osservati in circa il 60% delle fratture esposte contro il 30% ottenuto nelle fratture chiuse.

La prognosi delle fratture esposte della mano è influenzata da diversi fattori legati al paziente (età, malattie sistemiche associate), al tipo di lesione (tipo e localizzazione della frattura, contaminazione, lesioni tendinee associate), al trattamento (ritardo nel trattamento, tipo di fissazione, durata dell'immobilizzazione).

Alcuni di questi fattori hanno un ben documentato valore prognostico negativo (comminuzione e perdita di sostanza ossea, contaminazione di mate-

Tabella 2. Risultati in relazione alla presenza o meno di lesioni tendinee

	Lesioni tendini estensori	Lesioni tendini flessori	Non lesioni tendinee
Eccellenti			3
Buoni	3		8
Modesti	6	1	1
Cattivi	4	3	

riale estraneo, localizzazione alla falange prossimale, entità delle lesioni delle parti molli, associate lesioni tendinee, durata dell'immobilizzazione) mentre per altri è ancora discusso il loro effettivo ruolo (età avanzata, presenza di malattie sistemiche associate, ritardo nel trattamento, tipo di fissazione).

Mc Lain (12) e Duncan (13) non riportano differenze di risultati nelle fratture trattate in urgenza rispetto a quelle operate con ritardo. Al contrario Swanson et al. (1) riportano risultati peggiori nelle fratture fissate dopo 24 ore dal trauma.

Gli studi che mettono in relazione il tipo di osteosintesi con il risultato ottenuto non sono molti. Strickland (15) evidenzia come la sintesi con placche sia correlata a risultati funzionali peggiori; viceversa Pun et al. (14) non evidenziano differenze significative tra i diversi metodi di fissazione impiegati (fili di K, viti, placche). Swanson et al. (1), in una casistica di 200 fratture in 121 pazienti, rilevano un aumento dell'incidenza di difetti di consolidazione nelle fratture trattate con fissatori esterni (50%), con fili interossei (67%) e con fili di K (11%) rispetto a quelle trattate con placche (0%) o con splint (5%). Le pseudoartrosi e i ritardi di consolidazione sono risultati più comuni nelle fratture trattate con fili di K (14%) e con splint (5,4%) rispetto a quelle trattate con placche, viti, fissatori esterni e fili interossei (0%); peraltro tutte le diffe-

renze riscontrate non hanno dimostrato significatività statistica. Anche secondo Duncan (13) non è dimostrata un correlazione statisticamente significativa fra la qualità del risultato e i mezzi di sintesi impiegati. Lo stesso Autore sottolinea come la sintesi con placche venga impiegata essenzialmente nelle fratture di grado IIIB e IIIC (secondo la classificazione di Anderson-Gustilo modificata), fratture comminute o con perdita di sostanza eventualmente associate a lesioni neurovascolari, e che pertanto i cattivi risultati e le complicanze sono condizionati dalla gravità della lesione iniziale piuttosto che dalle caratteristiche intrinseche del mezzo di sintesi prescelto. Peraltro l'applicazione di una placca richiede spesso un'estensione della incisione cutanea e della dissezione sottoperiostale così da trasformare una lesione di grado I, II o IIIA in una lesione, prognosticamente peggiore, di grado IIIB.

Sulla base di queste considerazioni la maggior parte degli Autori conclude che, come principio generale, le fratture esposte della mano dovrebbero essere stabilizzate con il metodo di fissazione che, con la minore invasività possibile, sia in grado di garantire una stabilità sufficiente a consentire una precoce mobilizzazione.

I fili di K rappresentano il sistema di fissazione sicuramente più usato in considerazione della loro semplicità e versatilità. Nella serie di Swanson (1) la sintesi con fili di K è stata impiegata in 105 delle 120 fratture trattate chirurgicamente (solo in 8 casi sono state utilizzate placche o viti). A dispetto di questi indiscussi vantaggi esiste spesso la tendenza ad impiegare indiscriminatamente questa tecnica e a sovrastimarne le possibilità in alcune particolari fratture.

Il miglioramento tecnologico ha determinato un utilizzo sempre più sicuro di sistemi di sintesi in-

Tabella 3. Risultati nelle lesioni mono- e pluridigitali

	Singolo dito	2-3 dita	5 dita
Eccellente	3		
Buono	6	4	1
Modesto	2	4	2
Cattivo	1	4	2



Figura 4. Lesione da motosega del 5° dito della mano sin (A) con frattura articolare della falange intermedia (B) e lesione dell'apparato estensore. Osteosintesi con microvite (C).

terna che in alcuni tipi di fratture hanno attualmente un'indicazione elettiva. Il loro impiego anche nelle fratture esposte sta diventando sempre più largamente accettato, spesso associato ad una ricostruzione cutanea immediata.

In questa nostra serie la sintesi con microviti è stata impiegata seguendo le indicazioni normalmente utilizzate nel trattamento delle fratture chiuse della mano – fratture diafisarie spiroidi e oblique, fratture articolari non comminute.

Le 41 fratture esposte da noi trattate non hanno dimostrato un comportamento diverso rispetto alle fratture chiuse. In particolare non si sono evidenziati ritardi o mancate consolidazioni delle fratture; difetti di consolidazione per vizi di rotazione, riscontrati in due casi, sono stati conseguenza di una errata riduzione iniziale e non di una scomposizione secondaria. Questo dato sottolinea la buona stabilità primaria dell'impianto anche se non in tutte le fratture è stata possibile una precoce mobilizzazione in considerazione delle lesioni tendinee e tegumentarie associate.

Rispetto alle fratture esposte degli altri distretti scheletrici, le fratture esposte della mano hanno un'incidenza di infezioni piuttosto bassa. Chow et al. (11) riportano un'incidenza di infezioni del 2,04% in uno studio prospettico su 245 fratture esposte. Swanson et al. (1) evidenziano infezioni, quasi sempre superficiali e mai complicate da osteomielite, nel 6% di una serie di 200 fratture esposte. Sebbene in questa serie le infezioni non fossero correlate all'entità della ferita, al tipo di trauma, al danno vascolare e dei tessuti molli, ai mezzi di sintesi impiegati, una relazione fra severità della lesione e rischio di infezione è riportata dalla maggior parte degli autori (12) (11% di infezioni in 146 casi - 278 fratture). Duncan et al. (13) su 140 fratture esposte riportano una complicità infettiva in 6 dita (circa 4%); in 3 di queste è stata necessaria l'amputazione.

Nelle nostra serie, limitata a fratture trattate con microviti, indipendentemente dal tipo di frattura, localizzazione ed entità della lesione delle parti molli, non si sono verificate complicazioni infettive; questo dato, trattandosi comunque di una popolazione selezionata, può solo testimoniare la sicurezza di questa tecnica su alcuni tipi di frattura.

La correlazione del risultato funzionale all'osteosintesi eseguita è di difficile valutazione in considerazione dei molteplici fattori che concorrono a determinare il risultato stesso (tipo di trauma, sede della frattura, entità della lesione delle parti molli, contaminazione, interessamento dei tendini, lesioni vascolo-nervose associate, ecc.). Inoltre, nelle lesioni complesse pluridigitali l'osteosintesi con microviti è stata in genere solo uno dei metodi di fissazione impiegati; anche questo fattore rende difficile una oggettiva correlazione del risultato al mezzo di sintesi.

L'esposizione della frattura conferma, comunque, in assoluto il suo valore prognostico negativo; circa il 60% delle fratture ha determinato risultati funzionali cattivi o modesti. Nella valutazione del risultato funzionale, il recupero della mobilità è apparso correlato al tipo di trauma (sono risultati prognosticamente peggiori le lesioni da schiacciamento e da scoppio), alle lesioni tendinee associate e al numero di lesioni ossee e di segmenti coinvolti. I

nostri dati confermano quanto emerso dalla letteratura: assumono un rilievo estremamente negativo tutte quelle condizioni che tendono a creare aderenze cicatriziali ed impediscono una precoce mobilizzazione della parte lesa. In questo senso le lesioni associate delle parti molli rappresentano il fattore prognostico negativo più importante, in particolare le lesioni tendinee e quelle lesioni che di per se stesse (traumi da schiacciamento e da scoppio) determinano un edema interstiziale importante delle parti molli.

Nei traumi gravemente esposti della mano il primo obiettivo del trattamento deve essere quello di ottenere una "stabilità funzionale" della frattura (11-14) e di ricostruire le lesioni delle parti molli nella maniera tale da consentire una mobilizzazione il più precoce possibile della lesione.

La scelta del mezzo di sintesi assume in questa ottica un'importanza strategica non secondaria.

In questo studio la sintesi con microviti si è dimostrata un mezzo sicuro, efficace e relativamente poco invasivo nel trattamento delle fratture esposte, indipendentemente dalla gravità della lesione o dal coinvolgimento delle parti molli; pur se in un numero limitato di casi, non abbiamo riscontrato alcuna complicità settica o problemi associati. Sebbene non sia possibile stabilire una correlazione significativa tra il risultato e la sintesi impiegata, riteniamo che le viti possano essere utilizzate anche nelle fratture esposte seguendo gli stessi criteri di indicazione per le fratture chiuse.

In conclusione, il trattamento delle fratture esposte della mano deve essere mirato ad ottenere una stabilizzazione adeguata a consentire una mobilizzazione precoce; la scelta del mezzo di sintesi deve basarsi sulle necessità meccaniche della frattura indipendentemente dall'entità della ferita, dalla contaminazione o dalla gravità delle lesioni associate.

BIBLIOGRAFIA

1. Swanson TV, Szabo RM, Anderson DD. Open hand fractures: Prognosis and classification. *J Hand Surg* 1991; 16A: 101-7
2. Jones WW. Biomechanics of small bone fixation. *Clin Orthop* 1987; 215: 11-8

3. Hastings H. Unstable metacarpal and phalangeal fracture treatment with screws and plates Clin Orthop 1987; 215: 37-52
4. Prevel CD, Eppley BL, Jackson JR et al. Mini and micro plating of phalangeal and metacarpal fractures. A biomechanical study. J Hand Surg 1995; 20A: 44-9
5. Firoozbakhsh KK, Moneim MS, Doherty W, Naraghi FF. Internal fixation of oblique metacarpal fractures. A biomechanical evaluation by impact loading. Clin Orthop 1996; 325: 296-301
6. Matloub HS, Jensen PL, Samger JR, Grunert BK, You-sif NJ. Spiral fracture fixation techniques. A biomechanical study. J Hand Surg 1993; 18B: 515-9
7. Page SM, Stern PJ. Complications and range of motion following plate fixation of metacarpal and phalangeal fractures. J Hand Surg 1998; 23A: 827-32
8. Fusetti C, Meyer H, Borisch N, Stern R, Santa DD, Papaloizis M. Complication of plate fixation in metacarpal fractures. J Trauma 2002; 52: 535-9
9. Catalano F, Fanfani F, Paglei A. L'impiego delle microviti nel trattamento delle fratture dello scheletro della mano. Riv Chir Mano 1988; 25: 393-8
10. Grandis C, Corizza C, Pasqualini M, Bassi F. Fratture dei metacarpi e delle falangi: osteosintesi percutanea con viti. Riv Chir Mano 2000; 37: 165-8
11. Chow SP, Pun WK, So YC, et al. A prospective study of 245 open digital fractures of the hand. J Hand Surg 1991; 16B: 137-40
12. Mc Lain RF, Steyers C, Stoddard M. Infections in open fractures of the hand. J Hand Surg 1991; 16A: 108-12
13. Duncan RW, Freeland AE, Jabaley ME, Meydrech EF. Open hand fractures: An analysis of the recovery of active motion and of complications. J Hand Surg 1993; 18A: 387-94
14. Pun WK, Chow SP, Luk KDK, et al. A prospective study on 284 digital fractures of the hand. J Hand Surg 1989; 14A: 474-81
15. Strickland JW, Steichen JB, Kleinman WB, Hastings H, Flynn N. Phalangeal fractures – factors influencing performance. Orthop Rev 1982; 11: 39-50